

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ  
ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ.  
КУРСОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ  
З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМ РОЗРАХУНКІВ  
ТИПОВИХ З'ЄДНАНЬ НА ПЕРСОНАЛЬНИХ  
КОМП'ЮТЕРАХ**

**Миколаїв  
2016**

УДК 621:62-182.8(075.8)

В 11

Рекомендовано до друку вченою радою Миколаївського національного аграрного університету, Протокол № 11 від 2016 р.

**Авторський колектив:**

Г. О. Іванов – кандидат технічних наук, професор;  
В. С. Шебанін – доктор технічних наук, професор;  
Д. В. Бабенко – кандидат технічних наук, професор;  
П. М. Полянський – кандидат економічних наук, доцент.

**Рецензенти:**

В. С. Ловейкін – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри конструювання машин Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ;  
Л. Й. Івченко – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металорізальних верстатів та інструментів Запорізького національного технічного університету;  
В. І. Гавриш – кандидат технічних наук, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу Миколаївського національного аграрного університету.

**Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання.**  
Курсове проектування з використанням програм розрахунків типових з'єднань на персональних комп'ютерах : підруч. для студ. вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко, П. М. Полянський ; за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шебаніна. – Миколаїв : МНАУ, 2016. – 176 с.

У підручнику наведено зміст і обсяг курсової роботи, викладено приклади розв'язання задач курсової роботи, приведені розрахунки допусків і посадок типових з'єднань з використанням персональних комп'ютерів.

Розраховано на здобувачів вищої освіти навчальних закладів освіти III і IV рівнів акредитації, а також викладачів. Матиме практичний інтерес у відповідних спеціалістів промисловості.

**УДК 621.62-182.8(075.8)**

© Іванов Г. О., Шебанін В. С.,  
Бабенко Д. В., та ін.

© Миколаївський НАУ, 2016

ISBN 978-617-7149-23-0

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ЗМІСТ .....  | 3  |
| ВСТУП.....   | 5  |
| РОЗДІЛ 1. КУРСОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ .....   | 6  |
| 1.1. Зміст і обсяг курсового проекту .....   | 6  |
| 1.2. Вимоги до оформлення курсової роботи (проекту) .....  | 6  |
| 1.2.1. Загальні вимоги .....   | 6  |
| 1.2.2. Нумерація.....  | 8  |
| 1.2.3. Ілюстрації.....   | 9  |
| 1.2.4. Таблиці .....   | 10 |
| 1.2.5. Формули .....   | 11 |
| 1.2.6. Загальні правила цитування та посилання на використані джерела .....  | 12 |
| 1.2.7. Оформлення списку використаної літератури.....  | 13 |
| 1.2.8. Додатки .....   | 13 |
| 1.3. Приклад розв'язання задач курсової роботи (проекту) .....   | 14 |
| 1.3.1. Розрахунок і вибір посадок.....   | 14 |
| 1.3.1.1. Посадки з натягом .....   | 14 |
| 1.3.1.2. Посадки із зазором .....  | 20 |
| 1.3.1.3. Перехідна посадка .....   | 27 |
| 1.3.2. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань і вибір універсальних засобів вимірювання..... | 28 |
| 1.3.3. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці .....   | 32 |
| 1.3.4. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення .....   | 35 |
| 1.3.5. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шпонкових з'єднань .....                                       | 42 |
| 1.3.6. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань .....                                       | 43 |
| 1.3.7. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей нарізних з'єднань.....   | 48 |
| 1.3.8. Розрахунок розмірних ланцюгів.....  | 56 |
| 1.3.9. Розрахунок гладких калібрів .....   | 61 |
| 1.3.9.1. Порядок виконання .....   | 61 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ДОПУСКІВ І ПОСАДОК ТИПОВИХ З'ЄДНАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА                      | 66 |
| 2.1. Розрахунок і вибір посадки з натягом.....   | 66 |
| 2.2. Розрахунок і вибір посадки із зазором.....  | 69 |
| 2.3. Розрахунок і вибір перехідної посадки.....  | 72 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.4. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань і вибір універсальних засобів вимірювання ..... | 75  |
| 2.5. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці .....  | 78  |
| 2.6. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення.....   | 90  |
| 2.7. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань .....  | 92  |
| 2.8. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей нарізних з'єднань .....   | 95  |
| 2.9. Розрахунок розмірних ланцюгів.....   | 97  |
| 2.10. Розрахунок гладких калібрів.....  | 109 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....  | 118 |
| ПЕРЕЛІК СТАНДАРТІВ, НА ЯКІ ДАЮТЬСЯ ПОСИЛАННЯ В ТЕКСТІ ПІДРУЧНИКА .....  | 119 |
| ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....  | 120 |
| ДОДАТКИ .....   | 121 |

## ВСТУП

В умовах науково-технічного прогресу стандартизація є однією з галузей, що синтезує наукові, технічні, господарські й економічні аспекти. Розвиток народного господарства, підвищення рівня виробництва, поліпшення якості продукції, зростання життєвого рівня тісно пов'язані з широким використанням принципів стандартизації.

Про важливість системи стандартизації свідчить те, що Кабінетом Міністрів України затверджено такі Декрети: про державний нагляд за додержанням стандартів, норм і правил та відповідальність за їх порушення (8 квітня 1993 р.); про стандартизацію і сертифікацію (10 травня 1993 р.); про забезпечення єдності вимірювань (26 квітня 1993 р.), а також Закон України про стандартизацію (17 травня 2001 р.).

Стандартизація допусків, посадок і технічних вимірювань тісно пов'язана із взаємозамінністю і фактично є основою, за допомогою якої її принципи здійснюються на практиці. Саме стандартизація передбачає можливість взаємозамінності, уніфікації та агрегування машинобудівної продукції.

Питання стандартизації, взаємозамінності і технічних вимірювань безпосередньо пов'язані з якістю машин, їх надійністю і довговічністю. Тому спеціалістам, які працюють у машинобудівних галузях, ремонтних підприємствах, що експлуатують сучасну складну і енергоємну техніку, потрібно добре знати систему допусків і посадок, уміти кваліфіковано її застосовувати та проводити контроль розмірів деталей сучасними вимірювальними засобами.

Для збільшення міжремонтних термінів експлуатації машин необхідно, щоб принципи взаємозамінності на ремонтних підприємствах були на рівні основного (машинобудівного) виробництва.

При ремонті машин потрібно вміти правильно призначати допуски на розміри деталей з урахуванням наявних вимірювальних засобів, оскільки не повинно бути допусків і посадок, перевірка яких метрологічно не забезпечена. Тому на ремонтних підприємствах сільського господарства потрібно постійно підвищувати їх технічний рівень, удосконалювати метрологічне забезпечення з метою досягнення точності вимірювань, оскільки точність розмірів значною мірою є гарантією якості виробів.

Розвиток і вдосконалення техніки, впровадження нових технологічних процесів у сільське машинобудівне і ремонтне виробництво, підвищення якості продукції й продуктивності праці тісно пов'язане з упровадженням нових засобів і методів вимірювання.

Курсове проектування з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» є завершальним етапом у підготовці здобувачів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

## **РОЗДІЛ 1. КУРСОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ**

### **1.1. Зміст і обсяг курсового проекту**

Згідно з програмою курсу “Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання” курсовий проект повинна охопити такі основні розділи:

1. Система допусків і посадок гладких циліндричних з’єднань.
2. Визначення елементів з’єднання, які підлягають селективній збірці.
3. Допуски і посадки з’єднань вальниць кочення.
4. Допуски і посадки шпонкових з’єднань.
5. Допуски і посадки шліцьових з’єднань.
6. Допуски і посадки нарізних з’єднань.
7. Розмірні ланцюги.
8. Універсальні і спеціальні засоби вимірювання.

Для цього студентам пропонується 9 задач:

Задача 1. Розрахунок і вибір посадок.

1.1. Посадка з натягом.

1.2. Посадка із зазором.

1.3. Перехідна посадка.

Задача 2. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з’єднань і вибір універсальних засобів вимірювання.

Задача 3. Визначення елементів з’єднання, які підлягають селективній збірці.

Задача 4. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення.

Задача 5. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шпонкових з’єднань.

Задача 6. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з’єднань.

Задача 7. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей нарізних з’єднань.

Задача 8. Розрахунок розмірних ланцюгів.

Задача 9. Розрахунок гладких калібрів.

### **1.2. Вимоги до оформлення курсової роботи (проекту)**

#### **1.2.1. Загальні вимоги**

Пояснювальну записку курсової роботи подавати у рукописному або надрукованому вигляді на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 (210x297 мм) відповідно ДСТУ 3321-2003 і ГОСТ 2.105-87 до текстових документів. При друкуванні використовується шрифт

текстового редактора Word, стиль – Times New Roman розмір 14 з полуторним міжрядковим інтервалом.

При оформленні пояснювальної записки рукописним способом необхідно використовувати чорнила і пасту тільки синього і чорного кольорів

Текст пояснювальної записки необхідно друкувати, залишаючи відступи таких розмірів: лівий – не менше 30 мм, правий не менше 10 мм, верхній і нижній – не менше 20 мм.

Шрифт друку повинен бути чітким, рядок-чорного кольору середньої жирності. Щільність тексту пояснювальної записки повинна бути однаковою.

Вписувати у текст пояснювальної записки іншомовні слова, формули, умовні позначення можна чорнилом, тушшю, пастою тільки чорного кольору, при цьому щільність вписаного тексту повинна бути наближеною до щільності основного тексту.

Друкарські помилки, описки і графічні неточності, які виявилися в процесі написання пояснювальної записки, можна виправляти підчищенням або зафарбуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого тексту (фрагменту рисунка) машинописним способом. Допускається наявність не більше двох виправлень на одній сторінці.

Роздруковані на ЕОМ програмні документи повинні відповідати формату А4 (мають бути розрізними), їх включають до загальної нумерації сторінок пояснювальної записки і розміщують, як правило, в додатках.

Текст основної частини пояснювальної записки поділяють на розділи, підрозділи, пункти та підпункти.

Заголовки структурних частин пояснювальної записки “ЗМІСТ”, “ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ”, “ВСТУП”, “РОЗДІЛ”, “ВИСНОВКИ”, “СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ”, “ДОДАТКИ” друкують великими літерами симетрично до тексту. Заголовки підрозділів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу. Крапку в кінці заголовку не ставлять. Якщо заголовок складається з двох або більше речень, їх розділяють крапкою. Заголовки пунктів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу в розрядці в підбор до тексту. В кінці заголовку, надрукованого у підбір до тексту, ставиться крапка.

Відстань між заголовком (за винятком заголовку пункту) та текстом повинна дорівнювати 3-4 інтервали.

Кожну структурну частину курсової роботи треба починати з нової сторінки.

До основного обсягу курсової роботи проекту не входять додатки, список використаних джерел, таблиці та рисунки, які повністю займають сторінку. Але всі сторінки зазначених елементів курсової роботи підлягають нумерації на загальних засадах.

### **1.2.2. Нумерація**

Нумерацію сторінок, розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів, таблиць, формул подають арабськими цифрами без знака №. Першою сторінкою курсової роботи є титульний аркуш, який включають до загальної нумерації сторінок курсової роботи. На титульному аркуші номер сторінки не ставлять.

Такі структурні частини курсової роботи, як зміст, перелік умовних позначень, вступ, висновки, список використаних джерел не мають порядкового номера. Звертаємо увагу на те, що всі аркуші, на яких розміщені згадані структурні частини курсової роботи, нумерують звичайним чином. Не нумерують лише заголовки, “ВСТУП”, “ВИСНОВКИ”, «ЛІТЕРАТУРА».

Підрозділи нумерують у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номеру розділу і порядкового номеру підрозділу, між якими ставлять крапку. В кінці номеру підрозділу повинна стояти крапка, наприклад: ”1.3.” (третій підрозділ першого розділу). Потім у тому ж рядку йде заголовок підрозділу.

Пункти нумерують у межах кожного підрозділу. Номер пункту складається з порядкових номерів розділу, підрозділу, пункту, між якими ставлять крапку. В кінці номеру повинна стояти крапка, наприклад: “2.3.2.” (другий пункт третього підрозділу другого розділу). Потім у тому ж рядку йде заголовок пункту. Пункт може не мати заголовку.

Підпункти нумерують у межах кожного пункту за такими ж правилами, як і пункти.

Ілюстрації (фотографії, кресленики, схеми, графіки, карти) і таблиці необхідно подавати в курсової роботі після тексту; де вони згадані вперше, або на наступній сторінці. Ілюстрації і таблиці, які розміщені на окремих сторінках курсової роботи, включають до загальної нумерації сторінок. Таблицю, рисунок або кресленик, розміри якого більше формату А4, враховують як одну сторінку і розміщують у відповідних: місцях після згадування в тексті або у додатках.

Ілюстрації позначають словом “Рис.” і нумерують послідовно в межах розділу, за винятком ілюстрацій, поданих у додатках.

Номер ілюстрації повинен складатися з номеру розділу ілюстрації, між якими ставиться крапка.

Наприклад: Рис. 2.2 (другий рисунок другого розділу). Номер ілюстрації, її назва і пояснювальні підписи розміщують послідовно під



ілюстрацією. Якщо в курсовій роботі подано одну ілюстрацію, то її нумерують за загальними правилами.

Таблиці нумерують послідовно (за винятком таблиць, поданих у додатках) в межах розділу. В правому верхньому куті над відповідним заголовком таблиці розміщують напис “Таблиця” із зазначенням її номеру. Номер таблиці повинен складатися з номеру розділу і порядкового номеру таблиці, між якими ставиться крапка, наприклад: “Таблиця 2.2” (друга таблиця другого розділу).

Якщо у курсовій роботі одна таблиця, її нумерують за загальними правилами.

При переносі частини таблиці на інший аркуш (сторінку) слово “Таблиця” і номер її вказують один раз праворуч над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть слова “Продовження табл. ” і вказують номер таблиці, наприклад: ”Продовження табл. 2.2”.

Формули у курсовій роботі (якщо їх більше однієї) нумерують у межах розділу. Номер формули складається з номеру розділу і порядкового номеру формули у розділі, між якими ставлять крапку. Нумери формул пишуть біля правого краю аркушу на рівні відповідної формули в круглих дужках, наприклад: (3.2.) друга формула третього розділу.

Примітки до тексту і таблиць, в яких вказують довідкові і пояснювальні дані, нумерують послідовно у межах однієї сторінки. Якщо приміток на одному аркуші декілька, то після слова “Примітки” ставлять двокрапку, наприклад:

Примітки:

1. ... .
2. ... .

Якщо є одна примітка, то її не нумерують і після слова “Примітка” ставлять крапку.

### **1.2.3. Ілюстрації**

Приводять у курсовій роботі, виходячи із певного загального задуму, за ретельно продуманим тематичним планом. Кожна ілюстрація має відповідати тексту, а текст – ілюстрації.

Назви ілюстрацій розміщують після їхніх номерів. При необхідності ілюстрації доповнюють пояснювальними даними (підрисунковий підпис).

Підпис під ілюстрацією зазвичай має чотири основних елементи: найменування графічного сюжету, що позначається скороченим словом “Рис.”;

порядковий номер ілюстрації, який вказується без знаку номеру арабськими цифрами;

тематичний заголовок ілюстрації містить стислу характеристику зображеного;

експлікація пояснює зображені на кресленнику елементи.

Наприклад: Експлікація розміщення елементів касети:

1 - розмотувач плівки; 2 - сталеві ролики; 3 - привідний валець;  
4 - опорні стійки.

Основними видами ілюстративного матеріалу у курсовій роботі є: кресленик, технічний рисунок, схема, фотографія, діаграма і графік.

Не варто оформлювати посилання на ілюстрації як самостійні фрази. У тому місці, де викладається матеріал, пов'язаний з ілюстрацією, розміщують посилання у вигляді виразу у круглих дужках “(рис. 3.1)” або зворот типу “... як це видно з рис. 4. 1” або “... як це показано на рис. 4.1.”.

#### 1.2.4. Таблиці

Цифровий матеріал, як правило, повинен оформлятися у вигляді таблиць.

Приклад побудови таблиці.

| Заголовок таблиці |                 |  |  |  |  |  | Таблиця (номер)   |
|-------------------|-----------------|--|--|--|--|--|-------------------|
| Головка           |                 |  |  |  |  |  | Заголовки граф    |
|                   |                 |  |  |  |  |  | Підзаголовки граф |
| Рядки             |                 |  |  |  |  |  |                   |
|                   |                 |  |  |  |  |  |                   |
| Боковик           | Графи (колонки) |  |  |  |  |  |                   |

(заголовок рядків)

Кожна таблиця повинна мати заголовок, якій розміщують над таблицею і друкують симетрично до тексту. Заголовок і слово “Таблиця” починають з великої літери. Заголовок не підкреслюють.

Заголовок кожної графи у головці має бути як можна коротшим. Слід уникати повторів тематичного заголовку в заголовках граф, одиниці виміру зазначати у тематичному заголовку, виносити до узагальнюючих заголовків, що повторюються.

Боковик, як головка, вимагає лаконічності. Повторювані слова тут також виносять в об'єднувальні рубрики; загальні для всіх заголовків боковика слова розміщують у заголовку над ним.

У програмці повторювані елементи, які мають відношення до всієї таблиці, виносять в тематичний заголовок або в заголовок графи; однорідні числові дані розміщують так, щоб їх класи співпадали;

неоднорідні – посередині графи; лапки використовують тільки замість однакових слів, які стоять одне під одним.

Заголовки граф повинні починатися з великих літер, підзаголовки – з маленьких, якщо вони складають одне речення із заголовком, і з великих, якщо вони є самостійними. Висота рядка повинна бути не меншою 8 мм. Графу з порядковими номерами рядків до таблиці включати не треба.

Таблицю розміщують після першого згадування про неї в тексті таким чином, щоб її можна було читати без повороту переплетеного блоку пояснювальної записки, або з поворотом за годинниковою стрілкою. Таблицю з великою кількістю рядків можна перенести на інший аркуш. При перенесенні таблиці на інший аркуш над продовженням таблиці з правого боку робиться надпис «Продовження табл. ...». Таблицю з великою кількістю граф можна ділити на частини і розмішувати одну частину під іншою в межах однієї сторінки. Якщо рядки або графи таблиці виходять за формат сторінки, то в першому випадку в кожній частині таблиць повторюють її головку, в другому випадку – боковик.

Якщо текст, який повторюється у графі таблиці, складається з одного слова, його можна замінити лапками, якщо з двох або більше слів, то при першому повторенні його замінюють словами “Те ж”, а далі лапками. Ставити лапки замість цифр, марок, знаків, математичних і хімічних символів, які повторюються, не слід. Якщо цифрові або інші дані в якому-небудь рядку таблиці не подають, то в ньому ставлять прочерк.

### **1.2.5. Формули**

При використанні формул необхідно дотримуватися певних техніко-орфографічних правил.

Довгі і громіздкі формули, котрі мають у складі знаки суми, добутку, диференціювання, інтегрування, розміщують на окремих рядках. Це стосується також і всіх нумерованих формул. Для економії місця кілька коротких однотипних формул, відокремлених від тексту, можна подати в одному рядку, а не одну під одною. Невеликі і нескладні формули, що не мають самостійного значення, вписують у середину рядків тексту.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів треба подавати безпосередньо під формулою в тій послідовності, в якій вони дані. Значення кожного символу і числового коефіцієнта треба подавати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають зі слова “де” без двокрапки.

Рівняння і формули треба виділяти з тексту вільними рядками. Вище і нижче кожної формули потрібно залишати не менше одного вільного рядку. Якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знаку рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (–), множення (x) і ділення (:).

Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті. Інші формули нумерувати не рекомендується.

Порядкові номери позначають арабськими цифрами в круглих дужках біля правого боку. Номер, який не вміщується у рядку з формулою, переносять у наступний нижче формули. Номер формули при її перенесенні вміщують на рівні останнього рядку. Якщо формула знаходиться у рамці, то номер такої формули записують зовні рамки з правого боку напроти основного рядку формули. Номер формули-дробу подають на рівні основної горизонтальної риски формули.

Номери формул, розміщених на окремих рядках і об'єднаних фігурною дужкою (парантезом), ставляться праворуч від вістря парантеза, що заходиться в середини групи формул і направлено в сторону номеру.

Загальне правило пунктуації у тексті з формулами таке: формула входить до речення як його рівноправний елемент. Тому в кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації.

Двокрапку перед формулою ставлять лише у випадках, передбачених правилами пунктуації; а) у тексті перед формулою є узагальнююче слово; б) цього вимагає побудова тексту, що попереджує формулі.

Розділовими знаками між формулами, котрі йдуть одна за одною і не відокремлені текстом, можуть бути кома або крапка з комою безпосередньо за формулою до її номера.

Розділові знаки при парантезі ставлять всередині парантеза. Після таких громіздких математичних виразів, як визначники і матриці, можна розділові знаки не ставити.

#### **1.2.6. Загальні правила цитування та посилання на використані джерела**

При написанні курсової роботи студент повинен давати посилання на літературні джерела, матеріали або окремі результати, які приводяться в роботі. Посилатися слід на останні видання публікацій. На більш ранні видання можна посилатися лише в тих випадках, коли у них є матеріал, який не включено до останніх видань.

Якщо використовують відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерел, на які подано посилення у курсовій роботі.

Посилання у тексті курсової роботи на джерела слід зазначити порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, "... у [2-5] ...".

Посилання на ілюстрації курсової роботи вказують порядковим номером ілюстрації, наприклад, "рис. 2.4."

Посилання на формули курсової роботи вказують порядковим номером формули в дужках, наприклад, “... у формулі (3.2)”.

На всі таблиці курсової роботи (проекту) повинно бути посилання в тексті, при цьому слово “таблиця” в тексті пишуть скорочено, наприклад, “... у табл. 2.3.”.

У повторних посиланнях на таблиці та ілюстрації треба вказувати скорочено слово “дивись”, наприклад: “див. табл. 2.2”.

Не дозволяється у тексті застосовувати індекси стандартів (ДСТУ, ГОСТ, РСТУ, СТП) без реєстраційного номера.

### **1.2.7. Оформлення списку використаної літератури**

Список використаної літератури – елемент бібліографічного апарату, який містить бібліографічні описи використаних джерел і розміщується після висновків.

Джерела можна розміщувати одним із таких способів: у порядку появи посилань у тексті (найбільш зручний для користування і рекомендований при написанні курсової роботи), в алфавітному порядку прізвищ перших авторів або заголовків, у хронологічному порядку.

Відомості про джерела, включені до списку, необхідно давати відповідно до вимог державного стандарту з обов’язковим наведенням назв праць. Зокрема, потрібну інформацію щодо згаданих вимог можна одержати із таких стандартів: ГОСТ 7 – 84 “Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления”, ДСТУ 3582-97 “Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові у бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила”. ГОСТ 7.12-93 “Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила”.

### **1.2.8. Додатки**

Додатки оформлюють як продовження курсової роботи на наступних її сторінках, розміщуючи їх у порядку появи посилань у тексті курсової роботи.

Якщо додатки оформлюють на наступних сторінках курсової роботи, кожний такий додаток повинен починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований угорі малими літерами з першої великої симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої друкується слово “Додаток” і велика літера, що позначає додаток.

Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, І, Ї, Й, Щ Ч Ь, наприклад: додаток А, додаток Б і т.д. Один додаток позначається як додаток .

Приклад оформлення титульного листа курсової роботи наведений у Додатку Г (табл. Г.2).

### 1.3. Приклад розв'язання задач курсової роботи (проекту)

#### 1.3.1. Розрахунок і вибір посадок

У зв'язку з тим, що вивчення дисциплін “Деталі машин” і “Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання” (ВСТВ) з 1986 року проводилося у 5-у і 6-у семестрах, було організовано так зване “наскрізне курсове проектування” за цими дисциплінами. Студент спочатку виконував курсовий проект (роботу) за деталей машин (розраховував пояснювальну записку і креслив перший лист – складаний кресленик, потім для заданої конкретної складанної одиниці редуктора виконувалася курсовий проект по дисципліні “Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання”. Тобто студент виконував конкретний курсовий проект, а не просто завдання.

Нижче дається ілюстрація виконання курсового проекту (роботи) ВСТВ за принципом “наскрізного курсового проектування” для конкретних складаних одиниць циліндричного і конічно-циліндричного редукторів (рис. 1.1 і 1.2).

Одиниці міжнародної системи СІ наведено в Додатку А.

##### 1.3.1.1. Посадки з натягом

*Приклад 1.* Розрахувати посадку з натягом зубчастого колеса на тихохідний вал редуктора за такими вихідними даними:

крутний момент, що передається  $T = 600 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;

номінальний діаметр з'єднання  $d = 110 \text{ мм}$ ;

діаметр свердління вала  $d_1 = 85 \text{ мм}$ ;

діаметр маточини  $D_{\text{мат}} = D_2 = 170 \text{ мм}$ ;

довжина сполучення  $l = 120 \text{ мм}$ .

Матеріал зубчастого колеса і вала сталь 40 ГОСТ 1050-92,  $HV = 170 - 210$ .

Розрахункову схему посадки з натягом наведено на рис. 1.3.

Найменший питомий тиск у площі контакту вала і втулки визначаємо за формулою:

$$p \geq 2T / (3,14 \cdot d^2 \cdot l \cdot f), \quad (1.1)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя.

$$p = \frac{2 \cdot 600}{3,14 \cdot 0,11^2 \cdot 0,12 \cdot 0,07} \cdot 10^{-6} = 3,76 \text{ МПа.}$$

Тут коефіцієнт тертя за механічного запресування прийнятий рівним  $f = 0,07$ , табл. 1 (Додаток А).

Геометричні коефіцієнти  $C_D$  і  $C_d$  визначаються за формулами:

$$C_D = \frac{1 + (d / D_2)^2}{1 - (d / D_2)^2} + \mu_D; \quad C_d = \frac{1 + (d_1 / d)^2}{1 - (d_1 / d)^2} - \mu_d; \quad (1.2)$$

Тут  $E_D, E_d$  – модулі, пружності матеріалу відповідно до отвору і вала, табл. Б.2;  $\mu_D, \mu_d$  – коефіцієнти Пуассона матеріалу отвору і вала, табл. Б.2.

Якщо вал суцільний, тобто  $d_1=0$ , то  $C_d=1-\mu_d$ .

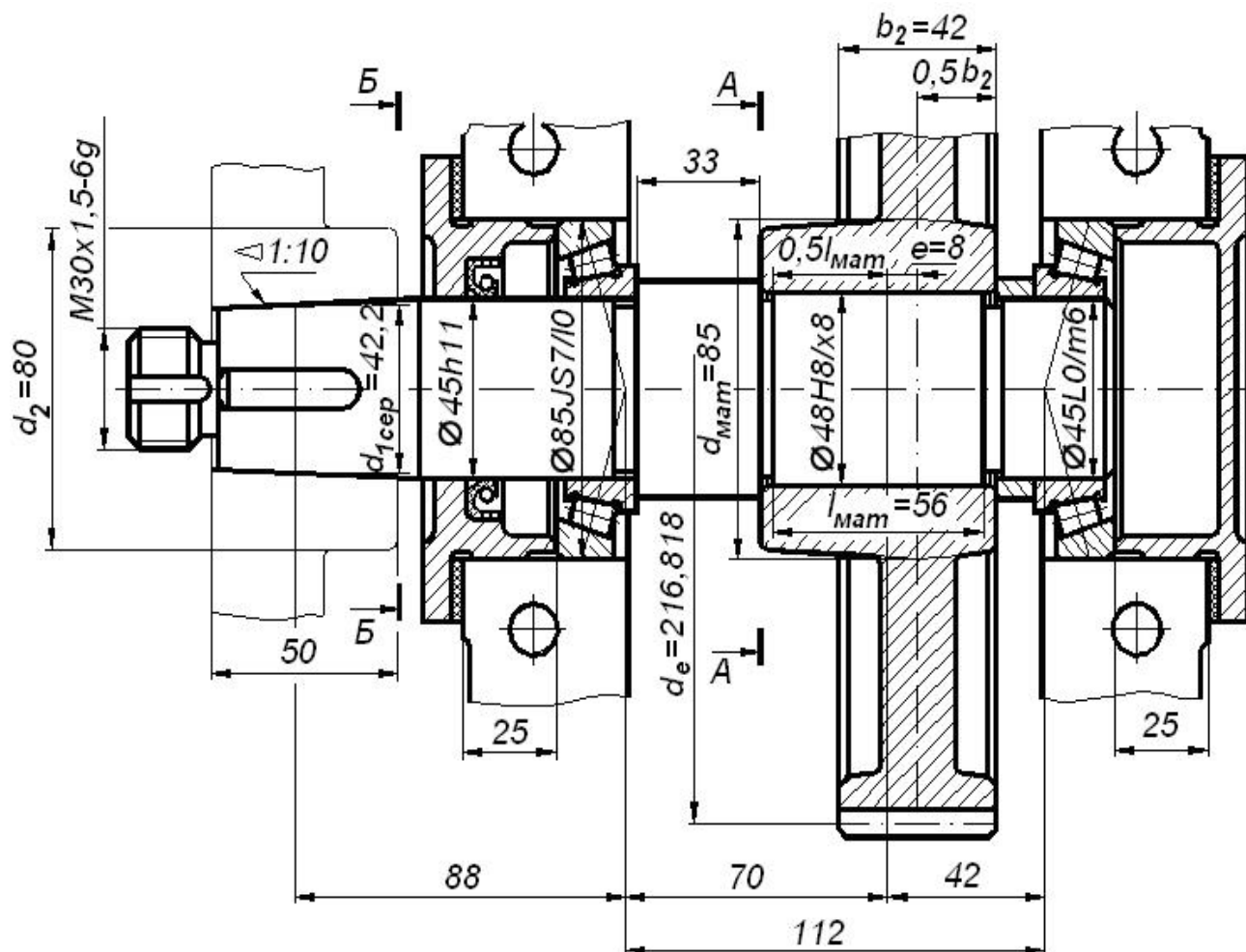


Рис. 1.1. Складання одиниця циліндричного редуктора.

$$C_D = \frac{1+(0,11/0,17)^2}{1-(0,11/0,17)^2} + 0,30 = 2,74; \quad C_d = \frac{1+(0,085/0,110)^2}{1-(0,085/0,110)^2} - 0,30 = 3,37.$$

Тут коефіцієнти Пуассона для матеріалу втулки і вала прийняти  $\mu_D = \mu_d = 0,30$ .

Потрібну деформацію деталей з'єднання визначимо за формулою:

$$\delta = p \cdot d \cdot 10^6 [(C_D / E_D) + (C_d / E_d)], \quad (1.3)$$

де  $\delta$  – загальна деформація з'єднання, мкм;  $p$  – питомий тиск, Па.

$$\delta = 3,76 \cdot 10^6 \cdot 0,11 \cdot \left( \frac{2,74}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{3,37}{2,1 \cdot 10^{11}} \right) \cdot 10^6 = 12 \text{ мкм.}$$

Тут модулі пружності матеріалу отвору і вала прийняти рівними  $E_D = E_d = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па (табл. Б.2).

Поправку на змінання мікронерівностей отвору і вала визначаємо за формулою:

$$U = 1,2(R_{zD} + R_{zd}) \text{ або } U = k_D R_{aD} + k_d R_{ad} \text{ мкм,} \quad (1.4)$$

де  $U$  – поправка на змінання нерівностей, мкм;  $R_{zD}$ ,  $R_{zd}$  – висота нерівностей профілю поверхонь отвору і вала за десятьма точками, мкм;  $R_{aD}$ ,  $R_{ad}$  – середній арифметичний відхил профілю отвору і вала, мкм.

За  $R_a \geq 1,25$  мкм  $k = 5$ , за  $R_a < 1,25$   $k = 6$ .

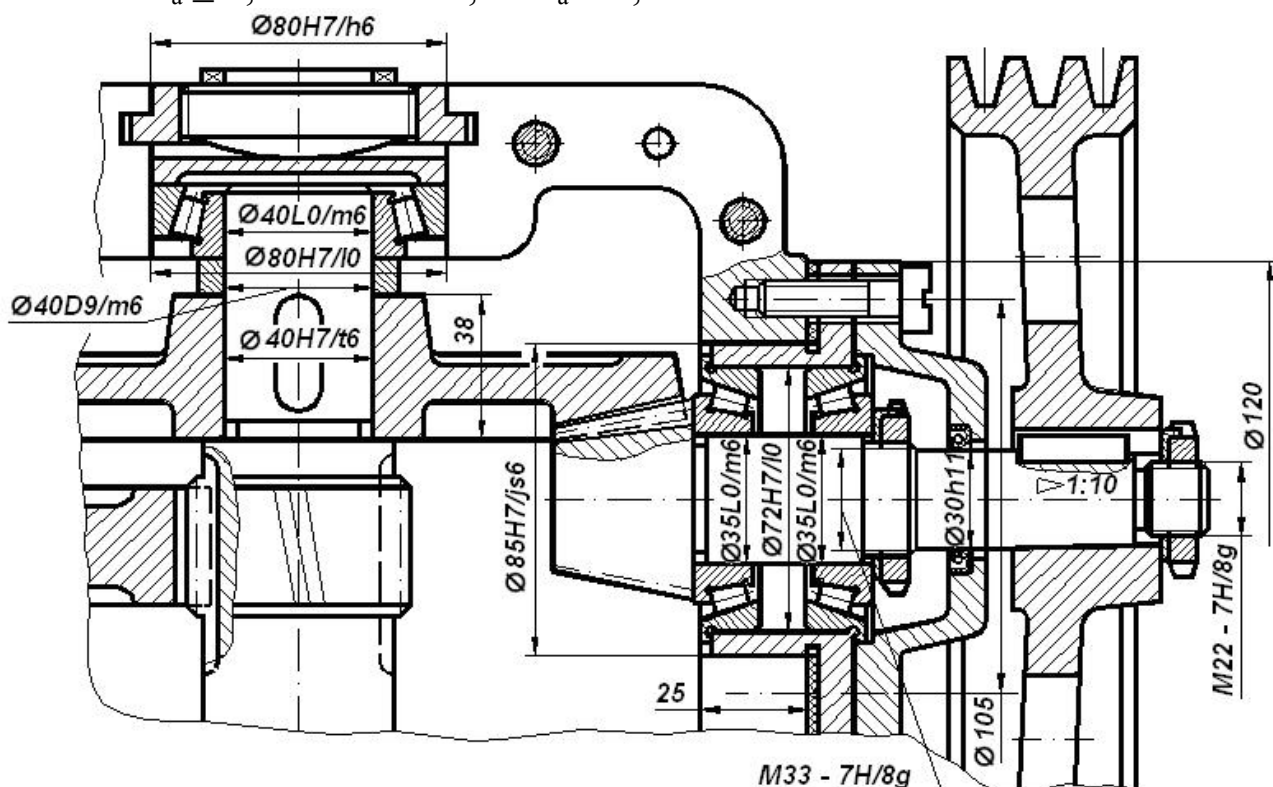


Рис. 1.2. Складання одиниця конічно-циліндричного редуктора.

Значення  $R_{zD}$ ,  $R_{zd}$ ,  $R_{aD}$ ,  $R_{ad}$  (мкм) слід брати із кресленика деталей або приймати за табл.Б.3.

Прийнявши точність виготовлення втулки за 7-м квалітетом, а вала – за 6-м, знаходимо значення  $R_{aD} = 1,6$  мкм і  $R_{ad} = 0,8$  мкм, а коефіцієнти  $k_D$  і  $k_d$ .

$$U = 1,6 + 6 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ мкм.}$$

Мінімальний натяг, потрібний для передачі завданого навантаження, визначаємо за формулою:

$$N_{\min} = \delta + U. \quad (1.5)$$

$$N_{\min} = 12 + 12,8 = 24,80 \text{ мкм.}$$

Максимальний тиск, що

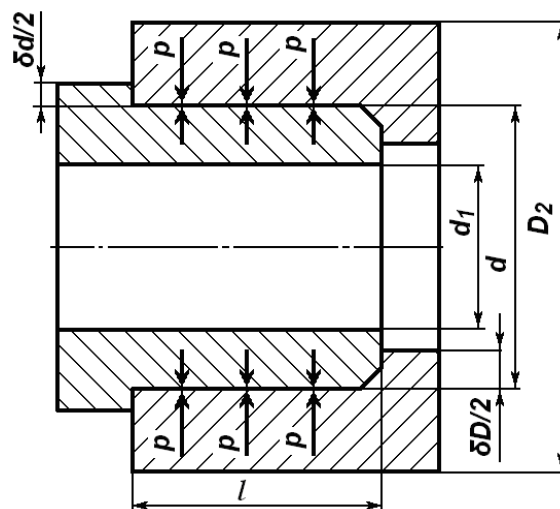


Рис. 1.3. Розрахункова схема посадки з натягом



допускається міцністю отвору, знаходять за формулою:

$$[p]_{\max} = 0,5\sigma_{\text{TD}} \left[ 1 - (d/D_2)^2 \right], \quad (1.6)$$

де  $[p]_{\max}$  – максимальний тиск; Па, який приймають за довідковими даними залежно від марки сталі і температури;  $\sigma_{\text{TD}}$  – границя текучості матеріалу охоплюючої деталі (табл. Б.5).

$$[p]_{\max} = 0,5 \cdot 790 \cdot 10^6 \left[ 1 - \left( \frac{0,11}{0,17} \right)^2 \right] = 230 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Тут значення межі текучості матеріалу отвору приймаємо  $\sigma_{\text{TD}} = 790$  МПа.

Максимальну деформацію, що допускається міцністю отвору, знаходять за формулою:

$$[\delta]_{\max} = [p]_{\max} \cdot \delta / p. \quad (1.7)$$

$$[\delta]_{\max} = \frac{230 \cdot 10^6 \cdot 12}{3,76 \cdot 10^6} = 734 \text{ мкм.}$$

Максимальний натяг, що допускає міцність отвору, знайдемо за виразом:

$$N_{\max} = [\delta]_{\max} + U. \quad (1.8)$$

$$N_{\max} = 734 + 12,80 = 746,80 \text{ мкм.}$$

Вибираємо стандартну посадку, відповідну умові (1.45):

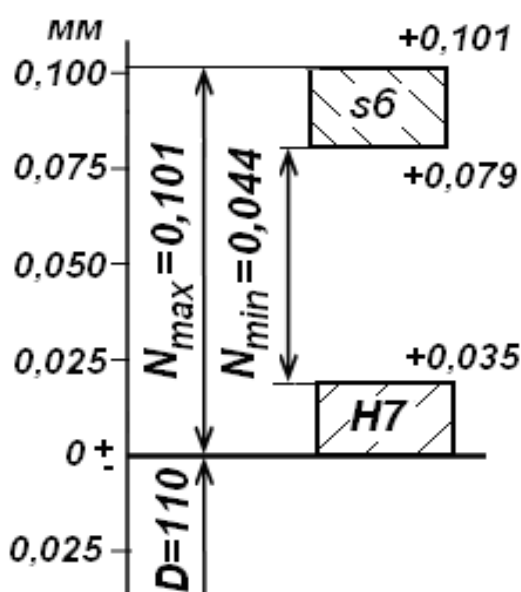


Рис. 1.4. Схема полів допусків посадки  $\text{Ø}110\text{H}7/s6$

$$N_{p.\min} \geq N_{\min}; N_{p.\max} \leq N_{\max}, \quad (1.9)$$

де  $N_{p.\min}$ ,  $N_{p.\max}$  – мінімальний і максимальний імовірні натяги посадки.

Значення імовірних натягів у різних посадках наведено в Додатку Б, табл. 4.

За даними табл. 4 маємо посадку  $\text{Ø}110\text{H}7/s6$ , у якої  $N_{p.\min}^{cm} = 46$  мкм і  $N_{p.\max}^{cm} = 87$  мкм.

Схему полів допусків посадки  $\text{Ø}110\text{H}7/s6$  наведено на рис. 1.4.

*Приклад 2.* Косозубе колесо (рис. 1.2) передає на вал крутний момент  $T = 547$  Н·м. У зачепленні діють сили: колова  $F_t = 5041$  Н, радіальна

$F_r = 1876$  Н, осьова  $F_a = 1081$  Н. До консольного кінця вала прикладена сила  $F_k = 1190$  Н. Розміри деталей з'єднання наведено на рис. 1.5. Схема навантаження вала і епюри моментів показано на рис. 1.6. Матеріал – сталь 40ХН, твердість HB = 235-262.

Вал суцільний  $d=48$  мм, діаметр маточини  $D_m = D_2 = 85$  мм, довжина сполучення  $l = 56$  мм. Складання здійснюється нагріванням колеса. Підібрати посадку для передачі заданого навантаження. Коефіцієнт запасу зчеплення прийнятий  $k = 3,14$ .

Коефіцієнт запасу зчеплення  $k$  визначаємо за рис. 1.36 залежно від відношення (1.32).

Згинальний момент вала у торця колеса (переріз А-А рис. 1.5):

$$M_{зг} = \sqrt{(38,7 + 26)^2 + 70^2} + 70,1 = 165,4 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Контактний тиск, потрібний для передачі заданого навантаження:

$$p = \frac{2 \cdot k \cdot T}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 547}{3,14 \cdot 0,048^2 \cdot 0,056 \cdot 0,14} = 6,05 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

За табл. Б.1 приймаємо коефіцієнт тертя  $f = 0,14$  за складання з нагріванням.

Потрібна деформація деталей за формулою (1.3).

По табл. Б.2 Б для сталевих коліс  $\mu_D = \mu_d = 0,30$ ;  $E_D = E_d = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па.

Геометричні коефіцієнти  $C_D$  і  $C_d$  визначаються за формулою (1.2):

$$C_D = \frac{1 + (0,048/0,085)^2}{1 - (0,048/0,085)^2} + 0,30 = 2,234; \quad C_d = 1 - 0,30 = 0,70.$$

$$\delta = 6,05 \cdot 10^6 \cdot 0,048 \cdot 10^6 \cdot \left( \frac{0,7}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{2,234}{2,1 \cdot 10^{11}} \right) = 40,61 \text{ мкм}.$$

Поправка на змінання мікронерівностей [формула (1.4)]:

$$U = k_D \cdot R_{aD} + k_d \cdot R_{ad} = 5 \cdot 1,6 + 6 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ мкм}.$$

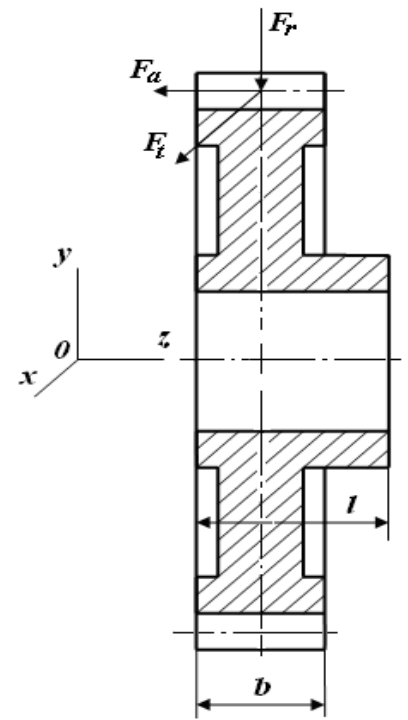
Прийнявши точність виготовлення коліс за 8-м квалітетом, за табл. Б.3 знаходимо значення  $R_{aD} = 1,6$  мкм і  $R_{ad} = 0,8$  мкм, а коефіцієнти  $k_D = 5$  і  $k_d = 6$ .

Мінімальний натяг, потрібний для передачі заданого навантаження, визначаємо за формулою (1.5):

$$N_{\min} = 40,6 + 12,8 = 53,4 \text{ мкм}.$$

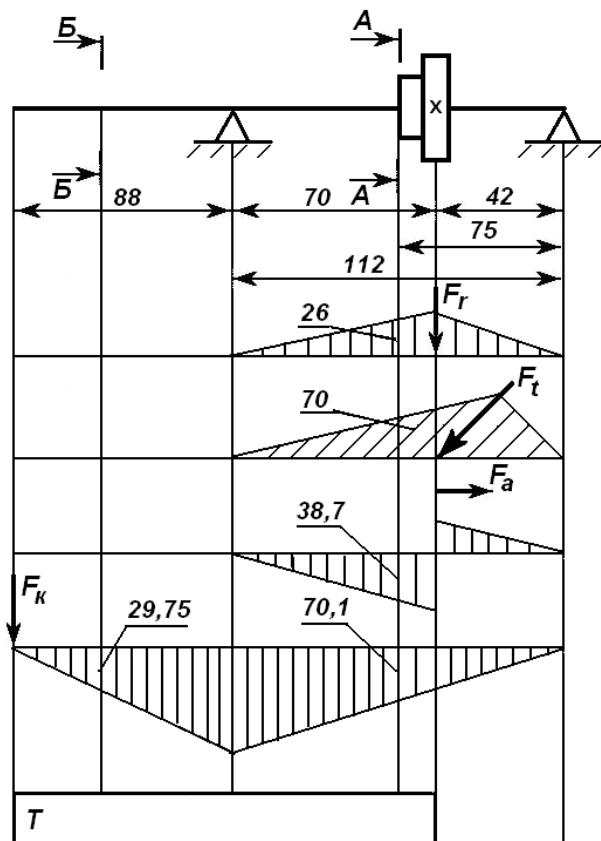
Максимальний тиск, що допускається міцністю отвору, [формула (1.6)]:

$$[p]_{\max} = 0,5 \cdot 640 \cdot 10^6 \left[ 1 - \left( \frac{0,048}{0,085} \right)^2 \right] = 2,18 \cdot 10^8 \text{ Па}.$$



**Рис. 1.5. Розрахункова схема конічного колеса**

Тут значення межі текучості матеріалу отвору приймаємо за табл. Б.5  
 $\sigma_{TD} = 640 \cdot 10^6$  Па.



**Рис. 1.6. Розрахункова схема і епюри моментів**

Максимально допустима деформація деталей [формула (1.7)]:

$$[\delta]_{\max} = \frac{2,18 \cdot 10^8 \cdot 40,6}{6,05 \cdot 10^7} = 146,2 \text{ мкм.}$$

Максимальний натяг, що допускає міцність отвору (маточини колеса), знайдемо за виразом (1.8):

$$N_{\max} = 146,2 + 12,8 = 159 \text{ мкм.}$$

Вибираємо стандартну посадку, що відповідає умові (1.9).

За даними табл. Б.4 знаходимо, що із числа рекомендованих придатна посадка  $\varnothing 48H8/x8$ , у якої

$$N_{p \min} = 61 \text{ мкм і } N_{p \max} = 117 \text{ мкм.}$$

$$N_{p \min} = 61 \text{ мкм} > N_{\min} = 53,4 \text{ мкм;}$$

$$N_{p \max} = 117 \text{ мкм} < N_{\max} = 159 \text{ мкм.}$$

Умова (1.9) виконано.

Температура нагрівання (охолодження) деталі, °С:

$$t_D = 20^\circ + \frac{N_{\max} + Z_{\text{скл}}}{d \cdot \alpha_D} 10^{-6}; t_d = 20^\circ + \frac{N_{\max} + Z_{\text{скл}}}{d \cdot \alpha_d} 10^{-6}. \quad (1.10)$$

де  $Z_{\text{скл}}$  – зазор за складання, мкм, дорівнює основному відхилу вала  $m$ ;  $\alpha_D$  і  $\alpha_s$  – відповідно коефіцієнти лінійного розширення матеріалу втулки і вала,  $1/^\circ\text{C}$ .

По табл. Б.7 основний відхил вала  $m_{e1} = 9$  мкм при діаметрі  $d = 48$  мм, отже  $Z_{\text{скл}} = 9$  мкм. Для сталі  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  °С. Тоді

$$t_D = 20^\circ + \frac{117 + 9}{0,048 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6} = 238 \text{ }^\circ\text{C, що допустимо.}$$

**Приклад 3.** Підібрати посадку для з'єднання з валом косозубчастого циліндричного колеса, яке подано на рис. 1.5.

На зубчасте колесо діють:

$$\text{колова сила } F_t = 5041 \text{ Н,}$$

$$\text{радіальна сила } F_r = 1876 \text{ Н,}$$

$$\text{осьова сила } F_a = 1081 \text{ Н.}$$

Розміри з'єднання наведено на рис. 1.5.

Розмір  $e = 8$  мм.

Крутний момент передається шпонкою.

Діаметр і довжина з'єднання відповідно дорівнюють  $d = 0,48$  м,  
 $l = 0,056$  м.

Коефіцієнт запасу щодо нерозкриття стику  $k = 1,5$ .

Ділильний діаметр колеса  $d_2 = 0,217$  м.

Необхідний контактний тиск із умови нерозкриття стику:

$$p = k \left( \frac{2F_r}{\pi \cdot d \cdot l} + \frac{12F_r \cdot e}{\pi \cdot d \cdot l^2} + \frac{6F_a \cdot d_2}{\pi \cdot d \cdot l^2} \right) = 1,5 \left( \frac{2 \cdot 1876}{3,14 \cdot 0,048 \cdot 0,056} + \frac{12 \cdot 1876 \cdot 0,008}{3,14 \cdot 0,048 \cdot 0,056^2} + \frac{6 \cdot 1081 \cdot 0,217}{3,14 \cdot 0,048 \cdot 0,056^2} \right) = 5,7 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Із прикладу 2 використовуємо  $C_D = 2,234$ ;  $C_d = 1 - 0,30 = 0,7$ ;

$E_D = E_d = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па. Тоді необхідна деформація деталей:

$$\delta = 5,7 \cdot 10^6 \cdot 0,048 \cdot 10^6 \cdot \left( \frac{0,7}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{2,234}{2,1 \cdot 10^{11}} \right) = 3,8 \text{ мкм.}$$

Поправку на змінання мікронерівностей розраховуємо за формулою (1.4). Передбачаємо, що точність виготовлення деталей з'єднання по 6-му квалітету. За табл. Б.3 приймаємо  $R_{aD} = 0,8$  мкм і  $R_{ad} = 0,4$ , а коефіцієнти  $k_D = k_d = 6$ .

$$U = 6 \cdot 0,8 + 6 \cdot 0,4 = 7,2 \text{ мкм.}$$

Мінімальний натяг [формула (1.5)]:  $N_{\min} = 3,8 + 7,2 = 11$  мкм.

Максимальний натяг [формула (1.8)]:  $N_{\max} = 146,2 + 7,2 = 153,4$  мкм.

Визначення  $[\delta]_{\max}$  (дивись *приклад 3*).

Вибір посадки. Умова придатності посадки [формула (1.7)]:

Придатна посадка  $\varnothing 48H7/r6$ , у якої  $N_{p\min} = 11$  мкм,  $N_{p\max} = 40$  мкм (див. табл. Б.4).

Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок із зазором наведено у табл. Б.6.

### 1.3.1.2. Посадки із зазором

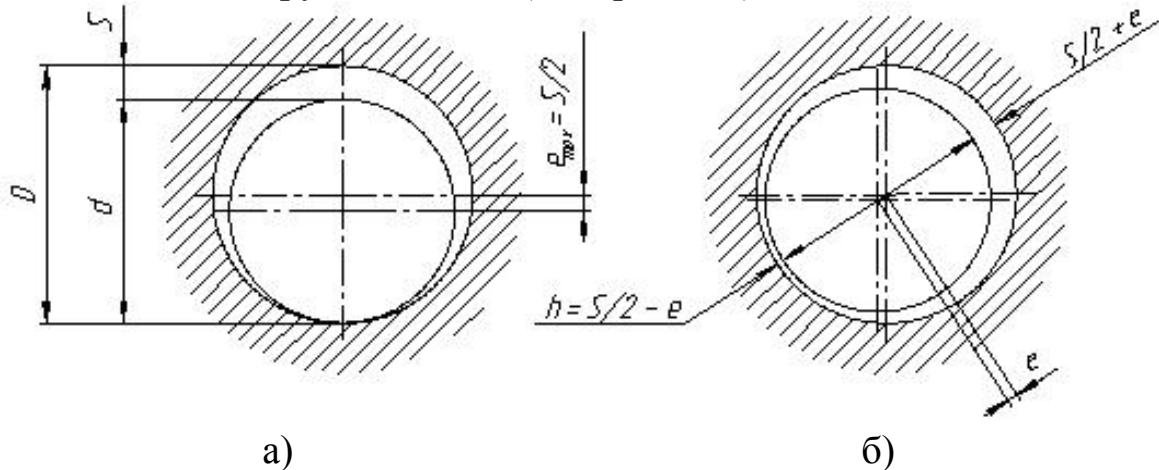
**Методика розрахунку посадок вальниць ковзання.** Одним з відповідальних рухомих з'єднань є вальниці ковзання, які працюють в умовах рідинного тертя. Для забезпечення цих умов роботи в таких з'єднаннях необхідно розрахувати зазори, при яких реалізується такий режим тертя.

Методика розрахунку посадок вальниць ковзання ([10], с. 282-297) базується на основних положеннях гідростатичної теорії тертя і передбачає нерозривність шару мастила між поверхнями тертя. Суть цієї теорії полягає в наступному.

При сталому режимі роботи положення осі вала відносно осі отвору вальниці характеризується абсолютним  $e$  і відносним  $\chi$  ексцентриситетом (рис. 1.121), зв'язок між якими визначається за формулою

$$\chi = \frac{2 \cdot e}{S},$$

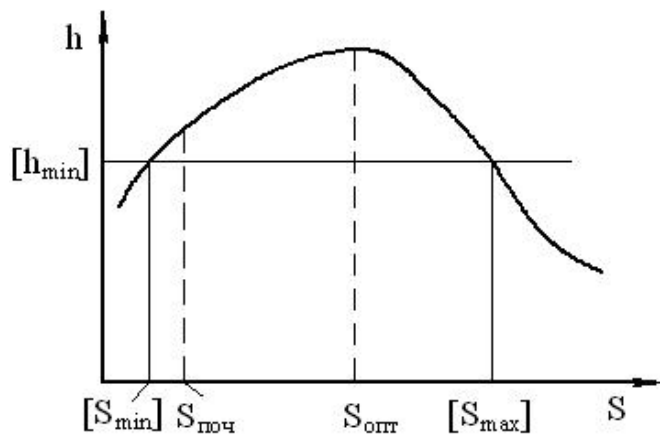
де  $S$  - значення зазору в вальниці (див. рис. 1.7).



**Рис. 1.7. Схема роботи вальниці ковзання при стані спокою (а) та під час обертання (б) вала**

Товщина мастильного шару  $h$  в місці найбільшого зближення поверхонь вала і отвору підшипника буде дорівнювати

$$h = \frac{S}{2} - e.$$



**Рис. 1.8. Залежність товщини  $h$  шару мастила від величини зазору  $S$  в з'єднанні**

збільшується, а потім зменшується аж до розриву мастильної плівки і порушення режиму рідинного тертя.

Допустима мінімальна товщина шару мастила, при якій ще забезпечується рідинне тертя, орієнтовно дорівнює:

$$[h_{\min} = K (R_{zD} + R_{zd} + \gamma) = K (4R_{zD} + 4R_{zd} + \gamma), \quad (1.11)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу надійності по товщині шару мастила,  $K \geq 2$ ;  $R_{zD}, R_{zd}$  – відповідно шорсткість поверхонь отвору і вала за десятьма точками;  $\gamma$  – додаток на нерозривність шару мастила,  $\gamma = 2$ ;  $R_{ad}, R_{ad}$  – середня арифметична висота нерівностей профілю відповідно поверхонь отвору і вала.

З рис. 1.8 виходить, що точки 1 і 2, які отримані при перетині прямої, що відповідають мінімально допустимій товщині мастильного шару  $[h_{min}]$ , з кривою  $h=f(S)$ , дозволяють визначити значення допустимих мінімального  $[S_{min}]$  і максимального  $[S_{max}]$  зазорів, при яких умови рідинного тертя ще зберігаються. Тому, для забезпечення мінімально необхідної товщини шару мастила граничні значення зазорів посадки, що вибирається, повинні відповідати основній умові:

$$S_{min} \geq [S_{min}]; S_{max} \leq [S_{max}]. \quad (1.12)$$

Тут  $S_{min}, S_{max}$  – відповідно мінімальний і максимальний зазори стандартних посадок, вибраних у відповідності з [10].

При відомих вихідних даних розрахунки зазорів і вибір посадки проводиться в такій послідовності.

1. Визначаємо середній питомий тиск  $p$  ( $H/m^2$ ) в вальниці за формулою:  $p = \frac{R}{L \cdot d}$ ,

де  $R$  – навантаження на вальницю,  $H$ ;  $L$  – довжина з'єднання поверхонь вала і отвору,  $m$ ;  $d$  – номінальний діаметр з'єднання,  $m$ .

2. Визначаємо допустиму мінімальну товщину шару мастила шару  $[h_{min}]$  за формулою (1.11).

Рекомендації по нормуванню шорсткості поверхні наведено в Додатку Б (табл. 7).

3. Задаємося робочою температурою вальниці  $t_n$ . Правильність призначення температури вальниці перевіряється тепловим розрахунком. Робоча температура вальниці повинна бути не вище  $(60-75)^\circ C$ . Для попередніх розрахунків можна прийняти  $t_n = 50^\circ C$ .

Відповідно з прийнятою температурою  $t_n$  і маркою мастила визначається його динамічна в'язкість  $\mu = \mu_{таб} \left( \frac{50}{t_n} \right)^{2,8}$ .

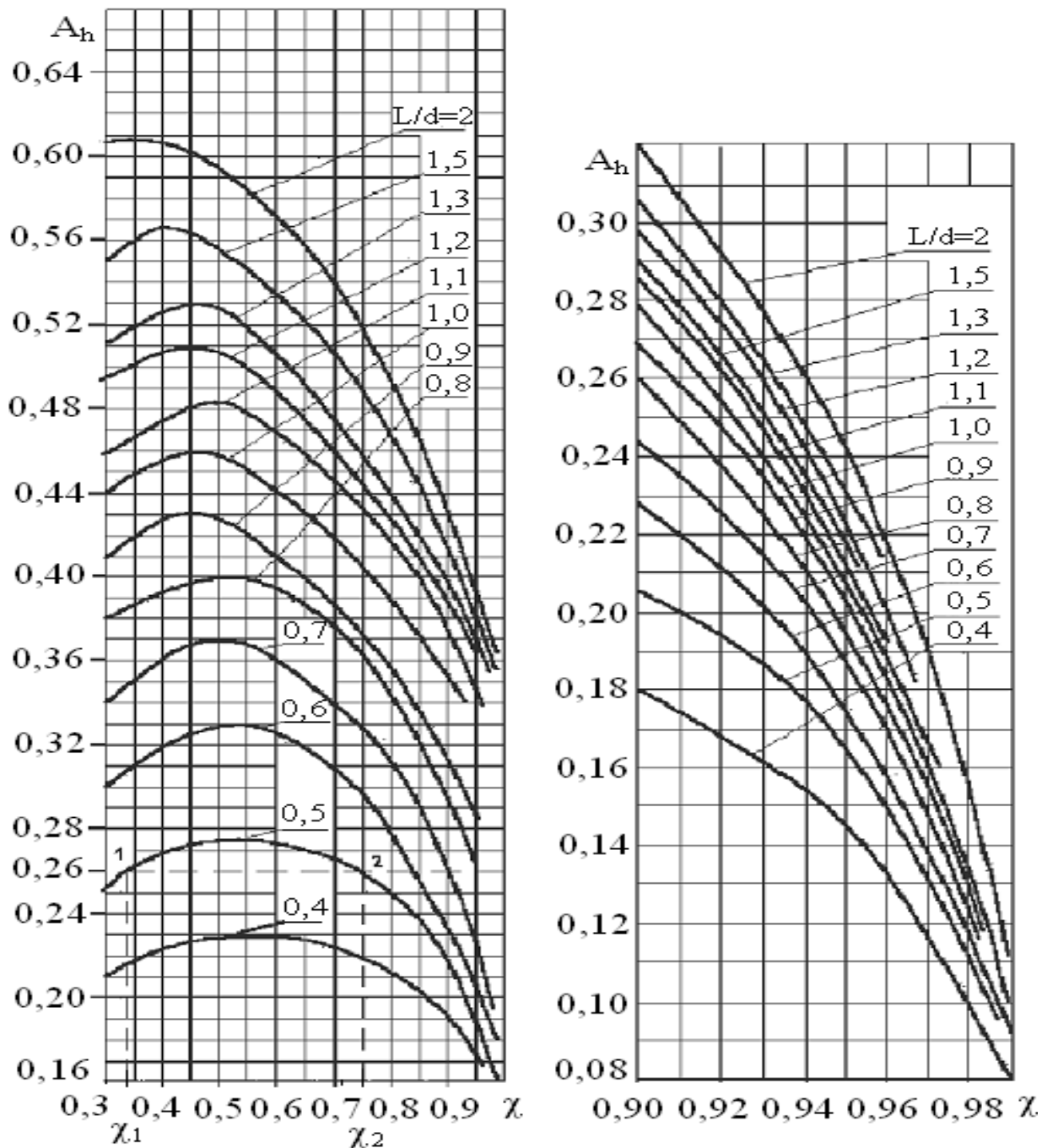
Тут  $\mu_{таб}$  – динамічна в'язкість при  $t_n = 50^\circ C$  (табл. Б.8).

4. Розраховується значення коефіцієнту  $A_h$  за формулою:

$$A_h = 2 \cdot [h_{min}] / (d \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega}{\rho}}),$$

де  $\omega$  – кутова швидкість вала,  $рад/с$ ,  $\omega = \pi \cdot n / 30$ .

На графіку (рис. 1.9) за розрахованим значенням коефіцієнта  $A_h$  (горизонтальна лінія) і співвідношенню  $L/d$  (одна з кривих графіка) знаходимо точки перетину з кривою графіка. Цим точкам перетину відповідають відносні значення ексцентриситетів  $\chi_{\min}$  і  $\chi_{\max}$ , при яких товщина мастильного шару дорівнює  $[h_{\min}]$ .



**Рис. 1.9. Графік залежності коефіцієнта  $A_h$  від відносного ексцентриситету  $\chi$**

По знайденому значенню  $\chi_{\min}$  розраховуємо мінімальний граничний зазор

$$[S_{\min}] = \frac{2 \cdot [h_{\min}]}{1 - \chi_{\min}}$$

а) по рис. 1.9 визначається значення  $A_x$  для певного співвідношення  $L/d$  при  $\chi = 0,3$ ;

б) розраховують мінімальний граничний зазор  $[S_{\min}]$  за формулою

$$[S_{\min}] = 2,857 [h_{\min}] \frac{A_x}{A_h}.$$

Коли значення  $\chi_{\min}$  виявляється меншим 0,3, то для визначення  $[S_{\min}]$  діють таким чином:

6. По величині максимального відносного ексцентриситету  $\chi_{\max}$  розраховуємо максимальний гарантований зазор

$$[S_{\max}] = \frac{2 \cdot [h_{\min}]}{1 - \chi_{\max}}.$$

7. Визначаємо допоміжну умову, яка передбачає, що середній зазор  $S_{\text{сер}}$  в посадці повинен приблизно дорівнювати оптимальному  $S_{\text{опт}}$ .

Оптимальний зазор розраховуємо по формулі:

$$S_{\text{опт}} = \frac{2 \cdot [h_{\min}]}{1 - \chi_{\text{опт}}} \cdot \frac{A_{\text{опт}}}{A_h}.$$

Значення  $A_{\text{опт}}$  і  $\chi_{\text{опт}}$  визначаємо по графіку рис. 1.9, які відповідають найвищій точці кривої з заданим співвідношенням  $L/d$ .

8. По таблицям допусків і посадок вибираються всі посадки за значенням  $[S_{\min}]$  та  $[S_{\max}]$ , щоб виконувалась основна умова (1.12). Посадки аналізуються і приймається лише одна з них, для якої виконується допоміжна умова згідно пункту 7 цієї послідовності.

Коли при даних умовах на якому-небудь етапі задача не розв'язується, дозволяється робити корективи в вихідних даних, тобто змінювати в певних межах числові значення наступних параметрів:  $\mu$ ,  $R_a$ ,  $L/d$ .

**Приклади розв'язання задач вибору посадок для сполучень вальниць ковзання.** Розрахунок величини зазору робиться дуже рідко, лише для найбільш відповідальних вальниць ковзання двигунів, верстатів, турбін, компресорів. Існуючі варіанти розрахунку вальниць ковзання засновані на використанні гідродинамічної теорії змащення. Вальниці ковзання мають високу довговічність і малі втрати на тертя тільки при роботі в умовах рідинного змащення, коли поверхні деталей, які переміщуються одне по відношенню одного, розділяє суцільний шар масла. У стані спокою вал у вальниці лежить на нижній твірній втулці, практично повністю витісняючи масло в зоні максимального зближення поверхонь; з'єднання має максимальний ексцентриситет  $e_{\max}$  і односторонньо розташований угорі діаметральний зазор.

При обертанні вала в вальниці внаслідок в'язкості мастило нагнітається в клинову порожнину, що звужується. При сталому режимі за

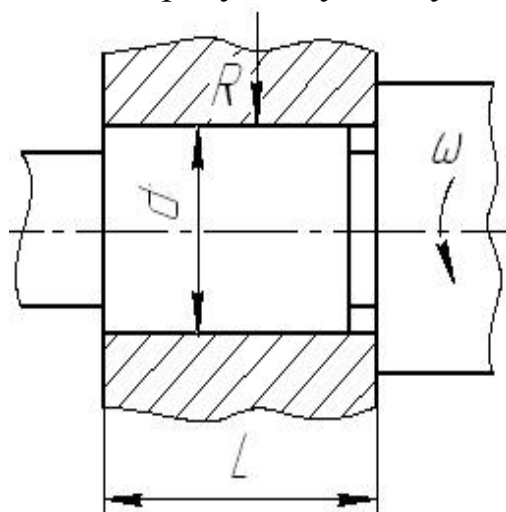


рахунок гідродинамічного тиску, який виникає під час обертання, вал буде «спливати» у мастильному матеріалі. Дана умова в кожному конкретному випадку (розміри й матеріали сполучених деталей, діючі зусилля, швидкості, температура, марка мастильного матеріалу, режим роботи й ін.) може витримуватися лише в певному інтервалі зазорів.

Знаючи квалітет і діаметр з'єднання, підбір посадки зручніше вести по заданому  $S_{\min}$ , маючи на увазі, що в системі отвору  $S_{\min.табл}=es$ , а в системі вала  $S_{\min.табл}=EI$ , тобто визначають величину основного відхилення сполученої деталі. При однаковості квалітетів з'єднаних деталей другий відхил ( $ei$  валів або  $ES$  отворів) чисельно дорівнює середньому зазору  $S_{сер}$ . При цьому необхідно, щоб  $S_{\max.табл}$  був меншим розрахункового  $S_{\max}$ . Це дозволяє створювати додатковий запас точності на зношування  $T_{зн}$ ,

*Приклад 1.* Розрахувати зазори і підібрати стандартну посадку для вальниці ковзання, яка працює при таких умовах:  $R = 10800$  Н,  $d = 70$  мм,  $L=77$  мм,  $n=1440$  об/хв.,  $\mu = 20 \cdot 10^{-3}$  Н·с/м<sup>2</sup>.

Розрахункову схему вальниці ковзання показано на рис. 1.10.



**Рис. 1.10. Розрахункова схема вальниці ковзання**

1. Визначаємо питомий тиск в вальниці

$$p = \frac{R}{L \cdot d} = \frac{10800}{77 \cdot 10^{-3} \cdot 70 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

2. Приймаємо висоту мікронерівностей деталей відповідно по 7 квалітету  $Ra_D=Ra_d=0,8$  мкм (Додаток Б, табл. 8) і розраховуємо допустиму товщину шару мастила за формулою:

$$[h_{\min}] = K(4Ra_D + 4Ra_d + \gamma) = 2 \cdot (4 \cdot 0,8 + 4 \cdot 0,8 + 2) = 16,8 \text{ мкм} = 16,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

3. Задаємося робочою температурою вальниці  $t_n=50$  °С, при якій динамічна в'язкість мастила дорівнює (Додаток Б, табл. 9):  $\mu=20 \cdot 10^{-3}$  Н·с/м<sup>2</sup>.

4. Визначаємо величину коефіцієнта  $A_h$ :

$$A_h = \frac{2[h_{\min}]}{d \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega}{p}}} = \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 10^{-6}}{70 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 150}{2 \cdot 10^6}}} = 0,39,$$

де кутова швидкість вала визначається по формулі:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1440}{30} = 150 \text{ рад/с}.$$

5. По графіку на рис. 1.9, використовуючи значення  $A_h=0,39$  (горизонтальна пряма) і співвідношення  $L/d=1,1$  (крива графіка), знаходимо точки перетину прямої з кривою графіка. Цим точкам перетину

на горизонтальній осі відповідають відносні ексцентриситети  $\chi_{\min}$  і  $\chi_{\max}$ . В нашому випадку  $\chi_{\min} < 0,3$ , тобто першої точки перетину немає.

В такому випадку визначаємо  $[S_{\min}]$  по величині  $A_x = 0,47$ , що відповідає  $\chi = 0,3$

$$[S_{\min}] = 2,857[h_{\min}] \frac{A_x}{A_h} = 2,857 \cdot 16,8 \cdot \frac{0,47}{0,39} = 57 \text{ мкм} = 57 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

6. По знайденому максимальному відносному ексцентриситету  $\chi_{\max} = 0,87$  визначаємо максимальний допустимий зазор

$$[S_{\max}] = \frac{2 \cdot [h_{\min}]}{1 - \chi_{\max}} = \frac{2 \cdot 16,8}{1 - 0,87} = 168 \text{ мкм} = 258 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

7. Розраховуємо оптимальний зазор

По графіку на рис. 1.9 визначаємо  $\chi_{\text{опт}} = 0,47$  і  $A_{\text{опт}} = 0,49$ , які відповідають найвищій точці кривої  $L/d = 1,1$ , згідно яких

$$S_{\text{опт}} = \frac{2[h_{\min}]}{1 - \chi_{\text{опт}}} \cdot \frac{A_{\text{опт}}}{A_h} = \frac{2 \cdot 16,8}{1 - 0,47} \cdot \frac{0,49}{0,39} = 80 \text{ мкм} = 80 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

8. За таблицями допусків і посадок ([10], табл. 1.47) вибираємо всі посадки за  $[S_{\min}]$  і  $[S_{\max}]$ , щоб виконувалась основна умова (1.12).

В нашому випадку це такі посадки:

$\varnothing 70 \text{ H7/e7}$ ,  $\varnothing 70 \text{ H7/e8}$ ,  $\varnothing 70 \text{ H8/e8}$ ;

$\varnothing 70 \text{ E8/h6}$ ,  $\varnothing 70 \text{ E8/h7}$ ,  $\varnothing 70 \text{ E8/h8}$ .

В ЄСДП переважне використання надається посадкам в системі отвору, тому всі посадки в системі валу відкидаємо. Посадки, що залишилися, мають наступні характеристики:

$\varnothing 70 \text{ H7/e7}$ , для якої –  $S_{\max} = 120$  мкм,  $S_{\min} = 60$  мкм,  $S_c = 90$  мкм;

$\varnothing 70 \text{ H7/e8}$ , для якої –  $S_{\max} = 136$  мкм,  $S_{\min} = 60$  мкм,  $S_c = 98$  мкм;

$\varnothing 70 \text{ H8/e8}$ , для якої –  $S_{\max} = 152$  мкм,  $S_{\min} = 60$  мкм,  $S_c = 106$  мкм.

Допоміжній умові найбільше відповідає перша посадка, тому саме її

остаточно приймаємо для цього сполучення:  $\varnothing 70 \frac{\text{H7}^{(+0.030)}}{\text{e7}^{(-0.060/-0.090)}}$ .

Для обраної посадки основна умова виглядає наступним чином:

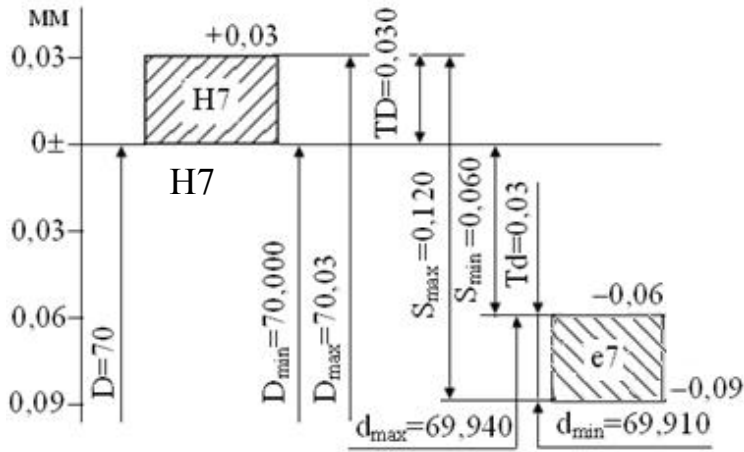
$S_{\min} = 60 \text{ мкм} > [S_{\min}] = 57 \text{ мкм}$ ;  $S_{\max} = 120 \text{ мкм} < [S_{\max}] = 168 \text{ мкм}$ ;

$S_{\text{сер}} = (60 + 120)/2 = 90 \text{ мкм}$ .

По допоміжній умові середній зазор посадки  $S_{\text{сер}} = 90$  мкм відносно близький до оптимального зазору  $S_{\text{опт}} = 80$  мкм. Отже, для вибраної посадки виконуються основна і допоміжна умови. Для цієї посадки будуємо схеми розташування полів допусків з позначенням основних характеристик (рис. 1.11) та наводимо ескізи з'єднання та окремих поверхонь (рис. 1.12).

Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок із зазором наведено у табл. Б.9.

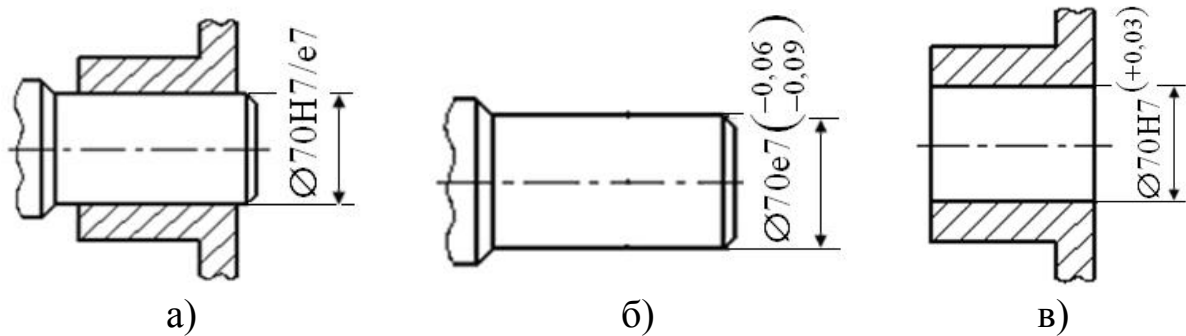
### 1.3.1.3. Перехідна посадка



**Рис. 1.11. Схема розташування полів допусків для посадки з зазором**

Найменший і найбільший граничні зазори знаходимо за формулами:

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-60) = 60 \text{ мкм}; \quad S_{\max} = ES - ei = +46 - (-106) = 152 \text{ мкм}.$$



**Рис. 1.12. Ескізи з'єднання (а), вала (б) та отвору (в) на робочих креслениках деталей**

Граничне розсіювання зазору розраховуємо за формулою:

$$t_{\Sigma} = S_{\max} - S_{\min}; \quad (1.13)$$

$$t_{\Sigma} = 152 - 60 = 92 \text{ мкм}$$

Середнє значення зазору визначаємо по формулі:

$$S_{\text{сер}}(-N_{\text{сер}}) = E_{\text{сер}} - e_{\text{сер}} - 0,1(TD + Td). \quad (1.14)$$

$$S_{\text{сер}} = 23 - (-83) - 0,1(46 + 46) = 96,8 \text{ мкм}.$$

Ймовірне розсіювання зазору за формулою:

$$t_{\Sigma p} = \sqrt{TD^2 + Td^2}. \quad (1.15)$$

$$t_{\Sigma p} = \sqrt{46^2 + 46^2} = 65,05 \text{ мкм}.$$

Найбільші і найменші ймовірні зазори знаходимо за формулами:

$$S_{p\max}(-N_{p\min}) = S_{\text{сер}} + 0,5t_{\Sigma p}. \quad (1.16)$$

$$S_{p\max} = 96,8 + 0,5 \cdot 65,05 = 129,33 \text{ мкм},$$

$$S_{p\min}(-N_{p\max}) = S_{\text{сер}} - 0,5t_{\Sigma p}. \quad (1.17)$$

*Приклад 1.* На кресленику задана посадка  $\text{Ø}63\text{I} 8/\text{a}8$ . Визначити найбільші та найменші граничні та ймовірні зазори.

За табл. Б.11 і Б.14 для заданих розміру і посадки (мкм):

$$ES = +46, \quad EI = 0, \quad E_{\text{сер}} = +23,$$

$$TD = 46; \quad es = -60, \quad ei = -106,$$

$$e_{\text{сер}} = -83, \quad Td = 46.$$

Найменший і найбільший

$$S_{p\min} = 96,8 - 0,5 \cdot 65,05 = 64,27 \text{ мкм.}$$

*Приклад 2.* На кресленіку задано посадку  $\varnothing 60H7/k6$ . Визначити найбільші і найменші граничні та ймовірні зазори і натяги в з'єднанні.

За табл. Б.10 і Б.12 для заданих розміру і посадки (мкм):  $ES=+30$ ,  $EI=0$ ,  $E_{\text{сер}}=+15$ ,  $TD=30$ ,  $es=+21$ ,  $ei=+2$ ,  $e_{\text{сер}}=+11,5$ ,  $Td=19$ .

Найбільші граничні зазор і натяг знаходимо за формулами:

$$S_{\max} = ES - ei = +30 - 2 = 28 \text{ мкм}; \quad N_{\max} = es - EI = +21 - 0 = 21 \text{ мкм}.$$

Граничне розсіювання зазору-натягу за формулою (1.13):

$$t_{\Sigma} = S_{\max} - S_{\min} = 28 - (-21) = 49 \text{ мкм}.$$

Середнє значення зазору-натягу за формулою:

$$S_{\text{сер}}(N_{\text{сер}}) = E_{\text{сер}} - e_{\text{сер}} - 0,1(TD + Td). \quad (1.18)$$

$$S_{\text{сер}}(N_{\text{сер}}) = 15 - 11,5 - 0,1(30 + 19) = -1,4 \text{ мкм}.$$

Ймовірне розсіювання зазору-натягу за формулою (1.15):

$$t_{\Sigma p} = \sqrt{30^2 + 19^2} = 35,5 \text{ мкм}.$$

Найбільші ймовірні зазори і натяги за формулою (1.16) і (1.17):

$$S_{p\max} = -1,4 + 0,5 \cdot 35,5 = 16,35 \text{ мкм}; \quad N_{p\max} = 1,4 + 0,5 \cdot 35,5 = 19,15 \text{ мкм}.$$

*Приклад 3.* На кресленіку задано посадку  $\varnothing 60H7/s6$ . Визначити найбільші і найменші граничні та ймовірні натяги у з'єднанні.

За табл. Б.10 і Б.12 для заданих розміру і посадки (мкм):  $ES = +30$ ,  $EI = 0$ ,  $E_{\text{сер}} = +15$ ,  $TD = 30$ ;  $es = +72$ ,  $ei = +53$ ,  $e_{\text{сер}} = +62,5$ ,  $Td = 19$ .

Найменший і найбільший граничні натяги підраховуємо за формулами:

$$N_{\min} = ei - ES = 53 - 30 = 23 \text{ мкм}; \quad N_{\max} = es - EI = +72 - 0 = 72 \text{ мкм}.$$

Граничне розсіювання натягу за формулою (1.13):

$$t_{\Sigma} = N_{\max} - N_{\min} = 72 - 23 = 49 \text{ мкм}.$$

Середнє значення та ймовірне розсіювання натягу за формулами (1.14) і (1.15):  $N_{\text{сер}} = 62,5 + 0,1(30 + 19) - 15 = 52,4 \text{ мкм}$ ;

$$t_{\Sigma p} = \sqrt{30^2 + 19^2} = 35,5 \text{ мкм}.$$

Найбільші і найменші ймовірні зазори за формулами:

$$N_{p\max} = N_{\text{сер}} + 0,5t_{\Sigma p}; \quad (1.19) \quad N_{p\max} = 52,4 + 0,5 \cdot 35,5 = 70,15 \text{ мкм};$$

$$N_{p\min} = N_{\text{сер}} - 0,5t_{\Sigma p}; \quad (1.20) \quad N_{p\min} = 52,4 - 0,5 \cdot 35,5 = 34,65 \text{ мкм}.$$

Вихідні дані для розрахунку і вибору перехідних посадок наведено у табл. Б.15.

### 1.3.2. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань і вибір універсальних засобів вимірювання

*Приклад 1.* Задано з'єднання  $\varnothing 46E10/h9$ . Система вала посадка з зазором.

За номінальним розміром з'єднання  $D=46$  мм і посадкою визначаємо граничні відхили отвору і вала (табл. Б.11 і Б.14):

$\varnothing 46h9$ :  $es=0$  мкм,  $ei=-62$  мкм;  $\varnothing 46E10$ :  $ES=+150$  мкм,  $EI=+50$  мкм.

Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:

$$D_{\min}=D + EI=46 + 0,050 =46,050 \text{ мм};$$

$$D_{\max}=D + ES=46 + 0,150 =46,150 \text{ мм};$$

$$d_{\min}=D + ei=46 + (-0,062) =45,938 \text{ мм};$$

$$d_{\max}=D + es=46 + 0 =46,000 \text{ мм}.$$

Допуски отвору і вала [формули (1.3)]:

$$TD=ES - EI =0,150 - 0,050=0,100 \text{ мм};$$

$$Td=es - ei =0 - (-0,062)=0,062 \text{ мм}.$$

Граничні зазори підраховуємо за формулами:

$$S_{\max}=ES - ei=0,150 - (-0,062)= 0,212 \text{ мм};$$

$$S_{\min}=EI - es=0,050 - 0 =0,050 \text{ мм}.$$

Допуск посадки визначаємо за формулою:

$$TS=S_{\max} - S_{\min}=0,212 - 0,050=0,162 \text{ мм}.$$

Перевірочна формула:

$$TS= TD + Td = 0,10 + 0,062 =0,162 \text{ мм}.$$

Схема полів допусків деталей з'єднання дана на рис. 1.13.

Ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів наведено на рис.1.14.

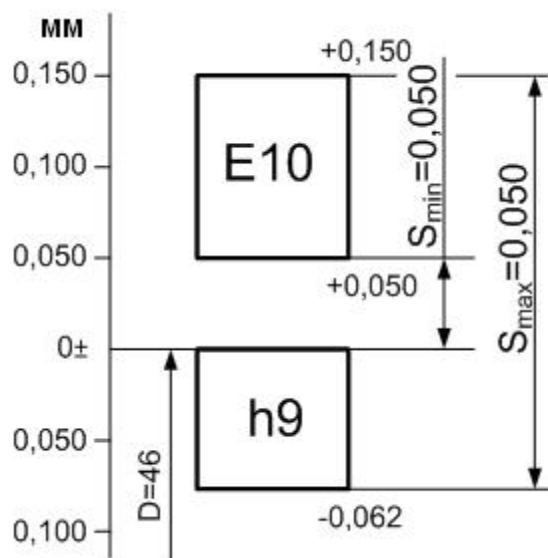


Рис. 1.13.Схема полів допусків деталей з'єднання  $\varnothing 46E10/h9$

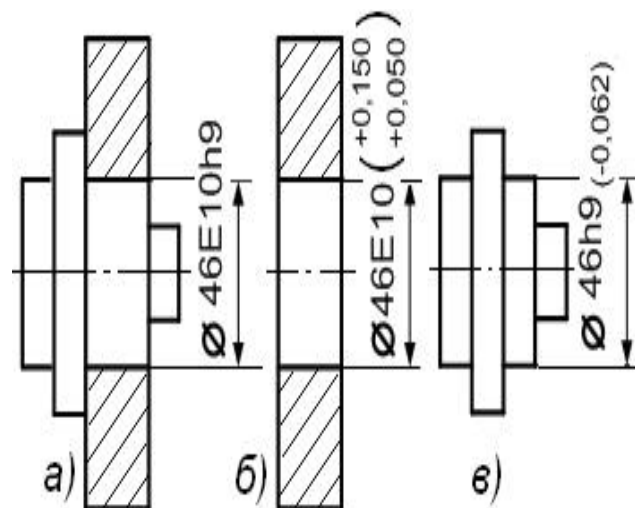


Рис. 1.14. Ескізи з'єднання (а), отвору (б) і вала (в).

Універсальні засоби вимірювання отвору і вала вибираємо, дотримуючись умовами:  $\Delta_{\text{lim}} \leq \delta$ . Згідно з табл. 16 Додатку Б:

для отвору  $\varnothing 46E10$   $IT=100$  мкм,  $\delta = 20$  мкм;

для вала  $\varnothing 46h9$   $IT=62$  мкм,  $\delta=16$  мкм.

Для вимірювання діаметру отвору вибрано індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,01 мм при роботі в межах всього діапазону шкали, для якого  $\Delta\text{lim}=10$  мкм (табл. Б.17).

Для вимірювання діаметру вала вибрано мікрометр типа МК, для якого  $\Delta\text{lim}=10$  мкм при вимірюванні у руках (табл. Б.17).

Вихідні дані для визначення основних елементів сполучення наведено у табл. Б.18.

*Приклад 2.* Задано з'єднання  $\varnothing 90\text{T}7/\text{h}6$ . Система вала, посадка з натягом.

За номінальним розміром з'єднання  $D = 90$  мм і посадкою визначаємо граничні відхилення отвору і вала (табл. Б.10 і Б.12):

$$\varnothing 90\text{T}7: EI=-113 \text{ мкм}=-0,113 \text{ мм}, ES=-78 \text{ мкм}=-0,078 \text{ мм}.$$

$$\varnothing 90\text{h}6: es=0 \text{ мкм}, ei=-22 \text{ мкм}=-0,022 \text{ мм}.$$

Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:

$$D_{\min}=D + EI=90 + (-0,113) = 89,887 \text{ мм};$$

$$D_{\max}=D + ES=90 + (-0,078) = 89,922 \text{ мм};$$

$$d_{\min}=D + ei=90 + (-0,022) = 89,978 \text{ мм};$$

$$d_{\max}=D + es=90 + 0 = 90,000 \text{ мм}.$$

Допуски отвору і вала [формули (1.3)]:

$$TD=ES - EI=-0,078 - (-0,113) = 0,035 \text{ мм};$$

$$Td=es - ei = 0 - (-0,022) = 0,022 \text{ мм}.$$

Граничні натяги підраховуємо за формулами:

$$N_{\max}=es - EI = 0 - (-0,113) = 0,113 \text{ мм};$$

$$N_{\min}=ei - ES=-0,022 - (-0,078) = 0,056 \text{ мм}.$$

Допуск посадки визначаємо за формулою:

$$TN=N_{\max} - N_{\min}=0,113 - 0,056 = 0,057 \text{ мм}.$$

Перевірочна формула:

$$TS= TD + Td = 0,035 + 0,022 = 0,057 \text{ мм}.$$

Схема полів допусків деталей з'єднання дана на рис. 1.15.

Універсальні засоби вимірювання отвору і вала вибираємо, дотримуючись умовами:  $\Delta\text{lim} \leq \delta$ .

Згідно з табл. Б.16: для отвору  $\varnothing 90\text{T}7$   $IT=35$  мкм,  $\delta=10$  мкм; для вала  $\varnothing 90\text{h}6$   $IT=22$  мкм,  $\delta=6$  мкм.

Для вимірювання діаметру отвору вибрано індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,0001 мм при роботі у межах ділянки у 0,1 мм, для якого  $\Delta\text{lim}=6,5$  мкм (табл. Б.17).

Для вимірювання діаметру вала вибрано мікрометр важільний типу МР, для якого  $\Delta\text{lim}=6$  мкм при вимірюванні у стояку (табл. Б.17).

*Приклад 3.* Задано з'єднання  $\varnothing 170\text{N}8/\text{h}7$ .

Система вала посадка перехідна.

За номінальним розміром з'єднання  $D=170$  мм і посадкою визначаємо граничні відхилення отвору і вала (табл. Б.11 і Б.13):

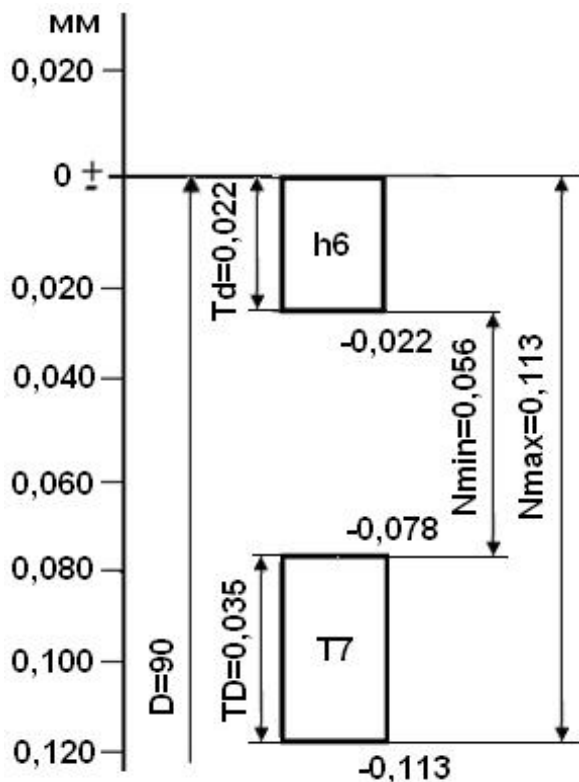


Рис. 1.15. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання  $\varnothing 90T7/h6$

$$\varnothing 170N8 \quad ES=-4 \text{ мкм}, EI=-67 \text{ мкм};$$

$$\varnothing 170h7 \quad es=0 \text{ мкм}, ei=-40 \text{ мкм}.$$

Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:

$$D_{\min}=D+EI=170+(-0,067)=169,933 \text{ мм};$$

$$D_{\max}=D+ES=170+(-0,004)=169,996 \text{ мм};$$

$$d_{\min}=D+ei=170+(-0,040)=169,960 \text{ мм};$$

$$d_{\max}=D+es=170+0=170,000 \text{ мм}.$$

Граничні зазори і натяги підраховуємо за формулами:

$$S_{\max}=ES-ei=-0,004-(-0,040)=0,036 \text{ мм};$$

$$N_{\max}=es-EI=0-(-0,067)=0,067 \text{ мм}.$$

Допуск посадки визначаємо за формулою:

$$T(SN)=S_{\max}+N_{\max}=0,036+0,067=0,103 \text{ мм}.$$

Перевірочна формула:

$$TS=TD+Td=0,036+0,067=0,103 \text{ мм}.$$

Схема полів допусків деталей з'єднання дана на рис. 1.16.

Універсальні засоби

вимірювання отвору і вала вибираємо, дотримуючись умовами:

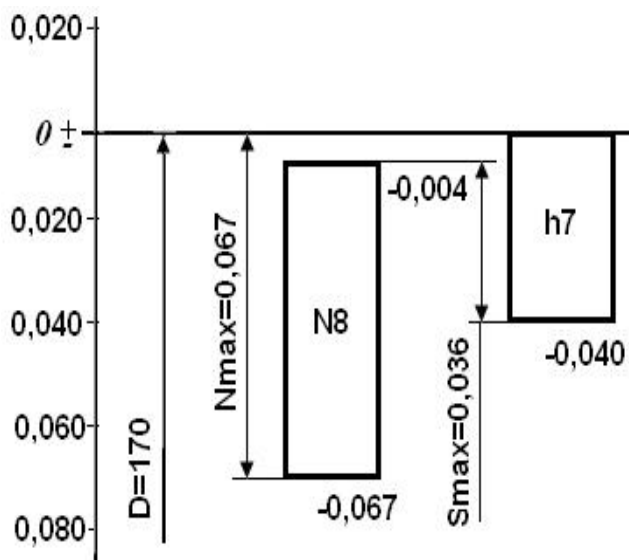


Рис. 1.16. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання  $\varnothing 170N8/h7$

$\Delta \text{lim} \leq \delta$ . Згідно з табл. Б.16: для отвору  $\varnothing 170N8$   $IT=63$  мкм,  $\delta=16$  мкм; для вала  $\varnothing 170h7$   $IT=40$  мкм,  $\delta=12$  мкм).

Для вимірювання діаметру вала вибрано мікрометр типу МК при вимірюванні в стійки для якого  $\Delta \text{lim}=10$  мкм (табл. Б.17).

Для вимірювання діаметру отвору вибрано індикаторний нутромір з вимірювальною голівкою з ціною поділки шкали 0,001 мм при роботі в границях дільниці 0,1 мм,  $\Delta \text{lim} = 7,5$  мкм (табл. Б.17).

Вихідні дані для розрахунку і вибору геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань наведено у табл. Б.18.

### 1.3.3. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці

*Приклад 1.* Вихідні дані розрахунку: з'єднання Ø84U9/h9, n=3.

Система вала посадка з натягом. Знаходимо граничні відхили для сполучення з розширеним полем допуску (табл. Б.11 і Б.14):

Ø84U9: ES= -124 мкм=-0,124 мм. EI=-178 мкм=-0,178 мм.

Ø84h9: es=0, ei=-54 мкм=-0,054 мм;

Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

$D_{\max}=84+(-0,124)=83,876$  мм;  $D_{\min}=84+(-0,178)=83,822$  мм;

$d_{\max}=84+0=84$  мм;  $d_{\min}=84+(-0,054)=83,946$  мм.

Допуски отвору і вала підраховуємо за формулами:

$TD=ES-EI=-0,124-(-0,178)=+0,054$  мм.  $Td=es-ei=0-(-0,054)=+0,054$  мм.

Граничні натяги визначаємо за формулами:

$N_{\min}=ei-ES=(-0,054)-(-0,124)=0,070$  мм;

$N_{\max}=es-EI=0-(-0,178)=0,178$  мм.

Визначаємо середнє значення натягу за формулою:

$N_{\text{сеп}}=(N_{\min} + N_{\max})/2=(0,070+0,178)/2=0,124$  мм.

Допуск посадки визначаємо за формулою:

$T(N)=N_{\max}-N_{\min}=0,178-0,070=0,108$  мм.

Перевірочна формула:  $T(N)=TD+Td=0,054+0,057=0,108$  мм.

Визначаємо груповий допуск за формулами для:

отвору  $TD_{\text{гр}}=TD/n=0,054/3=0,018$  мм;

вала  $Td_{\text{гр}}=Td/n=0,054/3=0,018$  мм.

Групові натяги підраховуємо за формулами:

- для першої групи:

$N_{\text{minI}}=N_{\min}+Td-Td/n=0,070+0,054-0,054/3=0,106$  мм;

$N_{\text{maxI}}=N_{\max}-Td+Td/n=0,178-0,054+0,054/3=0,142$  мм;

- для другої групи:

$N_{\text{minII}}=N_{\min}+Td-Td/n=0,070+0,054-0,054/3=0,106$  мм;

$N_{\text{maxII}}=N_{\max}-Td+Td/n=0,178-0,054+0,054/3=0,142$  мм;

- для третьої групи:

$N_{\text{minIII}}=N_{\min}+Td-Td/n=0,070+0,054-0,054/3=0,106$  мм;

$N_{\text{maxIII}}=N_{\max}-Td+Td/n=0,178-0,054+0,054/3=0,142$  мм.

Будуємо схему полів допусків (рис. 1.24).

Середній груповий натяг визначаємо за формулою:

$N_{\text{сеп.гр}}=(N_{\text{min.гр}}+N_{\text{max.гр}})/2=(0,106+0,142)/2=0,124$  мм.

Визначаємо груповий допуск посадки за формулою:

$TD_{\text{гр}}=TD_{\text{гр}}+Td_{\text{гр}}=0,018+0,018=0,036$  мм.

$TD_{\text{гр}}=N_{\text{maxI}}-N_{\text{minI}}=0,142-0,106=0,036$  мм.

Схема полів допусків деталей з'єднання дана на рис. 1.17.

Встановлюємо граничні відхили для кожної групи і результат заносимо до табл. 1.1.



Граничні розміри по групах вносимо до табл. 1.2.

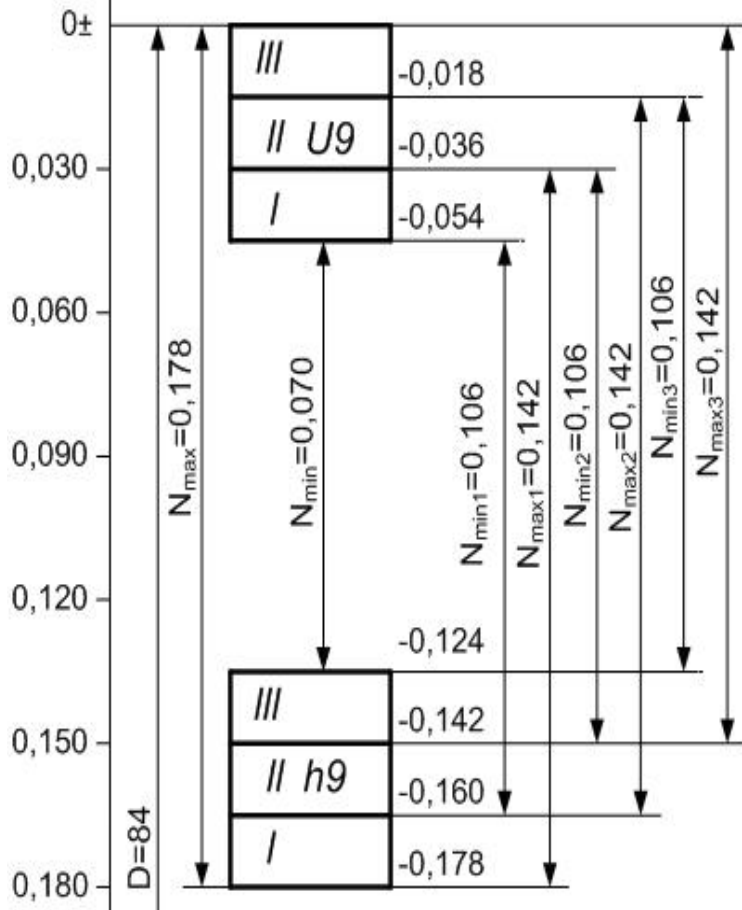


Рис. 1.17. Схема розташування полів допусків з'єднання Ø84U9/h9

$$d_{\min} = D + ei = 160 + (-0,100) = 159,900 \text{ мм.}$$

Таблиця 1.1

Граничні відхилення для кожної групи

| Деталь | Номер розмірних груп  |   |   |
|--------|---|---|---|
|        | I   | II  | III   |
| Вал    | $84 \begin{smallmatrix} -0,036 \\ -0,054 \end{smallmatrix}$ | $84 \begin{smallmatrix} -0,018 \\ -0,036 \end{smallmatrix}$ | $84 \begin{smallmatrix} -0,018 \\ -0,018 \end{smallmatrix}$ |
| Отвір  | $84 \begin{smallmatrix} -0,160 \\ -0,178 \end{smallmatrix}$ | $84 \begin{smallmatrix} -0,142 \\ -0,160 \end{smallmatrix}$ | $84 \begin{smallmatrix} -0,124 \\ -0,142 \end{smallmatrix}$ |

Вихідні дані для визначення основних елементів селективної збірки наведено у табл. Б.19.

Приклад 2. Вихідні дані розрахунку: Ø160F9/h9, n=2.

Система вала, посадка із зазором. Знаходимо граничні відхилення для сполучення (табл. Б.11 і Б.14):

$$\begin{aligned} \text{Ø160F9: } ES &= +143 \text{ мкм} = \\ &= +0,143 \text{ мм, EI} = +0,043; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ø160h9: } es &= 0 \text{ мм, ei} = -100 \\ &\text{мкм} = -0,100 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Визначаємо граничні розміри за формулами:

$$\begin{aligned} D_{\max} &= D + ES = \\ &= 160 + 0,1423 = 160,143 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{\min} &= D + EI = \\ &= 160 + 0,043 = 160,043 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$d_{\max} = D + es = 160 + 0 = 160,00 \text{ мм;}$$

Таблиця 1.2

Граничні розміри отвору та вала за групами

| Розміри деталей |            | Номер розмірних груп |        |        |
|-----------------|------------|----------------------|--------|--------|
|                 |            | I                    | II     | III    |
| Вал             | $D_{\max}$ | 83,964               | 83,982 | 84,000 |
|                 | $D_{\min}$ | 83,946               | 83,964 | 83,982 |
| Отвір           | $d_{\max}$ | 83,840               | 83,858 | 83,876 |
|                 | $d_{\min}$ | 83,822               | 83,840 | 83,858 |

Допуски отвору і вала підраховуємо за формулами:

$$TD = ES - EI = 0,143 - 0,043 = 0,100 \text{ мм; } Td = es - ei = 0 - (-0,100) = +0,100 \text{ мм.}$$

Граничні зазори визначаємо за формулами:

$$S_{\max} = ES - ei = 0,143 - (-0,100) = 0,243 \text{ мм;}$$

$$S_{\min} = EI - es = 0,043 - 0 = 0,043 \text{ мм.}$$

Визначаємо середнє значення зазору:

$$S_{\text{сеп}} = (S_{\min} + S_{\max}) / 2 = (0,243 + 0,043) / 2 = 0,143 \text{ мм.}$$

Допуск посадки визначаємо за формулою:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,243 - 0,043 = 0,200 \text{ мм.}$$

$$\text{Перевірна формула: } TS = TD + Td = 0,100 + 0,100 = 0,200 \text{ мм.}$$

Визначаємо груповий допуск за формулами для:

$$\text{отвору } TD_{\text{гр}} = TD/n = 0,100/2 = 0,050 \text{ мм;}$$

$$\text{вала } Td_{\text{гр}} = Td/n = 0,100/2 = 0,050 \text{ мм.}$$

Групові зазори вираховуємо за формулами:

- перша групи:

$$S_{\min I} = S_{\min} + Td - Td/n = 0,043 + 0,100 - 0,100/2 = 0,093 \text{ мм;}$$

$$S_{\max I} = S_{\max} - Td + Td/n = 0,243 - 0,100 + 0,100/2 = 0,193 \text{ мм;}$$

- друга групи:

$$S_{\min II} = S_{\min} + Td - Td/n = 0,043 + 0,100 - 0,100/2 = 0,093 \text{ мм;}$$

$$S_{\max II} = S_{\max} - Td + Td/n = 0,243 - 0,100 + 0,100/2 = 0,193 \text{ мм.}$$

Середній груповий зазор визначаємо за формулою:

$$S_{\text{сер.гр}} = (S_{\min.\text{гр}} + S_{\max.\text{гр}})/2 = (0,093 + 0,193)/2 = 0,143 \text{ мм.}$$

Визначаємо груповий допуск посадки за формулою:

$$TD_{\text{гр.}} = TD_{\text{гр}} + Td_{\text{гр.}} = 0,050 + 0,050 = 0,100 \text{ мм.}$$

$$TD_{\text{гр.}} = S_{\max I} - S_{\min I} = 0,193 - 0,093 = 0,100 \text{ мм.}$$

Будуємо схему розташування полів допусків з'єднання  $\text{Ø}160\text{F9/h9}$  (рис. 1.18).

Установлюємо граничні відхили для кожної групи і результат вносимо до табл. 1.3. Граничні розміри за групами вносимо до табл. 1.4.

Таблиця 1.3

Таблиця 1.4

Граничні відхили для кожної групи

Граничні розміри за групами

| Деталь | Номери розмірних груп   |                         | Деталь | Номери розмірних груп |         |         |
|--------|-------------------------|-------------------------|--------|-----------------------|---------|---------|
|        | I                       | II                      |        | I                     | II      |         |
| Отвір  | $160^{+0,093}_{+0,043}$ | $160^{+0,143}_{+0,093}$ | Отвір  | $D_{\max}$            | 160,093 | 160,143 |
|        |                         |                         |        | $D_{\min}$            | 160,043 | 160,093 |
| Вал    | $160^{-0,050}_{-0,100}$ | $160^{-0,000}_{-0,050}$ | Вал    | $d_{\max}$            | 159,950 | 160,000 |
|        |                         |                         |        | $d_{\min}$            | 159,900 | 159,950 |

Приклад 3. Вихідні дані розрахунку  $\text{Ø}50\text{H7/m7}$ ,  $n=2$ .

Система отвору, посадка перехідна. Граничні відхили для сполучення з розширеним полем допуску:

$$\text{Ø}50\text{H7} - \text{ES} = +25 \text{ мкм} = +0,025 \text{ мм, EI} = 0;$$

$$\text{Ø}50\text{m7} - \text{es} = +34 = 0,034 \text{ мм, ei} = +9 \text{ мкм.}$$

Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами (3.1) і (3.2):

$$D_{\max} = D + \text{ES} = 50 + 0,025 = 50,025 \text{ мм; } D_{\min} = D + \text{EI} = 50 + 0 = 50,000 \text{ мм;}$$

$$d_{\max} = D + \text{es} = 50 + 0,034 = 50,034 \text{ мм; } d_{\min} = D + \text{ei} = 50 + 0,009 = 50,009 \text{ мм.}$$

Допуски отвору і вала підраховуємо за формулою (3.3) і (3.4):

$$TD = \text{ES} - \text{EI} = +0,025 - 0 = 0,025 \text{ мм; } Td = \text{es} - \text{ei} = +0,034 - 0,009 = 0,025 \text{ мм.}$$

Граничні зазори і натяги визначаємо за формулами (3.5) і (3.10):

$$S_{\max} = ES - ei = 0,025 - 0,009 = 0,016 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0,034 - 0 = 0,034 \text{ мм}.$$

$$N_{\text{сер}} = (N_{\max} + N_{\min}) / 2 = (0,034 - 0,016) / 2 = 0,009 \text{ мм}.$$

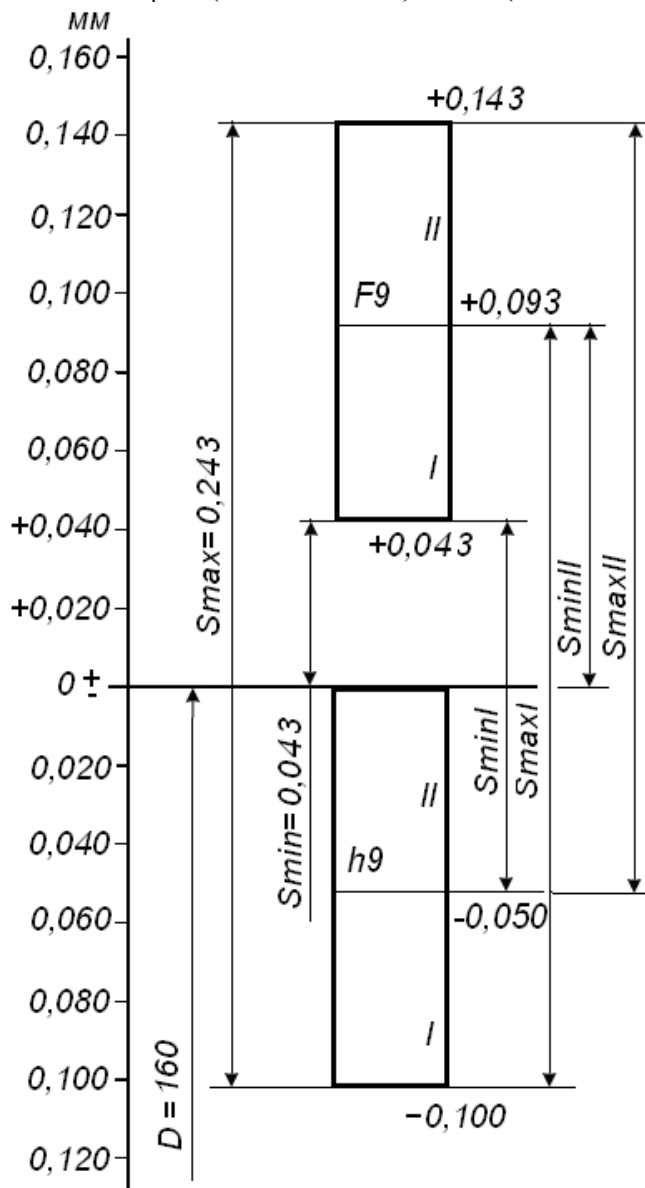


Рис. 1.18. Схема розташування полів допусків з'єднання Ø160F9/h9

Допуск посадки:

$$T(S,N) = S_{\max} + N_{\max} =$$

$$= 0,016 + 0,034 = 0,050 \text{ мм};$$

$$TS = TD + Td = 0,025 + 0,025 = 0,050 \text{ мм}.$$

Груповий допуск: отвору

$$TD_{\text{гр}} = TD/n = 0,025/2 = 0,0125 \text{ мм};$$

$$\text{вала } Td_{\text{гр}} = Td/n = 0,025/2 = 0,0125 \text{ мм}.$$

Визначаємо групові зазори:

перша група:

$$S_{\max 1} = S_{\max} - TD + TD/n =$$

$$= 0,016 - 0,025 + 0,025/2 = 0,0035 \text{ мм};$$

$$N_{\max 1} = N_{\max} - TD + TD/n =$$

$$= 0,034 - 0,025 + 0,025/2 = 0,0215 \text{ мм};$$

друга група

$$S_{\max 1} = S_{\max} - TD + TD/n =$$

$$= 0,016 - 0,025 + 0,025/2 = 0,0035 \text{ мм};$$

$$N_{\max 1} = N_{\max} - TD + TD/n =$$

$$= 0,034 - 0,025 + 0,025/2 = 0,0215 \text{ мм};$$

Середній груповий натяг:

$$N_{\text{гр.сер}} = (N_{\max.\text{гр}} + N_{\min.\text{гр}}) / 2 =$$

$$= (0,0215 - 0,0035) / 2 = 0,009 \text{ мм}.$$

Встановлюємо граничні відхилення для кожної групи і результат заносимо в табл. 1.5. Граничні розміри по групах вносимо до табл. 1.6.

Будуємо схему полів допусків з'єднання Ø50H7/m7 (рис. 1.19).

### 1.3.4. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення

*Приклад 1.* Призначити поля допусків, граничні відхилення, допуски циліндричності й шорсткість посадочних поверхонь вала і отвору в корпусі для посадки вальниці кочення №206. Для вказаної вальниці, мм  $d = 30$ ,  $D = 62$ ,  $B = 16$ ,  $r = 1,5$ . Радіальне навантаження на вальницю  $F_r = 2$  кН. Умови роботи вальниці: вал обертається, корпус нерухомий, вал суцільний, корпус масивний нерознімний, навантаження радіальне, спокійне, з помірними поштовхами і вібрацією, можливе перевантаження вальниці до 150 %.

Побудувати схему розташування полів допусків монтажних поверхонь кілець вальниці і посадочних поверхонь вала і отвору в корпусі. Позначити поля допусків (посадки), допуски циліндричності й шорсткість посадочних поверхонь вала та отвору в корпусі на складальному і подетальних креслениках складанної одиниці вальниці.

Таблиця 1.5

Таблиця 1.6

Граничні відхилення для кожної групи

Граничні розміри за групами

| Деталь | Номери розмірних груп                    |  | Деталь | Номери розмірних груп |         |         |
|--------|--|--|--------|-----------------------|---------|---------|
|        | I  | II                                       |        | I                     | II      |         |
| Отвір  | 50 <sup>+0,0125</sup>                    | 50 <sup>+0,0250</sup> <sub>+0,0125</sub> | Отвір  | $D_{\max}$            | 50,0125 | 50,0250 |
|        |  |  |        | $D_{\min}$            | 50,0000 | 50,0125 |
| Вал    | 50 <sup>+0,0215</sup> <sub>+0,0090</sub> | 50 <sup>+0,0340</sup> <sub>+0,0215</sub> | Вал    | $d_{\max}$            | 50,0215 | 50,0340 |
|        |  |  |        | $d_{\min}$            | 50,0090 | 50,0215 |

Клас точності вальниці нульовий. Оскільки за умовою завдання обертається вал, то внутрішнє кільце вальниці матиме циркуляційне навантаження, а зовнішнє – місцеве.

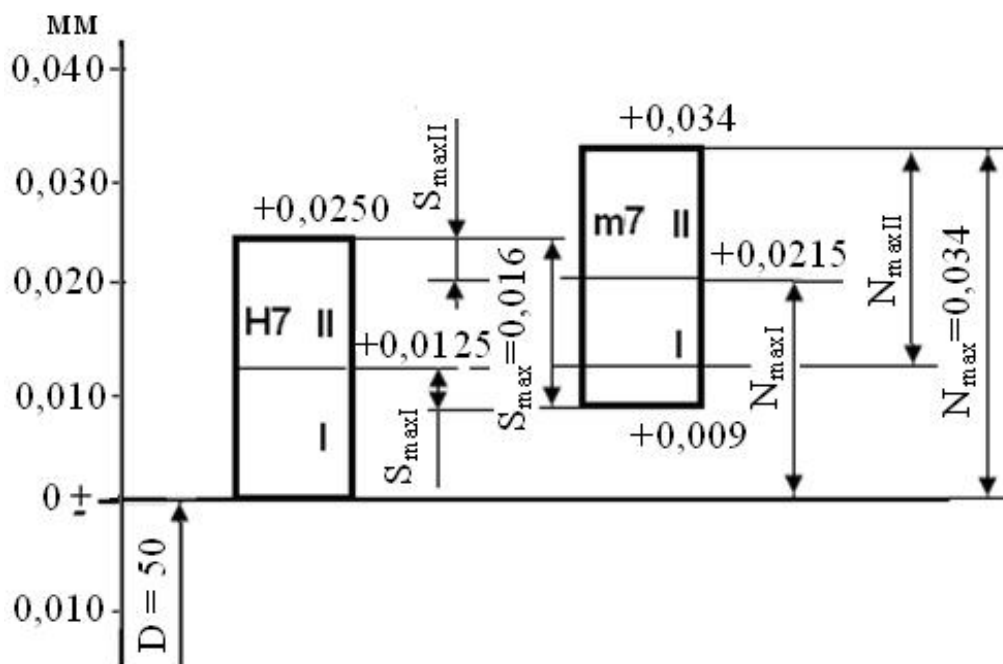


Рис. 1.19. Схема полів допусків з'єднання  $\varnothing 50H7/m7$

Розв'язання. Визначаємо інтенсивність навантаження посадочної поверхні вала під внутрішнє циркуляційне навантажене кільце вальниці за формулою:

$$P_R = \frac{R}{B - 2r} k_D \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (1.21)$$

де  $P_R$  – інтенсивність радіального навантаження, кН/м (табл. Б.20);  $R$  – постійне за напрямком радіальне навантаження, кН;  $k_D$  – динамічний коефіцієнт посадки, що залежить від навантаження (табл. Б.21);  $k_1$  – коефіцієнт, що враховує ступінь послаблення посадочного натягу (табл. Б.22);  $k_2$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між рядами роликів у дворядних конічних роликових вальниці чи між подвоєними кульковими вальницями за наявності осьового навантаження на опору, табл. Б.23;  $B$  – ширина кільця вальниці, м;  $r$  – радіус закруглення фаски кільця, м.

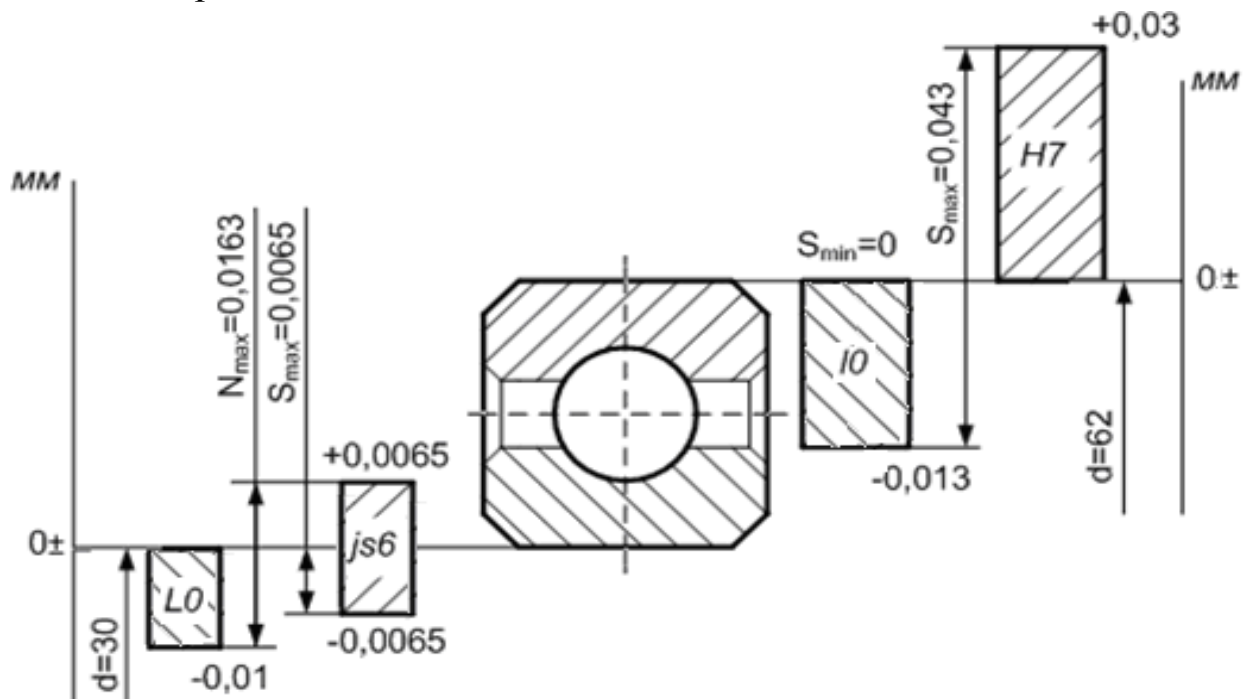
$$P_R = \frac{2}{(16 - 2 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 154 \text{ кН/м.}$$

Тут значення коефіцієнтів за заданими умовами роботи вальниці приймаємо:  $k_D = k_1 = k_2 = 1$  (табл. Б.21–Б.23).

За даними табл. 20 (Додаток Б) при діаметрі вала  $d=30$  мм та інтенсивності радіального навантаження посадочної поверхні  $P_R=154$  кН/м призначаємо поле допуску на діаметр посадочної поверхні вала js6 (для вальниці класу точності 0), тобто  $\varnothing 30 js6 (\pm 0,0065)$ .

Граничні відхилення діаметра циліндричного отвору внутрішнього кільця вальниці знаходимо за табл. Б.24: EI = -0,01 мм, ES = 0. Тоді посадка внутрішнього кільця вальниці на вал  $\varnothing 30 LO/js6$ .

Схема розташування полів допусків внутрішнього кільця вальниці наведено на рис. 1.20.



**Рис. 1.20. Схема розташування полів допусків кілець вальниці та посадочних поверхонь вала і отвору в корпусі**

Поле допуску посадочної поверхні діаметра отвору в корпусі під зовнішнє місцево навантажене кільце вальниці призначаємо за табл. Б.25.

За діаметра отвору корпусу  $D=62$  мм для заданих умов роботи вальниці приймаємо поле допуску H7 (для вальниці нульового класу точності), тобто  $\varnothing 62^{(+0,03)}$ .

Граничні відхили зовнішнього діаметра зовнішнього кільця вальниці знаходимо за табл. 25 Додатку Б:  $ei=-0,013$  мм,  $es=0$ . Тоді посадка зовнішнього кільця вальниці в корпус  $\varnothing 62H7/10$ .

Схема розташування полів допусків зовнішнього кільця вальниці наведено на рис. 1.20.

Визначаємо допуски циліндричності (допуски форми) посадочних поверхонь вала і отвору в корпусі за формулою (для вальниці нульового класу точності): для вала:  $T_{ud} = 0,5 \cdot T_d = 0,5 \cdot 0,013 = 0,065$  мм.

Тут  $T_d$  – допуск діаметра посадочної поверхні вала

$$T_d = es - ei = 0,0065 - (-0,0065) = 0,013 \text{ мм.}$$

$$\text{Для отвору в корпусі: } T_{uD} = 0,5 \cdot T_{uD} = 0,5 \cdot 0,03 = 0,015 \text{ мм,}$$

де  $T_D$  – допуск діаметра посадочної поверхні отвору в корпусі,  
 $T_D = ES - EI = 0,03 - 0 = 0,03$  мм.

Приймаємо стандартні значення допусків циліндричності посадочних поверхонь вала й отвору в корпусі за табл. В. 7 [10]. За  $d = 30$  мм  $T_{ud} = 6$  мкм = 0,006 мм, що відповідає 6-му ступеню точності за відхилами форми. При  $D=62$  мм  $T_{uD} = 16$  мкм = 0,016 мм, що відповідає 7-му ступеню точності за відхилами форми.

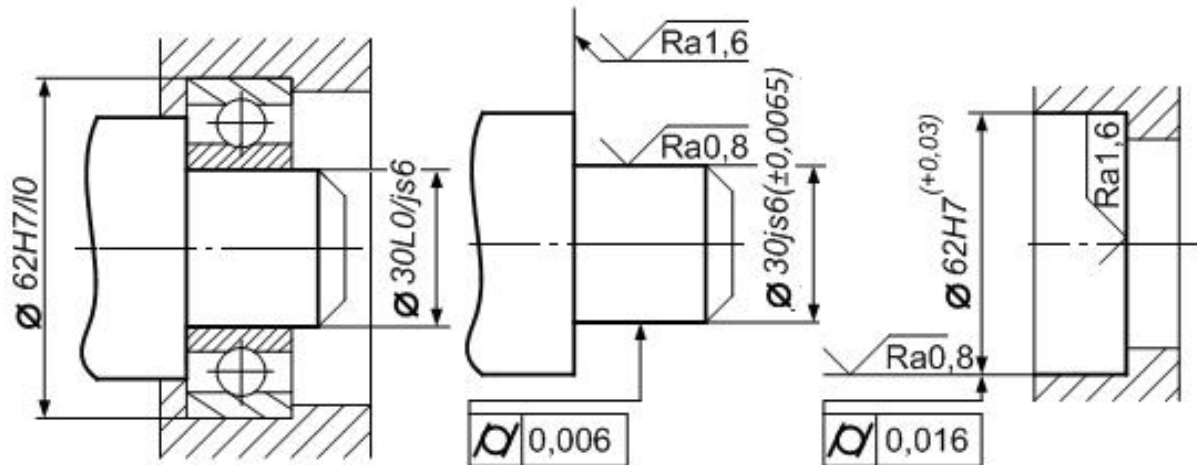
Шорсткість посадочних поверхонь вала і отвору в корпусі та торців заплечиків призначаємо за табл. 1.7.

Таблиця 1.7. Шорсткість посадочних поверхонь валів і отворів під вальниці кочення (за ГОСТ 3325–85)

| Посадочні поверхні                         | Класи точності вальниць за ГОСТ 520:2007 | Параметр шорсткості $R_a$ (мкм) не більше, для номінальних діаметрів вальниць, мм |                 |
|--|--|---|-----------------|
|  |  | до 80   | понад 80 до 500 |
| Валів                                      | 0  | 1,25  | 2,5             |
|  | 6 і 5                                    | 0,63  | 1,25            |
|  | 4  | 0,32  | 0,63            |
|  | 2  | 0,16  | 0,32            |
| Отворів корпусів                           | 0  | 1,25  | 2,5             |
|  | 6, 5 і 4                                 | 0,63  | 1,25            |
|  | 2  | 0,32  | 0,63            |
| Опорних торців заплечиків валів і корпусів | 0  | 2,5   | 2,5             |
|  | 6, 5 і 4                                 | 1,25  | 2,5             |
|  | 2  | 0,63  | 0,63            |

За діаметра посадочної поверхні вала 30 мм для вальниці класу точності 0 шорсткість посадочної поверхні  $R_a = 1,25 \text{ мкм}$ . За діаметра посадочної поверхні отвору в корпусі 62 мм для вальниці класу точності 0 шорсткість посадочної поверхні  $R_a = 1,25 \text{ мкм}$ . Шорсткість торців заплечиків  $R_a = 2,5 \text{ мкм}$ .

Складальний і подетальні кресленики складаної одиниці вальниці наведено на рис. 1.21.



**Рис. 1.21. Складальний і подетальні кресленики складаної одиниці вальниці кочення**

*Приклад 2.* У редуктора загального призначення (навантаження з сильними поштовхами, перевантаження до 200 %) на опори діють радіальні реакції  $R_1 = 60$  і  $R_2 = 50$  кН і осьова сила  $F_a = 10$  кН. На лівій опорі  $R_1$  встановлено дві однорядні конічні вальниці №7318 ( $d=90$  мм,  $D=190$  мм,  $V=43$  мм,  $r=4$  мм і  $r_1=1,5$  мм; кут контакту  $\beta=12^\circ$ ). На правій опорі, що плаває, встановлена радіальна роликова вальниця №2617 ( $d=85$  мм,  $D=180$  мм,  $V=60$  мм і  $r=4$  мм). Навантаження внутрішніх кілець вальниць, що обертаються, циркуляційне, а зовнішніх, нерухомих – місцеве. Клас точності вальниць 0. Підібрати посадки для з'єднання вальниць кочення з ведучим валом циліндричного косозубого редуктора.

*Розв'язання.* Підбираємо посадки для внутрішніх циркуляційно навантажених кілець. За формулою (1.21) підраховуємо інтенсивність радіального навантаження для лівої  $R_1$  і правої  $R_2$  опор. Знаходимо необхідні коефіцієнти обох опор:  $k_d = 1$  (табл. Б.21);  $k_1 = 1$  (табл. Б.22), вал суцільний). За табл. Б.23 визначаємо  $k_2$ :

для лівої опори

$$k_{2,л} = 1,6 \left[ \text{ctg}12^\circ = 4,7; (F_a / F_r) \cdot \text{ctg}\beta = (10 / 60) \cdot 4,7 = 0,785 \right];$$

для правої опори  $k_2 = 1$ .

$$P_{R1} = \frac{60}{2 \cdot [43 - (4 + 1,5)] \cdot 10^{-3}} \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1,6 = 2,31 \text{ кН / м};$$

$$P_{R2} = \frac{50}{(60 - 2 \cdot 4) \cdot 10^{-3}} \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 = 1,73 \text{ кН / м}.$$

За табл. Б.20 приймаємо для лівої опори основний відхил вала  $m$ , а для правої –  $k$ . Для обох опор намічаємо допуски по шостому квалітету (вальниці класу точності 0, див. табл. Б.12).

Таким чином, приймаємо поля допусків для обробки валів у місцях встановлення вальниць на лівій опорі  $\varnothing 90m6^{(+0,035}_{+0,013})$  і на правій  $\varnothing 85k6^{(+0,025}_{+0,003})$ .

Граничні відхили посадочних місць кілець вальниць:

№7318 – внутрішніх  $EI = -0,02$  мм,  $ES = 0$ ;

зовнішніх  $ei = -0,025$  мм,  $es = 0$  (табл. 27 Додатку Б);

№2617 – внутрішніх  $EI = -0,02$  мм,  $ES = 0$  (табл. Б.24);

зовнішніх  $ei = -0,025$  мм, (табл. Б.26).

Тоді посадка внутрішніх кілець вальниць на вал:

ліва опора  $\varnothing 90L0/m6$ , права опора  $\varnothing 85L0/k6$ .

Граничні натяги: ліва опора  $N_{\min} = ei - ES = 0,0013 - 0 = 0,013$  мм;

$N_{\max} = es - EI = 0,035 - (-0,020) = 0,055$  мм;

права опора  $N_{\min} = ei - ES = 0,003 - 0 = 0,003$  мм;

$N_{\max} = es - EI = 0,025 - (-0,020) = 0,045$  мм.

Підбираємо поля допусків для посадочних поверхонь корпусів.

Зовнішні кільця вальниць випробовують місцеве навантаження.

За табл. Б.25 приймаємо для обох опор поля допусків  $JS7$  (ліва опора  $\varnothing 190JS7(\pm 0,017)$ , права опора  $\varnothing 185JS7(\pm 0,017)$ , що відповідає таким умовам роботи: місцеве навантаження, важкий режим роботи вальниць, редуктори загального призначення, клас точності 0.

Тоді посадка зовнішніх кілець вальниць в корпус:

ліва опора  $\varnothing 190JS7/10$ , права опора  $\varnothing 185JS7/10$ .

Граничні зазори і натяги:

ліва опора  $S_{\max} = ES - ei = 0,017 - (-0,015) = 0,032$  мм;

$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,017) = 0,017$  мм;

права опора  $S_{\max} = ES - ei = 0,017 - (-0,015) = 0,032$  мм;

$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,017) = 0,017$  мм.

Схеми розташування полів допусків кілець вальниць кочення та посадочних поверхонь валів і отворів у корпусі наведено на рис. 1.22.



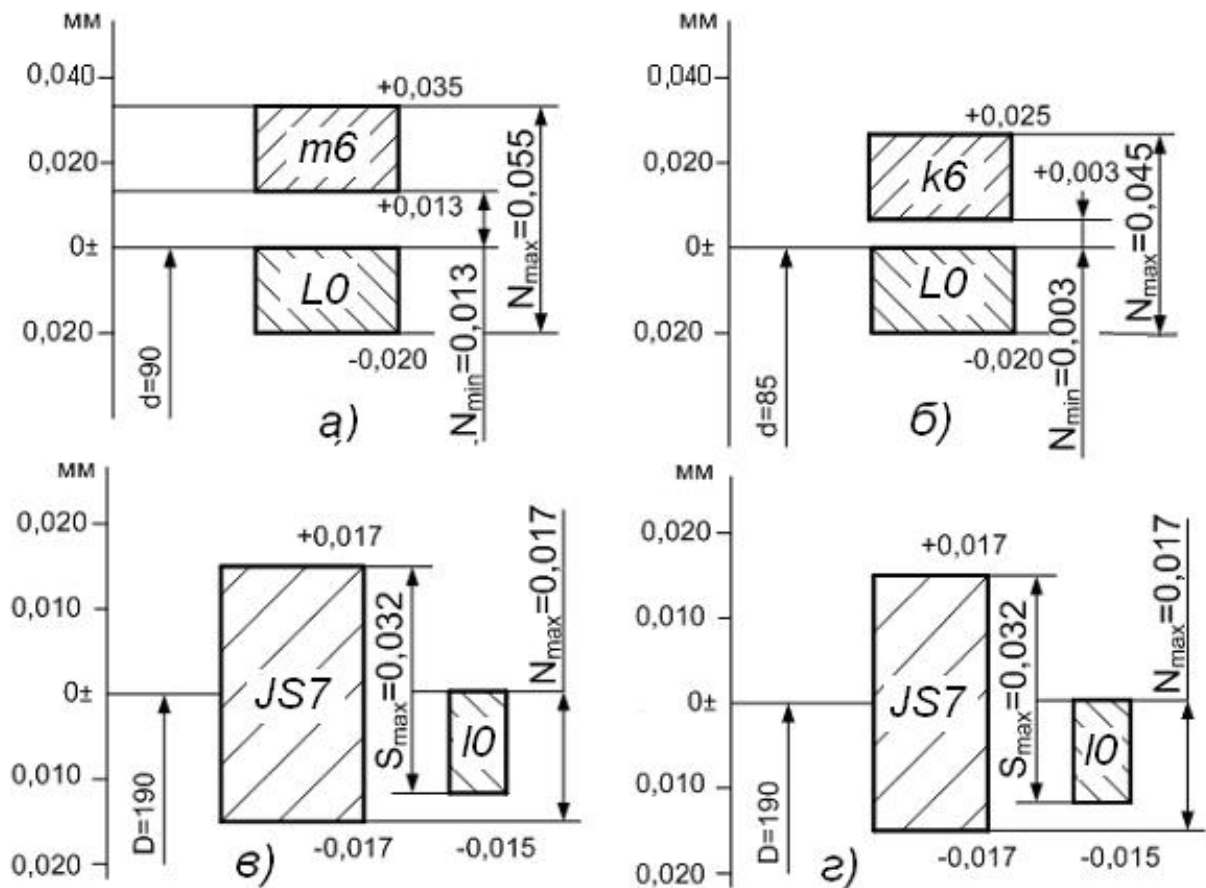


Рис. 1.22. Схема розташування полів допусків внутрішніх і зовнішніх кілець вольниць кочення

Приклад 3. Для з'єднання вала з кільцем роликової вальниці вибрано поле допуску k6. Внутрішній діаметр вальниці  $d=85$  мм, зовнішній –  $D=180$  мм. Клас точності вальниці 0. Максимальний натяг посадки внутрішнього кільця на вал  $N_{\max} = 0,045$  мм (див. рис. 1.22,б). Визначити посадочний зазор у вальниці.

Розв'язання. За табл. Б.28 знаходимо початкові радіальні зазори в вальниці заданого типу і розміру:  $G_{re\min} = 30$  мкм,  $G_{re\max} = 80$  мкм.

Середній початковий радіальний зазор:

$$G_{re\text{сес}} = (G_{re\max} + G_{re\min}) / 2 = (80 + 30) / 2 = 55 \text{ мкм}.$$

Визначаємо діаметральну деформацію доріжки кочення внутрішнього кільця. Для цього визначаємо наведений зовнішній діаметр внутрішнього кільця

$$d_0 = d + (D - d) / 4 = 85 + (180 - 85) / 4 = 109 \text{ мм}.$$

$$\text{Дійсний натяг } N_d = 0,85 \cdot N_{\max} = 0,85 \cdot 45 = 38,2 \text{ мм}.$$

Діаметральна деформація доріжки кочення циркуляційно навантаженого кільця

$$\Delta d_1 = N_d \cdot d / d_0 = 38,2 \cdot 85 / 109 = 30 \text{ мкм}.$$

Посадочний радіальний натяг визначаємо за формулою:

$$S_{роб} = S_{поч} - \Delta d_1 = 0,055 - 0,030 = 0,025 \text{ мм.}$$

Отже, за наміченої посадки після встановлення вальниці на вал у ньому зберігається радіальний зазор, який і є посадочним радіальним зазором.

Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок для деталей, які з'єднуються з вальницями кочення, наведено у табл. Б.29.

### 1.3.5. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шпонкових з'єднань

*Приклад 1.* Номінальний діаметр вала  $d=32$  мм. Навантаження постійне без частих реверсів, з'єднання нерухоме. Складання з валом ускладнене – всередині корпуса передавального механізму. Вибрати тип шпонкового з'єднання і підібрати шпонку для з'єднання втулки з валом.

*Розв'язання.* 1. Залежно від діаметра шпонкового з'єднання за табл. Б.30 визначаємо номінальні розміри елементів шпонкового з'єднання.

Ширина шпонки і ширина пазів вала і втулки (розмір  $b$ ):  $b=10$  мм, висота шпонки  $h=8$  мм. Довжину шпонки і довжину паза вала (розмір  $l$ ) приймаємо рівним:  $l=100$  мм; глибина паза вала  $t_1=5$  мм, глибина паза втулки  $t_2=3,3$  мм.

2. За даними табл. Б.31 призначаємо поля допусків на посадочні діаметри шпонкових вала і втулки: для втулки поле допуску H7, а для вала – k6. Діаметр втулки  $\varnothing 32H7$ , діаметр вала  $\varnothing 32k6$ .

Визначаємо граничні відхилення посадочних діаметрів отвору і вала (табл. А.5 і А.7): отвір  $\varnothing 32H7^{(+0,025)}$ , вал  $\varnothing 32k6^{(+0,018}_{+0,002})$ .

3. За заданих умов роботи згідно з табл. Б.31 приймаємо нормальне з'єднання шпонки з пазами за шириною  $b$ , тобто по посадках N9/h9 і JS9/h9: для ширини шпонки –  $10h9_{(-0,036)}$ ,

для ширини паза вала –  $10N9_{(-0,036)}$ ,

для ширини паза втулки –  $10JS9(\pm 0,018)$ .

Призначаємо поля допусків для інших (непосадочних) розмірів елементів шпонкового з'єднання: для висоти шпонки –  $8h11_{(-0,090)}$ ; для довжини шпонки –  $100H15^{(+1,4)}$ ; для довжини паза вала –  $100h14_{(-0,870)}$ .

Граничні відхилення глибини паза вала  $t_1$  і паза втулки  $t_2$  призначаємо за табл. 32 (Додаток Б). За висоти шпонки  $h=8$  мм  $t_1=5^{+0,2}$ ,  $t_2=3,3^{+0,2}$ .

Схема полів допусків шпонкового з'єднання приведено на рис. 1.23.

4. Складальний і подетальні кресленики шпонкового з'єднання наведено на рис. 1.24.

Вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей шпонкових з'єднань наведено у табл. Б.34.

### 1.3.6. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань

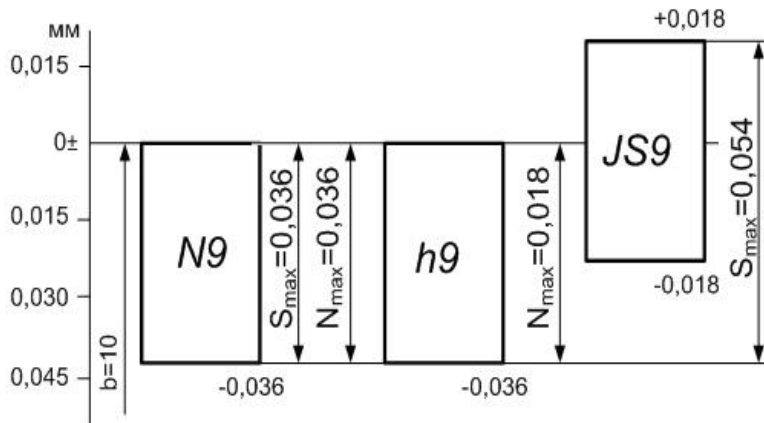


Рис. 1.23. Схема розташування полів допусків шпонкового з'єднання

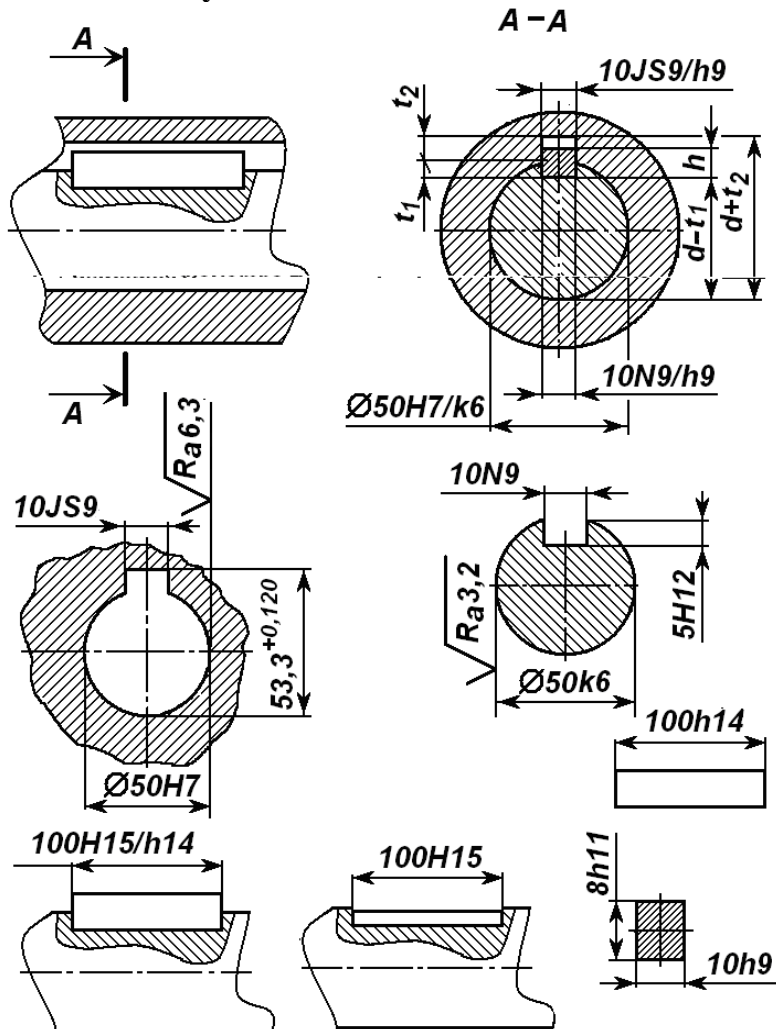


Рис. 1.24. Позначення розмірів і посадок прямокутного шпонкового з'єднання.

*Приклад 1.* На нерухоме прямокутне шліцьове з'єднання з розмірами 8x56x62x10 діють навантаження з помірними поштовхами і рідкими реверсами; точність центрування ускладнена.

Намітити спосіб центрування з'єднання, посадки по поверхнях, що центруються, і допуски нецентруючих діаметрів; визначити граничні відхилення, зазори і натяги; накреслити схеми розташування полів допусків шліцьових деталей і з'єднання; написати умовне позначення шліцьового з'єднання, вала і втулки.

*Розв'язання.* Намічаємо центрування за зовнішнім діаметром  $D$ . Вибираємо посадки за табл. Б.36 і Б.38: по діаметру, який центрується,  $D=62$  мм  $H7/g6$ ; по бічних сторонах зубів  $b=10$  мм  $F8/f8$ . Для нецентруючих зовнішніх діаметрів втулки і вала  $d=56$  мм приймаємо поле допуску відповідно  $H11$  і  $d > d_1$  ( $56 > 53,6$  мм).

За табл. Б.10-Б.12 і Б.13 визначаємо граничні

відхилення і допуски названих вище розмірів і прийнятих полів допусків. Граничні відхилення зведено у табл. 1.8 і показано на рис. 1.25.

Таблиця 1.8. Граничні відхили і допуски деталей шліцевого з'єднання

| Величина          | Граничні відхили і допуски шліцевих деталей |        |         |            |            |              |
|-------------------|---|--------|---------|------------|------------|--------------|
|                   | втулка                                      |        |         | вал        |            |              |
|                   | D   | B      | D       | D          | b          | $d \geq d_1$ |
|                   | 62H7  | 10F8   | 56H11   | 62g6       | 10f8       |              |
| Основний відхил   | EI=0  | EI=+13 | EI=0    | $es = -10$ | $es = -13$ |              |
| Неосновний відхил | ES=+30                                      | ES=+35 | ES=+190 | $ei = -29$ | $ei = -35$ | $d_1 = 53,6$ |
| Допуск            | TD=30                                       | TB=22  | Td=090  | $TD = 19$  | $Tb = 30$  |              |

*Примітка. Ширина западини позначена літерою В.*

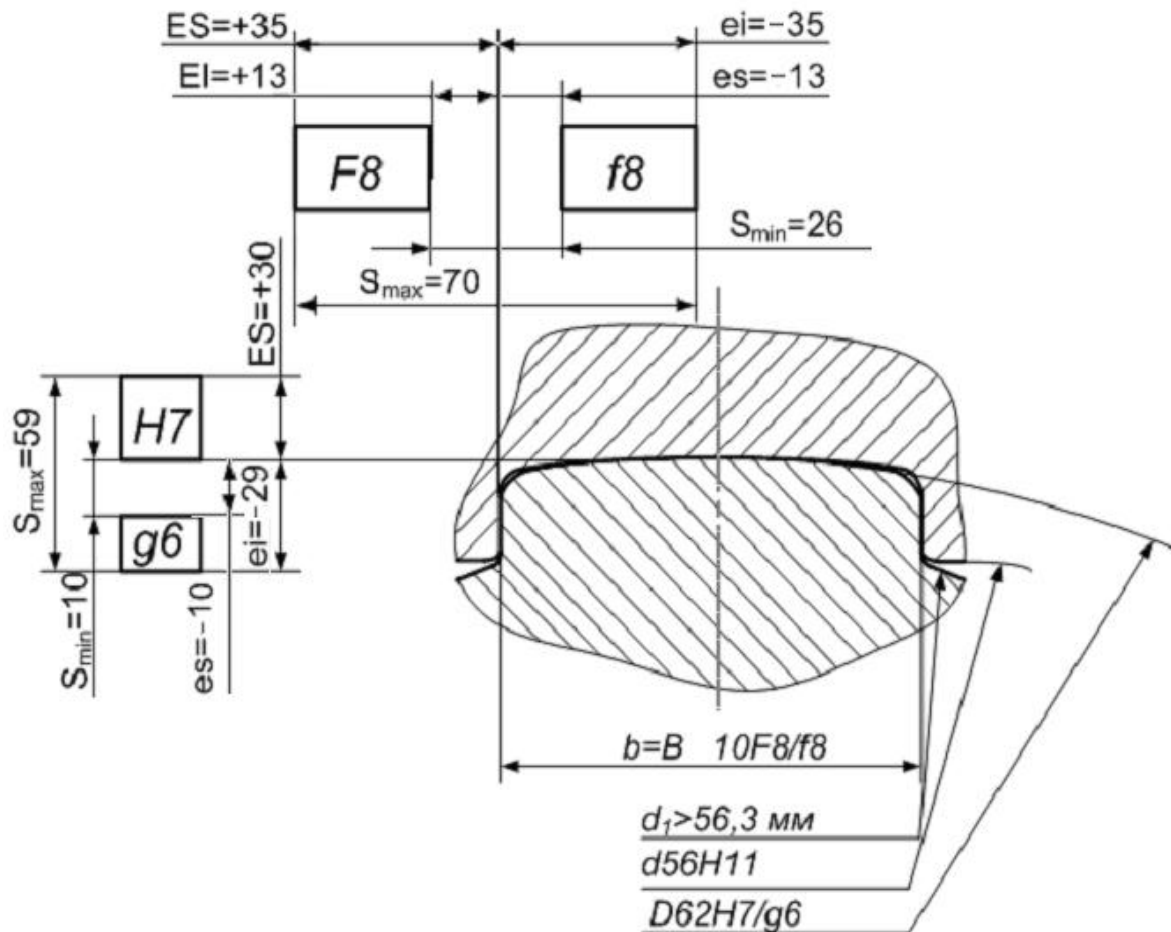


Рис. 1.25. Схема розташування полів допусків шліцевого з'єднання

Обчислюємо зазори за центруючими і не центруючими поверхнями шліцевого з'єднання, мм:

$$\text{за } D - S_{\max} = ES_{\text{вт}} - ei_{\text{вала}} = 0,030 - (-0,029) = 0,059;$$

$$S_{\min} = EI_{\text{вт}} - es_{\text{вала}} = 0 - (-0,010) = 0,010.$$

$$\text{за } b - S_{\max} = 0,035 - (-0,035) = 0,070;$$

$$S_{\min} = 0,013 - (-0,013) = 0,026.$$

$$\text{за } d - S_{\max} = d_{\max \text{вт}} - d_1 = d_{\text{вт}} + ES - d_1 = 56 + 0,190 - 53,6 = 2,89;$$

$$S_{\min} - \text{не обчислюється.}$$

Умовне позначення з зазначенням граничних відхилів:

шліцьове з'єднання  $D-8x56x62H7/g6x10F8/f8$ ;

шліцьова втулка  $D-8x56x62H7x10F8$ ;

шліцьовий вал  $D-8x56x62g6x10f8$ .

*Приклад 2.* Для прямобічного шліцьового з'єднання

$D-8x36x42H7/js6x7D9/h8$ :

1. Призначити номінальні розміри, поля допусків і визначити граничні відхили розмірів елементів шліцьових деталей.

2. Проставити розміри з відхилами на складальному і подетальних креслениках.

*Розв'язання.* Літера D в умовному позначенні шліцьового з'єднання означає, що центрування (прилягання) шліцьових деталей здійснюється за зовнішнім діаметром.  $z=8$ —кількість зубів;  $d=36$  мм – внутрішній діаметр шліцьового з'єднання;  $D=42$  мм – зовнішній діаметр шліцьового з'єднання;  $b=7$  мм – товщина зуба вала і ширина западини втулки;  $H7/js6$  – посадка за зовнішнім діаметром, при цьому: зовнішній діаметр шліцьової втулки  $D=42H7$ ; зовнішній діаметр шліцьового вала  $D=42js6$ .  $D9/h8$  – посадка за бічними поверхнями зубів, при цьому: ширина западини шліцьової втулки  $b=7D9$ ; товщина зубів вала  $b=7h8$ .

У заданому з'єднанні центрування здійснюється за зовнішнім діаметром D, а нецентруючим діаметром є внутрішній – d, тому розмір внутрішнього діаметра вала знаходимо  $d=d_1=33,5$  мм.

Поле допуску на внутрішній (що не центрується) діаметр шліцьової втулки приймаємо за табл. 39. Центрування за зовнішнім діаметром D поле допуску на внутрішній діаметр втулки H11, тобто  $d=36H11$ .

Граничні відхили цих розмірів визначаємо за ГОСТ 25347-89.

$d = 36H11^{(+0,16)}$  – внутрішній діаметр втулки;

$d = 36a11\left(\begin{smallmatrix} -0,310 \\ -0,470 \end{smallmatrix}\right)$  – внутрішній діаметр вала;

$D = 42H7^{(+0,025)}$  – зовнішній діаметр втулки;

$D = 42js6(\pm 0,008)$  – зовнішній діаметр вала;

$b = 7D9\left(\begin{smallmatrix} +0,076 \\ +0,040 \end{smallmatrix}\right)$  – ширина западини втулки;

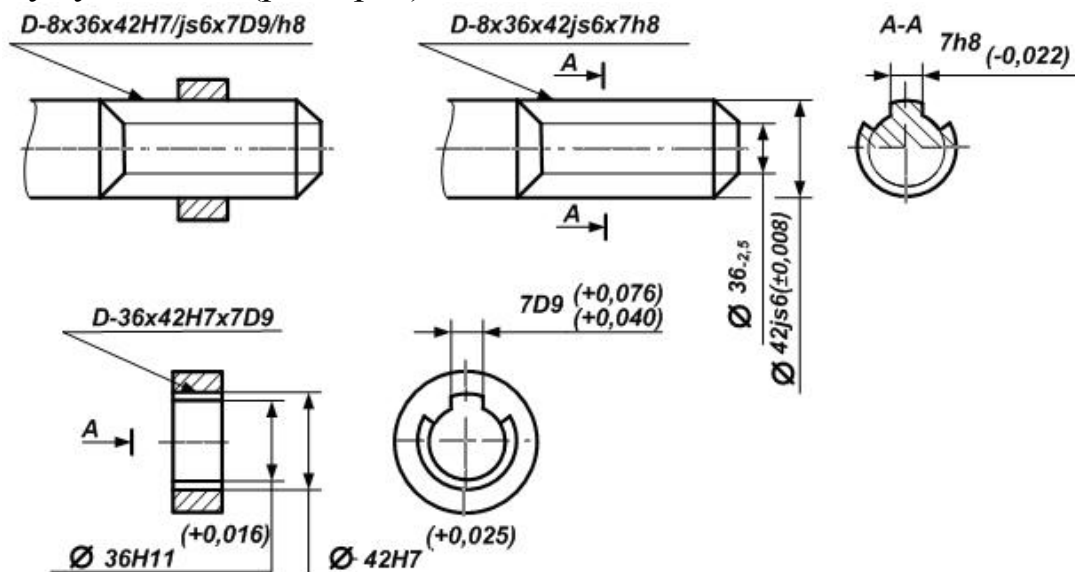
$b = 7h8_{(-0,022)}$  – товщина зуба вала.

Складальне і подетальні кресленики шліцьового прямобічного з'єднання наведено на рис. 1.26.

*Приклад 3.* Для евольвентного шліцьового з'єднання  $50x2x9H/9g$  ГОСТ 6033-80 при центруванні за бічними поверхнями зубів визначити граничні відхили, допуски, зазори і натяги, і побудувати схему розташування полів допусків для розмірів  $e = s$ .

*Розв'язання.* Розшифруємо умовне позначення заданого з'єднання:

$D=50$  мм – номінальний (вихідний) діаметр з'єднання;  $m=2$  мм – модуль; 9Н/9g–посадка за бічними (центруючими) поверхнями зубів; 9Н–поле допуску на ширину западини втулки (розмір  $e$ ); 9g–поле допуску на товщину зубця вала (розмір  $s$ ).



**Рис. 1.26.** Складальне і подетальні кресленики прямобічного шліцьового з'єднання

За табл. Б.40 за модулем  $m=2$  мм і номінальним діаметром шліцьового з'єднання  $D=50$  мм визначаємо число зубів  $z=24$ .

Визначаємо діаметр дільного кола:  $d=m \cdot z=2 \cdot 24=48$  мм.

За табл. Б.41 і Б.42 при  $m=2$  мм і  $d=48$  мм визначаємо граничні відхилення розмірів  $e$  і  $s$ :

для поля допуску 9Н (розмір  $e$ )  $ES=+71$  мкм;  $EI_e=+26$  мкм,  $EI=0$ ;

для поля допуску 9g (розмір  $s$ )  $es=-11$  мкм,  $es_e=-37$  мкм,  $ei=-82$  мкм.

Визначаємо допуски: для ширини западини втулки (розмір  $e$ ) з полем допуску 9Н: сумарний допуск  $T=ES=71$  мкм; допуск власне ширини западини втулки  $T_e=ES-EI_e=71-26=45$  мкм; для товщини зуба вала (розмір  $s$ ) з полем допуску 9g сумарний допуск:

$$T_s=es_e-ei_e=-37-(-82)=45 \text{ мкм.}$$

Визначаємо граничні значення зазорів між бічними поверхнями зубів:  $S_{\max}=ES-ei=71-(-82)=153$  мкм;  $S_{\min}=EI_e-es_e=26-(-37)=63$  мкм.

Найменший сумарний зазор між сумарними відхиленнями:

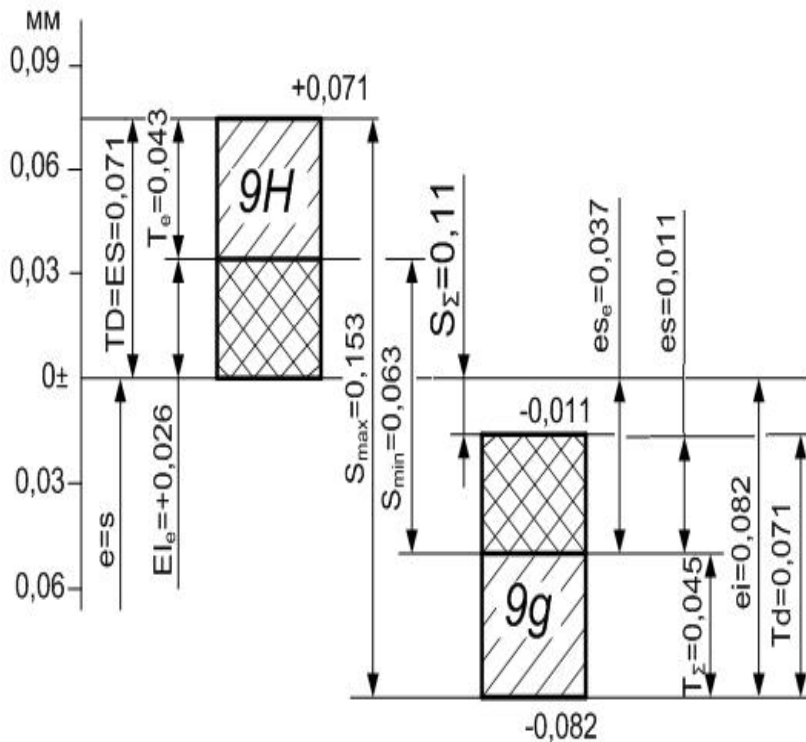
$$S_{\Sigma}=EI-es=0-(-11)=11 \text{ мкм.}$$

За граничними відхиленнями будемо схему розташування полів допусків за бічними поверхнями зубів (рис. 1.27).



*Приклад 4.* Визначити граничні відхилення ширини западини  $e$  втулки і товщини шліца  $s$  вала евольвентного шліцьового з'єднання за такими даними:  $m=2-4$  мм;  $d=12-25$  мм; ступінь точності 7; для розміру  $e$  основні відхилення Н, для розміру  $s-f$  і п. Накреслити схему розташування полів допусків.

*Розв'язання.* Знаходимо допуски розмірів  $e$  і  $s$   $T_e=T_s=20$  мкм і сумарні допуски  $T_s=32$  мкм (табл. Б.42).

Основні (сумарні) відхили полів допусків визначаємо за табл. Б.42:



**Рис. 1.27.** Схема розташування полів допусків за бічними поверхнями зубів:

-  поле допуску власне ширини западини (товщини зуба);
-  поле допуску для відхилів форми і розташування елементів профілю.

за шириною западини  $e$   $EI=0$ , по товщині зуба  $s$  для основного відхилу  $f$   $es=-20$  мкм і  $n$   $es=-40$  мкм. Визначаємо невідомі граничні відхили, мкм: для поля допуску  $H$  ширини западини нижній відхил  $EI_e=T-T_e=32-20=12$ ; верхній відхил  $ES=T=32$ ; для полів допусків товщини зуба  $e$  за основним відхилом  $f$ : нижній відхил  $ei=es-T=-20-32=-52$ ; верхній відхил  $es_e=T_s+es_e=20+(-52)=-32$ ; за основним відхилом  $n$   $ei=40-32=+8$ ;  $es_e=T_s+ei=20+8=28$ .

Схеми полів допусків  $7H$ ,  $7f$  і  $7n$  подано на рис. 1.28.

*Приклад 5.* Задано шліцьове з'єднання  $b-16x52x60H12/a11x5F10/f8$ . Центрування виконано по боковим поверхням зубів –  $b$ :  $z = 20$  – число зубів;  $H12$ ,  $F10$ ,  $a11$ ,  $f8$  – відповідні поля допусків. Умовне позначення цього з'єднання: втулки –  $b-16x52x60H12x5F10$ ; вала –  $b-16x52x60a11x5f8$ .

Визначаємо відхили для розмірів вала і втулки:

зовнішні діаметри: вала  $\varnothing 60a11 \begin{pmatrix} -0,280 \\ -0,370 \end{pmatrix}$ :  $es=-0,280$  мм;  $ei=-0,370$  мм;

втулки  $\varnothing 60H12 \begin{pmatrix} +0,050 \end{pmatrix}$ ; ширина шліця  $5f8 \begin{pmatrix} -0,010 \\ -0,028 \end{pmatrix}$  і втулки  $5F10 \begin{pmatrix} +0,058 \\ +0,010 \end{pmatrix}$ .

Рахуємо граничні розміри і допуски відповідних величин:

$d_{max}=d+es=60+(-0,280)=59,720$  мм;  $d_{min}=d+ei=60+(-0,370)=59,630$  мм;

$D_{max}=D+ES=60+0,050=60,050$  мм;  $D_{min}=D+EI=60+0=60,000$  мм;

$b_{max}=d+es=5-0,010=4,990$  мм;  $b_{min}=d+ei=5-0,028=4,972$  мм;

$B_{max}=B+ES=5+0,058=5,058$  мм;  $B_{min}=B+EI=5+0,010=5,010$  мм;

$Td=es-ei=(-0,280)-(-0,370)=+0,090$  мм;  $TD=ES-EI=0,150-0=+0,150$  мм;

$$T_b = es - ei = (-0,010) - (-0,028) = +0,018 \text{ мм};$$

$$T_B = ES - EI = 0,058 - 0,010 = +0,048 \text{ мм}.$$

Розраховуємо зазор за центруючими і не центруючими поверхнями шліцевого з'єднання:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 60,150 - 59,630 = 0,520 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 60,000 - 59,720 = 0,280 \text{ мм};$$

$$S_{\text{сеп}} = (S_{\max} + S_{\min}) / 2 = (0,520 + 0,280) / 2 = 0,400 \text{ мм};$$

$$S_{\max} = B_{\max} - b_{\min} = 5,058 - 4,972 = +0,086 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = B_{\min} - b_{\max} = 5,010 - 4,990 = +0,020 \text{ мм};$$

$$S_{\text{сеп}} = (S_{\max} + S_{\min}) / 2 = (0,086 + 0,020) / 2 = +0,053 \text{ мм}.$$

Отримані дані заносимо до табл. 1.9.

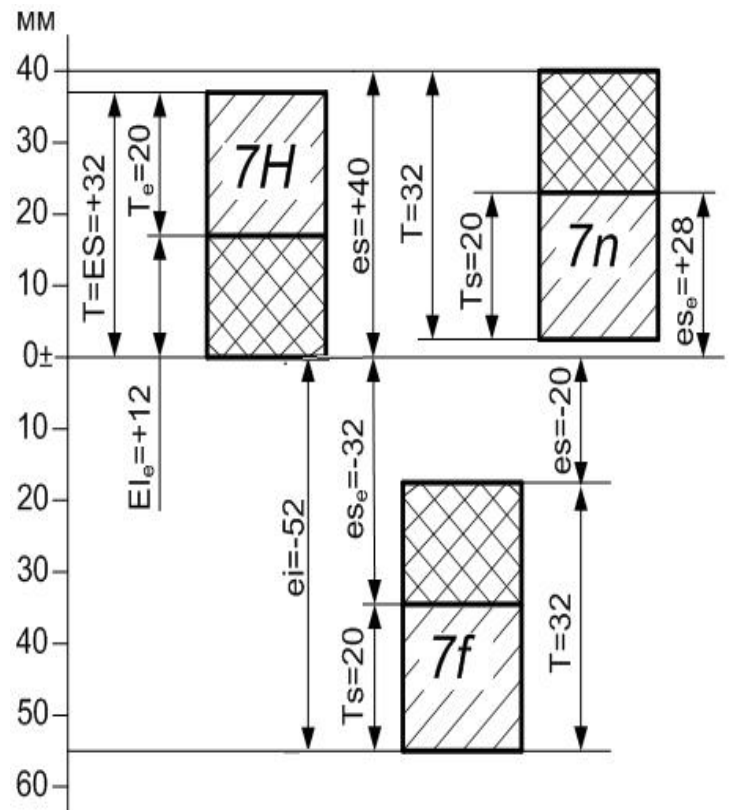


Рис. 1.28. Схема полів допусків 7H, 7f і 7n

Таблиця 1.9

### Розмірні характеристики шліцевого з'єднання

| Елементи з'єднання   | Номін. розмір, мм | Поле допуску | Граничні відхили, мм |        | Граничні розміри, мм |        | Допуск розміру, мм |
|----------------------|-------------------|--------------|----------------------|--------|----------------------|--------|--------------------|
|                      |                   |              | ES, es               | EI, ei | max                  | min    |                    |
| Центруючі елементи   |                   |              |                      |        |                      |        |                    |
| Отвір                | 5                 | F10          | +0,058               | +0,010 | 5,058                | 5,010  | 0,048              |
| Вал                  | 5                 | f8           | -0,010               | -0,028 | 4,990                | 4,972  | 0,018              |
| Нецентруючі елементи |                   |              |                      |        |                      |        |                    |
| Отвір                | 60                | H12          | +0,050               | 0      | 60,050               | 60,000 | 0,050              |
| Вал                  | 60                | a11          | -0,280               | -0,370 | 59,720               | 59,630 | 0,090              |

Ескізи шліцевого з'єднання, вала і отвору наведено на рис.1.29.

Вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей шліцевих з'єднань наведено у табл. Б.34.

### 1.3.7. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей нарізних з'єднань

Приклад 1. Для нарізного з'єднання M12 – 6H / 6g :

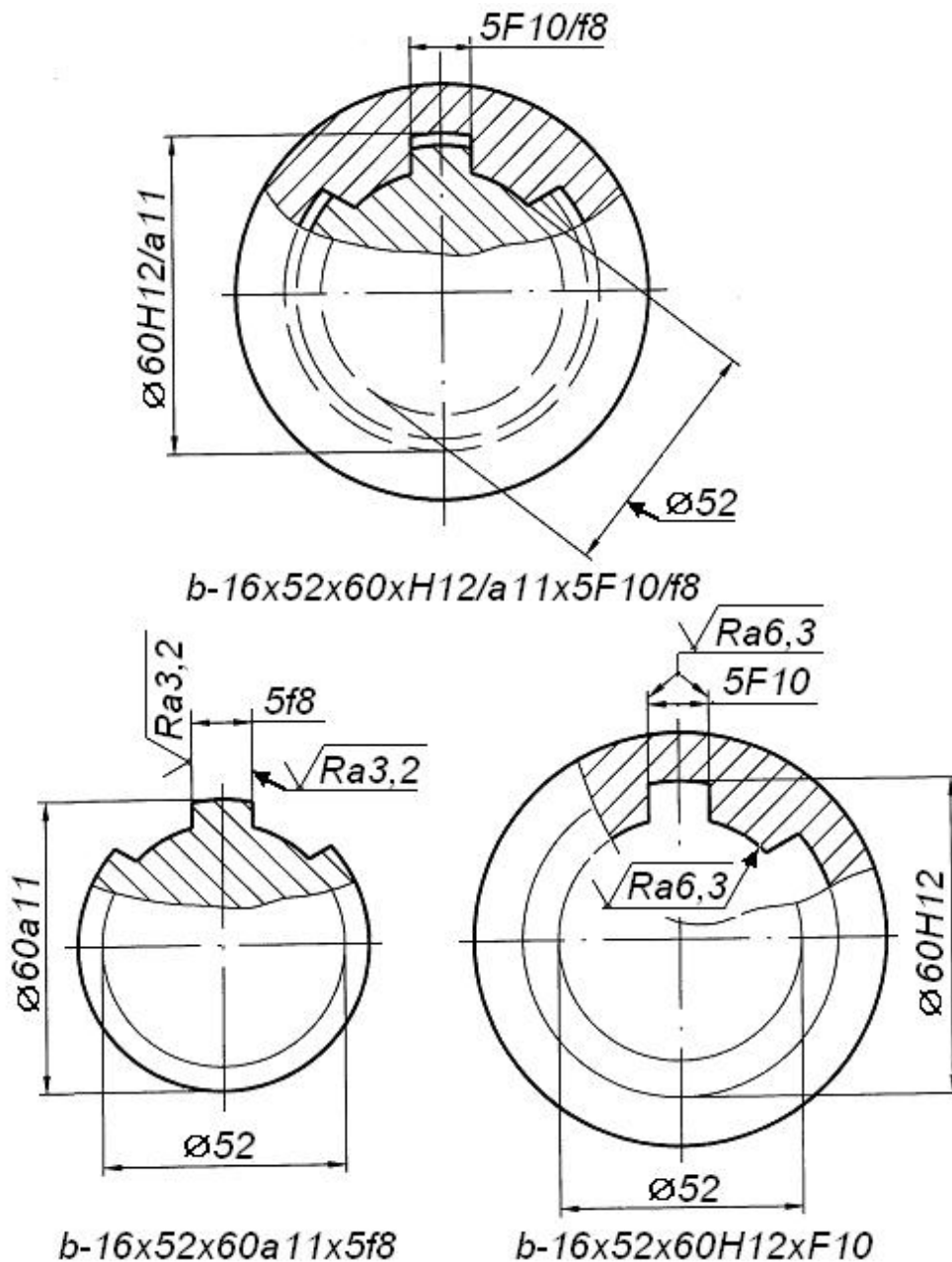
1. Визначити: крок нарізи P, мм; номінальні значення зовнішнього (D і d), внутрішнього (D<sub>1</sub> і d<sub>1</sub>) і середнього (D<sub>2</sub> і d<sub>2</sub>) діаметрів гайки і болта.



2. Призначити поля допусків для діаметрів гайки і болта та визначити їх граничні відхили.

3. Побудувати схему розташування полів допусків за середнім діаметром гайки і болта для заданого нарізного з'єднання.

4. Позначити нарізь на складальному кресленнику та кресленнику болта і гайки.



**Рис. 1.29. Ескізи шліцевого з'єднання, вала і отвору**

*Розв'язання.*

1. Оскільки в позначенні нарізі крок не вказаний, то це означає, що задана нарізь має основний (великий) крок і його значення визначаємо за табл. Б.43 залежно від номінального (зовнішнього) діаметра нарізі:

за  $D = d = 12$  мм крок  $P = 1,75$  мм.

Номінальні значення діаметрів внутрішньої нарізі (гайки)  $D$  і зовнішньої нарізі (болта)  $d$  дорівнюють (з позначення нарізі)  $D = d = 12$  мм.

Крок нарізі  $P=1,75$  мм, за даними табл. Б.44 вибираємо формули, за якими визначаємо номінальні значення діаметрів  $D_1$  і  $D_2$  для нарізі гайки,  $d_1$  і  $d_2$  для нарізі болта:

$$D_1 = d_1 = d - 2 + 0,863 = 12 - 2 + 0,106 = 10,106 \text{ мм};$$

$$D_2 = d_2 = d - 2 + 0,106 = 12 - 2 + 0,106 = 10,863 \text{ мм}.$$

2. Призначаємо поля допусків для діаметрів нарізі гайки і болта.

2. Призначаємо поля допусків для діаметрів нарізі гайки і болта.

Оскільки в умовному позначенні нарізі вказано по одному полю допуску для гайки (6H) і для болта (6g), то ці поля допусків належать до всіх діаметрів гайки і болта, тобто:

$$D-12-6H; d-12-6g; D_1 -10,863-6H; d_1-10,863-6g;$$

$$D_2 -10,106-6H; d_2-10,106-6g.$$

Граничні відхилення цих діаметрів визначаємо за табл. Б.45 залежно від номінального діаметра нарізі та її кроку. При  $D= d =12$  мм і  $P=1,75$  мм знаходимо:

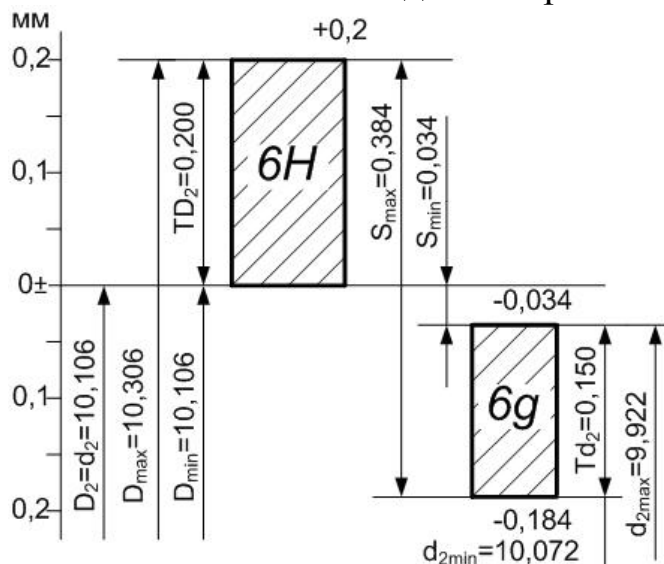
$$D - 12 - 6H^{(не\ норм.)}; \quad d - 12 - 6g^{(-0,034 / -0,299)};$$

$$D_1 - 10,863 - 6H^{(+0,335)}; \quad d_1 - 10,863 - 6g^{(-0,034 / не\ норм.)};$$

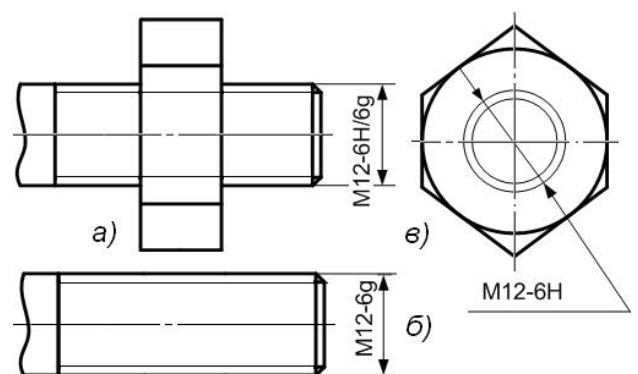
$$D_2 - 10,106 - 6H^{(+0,200)}; \quad d_2 - 10,106 - 6g^{(-0,034 / -0,184)}.$$

3. Схему розташування полів допусків нарізного з'єднання M12-6H/6g за середнім діаметром різи наведено на рис. 1.30: 6H-поле допуску середнього діаметра гайки; 6g-поле допуску середнього діаметра болта.

4. Позначення заданої нарізі на кресленику показано на рис. 1.31.



**Рис. 1.30.** Схема розташування полів допусків нарізного з'єднання M12-6H/6g



**Рис. 1.31.** Позначення нарізі M12-6H/6g на кресленику

Приклад 2. Задані номінальні розміри нарізного з'єднання шпильки з гніздом M12 з посадкою 2H5C/3p.

Визначити граничні значення натягу в з'єднанні без сортування нарізних деталей на розмірні групи і за сортуванні їх на дві розмірні групи, тобто для посадки 2H5C(2)/3p(2)..

*Розв'язання.* За даними табл. Б.43 визначаємо крок нарізі. Для нарізі М12 крок  $P=1,75$  мм .

Визначаємо номінальне значення середнього діаметра нарізі шпильки і гнізда за формулою (табл. Б.44):

$$D_2 = d_2 = d - 2 + 0,106 = 12 - 2 + 0,863 = 10,863 \text{ мм} .$$

За табл. Б.46 визначаємо граничні відхили середнього діаметра нарізних деталей (шпильки і гнізда): для  $d_2$  шпильки М12–3р:

$$\text{верхнє } es = +142 \text{ мкм} = +0,142 \text{ мм};$$

$$\text{нижнє } ei = +67 \text{ мкм} = +0,067 \text{ мм} .$$

$$\text{Допуск на } d_2 \text{ шпильки: } Td_2 = es - ei = 0,142 - 0,067 = 0,075 \text{ мм} .$$

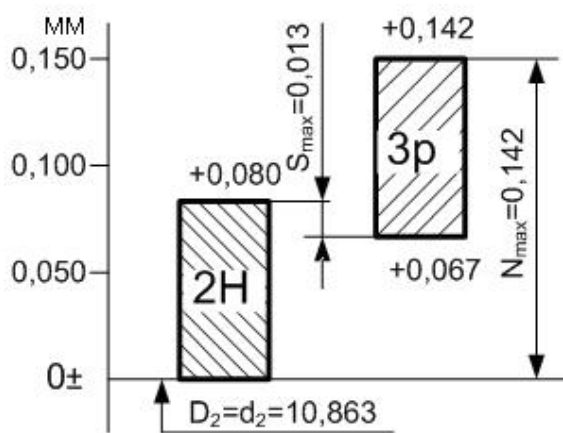
Для  $D_2$  гнізда М12–2H5C:

$$\text{верхнє } ES = +80 \text{ мкм} = +0,080 \text{ мм};$$

$$\text{нижнє } EI = 0 .$$

$$\text{Допуск на } D_2 \text{ гнізда: } TD_2 = ES - EI = 0,080 - 0 = 0,080 \text{ мм} .$$

Будуємо схему розташування полів допусків для нарізного з'єднання за середнім діаметром (рис. 1.32).



**Рис. 1.32.** Схема розташування полів допусків нарізного з'єднання М12-2H5C/3р за середнім діаметром нарізі.

Із схеми розташування полів допусків бачимо, що поля допусків шпильки і гнізда за середнім діаметром частково перекриваються, це означає, що задана посадка буде перехідною, у якій можливий невеликий зазор і невеликий натяг за середнім діаметром. Для запобігання само відгвинчування шпильки слід передбачити елементи заклинювання нарізі.

Визначаємо граничні значення натягу за середнім діаметром:

$$N_{\min} = ei - ES = 0,067 - 0,080 = -0,013 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0,142 - 0 = 0,142 \text{ мм} .$$

Отже, за з'єднання шпильки з гніздом з посадкою М12–2H5C/3р можливий найбільший натяг  $N_{\max}=0,142$  мм і найбільший зазор  $S_{\max}=0,013$  мм.

$$\text{Допуск посадки: } TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,142 - (-0,013) = 0,155 \text{ мм} .$$

Розглянемо, як зміниться характер посадки, якщо застосувати селективне складання даного нарізного з'єднання з сортуванням нарізі

шпильки і гнізда за середнім діаметром на дві розмірні групи, тобто для посадки  $M12-2H5C(2)/3p(2)$ .

За даними табл. Б.46 знаходимо границі сортування груп I і II.

Для нарізі M12 з кроком  $P=1,75$  мм межа сортування розмірних груп II і I становить  $+104$  мкм =  $+0,104$  мм для нарізі шпильки  $M12-3p(2)$  і  $+40$  мкм =  $+0,04$  мм для нарізі гнізда  $M12-2H5C(2)$ .

Визначаємо граничні відхили середнього діаметра нарізі шпильки і гнізда в межах розмірних груп.

Для  $d_2$  шпильки M12-3p:

група I  $ei_1 = +67$  мкм =  $+0,067$  мм (табл. Б.46);

$es_1 = +104$  мкм =  $+0,104$  мм (табл. Б.46).

Допуск;  $Td_2 = es_1 - ei_1 = 0,104 - 0,067 = 0,037$  мм

група II  $ei_2 = es_1 = +104$  мкм =  $+0,104$  мм;  $es_2 = es = +142$  мкм =  $+0,142$  мм (табл. Б.46).

Допуск  $Td_2 = es - ei = 0,142 - 0,104 = 0,038$  мм.

Для гнізда M12-2H5C:

група I  $EI_1 = EI = 0$ ;  $ES = +40$  мкм =  $+0,040$  мм (табл. Б.46).

Допуск  $TD_{2I} = ES - EI = 0,04 - 0 = 0,04$  мм.

група II  $EI_2 = ES_1 = +0,04$  мм;  $ES_2 = ES = +0,08$  мм (табл. Б.46).

Допуск  $TD_{2II} = ES_2 - EI_2 = 0,08 - 0,04 = 0,04$  мм.

Будуємо схему розташування полів допусків нарізного з'єднання M12-2H5C(2)/3p(2) за середнім діаметром зовнішньої нарізі (шпильки) і внутрішньої нарізі (гнізда) (рис. 1.33).

Визначаємо граничні значення натягів у границях розмірних груп.

Група I  $N_{1min} = ei_1 - ES_1 = 0,067 - 0,040 = 0,027$  мм;

$N_{1max} = es_1 - EI_1 = 0,104 - 0 = 0,104$  мм.

Допуск натягу:

$TN_1 = N_{1max} - N_{1min} = 0,104 - 0,027 = 0,077$  мм.

Група II  $N_{2min} = ei_2 - ES_2 = 0,104 - 0,080 = 0,024$  мм;

$N_{2max} = es_2 - EI_2 = 0,142 - 0,040 = 0,102$  мм.

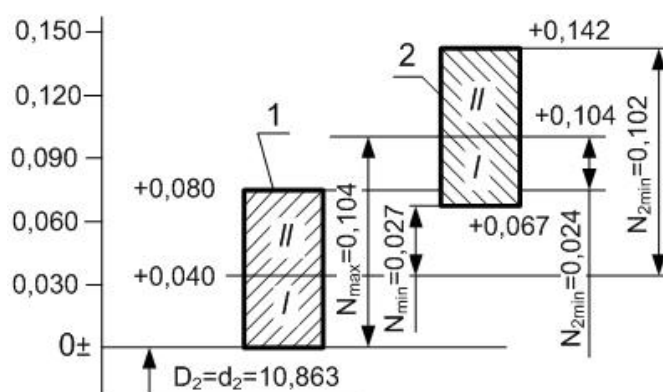


Рис. 1.33. Схема розташування полів допусків нарізного з'єднання M12-2H5C(2)/3p(2): 1-поле допуску  $D_2$ , 2-поле допуску  $d_2$

Допуск натягу:  $TN_2 = N_{2\max} - N_{2\min} = 0,102 - 0,024 = 0,078 \text{ мм}$ .

З наведених розрахунків бачимо, що сортування нарізних деталей на дві розмірні групи призводить до зменшення максимального натягу  $N_{\max}$  і збільшення мінімального його значення  $N_{\min}$ . При цьому виключається можливість появи зазору в нарізному з'єднанні й потреба у додаткових елементах заклинювання нарізного з'єднання.

Сортування заданого нарізного з'єднання на дві розмірні групи створює посадки з гарантованими натягами за середнім діаметром нарізі.

*Приклад 3.* Нарізь М24 з довжиною згвинчування 40 мм відноситься до групи L. Поле допуску нарізі болта 7g6g (тобто поле допуску середнього діаметра 7g і поле допуску зовнішнього діаметра 6g), поле допуску нарізі гайки 7H (тобто поле допуску середнього діаметра і поле допуску внутрішнього діаметра 7H). Визначити граничні відхили, номінальні і граничні розміри, крок нарізі, а також граничні зазори. Накреслити схеми розташування полів допусків для основних діаметрів нарізі.

*Розв'язання.* Номінальні значення діаметрів і крок нарізі, мм (табл. 31, Додаток Б):  $d(D)=24$ ,  $P=3$ ; за табл. 32 Додатку Б:  $d_2 = D_2 = d - 2 + 0,051 = 24 - 2 + 0,051 = 22,051$ ;  $d_1 = D_1 = d - 4 + 0,752 = 24 - 4 + 0,752 = 20,752$ .

Граничні відхили цих діаметрів визначаємо залежно від номінального діаметра нарізі та її кроку. При  $D=d=24$  мм і  $P=3$  мм знаходимо:

$$\begin{array}{ll} D - 24 - 7H^{(\text{не норм})}; & d - 24 - 6g_{(-0,048, -0,423)}^{(-0,048)}; \\ D_1 - 20,752 - 7H^{(+0,630)}; & d_1 - 20,752 - 6g_{(\text{не норм})}^{(-0,048)}; \\ D_2 - 20,051 - 7H^{(+0,355)}. & d_2 - 22,051 - 7g_{(-0,298)}^{(-0,048)}. \end{array}$$

Граничні розміри болта, мм:

$$\begin{array}{ll} d_{2\max} = 22,051 - 0,048 = 22,003; & d_{\max} = 24 - 0,048 = 23,952; \\ d_{2\min} = 22,051 - 0,298 = 21,753; & d_{\min} = 24 - 0,423 = 23,577; \\ d_{1\max} = 20,752 - 0,048 = 20,704; & d_{1\min} - \text{не нормується.} \end{array}$$

Граничні розміри гайки, мм:

$$\begin{array}{ll} D_{2\max} = 22,051 + 0,355 = 22,386; & D_{1\max} = 20,752 + 0,630 = 21,382; \\ D_{2\min} = D_2 = 22,051; & D_{1\min} = D_1 = 20,752; \\ & D_{\min} = D = 24. \end{array}$$

$D_{\max}$  – не нормується.

Зазори за зовнішнім діаметром нарізі:  $S_{\max}$  – не обчислюють, бо  $D_{\max}$  – не нормується;  $S_{\min} = 24 - 23,952 = 0,048 \text{ мм}$ .

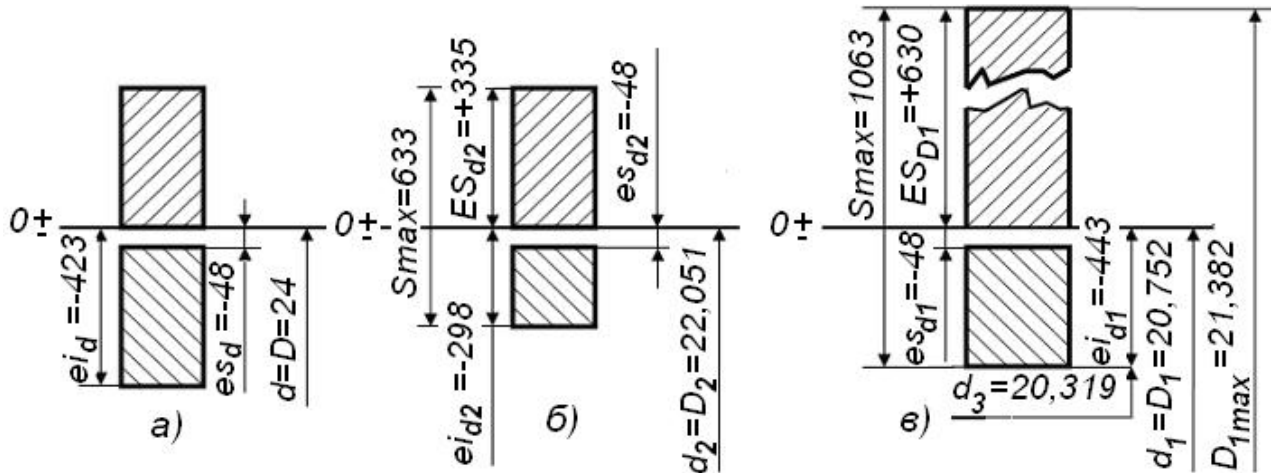
Зазори за середнім діаметром нарізі:

$$S_{\max} = 22,051 - 21,753 = 0,298 \text{ мм}; S_{\min} = 22,051 - 22,003 = 0,048 \text{ мм}.$$

Зазори за внутрішнім діаметром нарізі:

$$S_{\max} - \text{не нормується}; S_{\min} = 20,752 - 20,704 = 0,048 \text{ мм}.$$

Схеми розташування полів допусків для основних діаметрів нарізі наведені на рис. 1.34.



**Рис. 1.34. Схеми розташування полів допусків для основних діаметрів нарізі**

*Приклад 4.* Дана посадка з натягом  $M24 - 2H5C(2)/3p(2)$ . Визначити допуски і граничні відхилення, розміри і натяги. Накреслити схему розташування полів допусків за  $d_2$  і  $D_2$ .

*Розв'язання.* Визначаємо основні характеристики з'єднання: посадка призначена для з'єднання сталевих шпильок з корпусом із чавуна, Алюмінієвих або магнієвих сплавів; нарізні з'єднання за допусками і відхиленнями за  $d_2$  і  $D_2$  сортирують на дві групи. Поля допусків – шпильки 3р корпуса 2H5C; крок нарізі  $P=3$  мм (див. табл. Б.43). Западина зовнішньої нарізі повинна мати закруглену форму.

Визначаємо граничні розміри, відхилення і допуски основних діаметрів нарізі. За формулами табл. Б.44 обчислюємо основні розміри нарізі шпильки  $d_2$  і  $d_1$  і гнізда  $D_2$  і  $D_1$ . Із табл. Б.46 виписуємо граничні відхилення  $e_{I-II}$  і  $E_{I-II}$ , що відповідають границям I і II груп сортування. Обчислюємо граничні розміри, а також розміри, що відповідають границі груп I і II; знаходимо допуски діаметрів нарізі. Усі названі величини наведено у табл. 1.10 і показано на рис. 1.35.

Граничні розміри  $d_1$  визначені, виходячи з того, що вони обмежуються граничними відхиленнями форми западини зовнішньої нарізі, тобто повинні бути в границях від  $d_3$  до  $d_1 - 2H/8$ . В табл. 1.10  $d_{2I-II}$  і  $D_{2I-II}$  і – середні діаметри, що відповідають границям сортувальних груп;  $e_{I-II}$  і

$E_{I-II}$  – відхили середніх діаметрів, які відповідають границям сортувальних груп;  $Td_{I-II}$  і  $TD_{I-II}$  – допуски сортувальних груп.

Обчислюємо натяги для деталей, що відносяться до однойменних груп:

$$N_{\max I} = es_{I-II} - EI = 0,195 - 0 = 0,195 \text{ мм};$$

$$N_{\max II} = es - EI_{I-II} = 0,195 - 0,053 = 0,142 \text{ мм};$$

$$N_{\min I} = ei - E_{I-II} = 0,095 - 0,053 = 0,042 \text{ мм};$$

$$N_{\min II} = es_{I-II} - ES = 0,145 - 0,106 = 0,039 \text{ мм}.$$

Таблиця 1.10. Розрахункові величини

| Номинальні розміри, мм |     | Нарізь шпильки $M24-3p(2)$ |                 |                 |                    | Нарізь гнізда $M24-2H5C(2)$ |                 |                 |                    |
|------------------------|-----|----------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|                        |     | d                          | d <sub>1</sub>  | d <sub>2</sub>  | d <sub>2I-II</sub> | D                           | D <sub>1</sub>  | D <sub>2</sub>  | D <sub>2I-II</sub> |
|                        |     | 24                         | 20,752          | 22,051          |                    | 24                          | 20,752          | 22,051          |                    |
| Граничні відхили, мкм  |     | верхнє $es$                |                 |                 | $e_{I-II}$         | нижнє $EI$                  |                 |                 | $E_{I-II}$         |
|                        |     | -170                       | -               | +195            |                    | 0                           | +170            | 0               |                    |
|                        |     | нижнє $ei$                 |                 |                 | +145               | верхнє $ES$                 |                 |                 | +53                |
| -545                   | -   | +95                        | -               | +570            |                    | +106                        |                 |                 |                    |
| Граничні розміри, мм   | max | 28,830                     | 20,319          | 22,246          | 22,196             | -                           | 21,322          | 22,157          | 22,104             |
|                        | min | 22,455                     | 20,103          | 22,146          |                    | 24                          | 20,922          | 22,051          |                    |
| Допуски, мкм           |     | Td                         | Td <sub>1</sub> | Td <sub>2</sub> | Td <sub>I-II</sub> | TD                          | TD <sub>1</sub> | TD <sub>2</sub> | TD <sub>I-II</sub> |
|                        |     | 375                        | -               | 100             | 50                 | -                           | 400             | 106             | 53                 |

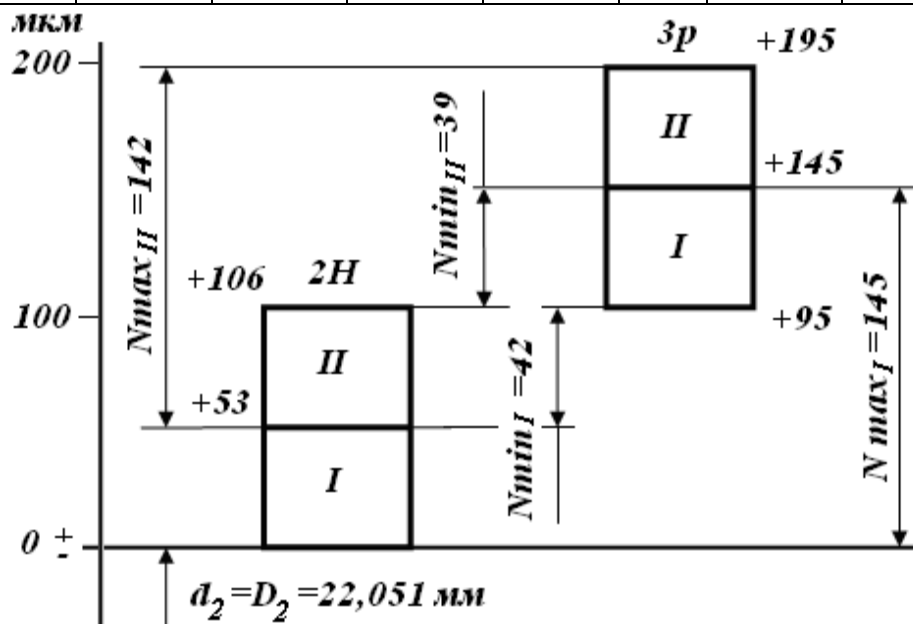


Рис. 1.35. Схема розташування полів допусків за середніми діаметрами нарізі  $M24-2H5C(2)/3p(2)$

Визначаємо допуски натягів I і II сортувальних груп:

$$TN_I = TN_{II} = Td_1 + TD_1 = 0,050 + 0,053 = 0,103 \text{ мм}.$$

Такий самий результат отримаємо за різницею натягів:

$$TN_I = N_{\max I} - N_{\min I} = 0,145 - 0,042 = 0,103 \text{ мм};$$

$$TN_{II} = N_{\max II} - N_{\min II} = 0,142 - 0,039 = 0,103 \text{ мм}.$$

Вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей нарізних з'єднань наведено у табл. Б.29.

### 1.3.8. Розрахунок розмірних ланцюгів

У складальній одиниці (рис. 1.36): ланцюг А – детальний розмірний ланцюг, замикальна ланка  $A_{\Delta} = 70JS14(\pm 0,340)$ ; ланцюг Б – складальний розмірний ланцюг, зазор між правою кришкою і внутрішнім кільцем вальниці кочення має бути  $S = 0,3 - 0,5$  мм, тоді номінальний розмір зазору дорівнює  $S = 0_{+0,5}^{+0,8}$  мм; ланцюг В – складальний розмірний ланцюг, розбіжність ділільних конусів шестірні і колеса конічної передачі нормується величиною граничного осьового зміщення зубчастого вінця (ГОСТ 1758–86)  $f_{AM} = \pm 0,048$  мм ( $R = 70$  мм,  $\delta_2 = 52^\circ$ ,  $m = 3,5$  мм, ступінь точності 9–9–8 ГОСТ 1758–86).

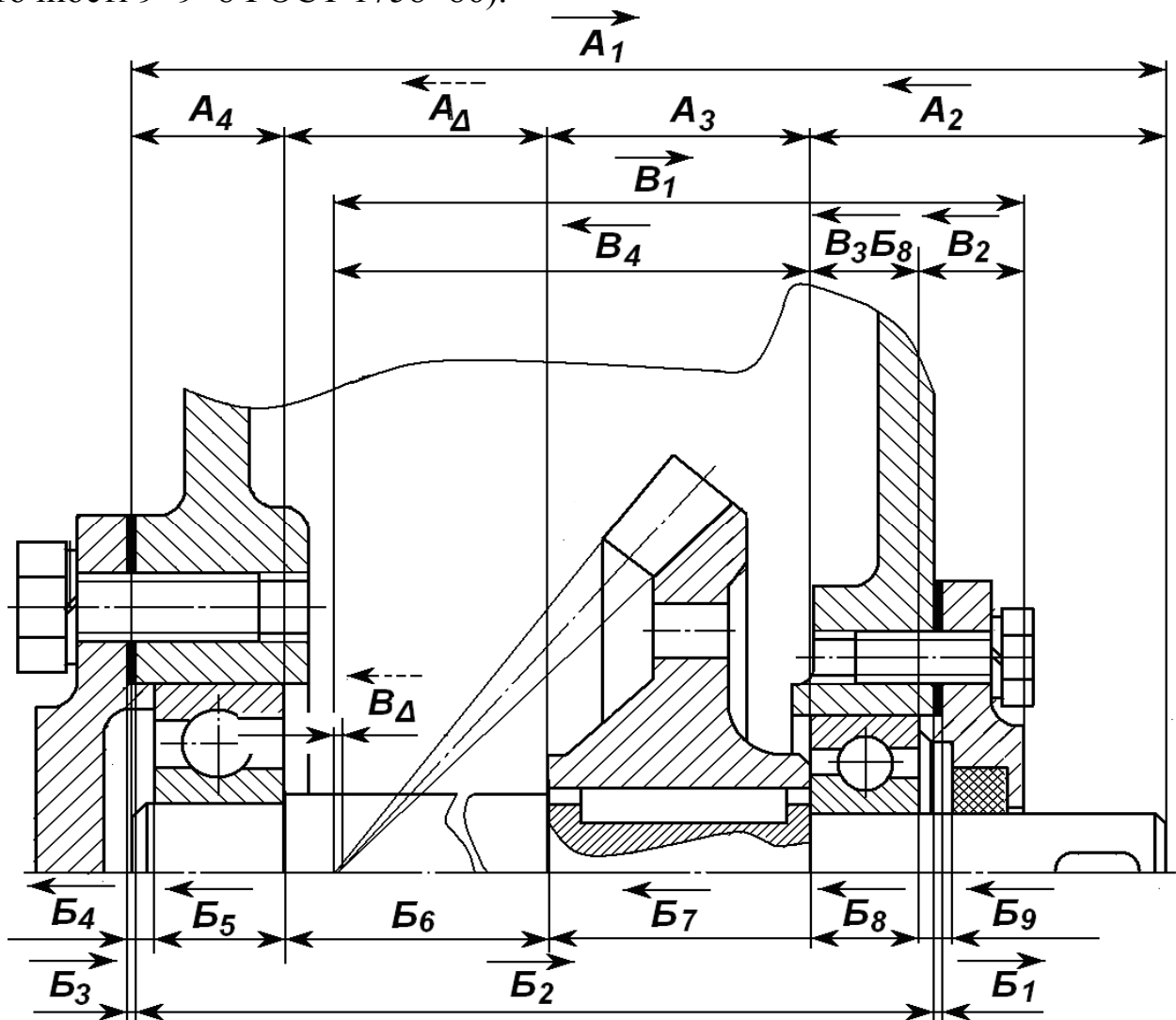


Рис. 1.36. Ескіз складанної одиниці та схеми розмірних ланцюгів



Розрахунок починаємо з розмірного ланцюга В, допуск замикальної ланки якого найменший.

*Приклад 1.* Дано, мм:  $V_1=95$ ,  $V_2=18$ ,  $V_3=15_{-0,120}$ ,  $V_4=62$ ,  $V_\Delta=f_{AM}$ .

*Розв'язання.* Номінальний розмір замикальної ланки дорівнює:

$$V_\Delta = V_1 - (V_2 + V_3 + V_4) = 95 - (18 + 15 + 62) = 0.$$

Таким чином  $V_\Delta = \pm 0,048$  мм.

Допуск замикальної ланки  $TB_\Delta = 0,048 - (-0,048) = 0,096$  мм.

Визначаємо середню точність розмірного ланцюга за формулою:

$$k = (TB_\Delta - \sum_{i=1}^{n+p} TB_i) / \sum_{i=1}^{n+p} i. \quad (1.22)$$

Тут де  $\sum_{i=1}^{n+p} TB_i$  – сума допусків складових ланок, допуски яких задані;

$\sum_{i=1}^{n+p} i$  – сума одиниць допусків складових ланок, допуски яких визначаються за табл. В.1. При цьому квалітет визначають за величиною числа одиниць допуску  $k$  (табл. В.2).

$$k = (0,096 - 0,120) / \sum_{i=1}^4 i < 0.$$

Отже, за допуску  $TB_\Delta=0,096$  мм, визначити цей розмірний ланцюг методом повної взаємозамінності неможливо. У ланцюг потрібно ввести компенсатор. Оскільки вводити у будь-який механізм зайві деталі небажано, призначаємо в ролі компенсатора ланку  $V_2$ , у позначенні якого в зв'язку з цим індекс 2 заміняємо на К.

Прийнявши для розмірів ланок економічно допустимий 11 квалітет, визначимо за ним для всіх складових ланок, крім компенсуючого, стандартні допуски в “тіло” деталей (табл. В3). Одержимо:

$$V_1 = 95H11^{(+0,22)}, \quad V_4 = 62h11_{(-0,19)}.$$

Тоді виробничий допуск замикальної ланки  $T'_\Delta$  розширюється:

$$T'_\Delta = TB_1 + TB_3 + TB_4 = 0,22 + 0,120 + 0,19 = 0,530 \text{ мм.}$$

Найбільша розрахункова компенсація:

$$V_K = T'_\Delta - TB_\Delta = 0,530 - 0,096 = 0,464 \text{ мм.}$$

Відхили замикальної ланки, одержані без участі компенсуючої ланки, знайдемо за формулами:

$$\Delta_B V_\Delta = \sum_{i=1}^n \Delta_B V_{i36} - \sum_{i=1}^p \Delta_H V_{i3M}; \quad (1.23)$$

$$\Delta_H V_\Delta = \sum_{i=1}^n \Delta_H V_{i36} - \sum_{i=1}^p \Delta_B V_{i3M}, \quad (1.24)$$

де  $\Delta_6 B_\Delta$ ,  $\Delta_n B_\Delta$  – відповідно верхній та нижній відхили замикальної ланки;  
 $\Delta_6 B_{i36}$ ,  $\Delta_n B_{i36}$  – відповідно верхній та нижній відхили збільшувальної ланки;  
 $\Delta_6 B_{i3m}$ ,  $\Delta_n B_{i3m}$  – відповідно верхній та нижній відхили зменшувальної ланки.

$$\Delta'_6 B_\Delta = \Delta_6 B_1 - (\Delta_n B_3 + \Delta_n B_4);$$

$$\Delta'_6 B_\Delta = +0,220 - (-0,120 - 0,190) = 0,530 \text{ мм (потрібно } +0,048 \text{ мм).}$$

$$\Delta'_n B_\Delta = \Delta_n B_1 - (\Delta_n B_3 + \Delta_n B_4); \Delta'_n B_\Delta = 0 - 0 = 0 \text{ (потрібно } -0,048 \text{ мм).}$$

За розрахунковими (із штрихом) і заданими відхилами замикальної ланки знаходимо відхили компенсуючої ланки ( $B_2 = B_k$  – зменшувальна ланка) за формулами:

$$\Delta'_B K = \Delta'_B B_\Delta - \Delta_B B_\Delta = +0,530 - (+0,048) = +0,482 \text{ мм};$$

$$\Delta'_n K = \Delta'_n B_\Delta - \Delta_n B_\Delta = 0 - (-0,048) = +0,048 \text{ мм.}$$

Розмір компенсатора для пригонки визначається його найбільшою величиною ( $18 + 0,482 = 18,482$  мм), оскільки в іншому разі він потребує пригонки.

Для підготовки компенсатора на нього слід призначити допуск так, щоб його найменший граничний розмір був не менше 18,482 мм. Тоді  $B_k = 18,482_{-0,11}$  або  $B_k = 18_{+0,482}^{+0,592}$  мм.

*Приклад 2.* Розмірний ланцюг Б (див. рис. 1.36). Номінальні розміри ланок, мм:  $B_2 = 140$ ,  $B_4 = 5$ ,  $B_6 = 70$ ,  $B_7 = 35$ ,  $B_9 = 5$ . Ланки  $B_5$  і  $B_8$  – ширини кілець вальниць, граничні відхили яких за ГОСТ 520–89 становлять  $\Delta_6 = 0$ ;  $\Delta_n = -120$  мкм. Тоді  $B_5 = 15_{-0,12}$ ,  $B_8 B_3 = 15_{-0,12}$ . Замикальна ланка  $B_\Delta = S = 0_{+0,500}^{+0,800}$  мм.

Розв'язання. Допуск замикальної ланки  $T_{B_\Delta} = 0,8 - 0,5 = 0,3$  мм. Число одиниць допуску [формула (1.22)]:  $k = 200 - (120 + 120) / \sum i < 0$ . Так як розрахувати розмірний ланцюг Б методом повної взаємозамінності неможливо, то використовуємо метод регулювання.

Сумарна величина ланок  $B_1$  і  $B_2$  є компенсатором. У даному ланцюзі компенсатор К – збільшувальна ланка, так само як і  $B_2$ , решта ланок – зменшувальні.

Знаходимо номінальну величину компенсатора К за формулою (1.22):

$$0 = 140 - (5 + 15 + 70 + 35 + 15 + 5) + K; \text{ тоді } K = 145 - 140 + 0 = 5 \text{ мм.}$$

Розподіляємо номінальний розмір компенсатора К так, щоб  $B_1 = 2,5$  мм і  $B_3 = 2,5$  мм.

Приймаємо, що виготовлення деталей, які входять до даного редуктора, проводиться за 11-м квалітетом. Визначивши величини допусків за табл. А.2, поставимо граничні відхили у тіло деталі, тобто за ходом обробки сполучених поверхонь.

Дані для розрахунку розміщуємо у табл. 1.14.

Підрахуємо величини, необхідні для розрахунків (табл. 1.14):

$$T_{B_{\Delta}} = 300 \text{ мкм}; \sum_{i=1}^{n+p} T_{B_i} = 990 \text{ мкм}; \sum_{i=1}^n \Delta_{\sigma} B_{i\sigma} = 0; \sum_{i=1}^n \Delta_{\pi} B_{i\sigma} = -250 \text{ мкм};$$

$$\sum_{i=1}^p \Delta_{\sigma} B_{i\sigma} = 0 \text{ мкм}; \sum_{i=1}^p \Delta_{\pi} B_{i\sigma} = -740 \text{ мкм}.$$

Граничні відхили компенсатора (для К– збільшувального) одержимо за формулами (1.23 і 1.24):

$$+500 = 0 - (-590) + \Delta_{\pi} K; \Delta_{\pi} K = -90 \text{ мкм};$$

$$+300 = -250 - (+150) + \Delta_{\sigma} K; \Delta_{\sigma} K = 900 \text{ мкм}.$$

Таблиця 1.14. Результати розрахунку методом регулювання

| Розміри        | Номинальний розмір, мм | Ланка в ланцюгу | Відхили, мкм      |                | Допуск, мкм |
|----------------|------------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------|
|                |                        |                 | $\Delta_{\sigma}$ | $\Delta_{\pi}$ |             |
| Б <sub>1</sub> | 3                      | К               | Розраховується    |                |             |
| Б <sub>2</sub> | 140                    | Збільшув.       | 250               | 0              | 250         |
| Б <sub>3</sub> | 3                      | К               | Розраховується    |                |             |
| Б <sub>4</sub> | 5                      | Зменшув.        | 0                 | -75            | 75          |
| Б <sub>5</sub> | 15                     | Те ж            | 0                 | -120           | 120         |
| Б <sub>6</sub> | 70                     | —”—             | 0                 | -190           | 190         |
| Б <sub>7</sub> | 35                     | —”—             | 0                 | -160           | 160         |
| Б <sub>8</sub> | 15                     | —”—             | 0                 | -120           | 120         |
| Б <sub>9</sub> | 5                      | —”—             | 0                 | -75            | 75          |
| Б <sub>Δ</sub> | 1                      | Замикальна      | +800              | +500           | 300         |

Перевіряємо величину  $V_{\kappa}$ :  $V_{\kappa} = \Delta_{\sigma} - \Delta_{\pi} = 700 - (-90) = 790 \text{ мкм}$ .

За формулою (1.133):  $200 = 990 - 790$ ; отже

$$K_{\max} = 6,700 \text{ мм}; K_{\min} = 5,910 \text{ мм}.$$

Приймаємо, що  $B_{1\min} = 3 \text{ мм} = S_1$ ;  $B_{2\min} = 3 \text{ мм} = S_2$ .

Кількість змінних прокладок визначаємо за формулою:

$$n = (V_{\kappa} / TA_{\Delta}) + 1 = (790 / 200) + 1 = 4,95.$$

Приймаємо п'ять прокладок  $n = 5$ .

Товщину прокладок визначаємо за формулою:

$$S = V_{\kappa} / n = 790 / 5 = 178 \text{ мкм}.$$

Приймаємо товщину прокладки  $S = 0,200 \text{ мм}$ .

Перевіряємо розрахунок компенсатора за формулою:

$$S_{\text{ном}} + n \cdot S \geq K_{\max} :$$

$$S_1 + S_2 + n \cdot S = 3 + 3 + 5 \cdot 0,2 = 7,00 \text{ мм},$$

тобто  $7,00 > 6,70 \text{ мм}$ .

*Приклад 3.* Розрахунок детального розмірного ланцюга ступінчастого вала (див. рис. 1.36, ланцюг А). Номінальні значення ланок, мм:  $A_1 = 200$ , (збільшувальна),  $A_2 = 115$ ,  $A_3 = 15$  (зменшувальні),  $A_{\Delta}B_6$  – замикальна.

*Розв'язання.* Номінальне значення замикальної ланки:

$$A_{\Delta}B_6 = A_1 - (A_2 + A_3) = 200 - (115 + 35 + 15) = 70 \text{ мм.}$$

Граничні відхили і допуск замикальної ланки беремо із *прикладу 2*:  $A_{\Delta}B_6 = 70_{-0,190}$  мм;  $TA_{\Delta}B_6 = 0,190$  мм.

Визначаємо квалітет розмірного ланцюга: число одиниць допуску [формула (1.22)]:  $k = 190 / (2,9 + 2,2 + 1,1) = 30,6$  од. допуску; за табл. В.2 вибираємо 8-й квалітет ( $k = 25$ ).

Визначаємо допуски складових ланок, мкм, (табл. А.2):

$$TA_1 = 63, TA_2 = 54, TA_3 = 27.$$

Розрахуємо суму допусків усіх складових ланок:

$$\sum_1^3 TA_i = TA_1 + TA_2 + TA_3 = 63 + 54 + 27 = 144 \text{ мкм,}$$

що менше допуску замикальної ланки.

Як коригуючу беремо ланку  $A_1$ , допуск якої приймаємо по 9-му квалітету і зменшуємо його на 6 мкм.

Усі розрахунки зводимо у табл. 1.15.

Таблиця 1.15. Результати розрахунків

| $A_{iном}$        | $i$ , мкм | $TA_i$ , мкм | $A_i$ , мм<br>(прийнято) |
|-------------------|-----------|--------------|--------------------------|
| $A_1 = 200$       | 2,90      | 109          | $200_{-0,081}^{-0,190}$  |
| $A_2 = 115$       | 2,20      | 54           | $115h8_{(-0,054)}$       |
| $A_3 = 15$        | 1,10      | 27           | $15h8_{(-0,027)}$        |
| $A_{\Delta} = 70$ | –         | 190          | $70_{-0,190}$            |

Визначаємо відхили складових ланок:

$$A_2 = 115h8_{(-0,054)}; A_3 = 15h8_{(-0,027)}; A_{\Delta} = 70_{-0,190}.$$

Граничні відхили ланки  $A_1$  визначаємо за формулами (1.101 і 1.102).

$$\Delta_B A_{\Delta} = \Delta_B A_1 - (\Delta_H A_2 + \Delta_H A_3); 0 = \Delta_B A_1 - (-0,054 - 0,027); \Delta_B A_1 = -0,081 \text{ мкм;}$$

$$\Delta_H A_{\Delta} = \Delta_H A_1 - (\Delta_B A_2 + \Delta_B A_3); -0,190 = \Delta_H A_1 - (0 + 0); \Delta_H A_1 = -0,190 \text{ мкм.}$$

$$\text{Допуск ланки } A_1: TA_1 = \Delta_B A_1 - \Delta_H A_1 = -0,081 - (-0,190) = 0,109 \text{ мм.}$$

Перевіряємо виконання умови:

$$TA_{\Delta} = 190 \text{ мм; } \sum_1^3 TA_i = TA_1 + TA_2 + TA_3 = 0,109 + 0,054 + 0,027 = 0,190 \text{ мм.}$$

Вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей нарізних з'єднань наведено у табл. В.4.

### 1.3.9. Розрахунок гладких калібрів

Розрахунок калібрів полягає у визначенні їх номінальних і виконавчих розмірів та граничних відхилів.

Мета завдання – ознайомитися з гладкими калібрами і засвоїти методику їх розрахунку.

#### 1.3.9.1. Порядок виконання

Розрахунок калібрів полягає у визначенні їх номінальних і виконавчих розмірів та граничних відхилів.

Виконавчими називають граничні розміри калібрів, за якими виготовляють нові калібри.

Для калібра-скоби це буде найменший граничний розмір з додатним відхилом; для калібра-пробки – їх найбільший граничний розмір з від'ємним відхилом. Ці розміри проставляють креслениках калібрів.

Розрахунок гладких калібрів виконують у такому порядку.

За номінальним розміром з'єднання (D) призначають граничні відхили отвору та вала (ES, EI, es, ei) з таблиць ДСТУ ISO 286-1-2002 та ДСТУ ISO 286-2-2002.

Визначають граничні розміри отвору і вала ( $D_{\max}$ ,  $D_{\min}$ ,  $d_{\max}$ ,  $d_{\min}$ ).

За ГОСТ 24853-81 (табл. Г.1) виписують вихідні дані для розрахунку розмірів калібрів:

$H$  – допуск на виготовлення пробки;

$H_1$  – допуск на виготовлення скоби;

$H_p$  – допуск для контрольних калібрів для скоб;

$H_s$  – допуск цих же калібрів, але зі сферичними вимірювальними поверхнями;

$Z$  – відхил середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору від  $D_{\max}$ ;

$Z_1$  – відхил середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала від  $d_{\max}$ ;

$Y$  – допустимий вихід розміру спрацьованого прохідного калібру для отвору за межу поля допуску виробу;

$Y_1$  – допустимий вихід розміру спрацьованого прохідного калібру для вала за межу поля допуску виробу.

Схеми розташування полів допусків граничних калібрів для отворів і валів для розмірів до 180 мм наведено у табл. Г.2.

Схеми розташування полів допусків граничних калібрів для отворів і валів для розмірів більших 180 мм наведено у табл. Г.3.

Схеми розташування полів допусків калібру отвору і вала для різних квалітетів наведено у табл. Г.4.

Формули для обчислювання виконавчих і граничних розмірів граничних калібрів у табл. Г.5.

Дані для завдання 10 вибирають із табл. Б.18.

*Приклад 1.* Визначити виконавчі і граничні розміри калібра-скоби для контролю вала  $\varnothing 45d9^{(-0,080)}_{(-0,142)}$  і контрольні калібри до нього. Накреслити схему полів допусків і ескіз калібру.

*Розв'язання.* Визначаємо граничні відхили (табл. А.9), допуск і граничні розміри вала  $\varnothing 45d9$ , мм:

$$es = -0,142, ei = -0,080; Td = 0,062; d_{\min} = 44,858, d_{\max} = 44,920.$$

Граничні відхили і допуски калібрів знаходимо за табл. Г.1, мкм:  $z_1=11, H_1=7, Y_1=0, H_p=2,5$ . Потім, керуючись табл. Г.2, креслимо схему розташування полів допусків калібра-скоби (рис. 1.38).

Обчислюємо виконавчі розміри калібра-скоби, використовуючи формули табл. Г.5:

$$\begin{aligned} \text{прохідного нового боку } P - PP_{\text{вук}} &= (d_{\max} - z_1 - 0,5 \cdot H_1)^{+H_1} = \\ &= (44,920 - 0,011 - 0,5 \cdot 0,007)^{+0,007} = 44,9055^{+0,007} \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{непрохідного боку } P - HE_{\text{вук}} &= (d_{\min} - 0,5 \cdot H_1)^{+H_1} = \\ &= (44,858 - 0,5 \cdot 0,007)^{+0,007} = 44,8545^{+0,007} \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$\text{прохідної зношеної } P - PP_{\text{зн}} = d_{\max} + Y_1 = 44,920 + 0 = 44,920 \text{ мм.}$$

Знаходимо виконавчі розміри контрольних калібрів для контролю:

$$\begin{aligned} \text{прохідного нового боку } K - PP_{\text{вук}} &= (d_{\max} - z_1 - 0,5 \cdot H_p)_{-H_p} = \\ &= (44,920 - 0,044 - 0,5 \cdot 0,0025)_{-0,0025} = 44,91025 = 44,920_{-0,0025} \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{непрохідного боку } K - HE_{\text{вук}} &= (d_{\min} - 0,5 \cdot H_p)_{-H_p} = \\ &= (44,858 - 0,52 \cdot 0,0025)_{-0,0025} = 44,85425 = 44,854_{-0,00025} \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{зносу прохідного боку } K - I_{\text{зн}} &= (d_{\max} + Y_1 + 0,5 \cdot H_p)_{-H_p} = \\ &= (44,920 + 0 + 0,5 \cdot 0,0025)_{-0,0025} = 44,91875 = 44,918_{-0,00075} \text{ мм.} \end{aligned}$$

Визначаємо граничні розміри калібрів за формулами табл. Г.5 і зводимо їх у табл. 1.16.

Таблиця 1.16. Граничні розміри калібрів

| Бік калібру        | Робочий калібр                | Контрольні калібри                                     |
|--------------------|-------------------------------|--|
| Прохідний          | $P - PP_{\max} = 44,9125$     | $K - PP_{\max} = 44,91025$                             |
|                    | $P - PP_{\min} = 44,9055$     | $K - PP_{\min} = 44,90775$                             |
| Непрохідний        | $P - HE_{\max} = 44,8165$     | $K - HE_{\max} = 44,85925$                             |
|                    | $P - HE_{\min} = 44,8545$     | $K - HE_{\min} = 44,85675$                             |
| Прохідний зношений | $P - PP_{\text{зн}} = 44,920$ | $K - I_{\max} = 44,92125$<br>$K - I_{\min} = 44,91875$ |

Ескіз калібра-скоби наведено на рис. 1.39.

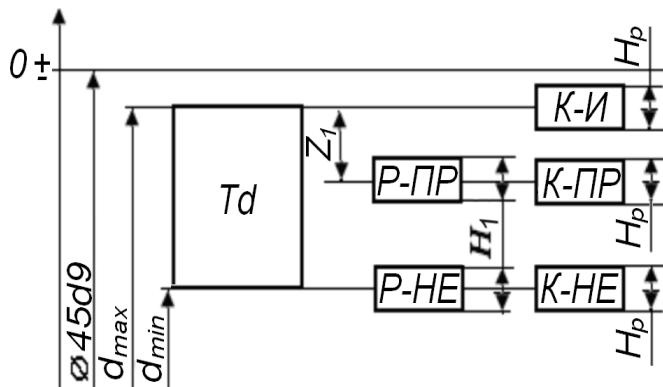


Рис. 1.38. Схема розташування полів допусків контрольованого вала

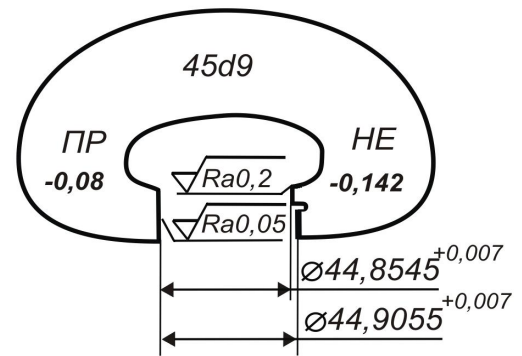


Рис. 1.39. Ескіз калібра-скоби

Приклад 2. Визначити виконавчі і граничні розміри калібра-пробки для контролю отвору  $\varnothing 200F9 \begin{matrix} +0,165 \\ +0,050 \end{matrix}$ . Накреслити схему полів допусків і ескіз калібру.

Визначаємо граничні відхилення, допуск і граничні розміри отвору  $\varnothing 200F9$ , мм:  $ES=+0,165$ ,  $EI=+0,050$ ;  $Td=0,105$ ;  $D_{min}=200,050$ ,  $D_{max}=200,165$ .

Граничні відхилення і допуски калібрів знаходимо за табл. Г.1, мкм:  $z=21$ ,  $Y=0$ ,  $\alpha=4$ ,  $H=10$ . Креслимо схему полів допусків калібра-пробки (рис. 1.40).

За формулами табл. Г.5 обчислюємо виконавчі розміри калібра-пробки, мм: прохідного нового боку  $P-ПР_{вук} = (D_{min} + z + 0,5 \cdot H)_{-H} =$

$$= (200,050 + 0,021 + 0,5 \cdot 0,010)_{-0,010} = 200,075_{-0,010};$$

непрохідного боку  $P-HE_{вук} = (D_{max} - \alpha + 0,5 \cdot H)_{-H} =$

$$= (200,165 - 0,004 + 0,5 \cdot 0,010)_{-0,010} = 200,166_{-0,010};$$

прохідної зношеної

$$P-ПР_{зн} = D_{min} - Y_1 + \alpha = 200,050 - 0 + 0,004 = 200,054.$$

Граничні розміри калібра-пробки, мм, знаходимо за формулами табл. Г.5: прохідного боку  $P-ПР_{max} = 200,076$ ,  $P-ПР_{min} = 200,066$ ;

непрохідного боку  $P-HE_{max} = 200,166$ ,  $P-HE_{min} = 200,156$ .

Ескіз калібра-пробки наведено на рис. 1.41.

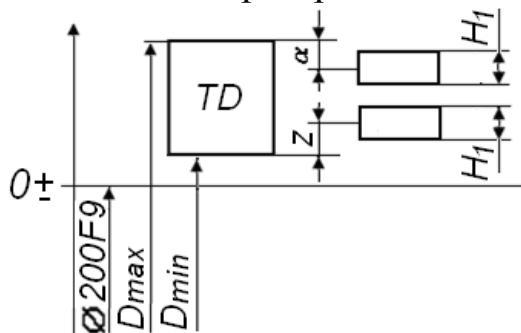


Рис. 1.40. Схема розташування полів допусків калібра-пробки.

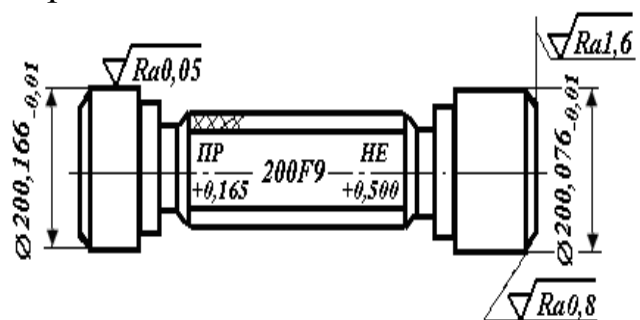


Рис. 1.41. Ескіз калібра-пробки.

*Приклад 3.* Для сполучення  $\varnothing 10H7/f7$  розрахувати граничні та виконавчі розміри калібрів.

Розрахунок калібрів для отвору  $\varnothing 10H7$ , мкм:  $z=2$ ,  $H=2,5$  (табл. Г.1).  
Визначаємо граничні відхили отвору (табл. А.6):

$$\varnothing 10H7^{(+0,015)}; ES=+0,015 \text{ мм}, EI=0.$$

Тоді

$$D_{\min} = D + EI = 10 + 0 = 10 \text{ мм};$$

$$D_{\max} = D + ES = 10 + 0,015 = 10,015 \text{ мм}.$$

*Робочий прохідний калібр*, мм:

$$P - PП = D_{\min} + z \pm 0,5H.$$

$$P - PП_{\max} = D_{\min} + z + 0,5 \cdot H = 10 + 0,002 + 0,5 \cdot 0,0025 \approx 10,003;$$

$$P - PП_{\min} = D_{\min} + z - 0,5 \cdot H = 10 + 0,002 - 0,5 \cdot 0,0025 \approx 10,001;$$

$$P - PП_{\text{зн}} = D_{\min} - Y = 10 - 0,0015 = 9,9985.$$

Допуск калібра:

$$IT = P - HE_{\max} - (P - HE_{\min}) = 10,003 - 10,001 = 0,002 \text{ мм}.$$

Виконавчий розмір калібра

$$P - ПР_{\text{вик}} = P - ПР_{\max(-H)} = 10,0035_{-0,0025} \text{ мм}.$$

*Робочий непрохідний калібр*, мм:  $P - HE = D_{\min} \pm 0,5H$ .

$$P - HE_{\max} = D_{\max} + 0,5 \cdot H = 10,015 + 0,5 \cdot 0,0025 \approx 10,015;$$

$$P - HE_{\min} = D_{\max} - 0,5 \cdot H = 10,015 - 0,3 \cdot 0,0025 \approx 10,0135.$$

Допуск калібра:

$$IT = P - HE_{\max} - (P - HE_{\min}) = 10,015 - 10,0135 = 0,0025 \text{ мм}.$$

Виконавчий розмір калібра

$$P - HE_{\text{вик}} = P - HE_{\max(-H)} = 10,016_{-0,0025} \text{ мм}.$$

Розрахунок калібрів для отвору  $\varnothing 10f7$ , мкм:

$$z_1 = 2, H_1 = 2,5 \text{ (табл. Г.1)}.$$

Визначаємо граничні відхили вала  $\varnothing 10f7^{(-0,013}_{-0,028})}$  (табл. А.8):

$$d_{\min} = D + ei = 10 + (-0,025) = 9,972 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = D + es = 10 + (-0,013) = 9,987 \text{ мм}.$$

*Робочий прохідний калібр*, мм:  $P - PП = d_{\max} - z_1 \pm 0,5 \cdot H_1$ .

$$P - PП_{\max} = d_{\max} - z_1 + 0,5 \cdot H_1 = 9,987 - 0,002 + 0,5 \cdot 0,0025 \approx 9,9860;$$

$$P - PП_{\min} = d_{\max} - z_1 - 0,5 \cdot H_1 = 9,987 - 0,002 - 0,5 \cdot 0,0025 \approx 9,9835;$$

$$P - PП_{\text{зн}} = d_{\min} + Y_1 = 9,987 + 0,0015 = 9,9885.$$

Допуск калібра:

$$IT = P - HE_{\max} - (P - HE_{\min}) = 9,9860 - 9,9835 = 0,0025 \text{ мм}.$$

Виконавчий розмір калібра:



$$P - PP_{\text{вук}} = P - PP_{\text{min}}^{+H_1} = 9,9835^{+0,0025} \text{ мм.}$$

*Робочий непрохідний калібр, мм:*

$$P - HE = d_{\text{min}} \pm 0,5 \cdot H_1$$

$$P - HE_{\text{max}} = d_{\text{min}} + 0,5 \cdot H_1 = 9,972 + 0,5 \cdot 0,0025 \approx 9,9735;$$

$$P - HE_{\text{min}} = d_{\text{min}} - 0,5 \cdot H_1 = 9,972 - 0,5 \cdot 0,0025 \approx 9,9710;$$

$$IT = P - HE_{\text{max}} - (P - HE_{\text{min}}) = 9,9735 - 9,9710 = 0,0025 \text{ мм.}$$

*Виконавчий розмір калібра:*

$$P - HE_{\text{вук}} = P - HE_{\text{min}}^{+H_1} = 9,9710^{+0,0025}.$$

*Контркалібр робочого прохідного калібра, мм:*

$$K - PP = d_{\text{max}} - z_1 \pm 0,5 \cdot H_p ;$$

$$K - PP_{\text{max}} = d_{\text{max}} - z_1 + 0,5 \cdot H_p = 9,987 - 0,002 + 0,5 \cdot 0,001 = 9,9855;$$

$$K - PP_{\text{min}} = d_{\text{max}} - z_1 - 0,5 \cdot H_p = 9,987 - 0,002 - 0,5 \cdot 0,001 = 9,9845.$$

*Допуск калібра*

$$IT = K - PP_{\text{max}} - (K - PP_{\text{min}}) = 9,9855 - 9,9845 = 0,001 \text{ мм.}$$

*Виконавчий розмір калібра*  $K - PP_{\text{вук}} = K - PP_{\text{max}(-H_p)} = 9,9845_{-0,001} \text{ мм.}$

*Вихідні дані для розрахунку калібрів (задача 3) наведено у табл. Г.3.*

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ДОПУСКІВ І ПОСАДОК ТИПОВИХ З'ЄДНАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА

|    | В   | С | D                   | E | F                                   | G | H | I | J | K | L |
|----|---|---|---------------------|---|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| 2  | <b>Приклад:</b>   |   |                     |   |                                     |   |   |   |   |   |   |
| 3  | На кресленнику задано посадку $\varnothing 63H8/e8$ . Визначити найбільші і найменші граничні та ймовірні зазори в з'єднанні. |   |                     |   |                                     |   |   |   |   |   |   |
| 4  | За табл. Б.11 і Б.14 для заданих розміру і посадки (мкм):   |   |                     |   |                                     |   |   |   |   |   |   |
| 5  | ES= +46   |   | es= -60             |   | ↑ <b>Завдання</b>                   |   |   |   |   |   |   |
| 6  | EI= 0   |   | ei= -106            |   |                                     |   |   |   |   |   |   |
| 7  | $E_{сер} = +23$   |   | $e_{сер} = -83$     |   | ← <b>Вихідні дані</b>               |   |   |   |   |   |   |
| 8  | TD= 46  |   | Td= 46              |   |                                     |   |   |   |   |   |   |
| 9  | ↓ <b>Проміжне завдання і розрахунки</b>   |   |                     |   |                                     |   |   |   |   |   |   |
| 10 | 1. Найбільші граничні зазор і натяг знаходимо за формулами:   |   |                     |   |                                     |   |   |   |   |   |   |
| 11 | $S_{max} = ES - ei$   |   | $S_{min} = EI - es$ |   | ← <b>Розрахункові формули</b>       |   |   |   |   |   |   |
| 12 | $S_{max} = D5 - G6$   |   | $S_{min} = D6 - G5$ |   | ← <b>Зміст комірки</b>              |   |   |   |   |   |   |
| 13 | $S_{max} = 152$ мкм   |   | $S_{min} = 60$ мкм  |   | ← <b>(формули в програмі Excel)</b> |   |   |   |   |   |   |
| 14 | ↑   |   | ↑                   |   | <b>Результат розрахунку</b>         |   |   |   |   |   |   |

### 2.1. Розрахунок і вибір посадки з натягом

|   | В   | С | D | E | F | G                                       | H    | I     | J |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|---|--|--|
| 2 | <b>Приклад 1:</b>   |   |   |   |   |   |      |       |   |  |  |
| 3 | Розрахувати посадку з натягом зубчастого колеса на тихохідний вал редуктора за такими вихідними даними: |   |   |   |   |   |      |       |   |  |  |
| 4 | крутний момент, що передається  |   |   |   |   | T = 600                                 | Н·м  |       |   |  |  |
| 5 | номінальний діаметр з'єднання   |   |   |   |   | d = 110                                 | мм = | 0,11  | м |  |  |
| 6 | діаметр свердління вала   |   |   |   |   | d <sub>1</sub> = 85                     | мм = | 0,085 | м |  |  |
| 7 | діаметр маточини  |   |   |   |   | D <sub>мат</sub> = D <sub>2</sub> = 170 | мм = | 0,17  | м |  |  |
| 8 | довжина сполучення  |   |   |   |   | l = 120                                 | мм = | 0,12  | м |  |  |

9 Матеріал зубчастого колеса і вала сталь 40 ГОСТ 1050-92, HB=170-210.

10 Розрахункову схему посадки з натягом наведено на рис. 1.3.

11 Найменший питомий тиск у площі контакту вала і втулки визначаємо за формулою:

$$12 \quad p \geq 2 \cdot T / (\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f) \quad \text{де } f \text{ – коефіцієнт тертя.}$$

13 Тут коефіцієнт тертя за механічного запресування прийнятий рівним

$$14 \quad f = 0,07 \quad \text{табл. 1 (Додаток А).}$$

$$15 \quad p = 2 \cdot G4 / (\text{ПИ}) \cdot I5^2 \cdot I8 \cdot D14 \cdot 1000000$$

$$16 \quad p = 3,758 \text{ МПа} = 3758086,023 \text{ Па}$$

17 Геометричні коефіцієнти  $C_D$  і  $C_d$  визначаються за формулами:

$$18 \quad C_D = ((1 + (d/D_2)^2) / (1 - (d/D_2)^2)) + \mu_D \quad C_d = ((1 + (d_1/d)^2) / (1 - (d_1/d)^2)) - \mu_d$$

19  $\mu_D, \mu_d$  – коефіцієнти Пуассона матеріалу отвору і вала, табл. Б.2.

20 Якщо вал суцільний, тобто  $d_1 = 0$  мм то  $C_d = 1 - \mu_d$   
 21 Коефіцієнти Пуассона для матеріалу втулки і вала  $\mu_D, \mu_d = 0,3$   
 22  $C_D = ((1 + (I5/I7)^2) / (1 - (I5/I7)^2)) + J21$   
 23  $C_D = 2,740$   
 24  $C_d = ((1 + (I6/I5)^2) / (1 - (I6/I5)^2)) - J21$   
 25  $C_d = 3,664$

26 Потрібну деформацію деталей з'єднання визначимо за формулою:

$$27 \quad \delta = p \cdot d \cdot 10^6 \cdot [(C_D/E_D) + (C_d/E_d)]$$

28 Тут  $E_D, E_d$  – модулі пружності матеріалу відповідно отвору і вала.

29 По табл. Б.2  $E_D = E_d = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па

$$30 \quad \delta = G16 * I5 * ((D23 / (F29 * 10^{11})) + (D25 / (F29 * 10^{11})))$$

$$31 \quad \delta = 1,26075E-05 \quad m = 12,6075 \text{ мкм}$$

Поправку на змінання мікронерівностей отвору і вала визначаємо за формулою:

$$33 \quad U = 1,2(R_{zD} + R_{zd}) \quad \text{або} \quad U = k_D \cdot R_{aD} + k_d \cdot R_{ad}$$

34  $U$  - поправка на змінання нерівностей, мкм;

$R_{zD}, R_{zd}$  - висота нерівностей профілю поверхонь отвору і вала за десятьма точками, мкм;

36  $R_{aD}, R_{ad}$  - середній арифметичний відхил профілю отвору і вала, мкм.

37 За  $R_a \geq 1,25$  мкм  $k = 5$

38  $R_a < 1,25$  мкм  $k = 6$

Значення  $R_{zD}, R_{zd}, R_{aD}, R_{ad}$  (мкм) слід брати із кресленника деталей або приймати за табл. Б.3.

40 Приймавши точність виготовлення втулки за 7-м квалітетом,

41 а вала – за 6-м, знаходимо значення

$$42 \quad R_{aD} = 1,600 \text{ мкм} \quad R_{ad} = 0,800 \text{ мкм}$$

43 а коефіцієнти

$$44 \quad k_D = \begin{cases} \text{якщо } R_{aD} \geq R_a \text{ то } k_D = 5 & \text{інакше } k_D = 6 \end{cases}$$

$$45 \quad k_D = \text{ЕСЛИ}(D42 \geq E37; H37; H38)$$

$$46 \quad k_D = 5,000$$

$$47 \quad k_d = \begin{cases} \text{якщо } R_{ad} < R_a \text{ то } k_d = 6 & \text{інакше } k_d = 5 \end{cases}$$

$$48 \quad k_d = \text{ЕСЛИ}(H42 < E37; H38; H37)$$

$$49 \quad k_d = 6,000$$

$$50 \quad U = D46 * D42 + D49 * H42$$

$$51 \quad U = 12,800 \text{ мкм}$$

52 Мінімальний натяг, потрібний для передачі завданого навантаження,  
53 визначаємо за формулою:

$$54 \quad N_{\min} = \delta + U$$

$$55 \quad N_{\min} = H31 + D51$$

$$56 \quad N_{\min} = 25,408 \text{ мкм}$$

57 Максимальний тиск, що допускається міцністю отвору,  
58 знаходять за формулою:

$$59 \quad [p]_{\max} = 0,5 \cdot \sigma_{TD} \cdot [1 - (d/D_2)^2]$$

60 де  $[p]_{\max}$  – максимальний тиск, Па. Його приймають за довідковими  
61 даними залежно від марки сталі і температури;

62  $\sigma_{TD}$  – границя текучості матеріалу охоплюючої деталі (Б.5).

63 Тут значення межі текучості матеріалу отвору приймаємо

$$64 \quad \sigma_{TD} = 790 \text{ МПа}$$

$$65 \quad [p]_{\max} = 0,5 \cdot D64 \cdot (1 - (I5/I7)^2)$$

$$66 \quad [p]_{\max} = 229,619 \text{ МПа}$$

67 Максимальну деформацію, що допускається міцністю отвору,  
68 знаходять за формулою:

$$69 \quad [\delta]_{\max} = [p]_{\max} \cdot \delta / p$$

$$70 \quad [\delta]_{\max} = D66 \cdot H31 / D16$$

$$71 \quad [\delta]_{\max} = 770,322 \text{ мкм}$$

72 Максимальний натяг, що допускає міцність отвору, знайдемо за виразом:

$$73 \quad N_{\max} = [\delta]_{\max} + U$$

$$74 \quad N_{\max} = D71 + D51$$

$$75 \quad N_{\max} = 783,122 \text{ мкм}$$

76 Вибираємо стандартну посадку, відповідну умові (1.45):

$$77 \quad N_{p.\min} \geq N_{\min} \quad N_{p.\max} \leq N_{\max}$$

78 де  $N_{p.\min}$ ,  $N_{p.\max}$  – мінімальний і максимальний імовірні натяги посадки.

79 Значення імовірних натягів у різних посадках наведено в

80 Додатку Б, табл. 4. За даними табл. 4 маємо посадку  $\varnothing 110H7/s6$ , у якої

$$81 \quad N_{p.\min}^{ct} = 46 \text{ мкм} \quad N_{p.\max}^{ct} = 87 \text{ мкм}$$

$$82 \quad N_{p.\min} \geq N_{\min} \quad N_{p.\max} \leq N_{\max}$$

$$83 \quad D81 \geq D56 \quad H81 \leq D75$$

$$84 \quad 46 > 25,408 \quad 87 < 783,122$$

85 Умова (1.8) виконана.

86 Схема полів допусків посадки  $\varnothing 110H7/s6$  наведено на рис. 1.4.

## 2.2. Розрахунок і вибір посадки із зазором

B C D E F G H I J K L

2

### Приклад 1:

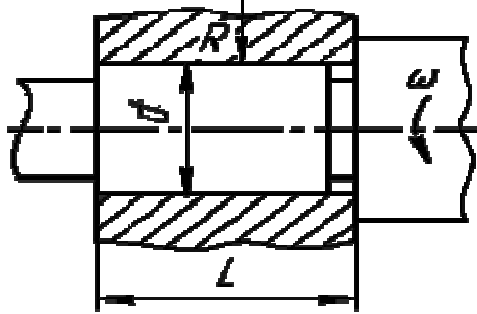
3

Розрахувати зазори і підібрати стандартну посадку для вальниці ковзання, яка працює при таких умовах:

4

$R = 10800 \text{ Н}$ ,  $d = 70 \text{ мм}$ ,  $L = 77 \text{ мм}$ ,  $n = 1440 \text{ об/хв}$ ,  $\mu = 20 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$ .

5



6

7

8

9

10

11

12

**Рис. 1. Розрахункова  
схема вальниці ковзання**

Дано:

СІ

$R = 10800 \text{ Н}$

10800 Н

$d = 70 \text{ мм}$

0,07 м

$L = 77 \text{ мм}$

0,077 м

$n = 1440 \text{ об/хв}$

1440 об/хв

$\mu = 0,02 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$

0,02 Н·с/м<sup>2</sup>

Знайти:

$p$ -?,  $[h_{\min}]$ -?,  $\omega$ -?,  $A_h$ -?,  $[S_{\min}]$ -?,  $[S_{\max}]$ -  
?,  $S_{\text{опт}}$ -?,  $S_{\text{сер}}$ -?

13

1. Визначаємо питомий тиск в вальниці:

14

$$p = R / (L \cdot d)$$

15

$$p = J5 / (J7 \cdot J6)$$

16

$$p = 2003710,575 \text{ Н/м}^2$$

17

$$p = 2,004 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$$

18

2. Приймаємо висоту мікронерівностей деталей відповідно по 7 квалітету  $Ra_D = Ra_d = 0,8 \text{ мкм}$  (Додаток Б, табл. 8) і розраховуємо допустиму товщину шару мастила:

19

$$Ra_D = Ra_d = 0,8 \text{ мкм}$$

20

$$K = 2$$

21

$$\gamma = 2$$

22

$$[h_{\min}] = K(4Ra_D + 4Ra_d + \gamma)$$

23

$$[h_{\min}] = D20 \cdot (4 \cdot D19 + 4 \cdot D19 + D21) \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

24

$$[h_{\min}] = 16,8 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

25

3. Задаємося робочою температурою вальниці  $t_n$ , при якій динамічна в'язкість мастила дорівнює згідно (Додаток Б, табл. 9):

26

$$t_n = 50 \text{ } ^\circ\text{C},$$

27

$$\mu = 20 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$$

28 4. Визначаємо величину коефіцієнта  $A_h$ :

$$29 \quad A_h = \frac{2[h_{\min}]}{d \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega}{p}}}$$

30 де кутова швидкість вала визначається по формулі:

$$31 \quad \omega = \pi \cdot n / 30$$

$$32 \quad \omega = \text{ПИ}() \cdot J8 / 30$$

$$33 \quad \omega = 150,8 \text{ рад/с}$$

$$34 \quad A_h = (2 \cdot D24 \cdot 10^{-6}) / (J6 \cdot \text{КОРЕНЬ}((J9 \cdot D33) / (D17 \cdot 10^6)))$$

$$35 \quad A_h = 0,391244441$$

36 5. По графіку на рис. 1.9, використовуючи значення

$$37 \quad A_h = 0,391244441$$

(горизонтальна пряма) і співвідношення  $L/d = 1,1$  (крива графіка), знаходимо точки перетину прямої з кривою графіка. Цим точкам перетину на  
38 горизонтальній осі відповідають відносні ексцентриситети  $\chi_{\min}$  і  $\chi_{\max}$ .

39 В нашому випадку  $\chi_{\min} < 0,3$ , тобто першої точки перетину немає.

40 В такому випадку визначаємо  $[S_{\min}]$  по величині

$$41 \quad A_x = 0,47$$

42 що відповідає  $\chi = 0,3$

$$43 \quad [S_{\min}] = 2,857 \cdot [h_{\min}] \cdot A_x / A_h$$

$$44 \quad [S_{\min}] = 2,857 \cdot D24 \cdot 10^{-6} \cdot D41 / D35$$

$$45 \quad [S_{\min}] = 57,66 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

46 6. По знайденому максимальному відносному ексцентриситету

$$47 \quad \chi_{\max} = 0,87$$

48 визначаємо максимальний допустимий зазор

$$49 \quad [S_{\max}] = 2 \cdot [h_{\min}] / (1 - \chi_{\max})$$

$$50 \quad [S_{\max}] = 2 \cdot D24 \cdot 10^{-6} / (1 - D47)$$

$$51 \quad [S_{\max}] = 258,5 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

52 7. Розраховуємо оптимальний зазор.

53 По графіку на рис. 1.9 визначаємо

54  $\chi_{opt} = 0,47$

55  $A_{opt} = 0,49$

56 які відповідають найвищій точці кривої  $L/d = 1,1$ , згідно яких

57  $S_{opt} = (2 \cdot [h_{min}] \cdot A_{opt}) / ((1 - \chi_{opt}) \cdot A_h)$

58  $S_{opt} = (2 \cdot D_{24} \cdot 10^{-6} \cdot D_{55}) / ((1 - D_{54}) \cdot D_{35})$

59  $S_{opt} = 79,4 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$

60 8. За таблицями допусків і посадок ([10], табл. 1.47) вибираємо всі посадки за  $[S_{min}]$  і  $[S_{max}]$ , щоб виконувалась основна умова (1.12).

61 В нашому випадку це такі посадки:

62  $\text{Ø70 H7/e7, Ø70 H7/e8, Ø70 H8/e8;}$

63  $\text{Ø70 E8/h6, Ø70 E8/h7, Ø70 E8/h8.}$

В ЄСДП переважне використання надається посадкам в системі отвору, тому  
64 всі посадки в системі валу відкидаємо. Посадки, що залишилися, мають наступні характеристики:

65  $\text{Ø70H7/e7 – } S_{max} = 120 \text{ мкм, } S_{min} = 60 \text{ мкм, } S_c = 90 \text{ мкм,}$

66  $\text{Ø70H7/e8 – } S_{max} = 136 \text{ мкм, } S_{min} = 60 \text{ мкм, } S_c = 98 \text{ мкм,}$

67  $\text{Ø70H8/e8 – } S_{max} = 152 \text{ мкм, } S_{min} = 60 \text{ мкм, } S_c = 106 \text{ мкм,}$

68 Допоміжній умові найбільше відповідає перша посадка, тому саме її остаточно приймаємо для цього сполучення:

69 
$$\text{Ø70} \frac{\text{H7}^{(+0.030)}}{\text{e7}^{(-0.060/-0.090)}}.$$

70 Для обраної посадки основна умова виглядає наступним чином:

71  $S_{min} = 60 \text{ мкм} > [S_{min}] = 57 \text{ мкм;}$

72  $S_{max} = 120 \text{ мкм} < [S_{max}] = 168 \text{ мкм;}$

73  $S_{сер} = (S_{min} + S_{max}) / 2$

74  $S_{сер} = (D_{71} + D_{72}) / 2$

75  $S_{сер} = 90 \text{ мкм.}$

По допоміжній умові середній зазор посадки  $S_{сер}$  відносно близький до  
76 оптимального зазору  $S_{opt}$ . Отже, для вибраної посадки виконуються основна і допоміжна умови.

Для цієї посадки будемо схеми розташування полів допусків з позначенням  
77 основних характеристик (рис. 1.11) та наводимо ескізи з'єднання та окремих поверхонь (рис. 1.12).

### 2.3. Розрахунок і вибір перехідної посадки

B      C      D      E      F      G      H      I      J      K      L

2 **Приклад 1:**  
 На кресленнику задано посадку  $\varnothing 63H8/e8$ . Визначити найбільші і найменші  
 3 граничні та ймовірні зазори в з'єднанні.

4 За табл. Б.11 і Б.14 для заданих розміру і посадки (мкм):

|   |             |      |             |      |
|---|-------------|------|-------------|------|
| 5 | ES=         | + 46 | es=         | -60  |
| 6 | EI=         | 0    | ei=         | -106 |
| 7 | $E_{сеп}$ = | + 23 | $e_{сеп}$ = | -83  |
| 8 | TD=         | 46   | Td=         | 46   |

9

10 1. Найбільші граничні зазор і натяг знаходимо за формулами:

$$\begin{aligned}
 11 \quad S_{\max} &= ES - ei & S_{\min} &= EI - es \\
 12 \quad S_{\max} &= D5 - G6 & S_{\min} &= D6 - G5 \\
 13 \quad S_{\max} &= 152 \text{ мкм} & S_{\min} &= 60 \text{ мкм} & S_{\min} &= -N_{\max}
 \end{aligned}$$

14 Граничне розсіювання зазору за формулою (1.13):

$$\begin{aligned}
 15 \quad t_{\Sigma} &= S_{\max} - S_{\min} \\
 16 \quad t_{\Sigma} &= D13 - H13 \\
 17 \quad t_{\Sigma} &= 212 \text{ мкм}
 \end{aligned}$$

18 Середнє значення зазору за формулою (1.14):

$$\begin{aligned}
 19 \quad S_{сеп} &= E_{сеп} - e_{сеп} - 0,1(TD + Td) \\
 20 \quad S_{сеп} &= D7 - G7 - 0,1 \cdot (D8 + G8) \\
 21 \quad S_{сеп} &= 96,8 \text{ мкм}
 \end{aligned}$$

22 Ймовірне розсіювання зазору визначаємо за формулою (1.15):

$$\begin{aligned}
 23 \quad t_{\Sigma p} &= \sqrt{TD^2 + Td^2} \\
 24 \quad t_{\Sigma p} &= \text{КОРЕНЬ}((D8^2 + G8^2)) \\
 25 \quad t_{\Sigma p} &= 65,05 \text{ мкм}
 \end{aligned}$$

26 Найбільший і найменший ймовірні зазори знаходимо за формулою (1.16) і (1.17):

$$\begin{aligned}
 27 \quad S_{p\max} &= S_{сеп} + 0,5t_{\Sigma p} & S_{p\min} &= S_{сеп} - 0,5t_{\Sigma p} \\
 28 \quad S_{p\max} &= D21 + 0,5 \cdot D25 & S_{p\min} &= D21 - 0,5 \cdot D25 \\
 29 \quad S_{p\max} &= 129,33 \text{ мкм} & S_{p\min} &= 64,27 \text{ мкм}
 \end{aligned}$$



|   | B  | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | <b>Приклад 2:</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3 | На кресленнику задано посадку $\varnothing 60H7/k6$ . Визначити найбільші і найменші граничні та ймовірні зазори і натяги в з'єднанні. |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

4 За табл. Б.10 і Б.12 для заданих розміру і посадки (мкм):

|   |             |      |             |        |
|---|-------------|------|-------------|--------|
| 5 | ES=         | + 30 | es=         | + 21   |
| 6 | EI=         | 0    | ei=         | + 2    |
| 7 | $E_{cep}$ = | + 15 | $e_{cep}$ = | + 11,5 |
| 8 | TD=         | 30   | Td=         | 19     |

10 1. Найбільші граничні зазор і натяг знаходимо за формулами:

$$S_{max} = ES - ei \qquad N_{max} = es - EI$$

$$S_{max} = D5 - G6 \qquad N_{max} = G5 - D6$$

$$S_{max} = 28 \text{ мкм} \qquad N_{max} = 21 \text{ мкм} \qquad S_{min} = -N_{max}$$

14 Граничне розсіювання зазору-натягу за формулою (1.13):

$$t_{\Sigma} = S_{max} - S_{min}$$

$$t_{\Sigma} = D13 - H13$$

$$t_{\Sigma} = 49 \text{ мкм}$$

18 Середнє значення зазору-натягу за формулою:

$$S_{cep}(-N_{cep}) = E_{cep} - e_{cep} - 0,1(TD + Td)$$

$$S_{cep}(-N_{cep}) = D7 - G7 - 0,1(D8 + G8)$$

$$S_{cep}(-N_{cep}) = -1,4 \text{ мкм}$$

22 Ймовірне розсіювання зазору-натягу визначаємо за формулою (1.15):

$$t_{\Sigma p} = \sqrt{TD^2 + Td^2}$$

$$t_{\Sigma p} = \text{КОРЕНЬ}((D8^2 + G8^2))$$

$$t_{\Sigma p} = 35,51 \text{ мкм}$$

26 Найбільші ймовірні зазори і натяги знаходимо за формулою (1.16) і (1.17):

$$S_{pmax} = S_{cep} + 0,5t_{\Sigma p} \qquad S_{pmin} = S_{cep} - 0,5t_{\Sigma p}$$

$$S_{pmax} = E21 + 0,5D25 \qquad S_{pmin} = 1 - 0,5D25$$

$$S_{pmax} = 16,36 \text{ мкм} \qquad S_{pmin} = -19,16 \text{ мкм}$$

$$N_{pmax} = -S_{pmin}$$

$$N_{pmax} = -H29$$

$$N_{pmax} = 19,16 \text{ мкм}$$

2 **Приклад 3:**  
 3 На кресленнику задано посадку  $\varnothing 60H7/s6$ . Визначити найбільші і найменші  
 4 граничні та ймовірні зазори і натяги у з'єднанні.

5 За табл. Б.10 і Б.12 для заданих розміру і посадки (мкм):

|   |             |      |  |             |        |
|---|-------------|------|--|-------------|--------|
| 6 | ES=         | + 30 |  | es=         | + 72   |
| 7 | EI=         | 0    |  | ei=         | + 53   |
| 8 | $E_{cep}$ = | + 15 |  | $e_{cep}$ = | + 62,5 |
| 9 | TD=         | 30   |  | Td=         | 19     |

10 1. Найбільші граничні зазор і натяг знаходимо за формулами:

|    |                            |                            |
|----|----------------------------|----------------------------|
| 11 | $N_{min} = ei - ES$        | $N_{max} = es - EI$        |
| 12 | $N_{min} = G6 - D5$        | $N_{max} = G5 - D6$        |
| 13 | $N_{min} = 23 \text{ мкм}$ | $N_{max} = 72 \text{ мкм}$ |

14 Граничне розсіювання зазору-натягу за формулою (1.13):

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| 15 | $t_{\Sigma} = N_{max} - N_{min}$ |
| 16 | $t_{\Sigma} = D13 - H13$         |
| 17 | $t_{\Sigma} = 49 \text{ мкм}$    |

18 Середнє значення натягу визначаємо за формулою (1.14):

|    |  |                              |
|----|--|------------------------------|
| 19 | $S_{cep}(-N_{cep}) = E_{cep} - e_{cep} - 0,1(TD + Td)$ | $N_{cep} = -S_{cep}$         |
| 20 | $S_{cep}(-N_{cep}) = D7 - G7 - 0,1 * (D8 + G8)$        | $N_{cep} = -E21$             |
| 21 | $S_{cep}(-N_{cep}) = -52,4 \text{ мкм}$                | $N_{cep} = 52,4 \text{ мкм}$ |

22 Імовірне розсіювання зазору-натягу знаходимо за формулою (1.15):

|    |   |
|----|---|
| 23 | $t_{\Sigma p} = \sqrt{TD^2 + Td^2}$           |
| 24 | $t_{\Sigma p} = \text{КОРЕНЬ}((D8^2 + G8^2))$ |
| 25 | $t_{\Sigma p} = 35,51 \text{ мкм}$            |

26 Найбільші ймовірні зазори і натяги за формулою (1.16) і (1.17):

|    |  |  |
|----|--|--|
| 27 | $S_{pmax} = S_{cep} + 0,5t_{\Sigma p}$ | $S_{pmin} = S_{cep} - 0,5t_{\Sigma p}$ |
| 28 | $S_{pmax} = E21 + 0,5 * D25$           | $S_{pmin} = 1 - 0,5 * D25$             |
| 29 | $S_{pmax} = -34,64 \text{ мкм}$        | $S_{pmin} = -70,16 \text{ мкм}$        |
| 30 | $N_{pmin} = -S_{pmax}$                 | $N_{pmax} = -S_{pmin}$                 |
| 31 | $N_{pmin} = -D29$                      | $N_{pmax} = -H29$                      |
| 32 | $N_{pmin} = 34,64 \text{ мкм}$         | $N_{pmax} = 70,16 \text{ мкм}$         |

## 2.4. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань і вибір універсальних засобів вимірювання

B            C            D            E            F            G            H            I            J            K            L

2 **Приклад 1:**

3 Задано з'єднання  $\varnothing 46E10/h9$ . Система вала посадка з зазором.  
 4 За номінальним розміром з'єднання  $D = 46$  мм і посадкою визначаємо  
 5 граничні відхили отвору і вала (табл. Б.11 і Б.14):

4  $D = 46$  мм

| $\varnothing 46E10$ : |     |            | $\varnothing 46h9$ : |        |     |
|-----------------------|-----|------------|----------------------|--------|-----|
| 6                     | ES= | + 150 мкм  | es=                  | 0      | мкм |
| 7                     | ES= | + 0,150 мм | es=                  | 0,000  | мм  |
| 8                     | EI= | + 50 мкм   | ei=                  | -62    | мкм |
| 9                     | EI= | + 0,050 мм | ei=                  | -0,062 | мм  |

10 Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:

11  $D_{\min} = D + EI$

$D_{\max} = D + ES$

12  $D_{\min} = C4 + D9$

$D_{\max} = C4 + D7$

13  $D_{\min} = 46,050$  мм

$D_{\max} = 46,150$  мм

15  $d_{\min} = D + ei$

$d_{\max} = D + es$

16  $d_{\min} = C4 + H9$

$d_{\max} = I7 + D7$

17  $d_{\min} = 45,938$  мм

$d_{\max} = 46,000$  мм

18 Знаходимо допуски отвору і вала за формулами:

19  $TD = ES - EI$

$Td = es - ei$

20  $TD = D7 - D9$

$Td = H7 - H9$

21  $TD = 0,100$  мм

$Td = 0,062$  мм

22 Граничні зазори підраховуємо за формулами:

23  $S_{\max} = ES - ei$

$S_{\min} = EI - es$

24  $S_{\max} = D7 - H9$

$S_{\min} = D9 - H7$

25  $S_{\max} = 0,212$  мм

$S_{\min} = 0,050$  мм

26 Допуск посадки визначаємо за формулою:

27  $TS = S_{\max} - S_{\min}$

28  $TS = D25 - H25$

29  $TS = 0,162$  мм

30 Перевірочна формула:

31  $TS = TD + Td$

32  $TS = D21 + H21$

33  $TS = 0,162$  мм

2 **Приклад 2:**

Задано з'єднання  $\varnothing 90\text{T}7/\text{h}6$ . Система вала посадка з натягом.  
 За номінальним розміром з'єднання  $D = 90$  мм і посадкою визначаємо граничні відхили отвору і вала (табл. Б.10 і Б.12):

4  $D = 90$  мм

|   | $\varnothing 90\text{T}7:$ | $\varnothing 90\text{h}6:$ |
|---|----------------------------|----------------------------|
| 5 |                            |                            |
| 6 | ES= -78 мкм                | es= 0 мкм                  |
| 7 | ES= -0,078 мм              | es= 0,000 мм               |
| 8 | EI= -113 мкм               | ei= -22 мкм                |
| 9 | EI= -0,113 мм              | ei= -0,022 мм              |

10 Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:

|    |                        |                        |
|----|------------------------|------------------------|
| 11 | $D_{\min} = D + EI$    | $D_{\max} = D + ES$    |
| 12 | $D_{\min} = C4 + D9$   | $D_{\max} = C4 + D7$   |
| 13 | $D_{\min} = 89,887$ мм | $D_{\max} = 89,922$ мм |
| 14 |                        |                        |
| 15 | $d_{\min} = D + ei$    | $d_{\max} = D + es$    |
| 16 | $d_{\min} = C4 + H9$   | $d_{\max} = I7 + D7$   |
| 17 | $d_{\min} = 89,978$ мм | $d_{\max} = 90,000$ мм |

18 Знаходимо допуски отвору і вала за формулами:

|    |                 |                 |
|----|-----------------|-----------------|
| 19 | $TD = ES - EI$  | $Td = es - ei$  |
| 20 | $TD = D7 - D9$  | $Td = H7 - H9$  |
| 21 | $TD = 0,035$ мм | $Td = 0,022$ мм |

22 Граничні натяги підраховуємо за формулами:

|    |                       |                       |
|----|-----------------------|-----------------------|
| 23 | $N_{\max} = es - EI$  | $N_{\min} = ei - ES$  |
| 24 | $N_{\max} = H7 - D9$  | $N_{\min} = H9 - D7$  |
| 25 | $N_{\max} = 0,113$ мм | $N_{\min} = 0,056$ мм |

26 Допуск посадки визначаємо за формулою:

|    |                            |
|----|----------------------------|
| 27 | $TN = N_{\max} - N_{\min}$ |
| 28 | $TN = D25 - H25$           |
| 29 | $TN = 0,057$ мм            |

30 Перевірочна формула:

|    |                  |
|----|------------------|
| 31 | $TS = TD + Td$   |
| 32 | $TS = D21 + H21$ |
| 33 | $TS = 0,057$ мм  |

**Приклад 3:**

Задано з'єднання  $\varnothing 170N8/h7$ . Система вала посадка перехідна.  
 За номінальним розміром з'єднання  $D = 170$  мм і посадкою визначаємо  
 граничні відхили отвору і вала (табл. Б.11 і Б.13):

$D = 170$  мм

|   | $\varnothing 170N8:$         |  | $\varnothing 170h7:$        |
|---|------------------------------|--|-----------------------------|
| 5 |                              |  |                             |
| 6 | ES=        -4            МКМ |  | es=        0            МКМ |
| 7 | ES=        -0,004      ММ    |  | es=        0,000      ММ    |
| 8 | EI=        -67          МКМ  |  | ei=        -40          МКМ |
| 9 | EI=        -0,067      ММ    |  | ei=        -0,040      ММ   |

Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:

|   |   |
|---|---|
| <p>11            <math>D_{\min} = D + EI</math></p> <p>12            <math>D_{\min} = C4 + D9</math></p> <p>13            <math>D_{\min} = 169,933</math> мм</p> <p>14</p> <p>15            <math>d_{\min} = D + ei</math></p> <p>16            <math>d_{\min} = C4 + H9</math></p> <p>17            <math>d_{\min} = 169,960</math> мм</p> | <p>11            <math>D_{\max} = D + ES</math></p> <p>12            <math>D_{\max} = C4 + D7</math></p> <p>13            <math>D_{\max} = 169,996</math> мм</p> <p>14</p> <p>15            <math>d_{\max} = D + es</math></p> <p>16            <math>d_{\max} = I7 + D7</math></p> <p>17            <math>d_{\max} = 170,000</math> мм</p> |
|---|---|

Знаходимо допуски отвору і вала за формулами:

|   |   |
|---|---|
| <p>19            <math>TD = ES - EI</math></p> <p>20            <math>TD = D7 - D9</math></p> <p>21            <math>TD = 0,063</math> мм</p> | <p>19            <math>Td = es - ei</math></p> <p>20            <math>Td = H7 - H9</math></p> <p>21            <math>Td = 0,040</math> мм</p> |
|---|---|

Граничні зазори і натяги підраховуємо за формулами:

|   |   |
|---|---|
| <p>23            <math>S_{\max} = ES - ei</math></p> <p>24            <math>S_{\max} = D7 - H9</math></p> <p>25            <math>S_{\max} = 0,036</math> мм</p> | <p>23            <math>N_{\max} = es - EI</math></p> <p>24            <math>N_{\max} = H7 - D9</math></p> <p>25            <math>N_{\max} = 0,067</math> мм</p> |
|---|---|

Допуск посадки визначаємо за формулою:

27             $T(SN) = S_{\max} + N_{\max}$

28             $T(SN) = D21 + H21$

29             $T(SN) = 0,103$  мм

Перевірочна формула:

31             $TS = TD + Td$

32             $TS = D21 + H21$

33             $TS = 0,103$  мм

## 2.5. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці

|   | B  | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | <b>Приклад 1:</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   | Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці. Вихідні дані розрахунку (табл 1.19): з'єднання $\varnothing 84U9/h9$ , $n=3$ . Система вала посадки з натягом. Знаходимо граничні відхилення для сполучення з розширеним полем допуску (табл. Б.11 і Б.14): |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|   |                     |        |                     |     |        |     |
|---|---------------------|--------|---------------------|-----|--------|-----|
| 4 | $D = 84 \text{ мм}$ |        | $n = 3$             |     |        |     |
| 5 | $\varnothing 84U9:$ |        | $\varnothing 84h9:$ |     |        |     |
| 6 | ES=                 | -124   | мкм                 | es= | 0      | мкм |
| 7 | ES=                 | -0,124 | мм                  | es= | 0,000  | мм  |
| 8 | EI=                 | -178   | мкм                 | ei= | -54    | мкм |
| 9 | EI=                 | -0,178 | мм                  | ei= | -0,054 | мм  |

10 Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

|    |                                |                                |
|----|--------------------------------|--------------------------------|
| 11 | $D_{\min} = D + EI$            | $D_{\max} = D + ES$            |
| 12 | $D_{\min} = C4 + D9$           | $D_{\max} = C4 + D7$           |
| 13 | $D_{\min} = 83,822 \text{ мм}$ | $D_{\max} = 83,876 \text{ мм}$ |
| 14 |                                |                                |
| 15 | $d_{\min} = D + ei$            | $d_{\max} = D + es$            |
| 16 | $d_{\min} = C4 + H9$           | $d_{\max} = I7 + D7$           |
| 17 | $d_{\min} = 83,946 \text{ мм}$ | $d_{\max} = 84,000 \text{ мм}$ |

18 Допуски отвору і вала підраховуємо за формулами:

|    |                           |                           |
|----|---------------------------|---------------------------|
| 19 | $TD = ES - EI$            | $Td = es - ei$            |
| 20 | $TD = D7 - D9$            | $Td = H7 - H9$            |
| 21 | $TD = + 0,054 \text{ мм}$ | $Td = + 0,054 \text{ мм}$ |

22 Граничні натяги підраховуємо за формулами:

|    |                               |                               |
|----|-------------------------------|-------------------------------|
| 23 | $N_{\max} = es - EI$          | $N_{\min} = ei - ES$          |
| 24 | $N_{\max} = H7 - D9$          | $N_{\min} = H9 - D7$          |
| 25 | $N_{\max} = 0,178 \text{ мм}$ | $N_{\min} = 0,070 \text{ мм}$ |

26 Визначаємо середнє значення натягу за формулою:

|    |  |
|----|--|
| 27 | $N_{\text{сеп}} = (N_{\min} + N_{\max}) / 2$ |
| 28 | $N_{\text{сеп}} = (D25 + H25) / 2$           |
| 29 | $N_{\text{сеп}} = 0,124 \text{ мм}$          |

30 Допуск посадки визначаємо за формулою:

$$31 \quad TN = N_{\max} - N_{\min}$$

$$32 \quad TN = D25 - H25$$

$$33 \quad TN = 0,108 \text{ мм}$$

34 Перевірочна формула:

$$35 \quad T(N) = N_{\max} - N_{\min}$$

$$36 \quad T(N) = 0,108$$

$$37 \quad T(N) = 0,108 \text{ мм}$$

38 Визначаємо груповий допуск за формулами для:

$$39 \text{ отвору} \quad TD_{\text{гр}} = TD/n \quad \text{вала} \quad Td_{\text{гр}} = Td/n$$

$$40 \quad TD_{\text{гр}} = D21/F4 \quad Td_{\text{гр}} = H21/F4$$

$$41 \quad TD_{\text{гр}} = 0,018 \text{ мм} \quad Td_{\text{гр}} = 0,018 \text{ мм}$$

42 Групові натяги підраховуємо за формулами:

43 - для першої групи:

$$44 \quad N_{\min I} = N_{\min} + Td - Td/n \quad N_{\max I} = N_{\max} - Td + Td/n$$

$$45 \quad N_{\min I} = H25 + H21 - H21/F4 \quad N_{\max I} = D25 - H21 + H21/F4$$

$$46 \quad N_{\min I} = 0,106 \text{ мм} \quad N_{\max I} = 0,142 \text{ мм}$$

47 - для другої групи:

$$48 \quad N_{\min II} = N_{\min} + Td - Td/n \quad N_{\max II} = N_{\max} - Td + Td/n$$

$$49 \quad N_{\min II} = H25 + H21 - H21/F4 \quad N_{\max II} = D25 - H21 + H21/F4$$

$$50 \quad N_{\min II} = 0,106 \text{ мм} \quad N_{\max II} = 0,142 \text{ мм}$$

51 - для третьої групи:

$$52 \quad N_{\min III} = N_{\min} + Td - Td/n \quad N_{\max III} = N_{\max} - Td + Td/n$$

$$53 \quad N_{\min III} = H25 + H21 - H21/F4 \quad N_{\max III} = D25 - H21 + H21/F4$$

$$54 \quad N_{\min III} = 0,106 \text{ мм} \quad N_{\max III} = 0,142 \text{ мм}$$

55 Будуємо схему полів допусків (рис. 1.24).

56 Середній груповий натяг визначаємо за формулою:

$$57 \quad N_{\text{сер.гр}} = (N_{\min.\text{гр}} + N_{\max.\text{гр}})/2$$

$$58 \quad N_{\text{сер.гр}} = (D54 + H54)/2$$

$$59 \quad N_{\text{сер.гр}} = 0,124 \text{ мм}$$

60 Визначаємо груповий допуск посадки за формулою:

$$61 \quad TD_{\text{гр}} = TD_{\text{гр}} + Td_{\text{гр}} \quad TD_{\text{гр}} = N_{\max I} - N_{\min I}$$

$$62 \quad TD_{\text{гр}} = D41 + H41 \quad TD_{\text{гр}} = H46 - D46$$

$$63 \quad TD_{\text{гр}} = 0,036 \text{ мм} \quad TD_{\text{гр}} = 0,036 \text{ мм}$$

64 Схема полів допусків деталей з'єднання дана на рис. 1.17.

Встановлюємо граничні відхили для кожної групи і результат заносимо до  
65 табл. 1.1.

66 Граничні розміри по групах вносимо до табл. 1.2.

Таблиця 1.1

| Граничні відхили для кожної групи |                             |                                       |   |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---|
| Деталь                            | Номер розмірних груп        |                                       |   |
|                                   | I                           | II                                    | III                                     |
| Отвір                             | $D = \frac{EI+TD_{гр}}{EI}$ | $D = \frac{EI+2*TD_{гр}}{EI+TD_{гр}}$ | $D = \frac{EI+3*TD_{гр}}{EI+2*TD_{гр}}$ |
| Вал                               | $D = \frac{ei+Td_{гр}}{ei}$ | $D = \frac{ei+2*Td_{гр}}{ei+Td_{гр}}$ | $D = \frac{ei+3*Td_{гр}}{ei+2*Td_{гр}}$ |

Таблиця 1.1

| Граничні відхили для кожної групи |   |   |   |
|-----------------------------------|---|---|---|
| Деталь                            | Номер розмірних груп                            |   |   |
|                                   | I   | II  | III   |
| Отвір                             | $84 \begin{matrix} =D9+D41 \\ =D9 \end{matrix}$ | $84 \begin{matrix} =D9+2*D41 \\ =D9+D41 \end{matrix}$ | $84 \begin{matrix} =D9+3*D41 \\ =D9+2*D41 \end{matrix}$ |
| Вал                               | $84 \begin{matrix} =H9+H41 \\ =H9 \end{matrix}$ | $84 \begin{matrix} =H9+2*H41 \\ =H9+H41 \end{matrix}$ | $84 \begin{matrix} =H9+3*H41 \\ =H9+2*H41 \end{matrix}$ |

Таблиця 1.1

| Граничні відхили для кожної групи |   |   |   |
|-----------------------------------|---|---|---|
| Деталь                            | Номер розмірних груп                              |   |   |
|                                   | I   | II  | III   |
| Отвір                             | $84 \begin{matrix} -0,160 \\ -0,178 \end{matrix}$ | $84 \begin{matrix} -0,142 \\ -0,160 \end{matrix}$ | $84 \begin{matrix} -0,124 \\ -0,142 \end{matrix}$ |
| Вал                               | $84 \begin{matrix} -0,036 \\ -0,054 \end{matrix}$ | $84 \begin{matrix} -0,018 \\ -0,036 \end{matrix}$ | $84 \begin{matrix} 0,000 \\ -0,018 \end{matrix}$  |

Таблиця 1.2

| Граничні розміри отвору та вала за групами |           |                      |                   |                     |
|--|-----------|----------------------|-------------------|---------------------|
| Розміри деталей                            |           | Номер розмірних груп |                   |                     |
|  |           | I                    | II                | III                 |
| Отвір                                      | $D_{max}$ | $=D+ES_I$            | $=D+ES_I+TD_{гр}$ | $=D+ES_I+2*TD_{гр}$ |
|  | $D_{min}$ | $=D+EI_I$            | $=D+ES_I$         | $=D+ES_I+TD_{гр}$   |
| Вал  | $d_{max}$ | $=D+es_I$            | $=D+es_I+Td_{гр}$ | $=D+es_I+2*Td_{гр}$ |
|  | $d_{min}$ | $=D+ei_I$            | $=D+es_I$         | $=D+es_I+Td_{гр}$   |



Таблиця 1.2

99

| Граничні розміри отвору та вала за групами |            |                      |               |                 |
|--|------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Розміри деталей                            |            | Номер розмірних груп |               |                 |
|  |            | I                    | II            | III             |
| Отвір                                      | $D_{\max}$ | $=C4+E87$            | $=C4+E87+D41$ | $=C4+E87+2*D41$ |
|  | $D_{\min}$ | $=C4+E88$            | $=C4+E87$     | $=C4+E87+D41$   |
| Вал  | $d_{\max}$ | $=C4+E89$            | $=C4+E89+H41$ | $=C4+E89+2*H41$ |
|  | $d_{\min}$ | $=C4+E90$            | $=C4+E89$     | $=C4+E89+H41$   |

Таблиця 1.2

107

| Граничні розміри отвору та вала за групами |            |                      |        |        |
|--|------------|----------------------|--------|--------|
| Розміри деталей                            |            | Номер розмірних груп |        |        |
|  |            | I                    | II     | III    |
| Отвір                                      | $D_{\max}$ | 83,840               | 83,858 | 83,876 |
|  | $D_{\min}$ | 83,822               | 83,840 | 83,858 |
| Вал  | $d_{\max}$ | 83,964               | 83,982 | 84,000 |
|  | $d_{\min}$ | 83,946               | 83,964 | 83,982 |

114

2 **Приклад 2:**  
 Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці. Вихідні дані розрахунку (табл. 1.19): з'єднання  $\varnothing 160F9/h9$ ,  $n=2$ . Система вала посадка з зазором.  
 3 Знаходимо граничні відхилення для сполучення (табл. Б.11 і Б.14):

4  $D = 160$  мм  $n = 2$

| 5 | $\varnothing 160F9:$ |         |     | $\varnothing 160h9:$ |        |     |
|---|----------------------|---------|-----|----------------------|--------|-----|
| 6 | ES=                  | + 143   | мкм | es=                  | 0      | мкм |
| 7 | ES=                  | + 0,143 | мм  | es=                  | 0,000  | мм  |
| 8 | EI=                  | + 43    | мкм | ei=                  | -100   | мкм |
| 9 | EI=                  | + 0,043 | мм  | ei=                  | -0,100 | мм  |

10 Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

11  $D_{\min} = D + EI$   $D_{\max} = D + ES$   
 12  $D_{\min} = C4 + D9$   $D_{\max} = C4 + D7$   
 13  $D_{\min} = 160,043$  мм  $D_{\max} = 160,143$  мм  
 14  
 15  $d_{\min} = D + ei$   $d_{\max} = D + es$   
 16  $d_{\min} = C4 + H9$   $d_{\max} = I7 + D7$   
 17  $d_{\min} = 159,900$  мм  $d_{\max} = 160,000$  мм

18 Допуски отвору і вала підраховуємо за формулами:

19  $TD = ES - EI$   $Td = es - ei$   
 20  $TD = D7 - D9$   $Td = H7 - H9$   
 21  $TD = + 0,100$  мм  $Td = + 0,100$  мм

22 Граничні зазори визначаємо за формулами:

23  $S_{\max} = ES - ei$   $S_{\min} = EI - es$   
 24  $S_{\max} = D7 - H9$   $S_{\min} = D9 - H7$   
 25  $S_{\max} = 0,243$  мм  $S_{\min} = 0,043$  мм

26 Визначаємо середнє значення зазору:

27  $S_{\text{сеп}} = (S_{\min} + S_{\max}) / 2$   
 28  $S_{\text{сеп}} = (D25 + H25) / 2$   
 29  $S_{\text{сеп}} = 0,143$  мм

30 Допуск посадки визначаємо за формулою:

$$31 \quad TS = S_{\max} - S_{\min}$$

$$32 \quad TS = D25 - H25$$

$$33 \quad TS = 0,200 \text{ мм}$$

34 Перевірочна формула:

$$35 \quad TS = TD + Td$$

$$36 \quad TS = D21 + H21$$

$$37 \quad TS = 0,200 \text{ мм}$$

38 Визначаємо груповий допуск за формулами для:

$$39 \text{ отвору} \quad TD_{\text{гр}} = TD/n \quad \text{вала} \quad Td_{\text{гр}} = Td/n$$

$$40 \quad TD_{\text{гр}} = D21/F4 \quad Td_{\text{гр}} = H21/F4$$

$$41 \quad TD_{\text{гр}} = 0,050 \text{ мм} \quad Td_{\text{гр}} = 0,050 \text{ мм}$$

42 Групові зазори вираховуємо за формулами:

43 - для першої групи:

$$44 \quad S_{\min I} = S_{\min} + Td - Td/n \quad S_{\max I} = S_{\max} - Td + Td/n$$

$$45 \quad S_{\min I} = H25 + H21 - H21/F4 \quad S_{\max I} = D25 - H21 + H21/F4$$

$$46 \quad S_{\min I} = 0,093 \text{ мм} \quad S_{\max I} = 0,193 \text{ мм}$$

47 - для другої групи:

$$48 \quad S_{\min II} = S_{\min} + Td - Td/n \quad S_{\max II} = S_{\max} - Td + Td/n$$

$$49 \quad S_{\min II} = H25 + H21 - H21/F4 \quad S_{\max II} = D25 - H21 + H21/F4$$

$$50 \quad S_{\min II} = 0,093 \text{ мм} \quad S_{\max II} = 0,193 \text{ мм}$$

51 Середній груповий зазор визначаємо за формулою:

$$52 \quad S_{\text{сер.гр}} = (S_{\min.\text{гр}} + S_{\max.\text{гр}})/2$$

$$53 \quad S_{\text{сер.гр}} = (D50 + H50)/2$$

$$54 \quad S_{\text{сер.гр}} = 0,143 \text{ мм}$$

55 Визначаємо груповий допуск посадки за формулою:

$$56 \quad TD_{\text{гр}} = TD_{\text{гр}} + Td_{\text{гр}} \quad TD_{\text{гр}} = S_{\max I} - S_{\min I}$$

$$57 \quad TD_{\text{гр}} = D41 + H41 \quad TD_{\text{гр}} = H46 - D46$$

$$58 \quad TD_{\text{гр}} = 0,100 \text{ мм} \quad TD_{\text{гр}} = 0,100 \text{ мм}$$

Встановлюємо граничні відхили для кожної групи і результат заносимо до  
59 табл. 1.3.

60 Граничні розміри по групах вносимо до табл. 1.4.

61

62

Таблиця 1.3

| Граничні відхили для кожної групи |  |  |
|-----------------------------------|--|--|
| Деталь                            | Номер розмірних груп                               |  |
|                                   | I  | II   |
| Отвір                             | $D = \begin{matrix} EI+TD_{гр} \\ EI \end{matrix}$ | $D = \begin{matrix} EI+2*TD_{гр} \\ EI+TD_{гр} \end{matrix}$ |
| Вал                               | $D = \begin{matrix} ei+Td_{гр} \\ ei \end{matrix}$ | $D = \begin{matrix} ei+2*Td_{гр} \\ ei+Td_{гр} \end{matrix}$ |

70

Таблиця 1.3

| Граничні відхили для кожної групи |  |  |
|-----------------------------------|--|--|
| Деталь                            | Номер розмірних груп                             |  |
|                                   | I  | II   |
| Отвір                             | $=C4 \begin{matrix} =D9+D41 \\ =D9 \end{matrix}$ | $=C4 \begin{matrix} =D9+2*D41 \\ =D9+D41 \end{matrix}$ |
| Вал                               | $=C4 \begin{matrix} =H9+H41 \\ =H9 \end{matrix}$ | $=C4 \begin{matrix} =H9+2*H41 \\ =H9+H41 \end{matrix}$ |

78

Таблиця 1.3

| Граничні відхили для кожної групи |  |   |
|-----------------------------------|--|---|
| Деталь                            | Номер розмірних груп                               |   |
|                                   | I  | II  |
| Отвір                             | 160 $\begin{matrix} 0,093 \\ 0,043 \end{matrix}$   | 160 $\begin{matrix} 0,143 \\ 0,093 \end{matrix}$  |
| Вал                               | 160 $\begin{matrix} -0,050 \\ -0,100 \end{matrix}$ | 160 $\begin{matrix} 0,000 \\ -0,050 \end{matrix}$ |

86

Таблиця 1.4

| Граничні розміри отвору та вала за групами |           |                      |                   |
|--|-----------|----------------------|-------------------|
| Розміри деталей                            |           | Номер розмірних груп |                   |
|  |           | I                    | II                |
| Отвір                                      | $D_{max}$ | $=D+ES_I$            | $=D+ES_I+TD_{гр}$ |
|  | $D_{min}$ | $=D+EI_I$            | $=D+ES_I$         |
| Вал  | $d_{max}$ | $=D+es_I$            | $=D+es_I+Td_{гр}$ |
|  | $d_{min}$ | $=D+ei_I$            | $=D+es_I$         |

94

Таблиця 1.4

| Граничні розміри отвору та вала за групами |            |                      |             |
|--|------------|----------------------|-------------|
| Розміри деталей                            |            | Номер розмірних груп |             |
|  |            | I                    | II          |
| Отвір                                      | $D_{\max}$ | =C4+E82              | =C4+E82+D41 |
|  | $D_{\min}$ | =C4+E83              | =C4+E82     |
| Вал  | $d_{\max}$ | =C4+E84              | =C4+E84+H41 |
|  | $d_{\min}$ | =C4+E85              | =C4+E84     |

102

Таблиця 1.4

| Граничні розміри отвору та вала за групами |            |                      |         |
|--|------------|----------------------|---------|
| Розміри деталей                            |            | Номер розмірних груп |         |
|  |            | I                    | II      |
| Отвір                                      | $D_{\max}$ | 160,093              | 160,143 |
|  | $D_{\min}$ | 160,043              | 160,093 |
| Вал  | $d_{\max}$ | 159,950              | 160,000 |
|  | $d_{\min}$ | 159,900              | 159,950 |

Будуємо схему розташування полів допусків з'єднання  $\text{Ø}160\text{F}9/\text{h}9$   
 110 (рис. 1.18).

2 **Приклад 3:**

Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці. Вихідні дані розрахунку (табл 1.19): з'єднання Ø50H7/m7, n=2.  
Система отвору, посадка перехідна.

3 Знаходимо граничні відхили для сполучення (табл. Б.11 і Б.14):

4  $D = 50 \text{ мм} \quad n = 2$

|   | Ø50H7: |         |     | Ø50m7: |         |     |
|---|--------|---------|-----|--------|---------|-----|
| 5 |        |         |     |        |         |     |
| 6 | ES=    | + 25    | мкм | es=    | + 34    | мкм |
| 7 | ES=    | + 0,025 | мм  | es=    | + 0,034 | мм  |
| 8 | EI=    | 0       | мкм | ei=    | + 9     | мкм |
| 9 | EI=    | 0,000   | мм  | ei=    | + 0,009 | мм  |

10 Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

|    |                                |                                |
|----|--------------------------------|--------------------------------|
| 11 | $D_{\min} = D + EI$            | $D_{\max} = D + ES$            |
| 12 | $D_{\min} = C4 + D9$           | $D_{\max} = C4 + D7$           |
| 13 | $D_{\min} = 50,000 \text{ мм}$ | $D_{\max} = 50,025 \text{ мм}$ |
| 14 |                                |                                |
| 15 | $d_{\min} = D + ei$            | $d_{\max} = D + es$            |
| 16 | $d_{\min} = C4 + H9$           | $d_{\max} = I7 + D7$           |
| 17 | $d_{\min} = 50,009 \text{ мм}$ | $d_{\max} = 84,000 \text{ мм}$ |

18 Допуски отвору і вала підраховуємо за формулами:

|    |                           |                           |
|----|---------------------------|---------------------------|
| 19 | $TD = ES - EI$            | $Td = es - ei$            |
| 20 | $TD = D7 - D9$            | $Td = H7 - H9$            |
| 21 | $TD = + 0,025 \text{ мм}$ | $Td = + 0,025 \text{ мм}$ |

22 Граничні зазори і натяги визначаємо за формулами (3.5) і (3.10):

|    |                               |                               |
|----|-------------------------------|-------------------------------|
| 23 | $S_{\max} = ES - ei$          | $N_{\max} = es - EI$          |
| 24 | $S_{\max} = D7 - H9$          | $N_{\max} = H7 - D9$          |
| 25 | $S_{\max} = 0,016 \text{ мм}$ | $N_{\max} = 0,034 \text{ мм}$ |

26 Визначаємо середнє значення зазору:

|    |  |                                |
|----|--|--------------------------------|
| 27 | $N_{\text{сеп}} = (N_{\min} + N_{\max}) / 2$ | $N_{\min} = -S_{\max}$         |
| 28 | $N_{\text{сеп}} = (H25 + H29) / 2$           | $N_{\min} = -D25$              |
| 29 | $N_{\text{сеп}} = 0,009 \text{ мм}$          | $N_{\min} = -0,016 \text{ мм}$ |

30 Допуск посадки визначаємо за формулою:

$$31 \quad T(S,N)=S_{\max}+N_{\max}$$

$$32 \quad T(S,N)= D25+H25$$

$$33 \quad T(S,N)= 0,050 \text{ мм}$$

34 Перевірочна формула:

$$35 \quad TS=TD+Td$$

$$36 \quad TS= D21+H21$$

$$37 \quad TS= 0,050 \text{ мм}$$

38 Визначаємо груповий допуск за формулами для:

$$39 \text{ отвору} \quad TD_{\text{гр}}=TD/n \quad \text{вала} \quad Td_{\text{гр}}=Td/n$$

$$40 \quad TD_{\text{гр}}= D21/F4 \quad Td_{\text{гр}}= H21/F4$$

$$41 \quad TD_{\text{гр}}= 0,0125 \text{ мм} \quad Td_{\text{гр}}= 0,0125 \text{ мм}$$

42 Групові зазори вираховуємо за формулами:

43 - для першої групи:

$$44 \quad N_{\max I}=N_{\max}-TD+TD/n \quad S_{\max I}=S_{\max}-TD+TD/n$$

$$45 \quad N_{\max I}= H25-D21+D21/F4 \quad S_{\max I}= D25-D21+D21/F4$$

$$46 \quad N_{\max I}= 0,0215 \text{ мм} \quad S_{\max I}= 0,0035 \text{ мм}$$

47 - для другої групи:

$$48 \quad N_{\max II}=N_{\max}-TD+TD/n \quad S_{\max II}=S_{\max}-TD+TD/n$$

$$49 \quad N_{\max II}= H25-D21+D21/F4 \quad S_{\max II}= D25-D21+D21/F4$$

$$50 \quad N_{\max II}= 0,0215 \text{ мм} \quad S_{\max II}= 0,0035 \text{ мм}$$

51 Середній груповий зазор визначаємо за формулою:

$$52 \quad N_{\text{сер.гр}}=(N_{\text{min.гр}}+N_{\text{max.гр}})/2 \quad N_{\text{min.гр}}=-S_{\max II}$$

$$53 \quad N_{\text{сер.гр}}= (D50+H54)/2 \quad N_{\text{min.гр}}= -H50$$

$$54 \quad N_{\text{сер.гр}}= 0,0090 \text{ мм} \quad N_{\text{min.гр}}= -0,0035 \text{ мм}$$

55 Визначаємо груповий допуск посадки за формулою:

$$56 \quad TD_{\text{гр}}=TD_{\text{гр}}+Td_{\text{гр}} \quad TD_{\text{гр}}=S_{\max I}-S_{\min I}$$

$$57 \quad TD_{\text{гр}}=D41+H41 \quad TD_{\text{гр}}= H46-D46$$

$$58 \quad TD_{\text{гр}}=0,025 \text{ мм} \quad TD_{\text{гр}}= -0,018 \text{ мм}$$

Встановлюємо граничні відхилення для кожної групи і результат заносимо в  
59 табл. 1.5.

60 Граничні розміри по групах вносимо до табл. 1.6.

61

62

Таблиця 1.5

| Граничні відхили для кожної групи |                             |                                       |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Деталь                            | Номер розмірних груп        |                                       |
|                                   | I                           | II                                    |
| Отвір                             | $D = \frac{EI+TD_{гр}}{EI}$ | $D = \frac{EI+2*TD_{гр}}{EI+TD_{гр}}$ |
| Вал                               | $D = \frac{ei+Td_{гр}}{ei}$ | $D = \frac{ei+2*Td_{гр}}{ei+Td_{гр}}$ |

70

Таблиця 1.5

| Граничні відхили для кожної групи |  |  |
|-----------------------------------|--|--|
| Деталь                            | Номер розмірних груп                             |  |
|                                   | I  | II   |
| Отвір                             | $=C4 \begin{matrix} =D9+D41 \\ =D9 \end{matrix}$ | $=C4 \begin{matrix} =D9+2*D41 \\ =D9+D41 \end{matrix}$ |
| Вал                               | $=C4 \begin{matrix} =H9+H41 \\ =H9 \end{matrix}$ | $=C4 \begin{matrix} =H9+2*H41 \\ =H9+H41 \end{matrix}$ |

78

Таблиця 1.5

| Граничні відхили для кожної групи |   |   |
|-----------------------------------|---|---|
| Деталь                            | Номер розмірних груп                              |   |
|                                   | I   | II  |
| Отвір                             | $50 \begin{matrix} 0,0125 \\ 0,0000 \end{matrix}$ | $50 \begin{matrix} 0,0250 \\ 0,0125 \end{matrix}$ |
| Вал                               | $50 \begin{matrix} 0,0215 \\ 0,0090 \end{matrix}$ | $50 \begin{matrix} 0,0340 \\ 0,0215 \end{matrix}$ |

86

Таблиця 1.6

| Граничні розміри отвору та вала за групами |           |                      |                   |
|--|-----------|----------------------|-------------------|
| Розміри деталей                            |           | Номер розмірних груп |                   |
|  |           | I                    | II                |
| Отвір                                      | $D_{max}$ | $=D+ES_I$            | $=D+ES_I+TD_{гр}$ |
|  | $D_{min}$ | $=D+EI_I$            | $=D+ES_I$         |
| Вал  | $d_{max}$ | $=D+es_I$            | $=D+es_I+Td_{гр}$ |
|  | $d_{min}$ | $=D+ei_I$            | $=D+es_I$         |



94

Таблиця 1.6

| Граничні розміри отвору та вала за групами |            |                      |             |
|--|------------|----------------------|-------------|
| Розміри деталей                            |            | Номер розмірних груп |             |
|  |            | I                    | II          |
| Отвір                                      | $D_{\max}$ | =C4+E82              | =C4+E82+D41 |
|  | $D_{\min}$ | =C4+E83              | =C4+E82     |
| Вал  | $d_{\max}$ | =C4+E84              | =C4+E84+H41 |
|  | $d_{\min}$ | =C4+E85              | =C4+E84     |

102

Таблиця 1.6

| Граничні розміри отвору та вала за групами |            |                      |         |
|--|------------|----------------------|---------|
| Розміри деталей                            |            | Номер розмірних груп |         |
|  |            | I                    | II      |
| Отвір                                      | $D_{\max}$ | 50,0125              | 50,0250 |
|  | $D_{\min}$ | 50,0000              | 50,0125 |
| Вал  | $d_{\max}$ | 50,0215              | 50,0340 |
|  | $d_{\min}$ | 50,0090              | 50,0215 |

110 Будуємо схему полів допусків з'єднання  $\varnothing 50H7/m7$  (рис. 1.19).

## 2.6. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення

В С D E F G H I J K L

2

### Приклад 3:

3

Для з'єднання вала з кільцем роликової вальниці вибрано поле допуску к6. Внутрішній діаметр вальниці  $d=85$  мм, зовнішній -  $D=180$  мм. Клас точності вальниці 0. Максимальний натяг посадки внутрішнього кільця на вал  $N_{\max}=0,045$  мм (див. рис. 1.22,б). Визначити посадочний зазор у вальниці.

4

За табл. Б.28 знаходимо початкові радіальні зазори в вальниці заданого типу і розміру:

5

$$d = 85 \text{ мм}$$

6

$$D = 180 \text{ мм}$$

7

$$N_{\max} = 0,045 \text{ мм}$$

8

За табл. Б.28 знаходимо початкові радіальні зазори в вальниці заданого типу і розміру:

9

$$G_{re \max} = 30 \text{ мкм}$$

10

$$G_{re \min} = 80 \text{ мкм}$$

11

Середній початковий радіальний зазор:

12

$$G_{re \text{ сep}} = (G_{re \max} + G_{re \min}) / 2$$

13

$$G_{re \text{ сep}} = (D_{10} + D_9) / 2$$

14

$$G_{re \text{ сep}} = 55 \text{ мкм}$$

15

$$G_{re \text{ сep}} = 0,055 \text{ мм}$$

16

Визначаємо діаметральну деформацію доріжки кочення внутрішнього кільця. Для цього визначаємо наведений зовнішній діаметр внутрішнього кільця

17

$$d_0 = d + (D - d) / 4$$

18

$$d_0 = D_5 + (D_6 - D_5) / 4$$

19

$$d_0 = 108,8 \text{ мм}$$

20

Дійсний натяг

21

$$N_D = 0,85 \cdot N_{\max}$$

22

$$N_D = 0,85 \cdot D_7$$

23

$$N_D = 0,0383 \text{ мм}$$

24 Діаметральна деформація доріжки кочення циркуляційно навантаженого кільця

$$25 \quad \Delta d_1 = N_D \cdot d / d_0$$

$$26 \quad \Delta d_1 = D22 \cdot D5 / D18$$

$$27 \quad \Delta d_1 = 0,030 \text{ мм}$$

28 Посадочний радіальний натяг визначаємо за формулою:

$$29 \quad S_{\text{роб}} = S_{\text{поч}} - \Delta d_1$$

$$30 \quad S_{\text{роб}} = D21 + H21$$

$$31 \quad S_{\text{роб}} = 0,025 \text{ мм}$$

32 Отже, за наміченої посадки після встановлення вальниці на вал у ньому зберігається радіальний зазор, який і є посадочним радіальним зазором.

## 2.7. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань

|    | B   | C                      | D | E             | F                      | G  | H    | I        | J  | K | L |
|----|---|------------------------|---|---------------|------------------------|----|------|----------|----|---|---|
| 2  | <b>Приклад 1:</b>   |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 3  | Задано шліцьове з'єднання b-16x52x60H12/a11x5F10/f8.<br>Центрування виконано по боковим поверхням зубів – b:<br>$z = 20$ – число зубів; H12, F10, a11, f8 – відповідні поля допусків.<br>Умовне позначення цього з'єднання:<br>втулки– b-16x52x60H12x5F10;<br>вала – b-16x52x60a11x5f8. |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 4  | Визначаємо відхилення для розмірів вала і втулки: зовнішні діаметри:  |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 5  | <b>вала</b>   |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 6  | $\varnothing 60a11$   | -0,280                 |   | es=           | -0,280                 | мм | D=   | 60       | мм |   |   |
| 7  |   | -0,370                 |   | ei=           | -0,370                 | мм | B=b= | 5        | мм |   |   |
| 8  | втулки  |                        |   | ширина: шліца |                        |    |      | і втулки |    |   |   |
| 9  | $\varnothing 60H12$   | 0,050                  |   | 5f8           | -0,010                 |    | 5F10 | 0,058    |    |   |   |
| 10 |   | 0,000                  |   |               | -0,028                 |    |      | 0,010    |    |   |   |
| 11 | Рахуємо граничні розміри і допуски відповідних величин:   |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 12 |   | $D_{\min} = D + EI$    |   |               | $D_{\max} = D + ES$    |    |      |          |    |   |   |
| 13 |   | $D_{\min} = J6 + C10$  |   |               | $D_{\max} = J6 + C9$   |    |      |          |    |   |   |
| 14 |   | $D_{\min} = 60,000$ мм |   |               | $D_{\max} = 60,050$ мм |    |      |          |    |   |   |
| 15 |   | $d_{\min} = D + ei$    |   |               | $d_{\max} = D + es$    |    |      |          |    |   |   |
| 16 |   | $d_{\min} = J6 + F7$   |   |               | $d_{\max} = J6 + F6$   |    |      |          |    |   |   |
| 17 |   | $d_{\min} = 59,630$ мм |   |               | $d_{\max} = 59,720$ мм |    |      |          |    |   |   |
| 18 |   |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 19 |   |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 20 |   |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 21 |   | $b_{\min} = B + ei$    |   |               | $b_{\max} = B + es$    |    |      |          |    |   |   |
| 22 |   | $b_{\min} = J7 + F10$  |   |               | $b_{\max} = J7 + F9$   |    |      |          |    |   |   |
| 23 |   | $b_{\min} = 4,972$ мм  |   |               | $b_{\max} = 4,990$ мм  |    |      |          |    |   |   |
| 24 |   |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 25 |   | $B_{\min} = B + EI$    |   |               | $B_{\max} = B + ES$    |    |      |          |    |   |   |
| 26 |   | $B_{\min} = J7 + I10$  |   |               | $B_{\max} = J7 + I9$   |    |      |          |    |   |   |
| 27 |   | $B_{\min} = 5,010$ мм  |   |               | $B_{\max} = 5,058$ мм  |    |      |          |    |   |   |
| 28 |   |                        |   |               |                        |    |      |          |    |   |   |
| 29 |   | $TD = ES - EI$         |   |               | $Td = es - ei$         |    |      |          |    |   |   |
| 30 |   | $TD = C9 - C10$        |   |               | $Td = F6 - F7$         |    |      |          |    |   |   |
| 31 |   | $TD = 0,050$ мм        |   |               | $Td = 0,090$ мм        |    |      |          |    |   |   |

32

33

$$TB=ES-EI$$

$$Tb=es-ei$$

34

$$TB= I9-I10$$

$$Tb= F9-F10$$

35

$$TB= 0,048 \text{ мм}$$

$$Tb= 0,018 \text{ мм}$$

36 Розраховуємо зазори за нецентруючими і центруючими поверхнями шліцьового з'єднання: зовнішній діаметр

37

$$S_{\min}=D_{\min}-d_{\max}$$

$$S_{\max}=D_{\max}-d_{\min}$$

38

$$S_{\min}= D14-H18$$

$$S_{\max}= H14-D18$$

39

$$S_{\min}= 0,280 \text{ мм}$$

$$S_{\max}= 0,420 \text{ мм}$$

40

$$S_{\text{сеп}}=(S_{\max}+S_{\min})/2$$

41

$$S_{\text{сеп}}= (H39+D39)/2$$

42

$$S_{\text{сеп}}= 0,350 \text{ мм}$$

43

бокова поверхня (ширина западини і ширина шліца)

44

$$S_{\min}=B_{\min}-b_{\max}$$

$$S_{\max}=B_{\max}-b_{\min}$$

45

$$S_{\min}= D27-H23$$

$$S_{\max}= H27-D23$$

46

$$S_{\min}= 0,020 \text{ мм}$$

$$S_{\max}= 0,086 \text{ мм}$$

47

$$S_{\text{сеп}}=(S_{\max}+S_{\min})/2$$

48

$$S_{\text{сеп}}= (H46+D46)/2$$

49

$$S_{\text{сеп}}= 0,053 \text{ мм}$$

50 Отримані дані заносимо до табл. 1.9.

51

Таблиця 1.9

52

Розмірні характеристики шліцьового з'єднання

| 53<br>54 | Елементи з'єднання   | Номін. розмір, мм | Поле допуску | Граничні відхили, мм |        | Граничні розміри, мм |            | Допуск розміру, мм |
|----------|----------------------|-------------------|--------------|----------------------|--------|----------------------|------------|--------------------|
|          |                      |                   |              | ES, es               | EI, ei | max                  | min        |                    |
| 55       | Центруючі елементи   |                   |              |                      |        |                      |            |                    |
| 56       | Отвір                | 5                 | F10          | ES                   | EI     | $B_{\max}$           | $B_{\min}$ | TB                 |
| 57       | Вал                  | 5                 | f8           | es                   | ei     | $b_{\max}$           | $b_{\min}$ | Tb                 |
| 58       | Нецентруючі елементи |                   |              |                      |        |                      |            |                    |
| 59       | Отвір                | 60                | H12          | ES                   | EI     | $D_{\max}$           | $D_{\min}$ | TD                 |
| 60       | Вал                  | 60                | a11          | es                   | ei     | $d_{\max}$           | $d_{\min}$ | Td                 |

61

Таблиця 1.9

62

## Розмірні характеристики шліцевого з'єднання

| Елементи з'єднання   | Номін. розмір, мм | Поле допуску | Граничні відхили, мм |        | Граничні розміри, мм |      | Допуск розміру, мм |
|----------------------|-------------------|--------------|----------------------|--------|----------------------|------|--------------------|
|                      |                   |              | ES, es               | EI, ei | max                  | min  |                    |
| Центруючі елементи   |                   |              |                      |        |                      |      |                    |
| Отвір                | 5                 | F10          | =I9                  | =I10   | =H27                 | =D27 | =D35               |
| Вал                  | 5                 | f8           | =F9                  | =F10   | =H23                 | =D23 | =H35               |
| Нецентруючі елементи |                   |              |                      |        |                      |      |                    |
| Отвір                | 60                | H12          | =C9                  | =C10   | =H14                 | =D14 | =D31               |
| Вал                  | 60                | a11          | =F6                  | =F7    | =H18                 | =D18 | =H31               |

71

Таблиця 1.9

72

## Розмірні характеристики шліцевого з'єднання

| Елементи з'єднання   | Номін. розмір, мм | Поле допуску | Граничні відхили, мм |        | Граничні розміри, мм |        | Допуск розміру, мм |
|----------------------|-------------------|--------------|----------------------|--------|----------------------|--------|--------------------|
|                      |                   |              | ES, es               | EI, ei | max                  | min    |                    |
| Центруючі елементи   |                   |              |                      |        |                      |        |                    |
| Отвір                | 5                 | F10          | 0,058                | 0,010  | 5,058                | 5,010  | 0,048              |
| Вал                  | 5                 | f8           | -0,010               | -0,028 | 4,990                | 4,972  | 0,018              |
| Нецентруючі елементи |                   |              |                      |        |                      |        |                    |
| Отвір                | 60                | H12          | 0,050                | 0,000  | 60,050               | 60,000 | 0,050              |
| Вал                  | 60                | a11          | -0,280               | -0,370 | 59,720               | 59,630 | 0,090              |

81

Ескізи шліцевого з'єднання, вала і отвору наведено на рис. 1.29.

## 2.8. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей нарізних з'єднань

|   | B  | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | <b>Приклад 3:</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3 | Нарізь М24 з довжиною згвинчування 40 мм відноситься до групи L. Поле допуску нарізі болта 7g6g (тобто поле допуску середнього діаметра 7g і поле допуску зовнішнього діаметра 6g), поле допуску нарізі гайки 7H (тобто поле допуску середнього діаметра і поле допуску внутрішнього діаметра 7H). |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

4 Визначити граничні відхили, номінальні і граничні розміри, крок нарізі, а також граничні зазори. Накреслити схеми розташування полів допусків для основних діаметрів нарізі.

5 Номінальні значення діаметрів і крок нарізі, мм (табл. 31, Додаток Б):

6  $d(D) = 24$  мм

7  $P = 3$  мм

8 за табл. 32 Додатку Б:

9  $d_2 = D_2 = d - 2 + 0,051$   $d_1 = D_1 = d - 4 + 0,752$

10  $d_2 = D_2 = C6 - 2 + 0,051$   $d_1 = D_1 = C6 - 4 + 0,752$

11  $d_2 = D_2 = 22,051$  мм  $d_1 = D_1 = 20,752$  мм

12 Граничні відхили цих діаметрів визначаємо залежно від номінального діаметра нарізі та її кроку.

13  $D - 24 - 7H$  не норм  $=ES$   $d - 24 - 6g$   $-0,048$   $=es$   
 14  $=EI$   $-0,423$   $=ei$

15  $D_1 - 20,752 - 7H$   $0,630$   $=ES$   $d_1 - 20,752 - 6g$   $-0,048$   $=es$   
 16  $=EI$  не нормується  $=ei$

17  $D_2 - 22,051 - 7H$   $0,355$   $=ES$   $d_2 - 22,051 - 7g$   $-0,048$   $=es$   
 18  $=EI$   $-0,298$   $=ei$

19 Граничні розміри болта, мм:

20  $d_{min} = d + ei$   $d_{max} = d + es$

21  $d_{min} = H13 + J14$   $d_{max} = H13 + J13$

22  $d_{min} = 23,577$  мм  $d_{max} = 23,952$  мм

24  $d_{1min} = d_1 + ei$   $d_{1max} = d_1 + es$

25  $d_{1min} =$   $d_{1max} = H15 + J15$

26  $d_{1min} =$  не нормується  $d_{1max} = 20,704$  мм

27

|    |                                |                                  |
|----|--------------------------------|----------------------------------|
| 28 | $d_{2min} = d_2 + e_i$         | $d_{2max} = d_2 + e_s$           |
| 29 | $d_{2min} = H17 + J18$         | $d_{2max} = H17 + J17$           |
| 30 | $d_{2min} = 21,753 \text{ мм}$ | $d_{2max} = 22,003 \text{ мм}$   |
| 31 | Граничні розміри гайки, мм:    |                                  |
| 32 | $D_{min} = D + E_I$            | $D_{max} = D + E_S$              |
| 33 | $D_{min} = C13 + E14$          | $D_{max} = -$                    |
| 34 | $D_{min} = 24,000 \text{ мм}$  | $D_{max} = \text{не нормується}$ |
| 35 |                                |                                  |
| 36 | $D_{1min} = D_1 + E_I$         | $D_{1max} = D_1 + E_S$           |
| 37 | $D_{1min} = C15 + E16$         | $D_{1max} = C15 + E15$           |
| 38 | $D_{1min} = 20,752 \text{ мм}$ | $D_{1max} = 21,382 \text{ мм}$   |
| 39 |                                |                                  |
| 40 | $D_{2min} = D_2 + E_I$         | $D_{2max} = D_2 + E_S$           |
| 41 | $D_{2min} = C17 + E18$         | $D_{2max} = C17 + E17$           |
| 42 | $D_{2min} = 22,051 \text{ мм}$ | $D_{2max} = 22,406 \text{ мм}$   |

43 Зазори за зовнішнім діаметром нарізі:

44  $S_{max}$  - не обчислюють, бо  $D_{max}$  - не нормується;

|    |                              |
|----|------------------------------|
| 45 | $S_{min} = D - d_{max}$      |
| 46 | $S_{min} = C6 - H22$         |
| 47 | $S_{min} = 0,048 \text{ мм}$ |

48 Зазори за середнім діаметром нарізі:

|    |                              |                              |
|----|------------------------------|------------------------------|
| 49 | $S_{min} = D_2 - d_{2max}$   | $S_{max} = D_2 - d_{2min}$   |
| 50 | $S_{min} = D11 - H30$        | $S_{max} = D11 - D30$        |
| 51 | $S_{min} = 0,048 \text{ мм}$ | $S_{max} = 0,298 \text{ мм}$ |

52 Зазори за внутрішнім діаметром нарізі:

|    |                                 |                                  |
|----|---------------------------------|----------------------------------|
| 53 | $S_{min} = D_{1min} - d_{1max}$ | $S_{max} = D_1 - d_{max}$        |
| 54 | $S_{min} = D38 - H26$           | $S_{max} = -$                    |
| 55 | $S_{min} = 0,048 \text{ мм}$    | $S_{max} = \text{не нормується}$ |

56 Схеми розташування полів допусків для основних діаметрів нарізі наведені на рис. 1.34.



## 2.9. Розрахунок розмірних ланцюгів

|    | В  | С                       | D  | Е | F | G   | Н      | I      | J                               | K                        | L  |
|----|--|-------------------------|----|---|---|---|--------|--------|---------------------------------|--------------------------|----|
| 2  | <b>Приклад 1:</b>  |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 3  | Для складаної одиниці (рис. 1.36) задано:  |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 3  | ланцюг А – детальний розмірний ланцюг, замикальна ланка<br>$A_{\Delta}=70JS14(\pm 0,340)$ ;  |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 4  | ланцюг Б – складальний розмірний ланцюг, зазор між правою кришкою і<br>внутрішнім кільцем вальниці кочення має бути $S=0,3-0,5$ мм;  |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 5  | ланцюг В – складальний розмірний ланцюг (розбіжність ділільних конусів<br>шестірні і колеса конічної передачі нормується величиною граничного<br>осьового зміщення зубчастого вінця (ГОСТ 1758-86)). |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 6  | $f_{AM}=\pm 0,048$ мм ( $R=70$ мм, $\delta_2=52^\circ$ , $m=3,5$ мм, ступінь точності 9-9-8 ГОСТ 1758-86).   |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 7  | Розрахунок починаємо з розмірного ланцюга В, оскільки допуск замикальної ланки якого найменший.  |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 8  | Дано, мм:  |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 9  | $f_{AM}=\pm 0,048$   | мм                      |    |   |   | $B_1=$  | 95     | мм     |                                 |                          |    |
| 10 | $R=$   | 70                      | мм |   |   | $B_2=$  | 18     | мм     |                                 |                          |    |
| 11 | $m=$   | 3,5                     | мм |   |   | $B_3=$  | 15     | 0      | $=ES_3$                         | $=\Delta_{\epsilon} B_3$ |    |
| 12 | $\delta_2=$  | 52                      | °  |   |   |   |        | -0,120 | $=EI_3$                         | $=\Delta_{\eta} B_3$     | мм |
| 13 | $B_{\Delta}=f_{AM}=\pm 0,048$  | мм                      |    |   |   | $B_4=$  | 62     | мм     |                                 |                          |    |
| 14 | $n=$   | 5                       |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 15 | <i>Розв'язання.</i> Номінальний розмір замикальної ланки дорівнює:   |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 16 | $B_{\Delta}=B_1-(B_2+B_3+B_4)$   |                         |    |   |   | $ES_{\Delta}=$                                  | 0,048  | мм     | $=\Delta_{\epsilon} B_{\Delta}$ |                          |    |
| 17 | $B_{\Delta}=H_9-(H_{10}+H_{11}+H_{12})$  |                         |    |   |   | $EI_{\Delta}=$                                  | -0,048 | мм     | $=\Delta_{\eta} B_{\Delta}$     |                          |    |
| 18 | $B_{\Delta}=$  | 0                       | мм |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 19 | Допуск замикальної ланки   |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 20 | $TB_{\Delta}=ES_{\Delta}-EI_{\Delta}$  |                         |    |   |   | $TB_3=ES_3-EI_3$                                |        |        |                                 |                          |    |
| 21 | $TB_{\Delta}=H_{16}-H_{17}$  |                         |    |   |   | $TB_3=I_{11}-I_{12}$                            |        |        |                                 |                          |    |
| 22 | $TB_{\Delta}=0,096$  | мм                      |    |   |   | $TB_3=0,120$                                    | мм     |        |                                 |                          |    |
| 23 | Визначаємо середню точність розмірного ланцюга за формулою:  |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 24 | $k = (TB_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n+p} TB_i) / \sum_{i=1}^{n+p} i$   |                         |    |   |   | $k = (TB_{\Delta} - TB_3) / \sum_{i=1}^{n+p} i$ |        |        |                                 |                          |    |
| 25 | Так як   | $TB_{\Delta}-TB_3 < 0.$ |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 26 |  | $D_{22}-H_{22} < 0.$    |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 27 |  | $-0,024 < 0.$           |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |
| 28 | То визначити значення k не можна.  |                         |    |   |   |   |        |        |                                 |                          |    |

29 Отже, за допуску  $T_{B_{\Delta}}$ , визначити цей розмірний ланцюг методом повної взаємозамінності неможливо. У ланцюг потрібно ввести компенсатор.

Оскільки вводити у будь-який механізм зайві деталі небажано, призначаємо в 30 ролі компенсатора ланку  $B_2$ , у позначенні якого в зв'язку з цим індекс 2 заміняємо на  $k$ .

31 Приймавши для розмірів ланок економічно допустимий 11 квалітет, визначимо за ним для всіх складових ланок, крім компенсуючого, стандартні допуски в "тіло" деталей (табл. В3). Одержимо:

|    |         |        |        |         |    |                          |
|----|---------|--------|--------|---------|----|--------------------------|
| 32 | $B_1 =$ | 95 H11 | 0,220  | $=ES_1$ |    | $=\Delta_{\epsilon} B_1$ |
| 33 |         |        | 0      | $=EI_1$ | мм | $=\Delta_{\eta} B_1$     |
| 34 | $B_4 =$ | 62 h11 | 0      | $=ES_4$ |    | $=\Delta_{\epsilon} B_4$ |
| 35 |         |        | -0,190 | $=EI_4$ | мм | $=\Delta_{\eta} B_4$     |

36 Тоді виробничий допуск замикальної ланки  $T'_{\Delta}$  розширюється:

|    |   |                         |
|----|---|-------------------------|
| 37 | $T_{B_1} = ES_1 - EI_1$                     | $T_{B_4} = ES_4 - EI_4$ |
| 38 | $T_{B_1} = G32 - G33$                       | $T_{B_4} = G34 - G35$   |
| 39 | $T_{B_1} = 0,220$ мм                        | $T_{B_4} = 0,190$ мм    |
| 40 | $T'_{\Delta} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4}$ | $B_2 = B_k = 18$ мм     |
| 41 | $T'_{\Delta} = D39 + H22 + H39$             |                         |
| 42 | $T'_{\Delta} = 0,530$ мм                    |                         |

43 Найбільша розрахункова компенсація знаходиться за формулою:

|    |                                      |
|----|--------------------------------------|
| 44 | $V_k = T'_{\Delta} - T_{B_{\Delta}}$ |
| 45 | $V_k = D42 - D22$                    |
| 46 | $V_k = 0,434$ мм                     |

47 Відхили замикальної ланки, одержані без участі компенсуючої ланки, 48 знайдемо за формулами:

$$49 \Delta_{\epsilon} B_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \Delta_{\epsilon} B_{i3\epsilon} - \sum_{i=1}^p \Delta_{\eta} B_{i3\eta}; \quad \Delta_{\eta} B_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \Delta_{\eta} B_{i3\epsilon} - \sum_{i=1}^p \Delta_{\epsilon} B_{i3\eta},$$

50 де  $\Delta_{\epsilon} B_{\Delta}$ ,  $\Delta_{\eta} B_{\Delta}$  – відповідно верхній та нижній відхили замикальної ланки;

51 де  $\Delta_{\epsilon} B_{i3\epsilon}$ ,  $\Delta_{\eta} B_{i3\epsilon}$  – відповідно верхній та нижній відхили збільшувальної ланки;

52 де  $\Delta_{\epsilon} B_{i3\eta}$ ,  $\Delta_{\eta} B_{i3\eta}$  – відповідно верхній та нижній відхили зменшувальної ланки.

|    |   |   |
|----|---|---|
| 53 | $\Delta'_{\epsilon} B_{\Delta} = \Delta_{\epsilon} B_1 - (\Delta_{\eta} B_3 + \Delta_{\eta} B_4)$ | $\Delta'_{\eta} B_{\Delta} = \Delta_{\eta} B_1 - (\Delta_{\epsilon} B_3 + \Delta_{\epsilon} B_4)$ |
| 54 | $\Delta'_{\epsilon} B_{\Delta} = G32 - (I12 + G35)$   | $\Delta'_{\eta} B_{\Delta} = G33 - I11 - G34 - H17$   |
| 55 | $\Delta'_{\epsilon} B_{\Delta} = 0,530$ мм  | $\Delta'_{\eta} B_{\Delta} = 0$ мм  |
| 56 | (потрібно 0,048 мм).  | (потрібно -0,048 мм).   |

За розрахунковими (із штрихом) і заданими відхилами замикальної ланки  
 57 знаходимо відхили компенсуючої ланки ( $B_2=B_K$  - зменшувальна ланка за  
 формулами:

|    |  |  |
|----|--|--|
| 58 | $\Delta'_e K = \Delta'_e B_\Delta - \Delta_e B_\Delta$ | $\Delta'_h K = \Delta'_h B_\Delta - \Delta_h B_\Delta$ |
| 59 | $\Delta'_e K = D55 - H16$                              | $\Delta'_h K = H55 - H17$                              |
| 60 | $\Delta'_e K = 0,482 \text{ мм}$                       | $\Delta'_h K = 0,048 \text{ мм}$                       |

61 Розмір компенсатора для пригонки визначається його найбільшою величиною

|    |                                |
|----|--------------------------------|
| 62 | $B_{kmax} = B_K + \Delta'_e K$ |
| 63 | $B_{kmax} = H40 + D60$         |
| 64 | $B_{kmax} = 18,482 \text{ мм}$ |

65 оскільки в іншому разі він потребує пригонки.

66 Для підготовки компенсатора на нього слід призначити допуск

|    |                          |
|----|--------------------------|
| 67 | $T_k = 0,110 \text{ мм}$ |
|----|--------------------------|

68 для зменшувальної ланки

|    |                       |
|----|-----------------------|
| 69 | $ES_k = 0 \text{ мм}$ |
|----|-----------------------|

70 тоді

|    |                            |
|----|----------------------------|
| 71 | $EI_k = ES_k - T_k$        |
| 72 | $EI_k = D69 - D67$         |
| 73 | $EI_k = -0,110 \text{ мм}$ |

74 щоб його найменший граничний розмір був не менше 18,482 мм.

75 Тоді

|    |                                       |     |                                  |                  |
|----|---------------------------------------|-----|----------------------------------|------------------|
| 76 | $B_K = \frac{B_{kmax} + ES_k}{EI_k}$  | або | $B_K = \frac{D + ES_k}{EI_k}$    | $ES_k = K + T_k$ |
| 77 |                                       |     |                                  | $EI_k = K$       |
| 78 | $B_K = \frac{D64 + D69}{D73}$         | або | $B_K = \frac{D84 + H84}{H84}$    | $H84 + D67$      |
| 79 |                                       |     |                                  | $H84$            |
| 80 | $B_K = \frac{18,482 + 0,000}{-0,110}$ | або | $B_K = \frac{18 + 0,592}{0,482}$ | $0,592$          |
| 81 |                                       |     |                                  | $0,482$          |
| 82 | D - ціла частина $B_{kmax}$           |     | K - дробова частина $B_{kmax}$   |                  |
| 83 | D = ОТБР(D80)                         |     | K = D80 - ОТБР(D80)              |                  |
| 84 | D = 18                                |     | K = 0,482                        |                  |

|    | В  | С   | D   | Е                                 | F | G                               | Н                                | I                 | J                   | K                                 | L  |
|----|--|---|---|-----------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|----|
| 2  | <b>Приклад 2:</b>  |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
|    | Для складанної одиниці (рис. 1.36) задано:   |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 3  | ланцюг А – детальний розмірний ланцюг, замикальна ланка  |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
|    | АΔ=70JS14(±0,340);   |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 4  | ланцюг Б – складальний розмірний ланцюг, зазор між правою кришкою і                              |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
|    | внутрішнім кільцем вальниці кочення має бути S=0,3-0,5 мм;                                       |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 5  | ланцюг В – складальний розмірний ланцюг (розбіжність ділільних конусів                           |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
|    | шестірні і колеса конічної передачі нормується величиною граничного                              |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
|    | осьового зміщення зубчастого вінця (ГОСТ 1758-86)).  |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 6  | Ланки Б <sub>5</sub> і Б <sub>8</sub> – ширини кілець вальниць, граничні відхили яких визначають |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
|    | за ГОСТ 520–89, становлять Δ <sub>в</sub> і Δ <sub>н</sub> .                                     |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 7  | Замикальна ланка Б <sub>Δ</sub> =S.  |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 8  | Дано   |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 9  | Б <sub>2</sub> =   | 140   | мм  |                                   |   | Б <sub>5</sub> =                | 15                               | 0                 | =ES <sub>5</sub>    | =Δ <sub>в</sub> Б <sub>5</sub>    | мм |
| 10 | Б <sub>4</sub> =   | 5   | мм  |                                   |   |                                 |                                  | -0,120            | =EI <sub>5</sub>    | =Δ <sub>н</sub> Б <sub>5</sub>    |    |
| 11 | Б <sub>6</sub> =   | 70  | мм  |                                   |   | Б <sub>8</sub> В <sub>3</sub> = | 15                               | 0                 | =ES <sub>8</sub>    | =Δ <sub>в</sub> Б <sub>8</sub>    | мм |
| 12 | Б <sub>7</sub> =   | 35  | мм  |                                   |   |                                 |                                  | -0,120            | =EI <sub>8</sub>    | =Δ <sub>н</sub> Б <sub>8</sub>    |    |
| 13 | Б <sub>9</sub> =   | 5   | мм  |                                   |   | Δ <sub>в</sub> =                | 0                                | мкм=              | 0,000               |                                   | мм |
| 14 | n=   | 6   |   |                                   |   | Δ <sub>н</sub> =                | -120                             | мкм=              | -0,120              |                                   | мм |
| 15 |  |   |   |                                   |   | Б <sub>Δ</sub> =S=              | 0                                | 0,800             | =ES <sub>Δ</sub>    | =Δ <sub>в</sub> Б <sub>s</sub>    | мм |
| 16 |  |   |   |                                   |   |                                 |                                  | 0,500             | =EI <sub>Δ</sub>    | =Δ <sub>н</sub> Б <sub>s</sub>    |    |
| 17 |  |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 18 | <i>Розв'язання.</i>  |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 19 | Допуск замикальної ланки   |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 20 | ТБ <sub>Δ</sub> =  | ES <sub>Δ</sub> -EI <sub>Δ</sub>                  |   |                                   |   | ТБ <sub>5</sub> =               | ES <sub>5</sub> -EI <sub>5</sub> |                   |                     |                                   |    |
| 21 | ТБ <sub>Δ</sub> =  | I15-I16   |   |                                   |   | ТБ <sub>5</sub> =               | I9-I10                           |                   |                     |                                   |    |
| 22 | ТБ <sub>Δ</sub> =  | 0,300   | мм  |                                   |   | ТБ <sub>5</sub> =               | 0,120                            | мм                |                     |                                   |    |
| 23 | Визначаємо середню точність розмірного ланцюга за формулою:                                      |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 24 | k =  | (ТБ <sub>Δ</sub> -                                | ∑ <sub>i=1</sub> <sup>n+p</sup> ТБ <sub>i</sub> ) / | ∑ <sub>i=1</sub> <sup>n+p</sup> i |   | k =                             | (ТБ <sub>Δ</sub> -               | ТБ <sub>5</sub> - | ТБ <sub>8</sub> ) / | ∑ <sub>i=1</sub> <sup>n+p</sup> i |    |
| 25 | Так як   | ТБ <sub>Δ</sub> -ТБ <sub>5</sub> -ТБ <sub>8</sub> |   |                                   |   | ТБ <sub>8</sub> =               | ES <sub>8</sub> -EI <sub>5</sub> |                   |                     |                                   |    |
| 26 |  | D22-H22-H27                                       |   |                                   |   | ТБ <sub>8</sub> =               | I11-I12                          |                   |                     |                                   |    |
| 27 |  | 0,060   | мм  |                                   |   | ТБ <sub>8</sub> =               | 0,120                            | мм                |                     |                                   |    |
| 28 | Отже, за допуску ТБ <sub>Δ</sub> = 0,060 мм розрахувати розмірний                                |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 29 | ланцюг Б методом повної взаємозамінності неможливо,  |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |
| 30 | то використовуємо метод регулювання.   |   |   |                                   |   |                                 |                                  |                   |                     |                                   |    |

31 Сумарна величина ланок  $B_1$  і  $B_2$  є компенсатором.

32 У даному ланцюзі компенсатор  $K$  – збільшувальна ланка, так само як і  $B_2$ ,  
33 решта ланок – зменшувальні.

33 Знаходимо номінальну величину компенсатора  $K$  за формулою:

34 
$$B_{\Delta} = B_2 - (B_4 + B_5 + B_6 + B_7 + B_8 + B_9) + K$$

35 
$$K = B_{\Delta} - B_2 + (B_4 + B_5 + B_6 + B_7 + B_8 + B_9)$$

36 
$$K = 115 - D9 + (D10 + H9 + D11 + D12 + H11 + D13)$$

37 
$$K = 5 \text{ мм}$$

38 Розподіляємо номінальний розмір компенсатора  $K$  так, щоб

39 
$$B_1 = K/2 \qquad B_3 = K/2$$

40 
$$B_1 = D37/2 \qquad B_3 = D37/2$$

41 
$$B_1 = 2,5 \text{ мм} \qquad B_3 = 2,5 \text{ мм}$$

42 Приймаємо, що виготовлення деталей, які входять до даного редуктора,  
43 проводиться за 11-м квалітетом.

43 Визначивши величини допусків за табл. А.2, поставимо граничні відхилення у  
44 тіло деталі, тобто за ходом обробки сполучених поверхонь, мм:

44 
$$B_2 = 140 \begin{matrix} 0,250 & =ES_2 \\ 0,000 & =EI_2 \end{matrix} \qquad B_4 = 5 \begin{matrix} 0,000 & =ES_4 \\ -0,075 & =EI_4 \end{matrix}$$

45 
$$B_6 = 70 \begin{matrix} 0,000 & =ES_6 \\ -0,190 & =EI_6 \end{matrix} \qquad B_7 = 35 \begin{matrix} 0,000 & =ES_7 \\ -0,160 & =EI_7 \end{matrix}$$

46 
$$B_9 = 5 \begin{matrix} 0,000 & =ES_9 \\ -0,075 & =EI_9 \end{matrix}$$

47 
$$B_9 = 5 \begin{matrix} 0,000 & =ES_9 \\ -0,075 & =EI_9 \end{matrix}$$

48 
$$B_9 = 5 \begin{matrix} 0,000 & =ES_9 \\ -0,075 & =EI_9 \end{matrix}$$

49 
$$B_9 = 5 \begin{matrix} 0,000 & =ES_9 \\ -0,075 & =EI_9 \end{matrix}$$

50 Дані для розрахунку розміщуємо у табл. 1.14.

51 Підрахуємо величини, необхідні для розрахунків (табл. 1.14):

52 Таблиця 1.14. Результати розрахунку методом регулювання

| 53 | Номінальний розмір |              | Ланка в ланцюгу | Відхилення, мкм |                 | Допуск ТБ, мм                             |
|----|--------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
|    | 54 позначення      | значення, мм |                 | $\Delta_B = ES$ | $\Delta_H = EI$ |   |
| 55 | $B_1$              | $=B_1$       | Компенсатор     | Розраховується  |                 | –   |
| 56 | $B_2$              | $=B_2$       | Збільшувальна   | $=ES_2$         | $=EI_2$         | $TB_2 = ES_2 - EI_2$                      |
| 57 | $B_3$              | $=B_3$       | Компенсатор     | Розраховується  |                 | –   |
| 58 | $B_4$              | $=B_4$       | Зменшувальна    | $=ES_4$         | $=EI_4$         | $TB_4 = ES_4 - EI_4$                      |
| 59 | $B_5$              | $=B_5$       | Зменшувальна    | $=ES_5$         | $=EI_5$         | $TB_5 = ES_5 - EI_5$                      |
| 60 | $B_6$              | $=B_6$       | Зменшувальна    | $=ES_6$         | $=EI_6$         | $TB_6 = ES_6 - EI_6$                      |
| 61 | $B_7$              | $=B_7$       | Зменшувальна    | $=ES_7$         | $=EI_7$         | $TB_7 = ES_7 - EI_7$                      |
| 62 | $B_8$              | $=B_8$       | Зменшувальна    | $=ES_8$         | $=EI_8$         | $TB_8 = ES_8 - EI_8$                      |
| 63 | $B_9$              | $=B_9$       | Зменшувальна    | $=ES_9$         | $=EI_9$         | $TB_9 = ES_9 - EI_9$                      |
| 64 | $B_D$              | $=B_D$       | Замикальна      | $=ES_{\Delta}$  | $=EI_{\Delta}$  | $TB_{\Delta} = ES_{\Delta} - EI_{\Delta}$ |

65

Таблиця 1.14. Результати розрахунку методом регулювання

| 66 | Номинальний розмір |              | Ланка в ланцюгу | Відхили, мкм   |               | Допуск ТБ, мм |
|----|--------------------|--------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
|    | 67                 | значення, мм |                 | $\Delta_B=ES$  | $\Delta_H=EI$ |               |
| 68 | Б <sub>1</sub>     | D41          | Компенсатор     | Розраховується |               | –             |
| 69 | Б <sub>2</sub>     | D9           | Збільшувальна   | E44            | E45           | H82-I82       |
| 70 | Б <sub>3</sub>     | H41          | Компенсатор     | Розраховується |               | –             |
| 71 | Б <sub>4</sub>     | D10          | Зменшувальна    | I44            | I45           | H84-I84       |
| 72 | Б <sub>5</sub>     | H9           | Зменшувальна    | I9             | I10           | H85-I85       |
| 73 | Б <sub>6</sub>     | D11          | Зменшувальна    | E46            | E47           | H86-I86       |
| 74 | Б <sub>7</sub>     | D12          | Зменшувальна    | I46            | I47           | H87-I87       |
| 75 | Б <sub>8</sub>     | H11          | Зменшувальна    | I11            | I12           | H88-I88       |
| 76 | Б <sub>9</sub>     | D13          | Зменшувальна    | E48            | E49           | H89-I89       |
| 77 | Б <sub>Δ</sub>     | H15          | Замикальна      | I15            | I16           | H90-I90       |

78

Таблиця 1.14. Результати розрахунку методом регулювання

| 79 | Номинальний розмір |              | Ланка в ланцюгу | Відхили, мкм   |               | Допуск ТБ, мм |
|----|--------------------|--------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
|    | 80                 | значення, мм |                 | $\Delta_B=ES$  | $\Delta_H=EI$ |               |
| 81 | Б <sub>1</sub>     | 2,5          | Компенсатор     | Розраховується |               |               |
| 82 | Б <sub>2</sub>     | 140          | Збільшувальна   | 0,250          | 0,000         | 0,250         |
| 83 | Б <sub>3</sub>     | 2,5          | Компенсатор     | Розраховується |               |               |
| 84 | Б <sub>4</sub>     | 5            | Зменшувальна    | 0,000          | -0,075        | 0,075         |
| 85 | Б <sub>5</sub>     | 15           | Зменшувальна    | 0,000          | -0,120        | 0,120         |
| 86 | Б <sub>6</sub>     | 70           | Зменшувальна    | 0,000          | -0,190        | 0,190         |
| 87 | Б <sub>7</sub>     | 35           | Зменшувальна    | 0,000          | -0,160        | 0,160         |
| 88 | Б <sub>8</sub>     | 15           | Зменшувальна    | 0,000          | -0,120        | 0,120         |
| 89 | Б <sub>9</sub>     | 5            | Зменшувальна    | 0,000          | -0,075        | 0,075         |
| 90 | Б <sub>Δ</sub>     | 0            | Замикальна      | 0,800          | 0,500         | 0,300         |

91

$$\Sigma T_{Bi} = T_{B2} + T_{B4} + T_{B5} + T_{B6} + T_{B7} + T_{B8}$$

92

$$\Sigma T_{Bi} = \text{СУММ}(K81:L89)$$

93

$$\Sigma T_{Bi} = 0,990 \text{ мм}$$

94

$$\Sigma \Delta_{B_{i30}} = \Delta_{B2} = H82 = 0,250 \text{ мм}$$

95

$$\Sigma \Delta_{H_{i30}} = \Delta_{H2} = I82 = 0,000 \text{ мм}$$

96

$$\Sigma \Delta_{B_{i3M}} = \Delta_{B4} + \Delta_{B5} + \Delta_{B6} + \Delta_{B7} + \Delta_{B8} + \Delta_{B9}$$

97

$$\Sigma \Delta_{B_{i3M}} = \text{СУММ}(H84:H89)$$

98

$$\Sigma \Delta_{B_{i3M}} = 0,000 \text{ мм}$$

99

$$\Sigma \Delta_{H_{i3M}} = \Delta_{H4} + \Delta_{H5} + \Delta_{H6} + \Delta_{H7} + \Delta_{H8} + \Delta_{H9}$$

100

$$\Sigma \Delta_{H_{i3M}} = \text{СУММ}(I84:I89)$$

101

$$\Sigma \Delta_{H_{i3M}} = -0,740 \text{ мм}$$

102

102 Граничні відхили компенсатора (К– збільшувальна ланка) одержимо за формулами:

$$103 \quad \Delta_B B_{\Delta} = \Delta_B B_2 - (\Delta_H B_4 + \Delta_H B_5 + \Delta_H B_6 + \Delta_H B_7 + \Delta_H B_8 + \Delta_H B_9) + \Delta_H K$$

$$104 \quad \Delta_H K = \Delta_B B_{\Delta} - \Delta_B B_2 + (\Delta_H B_4 + \Delta_H B_5 + \Delta_H B_6 + \Delta_H B_7 + \Delta_H B_8 + \Delta_H B_9)$$

$$105 \quad \Delta_H K = 90 - 82 + (I84 + I85 + I86 + I87 + I88 + I89)$$

$$106 \quad \Delta_H K = -0,190 \text{ мм}$$

$$107 \quad \Delta_H B_{\Delta} = \Delta_H B_2 - (\Delta_B B_4 + \Delta_B B_5 + \Delta_B B_6 + \Delta_B B_7 + \Delta_B B_8 + \Delta_B B_9) + \Delta_B K$$

$$108 \quad \Delta_B K = \Delta_H B_{\Delta} - \Delta_H B_2 + (\Delta_B B_4 + \Delta_B B_5 + \Delta_B B_6 + \Delta_B B_7 + \Delta_B B_8 + \Delta_B B_9)$$

$$109 \quad \Delta_B K = 90 - 82 + (H84 + H85 + H86 + H87 + H88 + H89)$$

$$110 \quad \Delta_B K = 0,500 \text{ мм}$$

111 Визначаємо необхідну компенсацію за формулою:

$$112 \quad V_K = \Delta_B K - \Delta_H K$$

$$113 \quad V_K = D110 - D106$$

$$114 \quad V_K = 0,690 \text{ мм}$$

115 Перевіряємо величину  $V_K$  за формулою:

$$116 \quad \Sigma T B_{\Delta} = \Sigma T B_i - V_K$$

$$117 \quad V_K = \Sigma T B_i - \Sigma T B_{\Delta}$$

$$118 \quad V_K = D93 - K90$$

$$119 \quad V_K = 0,690 \text{ мм}$$

120 отже, визначаємо граничні розміри компенсатора за формулами:

$$121 \quad K_{\max} = K + \Delta_g K \qquad K_{\min} = K + \Delta_H K$$

$$122 \quad K_{\max} = D37 + D110 \qquad K_{\min} = D37 + D106$$

$$123 \quad K_{\max} = 5,500 \text{ мм} \qquad K_{\min} = 4,810 \text{ мм}$$

124 Приймаємо, що

$$125 \quad B_{1\min} = 2,500 \text{ мм} = S_1$$

$$126 \quad B_{3\min} = 2,500 \text{ мм} = S_3$$

127 Кількість змінних прокладок визначаємо за формулою:

$$128 \quad n = (V_K / T B_{\Delta}) + 1$$

$$129 \quad n = (D119 / K90) + 1$$

$$130 \quad n = 3,300$$

131 Кількість прокладок округлюємо в більшу сторону:

$$132 \quad n = \text{ОКРУГЛ}(D130; 0)$$

$$133 \quad n = 3,000$$

134 Товщину прокладок визначаємо за формулою:

135  $S = V_k / n$

136  $S = D119 / D133$

137  $S = 0,230 \text{ мм}$

138 Приймаємо товщину прокладки

139  $S = \text{ОКРУГЛ}(D137;1)$

140  $S = 0,200 \text{ мм}$

141 Перевіряємо розрахунок компенсатора за формулою:

142  $S_{\text{пост}} + n \cdot S \geq K_{\text{max}}$

143  $S_1 + S_2 + n \cdot S = D125 + D126 + D133 \cdot D140$

144  $S_1 + S_2 + n \cdot S = 5,600 \text{ мм}$

145 тобто

146  $S_{\text{пост}} + n \cdot S \geq K_{\text{max}}$

147  $= D144 \geq = D123$

148  $5,600 > 5,500 \text{ мм}$



2

**Приклад 3:**

Для складанної одиниці (рис. 1.36) задано:

3

ланцюг А – детальний розмірний ланцюг, замикальна ланка  
 $A_{\Delta}=70JS14(\pm 0,340)$ ;

4

ланцюг Б – складальний розмірний ланцюг, зазор між правою кришкою і  
 внутрішнім кільцем вальниці кочення має бути  $S=0,3-0,5$  мм;

5

ланцюг В – складальний розмірний ланцюг (розбіжність ділільних конусів  
 шестірні і колеса конічної передачі нормується величиною граничного  
 осевого зміщення зубчастого вінця (ГОСТ 1758-86)).

6

Розрахунок детального розмірного ланцюга ступінчастого вала (див. рис.  
 1.36, ланцюг А).

7

Номінальні значення ланок,

8

Дано,

9

$$A_1 = 200 \text{ мм} \quad - \text{ збільшувальна} \quad i_1 = 0,0029 \text{ мм}$$

10

$$A_2 = 80 \text{ мм} \quad - \text{ зменшувальна} \quad i_2 = 0,0022 \text{ мм}$$

11

$$A_3 = 35 \text{ мм} \quad - \text{ зменшувальна} \quad i_3 = 0,0016 \text{ мм}$$

12

$$A_4 = 15 \text{ мм} \quad - \text{ зменшувальна} \quad i_4 = 0,0011 \text{ мм}$$

13

$A_{\Delta}B_6$  - замикальна

14

*Розв'язання.*

15

Номінальне значення замикальної ланки:

16

$$A_{\Delta}B_6 = A_1 - (A_2 + A_3 + A_4)$$

17

$$A_{\Delta}B_6 = D_9 - (D_{10} + D_{11} + D_{12})$$

18

$$A_{\Delta}B_6 = 70 \text{ мм}$$

19

Граничні відхили і допуск замикальної ланки беремо із *прикладу 2*:

20

$$A_{\Delta}B_6 = 70 \begin{matrix} 0 \\ -0,190 \end{matrix} = \begin{matrix} ES_{\Delta} \\ EI_{\Delta} \end{matrix} = \begin{matrix} \Delta_{\epsilon} B_6 \\ \Delta_{\eta} B_6 \end{matrix} \text{ мм}$$

21

$$TA_{\Delta} = ES_{\Delta} - EI_{\Delta}$$

22

$$TA_{\Delta} = E20 - E21$$

23

$$TA_{\Delta} = 0,190 \text{ мм}$$

24

Визначаємо середню точність розмірного ланцюга за формулою:

26

$$k = (TA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n+p} TA_i) / \sum_{i=1}^{n+p} i \quad k = TA_{\Delta} / \sum_{i=1}^{n+p} i = TA_{\Delta} / (i_1 + i_2 + i_3 + i_4)$$

27

$$k = D24 / \text{СУММ}(I9:I12)$$

28

$$k = 24,359 \text{ од. допуску}$$

29

що за табл. В.2 відповідає 8-у квалітету (IT8).

30 Визначаємо допуски складових ланок (табл. А.2):

31  $TA_1 = 0,063$  мм  $TA_3 = 0,039$  мм

32  $TA_2 = 0,054$  мм  $TA_4 = 0,027$  мм

33 Граничні відхили збільшувальної ланки призначаємо як для основного отвору ( $EI=0$ ), а зменшувальних ланок - як для основного вала ( $es=0$ ).

34 Розрахуємо суму допусків усіх складових ланок:

35  $\Sigma TA_i = TA_1 + TA_2 + TA_3 + TA_4$   $EI = 0$  мм

36  $\Sigma TA_i =$   $es_2 = es_3 = es_4 = 0$  мм

37  $\Sigma TA_i = 0,183$  мм

38  $ei_2 = es_2 - TA_2$   $ei_3 = es_3 - TA_3$

39  $ei_2 = I36-D32$   $ei_3 = I36-H31$

40  $ei_2 = -0,054$  мм  $ei_3 = -0,039$  мм

41  $ei_4 = es_4 - TA_4$   $ES_{\Delta} = TA_{\Delta} / 2$   $EI_{\Delta} = -TA_{\Delta} / 2$

42  $ei_4 = I36-H32$   $ES_{\Delta} = D24 / 2$   $EI_{\Delta} = -D24 / 2$

43  $ei_4 = -0,027$  мм  $ES_{\Delta} = 0,095$  мм  $EI_{\Delta} = -0,095$  мм

44 що менше допуску замикальної ланки

45  $\Sigma TA_i = 0,183$  мм  $<$   $TA_{\Delta} = 0,190$  мм

46 Як коригуючу беремо ланку  $A_1$ ,

47 допуск якої збільшуємо на  $0,007$  мм

48  $TA_1 = TA_1 + 0,007$

49  $TA_1 = D31 + F47$

50  $TA_1 = 0,063 + 0,007$

51  $TA_1 = 0,070$  мм

52 Усі розрахунки зводимо у табл. 1.15.

53 Таблиця 1.15. Результати розрахунків

| 54 | $A_{iном}$     | $i$ , мм     | $TA_i$ , мм | $A_i$ , мм (прийнято) |                        |
|----|----------------|--------------|-------------|-----------------------|------------------------|
| 55 | $A_1 =$        | $A_1$        | $i_1$       | $TA_1$                | $ES_1$                 |
| 56 |                |              |             |                       | $EI_1$                 |
| 57 | $A_2 =$        | $A_2$        | $i_2$       | $TA_2$                | $es_2$                 |
| 58 |                |              |             |                       | $h8$<br>$ei_2$         |
| 59 | $A_3 =$        | $A_3$        | $i_3$       | $TA_3$                | $es_3$                 |
| 60 |                |              |             |                       | $h8$<br>$ei_3$         |
| 61 | $A_4 =$        | $A_4$        | $i_4$       | $TA_4$                | $es_4$                 |
| 62 |                |              |             |                       | $h8$<br>$ei_4$         |
| 63 | $A_{\Delta} =$ | $A_{\Delta}$ |             | $TA_{\Delta}$         | $ES_{\Delta}$          |
| 64 |                |              |             |                       | $JS8$<br>$EI_{\Delta}$ |

65

Таблиця 1.15. Результати розрахунків

| $A_{iНОМ}$  |     | $i, \text{ мм}$ | $TA_i, \text{ мм}$ | $A_i, \text{ мм (прийнято)}$ |            |
|-------------|-----|-----------------|--------------------|------------------------------|------------|
| $A_1=$      | D9  | I9              | D51                | D9                           | D93<br>D97 |
| $A_2=$      | D10 | I10             | D32                | D10 h8                       | I36<br>D40 |
| $A_3=$      | D11 | I11             | H31                | D11 h8                       | I36<br>H40 |
| $A_4=$      | D12 | I12             | H32                | D12 h8                       | I36<br>D43 |
| $A_\Delta=$ | D18 |                 | D24                | D18 JS8                      | H43<br>K43 |

77

Таблиця 1.15. Результати розрахунків

| $A_{iНОМ}$  |     | $i, \text{ мм}$ | $TA_i, \text{ мм}$ | $A_i, \text{ мм (прийнято)}$ |                  |
|-------------|-----|-----------------|--------------------|------------------------------|------------------|
| $A_1=$      | 200 | 0,0029          | 0,070              | 200                          | -0,025<br>-0,095 |
| $A_2=$      | 80  | 0,0022          | 0,054              | 80 h8                        | 0,000<br>-0,054  |
| $A_3=$      | 35  | 0,0016          | 0,039              | 35 h8                        | 0,000<br>-0,039  |
| $A_4=$      | 15  | 0,0011          | 0,027              | 15 h8                        | 0,000<br>-0,027  |
| $A_\Delta=$ | 70  |                 | 0,190              | 70 JS8                       | 0,095<br>-0,095  |

89 Граничні відхили ланки  $A_1$  визначаємо за формулами:

90 
$$\Delta_B A_\Delta = \Delta_B A_1 - (\Delta_H A_2 + \Delta_H A_3 + \Delta_H A_4)$$

91 
$$\Delta_B A_1 = \Delta_B A_\Delta + (\Delta_H A_2 + \Delta_H A_3 + \Delta_H A_4)$$

92 
$$\Delta_B A_1 = K87 + (K82 + K84 + K86)$$

93 
$$ES_1 = \Delta_B A_1 = -0,025 \text{ мм}$$

94 
$$\Delta_H A_\Delta = \Delta_H A_1 - (\Delta_B A_2 + \Delta_B A_3 + \Delta_B A_4)$$

95 
$$\Delta_H A_1 = \Delta_H A_\Delta + (\Delta_B A_2 + \Delta_B A_3 + \Delta_B A_4)$$

96 
$$\Delta_H A_1 = K88 + (K81 + K83 + K85)$$

97 
$$EI_1 = \Delta_H A_1 = -0,095 \text{ мм}$$

98 Допуск збільшувальної ланки визначаємо за формулою:

99  $TA_1 = \Delta_B A_1 - \Delta_H A_1$

100  $TA_1 = D93 - D97$

101  $TA_1 = 0,070 \text{ мм}$

102 Перевіряємо виконання умови:

103  $TA_\Delta = \Sigma TA_i = TA_1 + TA_2 + TA_3 + TA_4$

104  $TA_\Delta = \quad = \quad \Sigma TA_i$

105  $0,190 = 0,190 \text{ мм}$

106 Умова виконана.

## 2.10. Розрахунок гладких калібрів

|   | B   | C      | D  | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|---|--------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | <b>Приклад 1:</b>   |        |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3 | Визначити виконавчі і граничні розміри калібра-скоби для контролю |        |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4 | вала $\varnothing 45d9$ і контрольні калібри до нього.            |        |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5 | Накреслити схему полів допусків і ескіз калібру.                  |        |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6 | $\varnothing 45d9$ :  |        |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7 | D =   | 45     | мм |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8 | es =  | -0,080 | мм |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 9 | ei =  | -0,142 | мм |   |   |   |   |   |   |   |   |

9 Розв'язання.

10 Визначаємо граничні відхили (табл. А.9),

11 допуск і граничні розміри вала  $\varnothing 45d9$ , мм:

$$12 \quad d_{\min} = D + ei$$

$$d_{\max} = D + es$$

$$13 \quad d_{\min} = D_6 + D_8$$

$$d_{\max} = D_6 + D_7$$

$$14 \quad d_{\min} = 44,858 \text{ мм}$$

$$d_{\max} = 44,920 \text{ мм}$$

15 Знаходимо допуск вала за формулою:

$$16 \quad T_d = es - ei$$

$$17 \quad T_d = D_7 - D_8$$

$$18 \quad T_d = 0,062 \text{ мм}$$

19 Граничні відхили і допуски калібрів знаходимо за табл. Г.1, мм:

$$20 \quad z_1 = 0,011 \text{ мм}$$

$$Y_1 = 0 \text{ мм}$$

$$21 \quad H_1 = 0,007 \text{ мм}$$

$$H_p = 0,0025 \text{ мм}$$

22 Потім, керуючись табл. Г.2,

23 креслимо схему розташування полів допусків калібра-скоби (рис. 1.38).

24 Обчислюємо виконавчі розміри калібра-скоби,

25 використовуючи формули табл. Г.5:

26 прохідного нового боку

$$27 \quad P\text{-}PP_{\text{вик}} = (d_{\max} - z_1 - 0,5 \cdot H_1)^{+H_1}$$

$$28 \quad P\text{-}PP_{\text{вик}} = (H_1 - D_{20} - 0,5 \cdot D_{21})^{+D_{21}}$$

$$29 \quad P\text{-}PP_{\text{вик}} = 44,9055^{0,007} \text{ мм}$$

30 непрохідного боку

$$31 \quad P\text{-}PE_{\text{вик}} = (d_{\min} - 0,5 \cdot H_1)^{+H_1}$$

$$32 \quad P\text{-}PE_{\text{вик}} = (D_{14} - 0,5 \cdot D_{21})^{+D_{21}}$$

$$33 \quad P\text{-}PE_{\text{вик}} = 44,8545^{0,007} \text{ мм}$$

34 прохідної зношеної

$$35 \quad P-PP_{3H} = d_{\max} + Y_1$$

$$36 \quad P-PP_{3H} = H14 + H20$$

$$37 \quad P-PP_{3H} = 44,9200 \text{ мм}$$

38 Знаходимо виконавчі розміри контрольних калібрів для контролю:

39 прохідного нового боку

$$40 \quad K-PP_{\text{вик}} = (d_{\max} - z_1 - 0,5 \cdot H_p) - H_p$$

$$41 \quad K-PP_{\text{вик}} = (H14 - D20 - 0,5 \cdot H21) - H21$$

$$42 \quad K-PP_{\text{вик}} = 44,90775 - 0,0025 \text{ мм}$$

43 непрохідного боку

$$44 \quad K-HE_{\text{вик}} = (d_{\min} - 0,5 \cdot H_p) - H_p$$

$$45 \quad K-HE_{\text{вик}} = (D14 - 0,5 \cdot H21) - H21$$

$$46 \quad K-HE_{\text{вик}} = 44,85675 - 0,0025 \text{ мм}$$

47 зносу прохідного боку

$$48 \quad K-I_{3H} = (d_{\max} + Y_1 + 0,5 \cdot H_p) - H_p$$

$$49 \quad K-I_{3H} = (H14 + H20 + 0,5 \cdot H21) - H21$$

$$50 \quad K-I_{3H} = 44,92125 - 0,0025 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні розміри калібрів за формулами табл. Г.5 і зводимо їх у  
51 табл. 1.16.

52 Таблиця 1.16. Граничні розміри калібрів

| 53 Бік калібру              | Робочий калібр                          | Контрольні калібри                      |
|-----------------------------|---|---|
| 54 Прохідний                | $P-PP_{\max} = P-PP_{\text{вик}} + H_1$ | $K-PP_{\max} = K-PP_{\text{вик}}$       |
|                             | $P-PP_{\min} = P-PP_{\text{вик}}$       | $K-PP_{\min} = K-PP_{\text{вик}} - H_p$ |
| 56 Непрохідний              | $P-HE_{\max} = P-HE_{\text{вик}} + H_1$ | $K-HE_{\max} = K-HE_{\text{вик}}$       |
|                             | $P-HE_{\min} = P-HE_{\text{вик}}$       | $K-HE_{\min} = K-HE_{\text{вик}} - H_p$ |
| 58 Прохідний<br>59 зношений | $P-PP_{3H} = P-PP_{3H}$                 | $K-I_{\max} = K-I_{3H}$                 |
|                             |   | $K-I_{\min} = K-I_{3H} - H_p$           |

60 Таблиця 1.16. Граничні розміри калібрів

| 61 Бік калібру              | Робочий калібр            | Контрольні калібри        |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 62 Прохідний                | $P-PP_{\max} = D29 + E29$ | $K-PP_{\max} = D42$       |
|                             | $P-PP_{\min} = D29$       | $K-PP_{\min} = D42 + E42$ |
| 64 Непрохідний              | $P-HE_{\max} = D33 + E33$ | $K-HE_{\max} = D46$       |
|                             | $P-HE_{\min} = D33$       | $K-HE_{\min} = D46 + E46$ |
| 66 Прохідний<br>67 зношений | $P-PP_{3H} = D37$         | $K-I_{\max} = D50$        |
|                             |                           | $K-I_{\min} = D50 + E50$  |

68

Таблиця 1.16. Граничні розміри калібрів

| 69 | Бік калібру           | Робочий калібр                | Контрольні калібри       |
|----|-----------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 70 | Прохідний             | $P-PP_{\max} = 44,91250$      | $K-PP_{\max} = 44,90775$ |
| 71 |                       | $P-PP_{\min} = 44,90550$      | $K-PP_{\min} = 44,90525$ |
| 72 | Непрохідний           | $P-HE_{\max} = 44,86150$      | $K-HE_{\max} = 44,85675$ |
| 73 |                       | $P-HE_{\min} = 44,85450$      | $K-HE_{\min} = 44,85425$ |
| 74 | Прохідний<br>зношений | $P-PP_{\text{зн}} = 44,92000$ | $K-I_{\max} = 44,92125$  |
| 75 |                       |                               | $K-I_{\min} = 44,91875$  |

76 Ескіз калібру-скоби наведено на рис. 1.39.

|   | B   | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | <b>Приклад 2:</b>   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3 | Визначити виконавчі і граничні розміри калібра-пробки для контролю отвору $\varnothing 200F9$ . |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4 | Накреслити схему полів допусків і ескіз калібру.  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|   |                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|-----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 5 | $\varnothing 200F9$ : |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | D = 200 мм            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | ES = 0,165 мм         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | EI = 0,050 мм         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

9 Розв'язання.

10 Визначаємо граничні відхили (табл. А.9),

11 допуск і граничні розміри отвору  $\varnothing 200F9$ , мм:

|    |                         |                         |
|----|-------------------------|-------------------------|
| 12 | $D_{\min} = D + EI$     | $D_{\max} = D + ES$     |
| 13 | $D_{\min} = D6 + D8$    | $D_{\max} = D6 + D7$    |
| 14 | $D_{\min} = 200,050$ мм | $D_{\max} = 200,165$ мм |

15 Знаходимо допуск вала за формулою:

|    |                 |
|----|-----------------|
| 16 | $Td = ES - EI$  |
| 17 | $Td = D7 - D8$  |
| 18 | $Td = 0,115$ мм |

19 Граничні відхили і допуски калібрів знаходимо за табл. Г.1, мм:

|    |                |                     |
|----|----------------|---------------------|
| 20 | $z = 0,021$ мм | $Y_1 = 0$ мм        |
| 21 | $H = 0,010$ мм | $\alpha = 0,004$ мм |

22 Потім, керуючись табл. Г.2,

23 креслимо схему розташування полів допусків калібра-пробки (рис. 1.40.)

24 Обчислюємо виконавчі розміри калібра-пробки,

25 використовуючи формули табл. Г.5:

26 прохідного нового боку

|    |  |
|----|--|
| 27 | $P-PP_{\text{вик}} = (D_{\min} + z + 0,5 \cdot H)_{-H}$  |
| 28 | $P-PP_{\text{вик}} = (D14 + D20 + 0,5 \cdot D21)_{-D21}$ |
| 29 | $P-PP_{\text{вик}} = 200,0760 \ 0,010$ мм                |

30 непрохідного боку

|    |  |
|----|--|
| 31 | $P-HE_{\text{вик}} = (D_{\max} - \alpha + 0,5 \cdot H)_{-H}$ |
| 32 | $P-HE_{\text{вик}} = (H14 - H21 + 0,5 \cdot D21)_{-D21}$     |
| 33 | $P-HE_{\text{вик}} = 200,1660 \ 0,010$ мм                    |



34 прохідної зношеної

$$35 \quad P-PP_{3H} = D_{\min} - Y_1 + \alpha$$

$$36 \quad P-PP_{3H} = D14 - H20 + H21$$

$$37 \quad P-PP_{3H} = 200,0540 \text{ мм}$$

38 Визначаємо граничні розміри калібра-пробки за формулами табл. Г.5.

39 прохідного боку

$$40 \quad P-PP_{\max} = P-PP_{\text{вик}}$$

$$P-PP_{\min} = P-PP_{\text{вик}} + H$$

$$41 \quad P-PP_{\max} =$$

$$P-PP_{\min} =$$

$$42 \quad P-PP_{\max} = 200,076 \text{ мм}$$

$$P-PP_{\min} = 200,086 \text{ мм}$$

43 непрохідного боку

$$44 \quad P-HE_{\max} = P-HE_{\text{вик}}$$

$$P-HE_{\min} = P-HE_{\text{вик}} + H$$

$$45 \quad P-HE_{\max} =$$

$$P-HE_{\min} =$$

$$46 \quad P-HE_{\max} = 200,166 \text{ мм}$$

$$P-HE_{\min} = 200,176 \text{ мм}$$

47 Ескіз калібра-скоби наведено на рис. 1.41.

**Приклад 3:**

Для сполучення  $\varnothing 10H7/f7$  розрахувати граничні та виконавчі розміри калібрів.

Визначаємо граничні відхили отвору (табл. А.6)

|                     |
|---------------------|
| $\varnothing 10H7:$ |
| D = 10 мм           |
| ES = 0,015 мм       |
| EI = 0,000 мм       |

допуск і граничні розміри

|                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| $D_{\min} = D + EI$            | $D_{\max} = D + ES$            |
| $D_{\min} = D_6 + D_8$         | $D_{\max} = D_6 + D_7$         |
| $D_{\min} = 10,000 \text{ мм}$ | $D_{\max} = 10,015 \text{ мм}$ |

Знаходимо допуск вала за формулою:

$T_d = ES - EI$

$T_d = D_7 - D_8$

$T_d = 0,015 \text{ мм}$

Граничні відхили і допуски калібрів знаходимо за табл. Г.1, мм:

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| $z = 0,002 \text{ мм}$ | $Y = 0,0015 \text{ мм}$ |
| $H = 0,025 \text{ мм}$ |                         |

Обчислюємо виконавчі розміри калібра-скоби,

використовуючи формули табл. Г.5:

прохідного нового боку

|  |  |
|--|--|
| $P - PP = D_{\min} + z \pm 0,5 \cdot H$              |  |
| $P - PP_{\max} = D_{12} + D_{18} + 0,5 \cdot D_{19}$ | $P - PP_{\min} = D_{12} + D_{18} - 0,5 \cdot D_{19}$ |
| $P - PP_{\max} = 10,0145 \text{ мм}$                 | $P - PP_{\min} = 9,9895 \text{ мм}$                  |

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| $P - PP_{3H} = D_{\min} - Y$      |  |
| $P - PP_{3H} = D_{12} - H_{18}$   |  |
| $P - PP_{3H} = 9,9985 \text{ мм}$ |  |

Допуск калібра:

|  |  |
|--|--|
| $IT = P - PP_{\max} - (P - PP_{\min})$ |  |
| $IT = D_{25} - H_{25}$                 |  |
| $IT = 0,0250 \text{ мм}$               |  |

33 Виконавчий розмір калібра:

$$34 \quad P-PP_{\text{вик}} = P-PP_{\text{max}(-H)}$$

$$35 \quad P-PP_{\text{вик}} = D25_{-D19}$$

$$36 \quad P-PP_{\text{вик}} = 10,01450 \quad -0,0250 \quad \text{мм}$$

$$37 \quad P-PP_{\text{вик}} = 9,98950 \quad \text{мм}$$

38 Робочий непрохідний калібр

$$39 \quad P-HE = D_{\text{max}} \pm 0,5 \cdot H$$

$$40 \quad P-HE_{\text{max}} = H12 + 0,5 \cdot D19 \quad P-HE_{\text{min}} = H12 - 0,5 \cdot D19$$

$$41 \quad P-HE_{\text{max}} = 10,02750 \quad \text{мм} \quad P-HE_{\text{min}} = 10,00250 \quad \text{мм}$$

42 Допуск калібра:

$$43 \quad IT = P-HE_{\text{max}} - (P-HE_{\text{min}})$$

$$44 \quad IT = D41 - H41$$

$$45 \quad IT = 0,0250 \quad \text{мм}$$

46 Виконавчий розмір калібра:

$$47 \quad P-HE_{\text{вик}} = P-HE_{\text{max}(-H)}$$

$$48 \quad P-HE_{\text{вик}} = D41_{-D19}$$

$$49 \quad P-HE_{\text{вик}} = 10,02750 \quad -0,0250 \quad \text{мм}$$

$$50 \quad P-HE_{\text{вик}} = 10,00250 \quad \text{мм}$$

51 Визначаємо граничні відхилення вала (табл. А.8)

|    |                      |        |    |
|----|----------------------|--------|----|
| 52 | $\varnothing 10f7$ : |        |    |
| 53 | D =                  | 10     | мм |
| 54 | es =                 | -0,013 | мм |
| 55 | ei =                 | -0,028 | мм |

56 допуск і граничні розміри

$$57 \quad d_{\text{min}} = D + ei \quad d_{\text{max}} = D + es$$

$$58 \quad d_{\text{min}} = D6 + D8 \quad d_{\text{max}} = D6 + D7$$

$$59 \quad d_{\text{min}} = 9,972 \quad \text{мм} \quad d_{\text{max}} = 9,987 \quad \text{мм}$$

60 Знаходимо допуск вала за формулою:

$$61 \quad Td = es - ei$$

$$62 \quad Td = D7 - D8$$

$$63 \quad Td = 0,015 \quad \text{мм}$$

64 Граничні відхили і допуски калібрів знаходимо за табл. Г.1, мм:

$$65 \quad z_1 = 0,002 \text{ мм} \quad Y_1 = 0,0015 \text{ мм}$$

$$66 \quad H_1 = 0,025 \text{ мм} \quad H_p = 0,001 \text{ мм}$$

67 Обчислюємо виконавчі розміри калібра-скоби,

68 використовуючи формули табл. Г.5:

69 прохідного нового боку

$$70 \quad P\text{-}P\Pi = d_{\max} - z_1 \pm 0,5 \cdot H_1$$

$$71 \quad P\text{-}P\Pi_{\max} = H59 - D65 + 0,5 \cdot D66 \quad P\text{-}P\Pi_{\min} = H59 - D65 - 0,5 \cdot D66$$

$$72 \quad P\text{-}P\Pi_{\max} = 9,9975 \text{ мм} \quad P\text{-}P\Pi_{\min} = 9,9725 \text{ мм}$$

$$73 \quad P\text{-}P\Pi_{\text{зн}} = d_{\min} - Y_1$$

$$74 \quad P\text{-}P\Pi_{\text{зн}} = D59 - H65$$

$$75 \quad P\text{-}P\Pi_{\text{зн}} = 9,9705 \text{ мм}$$

76 Допуск калібра:

$$77 \quad IT = P\text{-}P\Pi_{\max} - (P\text{-}P\Pi_{\min})$$

$$78 \quad IT = D72 - H72$$

$$79 \quad IT = 0,0250 \text{ мм}$$

80 Виконавчий розмір калібра:

$$81 \quad P\text{-}P\Pi_{\text{вик}} = P\text{-}P\Pi_{\min}^{+H1}$$

$$82 \quad P\text{-}P\Pi_{\text{вик}} = H72^{D66}$$

$$83 \quad P\text{-}P\Pi_{\text{вик}} = 9,97250 \text{ }^{0,0250} \text{ мм}$$

$$84 \quad P\text{-}P\Pi_{\text{вик}} = 9,99750 \text{ мм}$$

85 Робочий непрохідний калібр

$$86 \quad P\text{-}H\Pi = d_{\min} \pm 0,5 \cdot H_1$$

$$87 \quad P\text{-}H\Pi_{\max} = D59 + 0,5 \cdot D66 \quad P\text{-}H\Pi_{\min} = D59 - 0,5 \cdot D66$$

$$88 \quad P\text{-}H\Pi_{\max} = 9,98450 \text{ мм} \quad P\text{-}H\Pi_{\min} = 9,95950 \text{ мм}$$

89 Допуск калібра:

$$90 \quad IT = P\text{-}H\Pi_{\max} - (P\text{-}H\Pi_{\min})$$

$$91 \quad IT = D88 - H88$$

$$92 \quad IT = 0,0250 \text{ мм}$$

93 Виконавчий розмір калібра:

$$94 \quad P-HE_{\text{вик}} = P-HE_{\text{min}}^{+H1}$$

$$95 \quad P-HE_{\text{вик}} = H88^{+D66}$$

$$96 \quad P-HE_{\text{вик}} = 9,95950^{0,0250} \text{ мм}$$

$$97 \quad P-HE_{\text{вик}} = 9,98450 \text{ мм}$$

98 Контркалибр робочого прохідного калібра:

$$99 \quad K-PP = d_{\text{max}} - z_1 \pm 0,5 \cdot H_p$$

$$100 \quad P-PP_{\text{max}} = H59-D65+0,5 \cdot H66 \quad P-PP_{\text{min}} = H59-D65-0,5 \cdot H66$$

$$101 \quad P-PP_{\text{max}} = 9,98550 \text{ мм} \quad P-PP_{\text{min}} = 9,98450 \text{ мм}$$

102 Допуск калібра:

$$103 \quad IT = K-PP_{\text{max}} - (P-PP_{\text{min}})$$

$$104 \quad IT = D101-H101$$

$$105 \quad IT = 0,0010 \text{ мм}$$

106 Виконавчий розмір калібра:

$$107 \quad K-PP_{\text{вик}} = K-PP_{\text{max}}(-H_p)$$

$$108 \quad P-PP_{\text{вик}} = D101_{-H66}$$

$$109 \quad P-PP_{\text{вик}} = 9,98550^{-0,0010} \text{ мм}$$

$$110 \quad P-PP_{\text{вик}} = 9,98450 \text{ мм}$$

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Практикум з дисципліни “Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко [та ін.] ; за ред. Г. О. Іванова, В. С. Шебаніна. – К. : Аграрна освіта, 2008. – 648 с.
2. *Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Курсове проектування* : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко [та ін.] ; за ред. Г. О. Іванова, В. С. Шебаніна. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 291 с.
3. *Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання* : підруч. для вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко, С. І. Пастушенко ; за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шебаніна. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 503 с.
4. *Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання* : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко [та ін.] ; за ред. Г. О. Іванова, В. С. Шебаніна, І. М. Бендери. – Миколаїв, 2014. – 576 с.
5. Допуски и посадки : справочник / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – Т. 1. – Л. : Машиностроение, 1982.
6. Допуски и посадки : справочник / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – Т. 2. – Л. : Машиностроение, 1983.
7. Палей М. А. Допуски и посадки : справочник / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – СПб : Политехніка, 2001. – 576 с.
8. Російсько-український словник наукової термінології: Математика. Фізика. Техніка. Науки про Землю та Космос. /В. В. Гейченко, В. М. Завірюхіна, О. О. Землюк [та ін.]. – К. : Наук. думка, 1998. –892 с.
9. *Взаємозамінність, основи стандартизація та технічних вимірювань* : підручник / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко, П. М. Полянський ; за ред. Г. О. Іванова, і В. С. Шебаніна. – 2-ге вид. перероб. і допов. – Миколаїв : МНАУ, 2016. – 412 с.
- 10 *Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум* : підручник для студ. вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко, П. М. Полянський ; за ред. Г. О. Іванова, В. С. Шебаніна. – Миколаїв : МНАУ, 2016. – 428 с.

## ПЕРЕЛІК СТАНДАРТІВ, НА ЯКІ ДАЮТЬСЯ ПОСИЛАННЯ В ТЕКСТІ ПІДРУЧНИКА

1. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять : ДСТУ 3321: 2003. – [Чинний від 2004-10-01]. – К. : Держстандарт України, 2003. – 55 с.
2. Единая система конструкторской документации. Общих требования к текстовым документам: ГОСТ 2.105-87. – [Введен с 1987-01-01]. – М. : Издательство стандартов, 1987. – 24 с.
3. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления [Электронный ресурс] : ГОСТ 7.1: 2006. – [Введен с 2007-06-01]. – Режим доступа : <http://sas1.at.ua/load/11-1-0-34>
4. Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові у бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила [Електронний ресурс] : ДСТУ 3582-97. – [Чинний від 1997-07-04]. – Режим доступу : <http://archive.chytomo.com/standards/skorochennya-sliv-v-ukraiinskij-movi-u-bibliografichnomu-opisi-dstu-3582-97>

## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- В**  
Виконавчі розміри калібрів, 61  
вимоги, 6  
Відхили замикальної ланки, 57
- Г**  
Геометричні коефіцієнти, 14  
Гладкі калібри, 61  
Граничні розміри калібрів, 61
- Д**  
Динамічна в'язкість мастила, 22  
Додатки, 13  
Допуск, 173  
Допустима мінімальна товщина шару мастила, 21
- З**  
Заголовки, 7
- І**  
ілюстрація, 9  
Ілюстрація, 8  
Інтенсивність радіального навантаження, 37
- К**  
Квалітет, 163  
Клас точності, 146  
Компенсатор, 59  
Крок нарізі, 50
- М**  
Максимальний гарантований зазор, 24  
Максимальний натяг, 17  
Максимальний тиск, 16  
Мінімальний граничний зазор, 24
- Мінімальний натяг, 16
- Н**  
Нарізне з'єднання, 48  
Нумерація, 8
- О**  
Оптимальний зазор, 24
- П**  
Перехідна посадка, 27  
Посадка з натягом, 14  
Посадка із зазором, 20  
Посилання, 13  
Потрібна деформація деталей, 15  
Пояснювальна записка, 6
- Р**  
Розмірний ланцюг, 56  
Розрахунок і вибір посадок, 14
- С**  
Середній питомий тиск, 22  
Середня точність розмірного ланцюга, 57  
Список використаної літератури, 13
- Т**  
Таблиця, 10
- Ф**  
Формули, 11
- Ш**  
Шліцьове з'єднання, 44  
Шриффт, 7



## ДОДАТКИ

Додаток А

### Одиниці вимірювань

У жовтні 1960 року XI Генеральна конференція з мір і ваг прийняла міжнародну систему одиниць (в українській транскрипції СІ), застосування якої в багатьох країнах стало обов'язковим або факультативним. Розглянемо застосування системи одиниць СІ в розрахунках точності деталей машин та при виконанні практичних і лабораторних робіт, адже в кожній галузі термінологія і застосування систем одиниць мають свої аналогії.

В основу системи СІ (ГОСТ 8.417-81) покладено сім головних величин, перші три з яких безпосередньо відносяться до розрахунків деталей машин:

Таблиця А.1

### Одиниці міжнародної системи СІ

| Величина                   |            |              |            |         | Одиниця   |
|----------------------------|------------|--------------|------------|---------|---|
| найменування               | позначення | найменування | Позначення |         | Означення одиниці   |
|                            |            |              | україн.    | міжнар. |   |
| 1                          | 2          | 3            | 4          | 5       | 6   |
| <i>Основні одиниці</i>     |            |              |            |         |   |
| Довжина                    | L          | метр         | м          | m       | Метр дорівнює відстані, яку проходить у вакуумі плоска електромагнітна хвиля за $1/299792458$ частку секунди  |
| Маса                       | M          | Кілограм     | кг         | kg      | Кілограм дорівнює масі міжнародного прототипу кілограма   |
| Час                        | T          | Секунда      | с          | s       | Секунда дорівнює $9192631770$ періодам випромінювання, яке відповідає переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію-133   |
| Сила електричного струму   | I          | ампер        | A          | a       | Ампер дорівнює силі незмінюваного струму, який при проходженні по двох паралельних прямолінійних провідниках нескінченної довжини і мізерно малої площі кругового поперечного перерізу, які містяться у вакуумі на відстані 1 м один від одного, спричинив би на кожній ділянці провідника довжиною 1 м силу взаємодії, що дорівнює $2 \cdot 10^{-7}$ Н |
| Термодинамічна температура | T          | кельвін      | K          | K       | Кельвін дорівнює $1/273,16$ частини термодинамічної температури потрійної точки води  |
| Сила світла                | J          | кандела      | кд         | cd      | Кандела дорівнює силі світла в заданому напрямі джерела, що випромінює монохроматичне світло частотою $540 \cdot 10^{12}$ Гц, енергетична сила світла якого в цьому напрямі становить $1/638$ Вт/ср   |
| Кількість речовини         | N          | моль         | моль       |         | Моль дорівнює кількості речовини системи, яка містить стільки ж структурних елементів, скільки міститься ато-   |

| 1                        | 2 | 3         | 4   | 5   | 6   |
|--------------------------|---|-----------|-----|-----|---|
|                          |   |           |     |     | мів у вуглеці-12 масою 0,012 кг. При застосуванні моля структурні елементи повинні бути специфіковані і можуть бути атомами, молекулами, іонами, електронами й іншими частинками або специфікованими групами часток |
| <i>Додаткові одиниці</i> |   |           |     |     |   |
| Плоский кут              | - | радіан    | рад | rad | Радіан дорівнює куту між двома радіусами кола, довжина дуги між якими дорівнює радіусу  |
| Телесний кут             | - | стерадіан | ср  | sr  | Стерадіан дорівнює тілесному куту з вершиною в центрі сфери який вирізає на поверхні сфери площу, що дорівнює площі квадрата зі стороною, яка дорівнює радіусу сфери  |

Інші одиниці цієї системи є похідними, до яких відносяться, наприклад, такі, що часто зустрічаються в розрахунках деталей машин: **сила, тиск** (механічне напруження), моменти сил та ін. За одиницю сили  $F$  в 1 Н приймають силу, яка тілу масою 1 кг, що перебуває в стані спокою, надає прискорення  $1\text{кг}/\text{с}^2$ .  $1\text{Н}=1\text{кг}/\text{с}^2 \approx 0,1\text{кгс}$ .

За одиницю тиску (механічного напруження) прийнято **1 Паскаль** (Ньютон на метр у квадраті).  $1\text{Па} = 1\text{Н}/\text{м}^2 = 0,1\text{кгс}/\text{м}^2$ .

Одиниця моменту сили або пари сил – 1 Ньютон-метр ( $1\text{Н}\cdot\text{м} = 0,1\text{кгс}\cdot\text{м}$ ).

Одиниця погонного навантаження – Ньютон на метр  $1\text{Н}/\text{м} = 0,1\text{кгс}/\text{м}$ .

За одиницю роботи сили прийнято **1 Джоуль** (**Дж** або **J**), який є абсолютною роботою сили при переміщенні точки її прикладання по напрямку дії цієї сили на відстані 1 м.  $1\text{Дж} = 1\text{Н}\cdot\text{м} = 0,1\text{кгс}\cdot\text{м}$ .

Потужність визначається у ватах (**Вт** або **W**).  $1\text{Вт} = 1\text{Дж}/\text{с} = 0,1\text{кгс}/\text{с}$ .

За одиницю частоти періодичного процесу  $f$  прийнято герц (**Гц** або **Hz**) – частота періодичного процесу, за якої за 1 секунду відбувається цикл періодичного процесу.

Частота обертанням  $n$  є відношення кількості обертів тіла, що обертається, до часу ( $f = 1/t$ , де  $t$  – час одного оберту). Позначення **об/хв.** або **r/min**. Кутова швидкість – відношення кута повороту тіла  $f$  до часу  $t$ , тобто  $\omega = f/t$ . За одиницю виміру кутової швидкості прийнято радіан за секунду (**рад/с** або **rad/s**).

Густина  $\gamma$  – відношення маси тіла до його об'єму. Одиниця виміру – кілограм на кубічний метр (**кг/м<sup>3</sup>** або **kg/m<sup>3</sup>**).

Питомий об'єм – відношення об'єму тіла до його маси. Одиниця виміру – кубічний метр на кілограм (**м<sup>3</sup>/кг** або **m<sup>3</sup>/kg**).

Момент інерції тіла  $I$  – момент інерції матеріальної точки масою 1 кг, що перебуває на відстані 1 м від осі інерції. Одиниця виміру – кілограм-метр у квадраті (**кг·м<sup>2</sup>** або **kg·m<sup>2</sup>**).

Момент інерції площі плоскої фігури основний ( $J_x, J_y, J_z$ ) рівний  $J_z = \int_A r^2 dA$ .

Тут  $J_z$  є сума добутків елементарних площадок  $dA$  на квадрат відстані  $r$  до осі, відносно якої визначається цей момент. Одиниця виміру – метр у четвертій степені (**м<sup>4</sup>** або **m<sup>4</sup>**).

Момент опору  $W$  – відношення моменту інерції площі перерізу відстані до точки, найбільше віддаленої від осі, відносно якої визначений момент інерції. Одиниця виміру – метр у третій степені (**м<sup>3</sup>** або **m<sup>3</sup>**).

Значення деяких фізичних величин через їх порівняльну значимість, наприклад (**H**), приймають у вигляді десяткових кратних або дольних одиниць від вихідних одиниць СІ

шляхом множення їх на число у відповідній степені. Найменування десяткових кратних і дольних одиниць утворюється приєднанням приставок до назв вихідних одиниць (табл. 1). Кратні і дольні одиниці обирають так, щоб числові значення величини були в межах від 0,1 до 1000.

З метою попередження помилок за використання системи СІ слід пам'ятати, що в усіх випадках, коли ведеться про кількість речовини (витрати матеріалу на елемент конструкції та інше) необхідно вести мову про масу, визначену в кілограмах, грамах або кратних чи дольних одиницях кілограма. У разі, коли потрібно визначити навантаження на елемент конструкції або на конструкцію, слід брати до уваги силу тяжіння і визначити її в одиницях сили – ньютонів або в кратних чи дольних одиницях ньютонів.

Приєднання до найменування одиниці двох або більше приставок підряд не допускається. Наприклад, замість найменування одиниці мікрофарад слід писати пікофарад.

Приставку або її позначення слід писати разом з найменуванням одиниці, до якої вона приєднується, або відповідно з її позначенням.

Коли одиниця утворена як добуток або відношення одиниць, приставку слід приєднувати до найменування першої одиниці, що входить до добутку або відношення. Наприклад, кілопаскаль-секунда на метр (**кПа·с/м**; **кПа·с/м**).

Таблиця 1

Множники і префікси для утворення десяткових кратних і дольних одиниць та їх найменування

| Множник                                | Приставка | Позначення приставки |            |
|--|-----------|----------------------|------------|
|  |           | українське           | міжнародне |
| $1000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{15}$   | пета      | П                    | P          |
| $1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$      | тера      | T                    | T          |
| $1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$              | гіга      | G                    | G          |
| $1\ 000\ 000 = 10^6$                   | мега      | M                    | M          |
| $1\ 000 = 10^3$                        | кіло      | к                    | k          |
| $100 = 10^2$                           | гекто     | г                    | h          |
| $10 = 10$                              | дека      | да                   | da         |
| $0,1 = 10^{-1}$                        | деці      | д                    | d          |
| $0,01 = 10^{-2}$                       | санті     | с                    | c          |
| $0,001 = 10^{-3}$                      | мілі      | м                    | m          |
| $0,000\ 001 = 10^{-6}$                 | мікро     | мк                   | μ          |
| $0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$            | нано      | н                    | n          |
| $0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$      | піко      | п                    | p          |
| $0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$ | фемто     | ф                    | f          |

Допускається застосовувати приставку в другому множнику добутку або в знаменнику лише в обґрунтованих випадках, коли одиниці поширені і перехід до тих, що створені згідно з табл. 1, пов'язаний з великими труднощами, наприклад: тоно-кілометр (**t·км**; **т·км**), ват на квадратний сантиметр (**W/cm<sup>2</sup>**; **Вт/см<sup>2</sup>**), ампер на квадратний міліметр (**A/mm<sup>2</sup>**; **А/мм<sup>2</sup>**), вольт на сантиметр (**V/cm**; **В/см**).

Найменування кратних і дольних одиниць від одиниці, яку підносити до степеня, слід утворювати шляхом приєднання приставки до найменування вихідної одиниці. Наприклад, для утворення найменувань кратної або дольної одиниці від одиниці площі – квадратного метра, що являє собою другу степінь одиниці довжини – метра, приставку слід приєднувати до найменування цієї останньої одиниці: квадратний кілометр, квадратний сантиметр і т.д.

Таблиця Б.1. Коефіцієнт тертя f

| Матеріал деталей                      | Пресування | Нагрів | Охолодження | Гідропресування |
|---------------------------------------|------------|--------|-------------|-----------------|
| Сталь-сталь                           | 0,07       | 0,14   | 0,07        | 0,10            |
| Сталь-чавун                           | 0,07       | 0,07   | 0,07        | -               |
| Сталь або чавун,<br>бронза або латунь | 0,05       | 0,05   | 0,05        | -               |

Таблиця Б.2. Значення величин E і  $\mu$  для різних матеріалів

| Матеріал             | E, Па               | $\mu$ |
|----------------------|---------------------|-------|
| Сталь                | $2,1 \cdot 10^{11}$ | 0,30  |
| Чавун сірий          | $1,0 \cdot 10^{11}$ | 0,25  |
| Олов'яна бронза      | $1,0 \cdot 10^{11}$ | 0,33  |
| Безолов'яна , бронза | $1,1 \cdot 10^{11}$ | 0,35  |

Таблиця Б.3. Значення шорсткості поверхонь отвору і вала

| Точність виготовл. (квалітет) | Поверхня | $R_a$ , мкм, при номінальних розмірах, мм |                 |                  |
|-------------------------------|----------|---|-----------------|------------------|
|                               |          | до 50                                     | понад 50 до 120 | понад 120 до 500 |
| 5                             | Вал      | 0,1-0,2                                   | 0,4             | 0,4              |
|                               | Отвір    | 0,2-0,4                                   | 0,8             | 0,4              |
| 6 - 7                         | Вал      | 0,4                                       | 0,8             | 1,6              |
|                               | Отвір    | 0,8                                       | 1,6             | 1,6              |
| 8                             | Вал      | 0,8                                       | 0,8             | 1,6-3,2          |
|                               | Отвір    | 1,6                                       | 1,6             | 1,6-3,2          |

Таблиця Б.4. Значення імовірних натягів

| Посадка | Значення імовірних натягів (мкм) для інтервалів діаметрів, мм |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         | від 24 до 30  | 30 | 40  | 50  | 65  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 225 | 250 | 280 |
| 1       | 2   | 3  | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |
| H7/p6   | 2   | 3  | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   |     | 6   |     |     | 7   |     | 7   | 7   |
|         | 27  | 32 | 23  | 39  | 39  | 45  | 45  |     | 53  |     |     | 62  |     | 70  | 70  |
| H7/r6   | 8   | 11 | 11  | 13  | 15  | 18  | 21  | 26  | 28  | 31  | 34  | 37  | 40  | 45  | 49  |
|         | 33  | 40 | 40  | 48  | 50  | 59  | 62  | 73  | 75  | 78  | 88  | 91  | 94  | 107 | 111 |
| H7/s6   | 15  | 20 | 20  | 25  | 31  | 38  | 46  | 55  | 63  | 71  | 79  | 87  | 97  | 109 | 121 |
|         | 40  | 49 | 49  | 60  | 66  | 79  | 87  | 102 | 110 | 118 | 133 | 141 | 151 | 171 | 183 |
| H7/t6   | 21  | 25 | 31  | 38  | 47  | 58  | 71  | 85  | 94  | 109 | 123 | 137 | 153 | 169 | 191 |
|         | 46  | 45 | 60  | 73  | 82  | 99  | 112 | 132 | 144 | 156 | 177 | 191 | 207 | 231 | 253 |
| H7/x6   | 44  | 57 | 74  | 94  | 118 | 145 | 177 | 211 | 243 | 273 | 307 | 342 | 382 | 426 | 476 |
|         | 69  | 86 | 103 | 129 | 153 | 186 | 218 | 258 | 290 | 320 | 361 | 396 | 436 | 488 | 538 |

## Продовження табл. Б.4

|       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |
| H7/s7 | 16  | 20  | 20  | 26  | 32  | 39  | 47  | 56  | 64  | 72  | 80  | 88  | 98  | 111 | 123 |
|       | 46  | 56  | 56  | 68  | 74  | 89  | 97  | 112 | 120 | 128 | 146 | 154 | 164 | 185 | 197 |
| H7/t7 | 22  | 25  | 31  | 39  | 48  | 59  | 72  | 86  | 98  | 110 | 124 | 138 | 154 | 171 | 183 |
|       | 52  | 61  | 67  | 81  | 90  | 109 | 122 | 142 | 154 | 166 | 190 | 204 | 220 | 245 | 257 |
| H7/u7 | 29  | 37  | 47  | 60  | 75  | 92  | 112 | 134 | 163 | 174 | 194 | 216 | 242 | 268 | 303 |
|       | 59  | 73  | 83  | 102 | 117 | 142 | 169 | 185 | 219 | 230 | 260 | 282 | 308 | 342 | 377 |
| H7/v7 | 36  | 45  | 58  | 75  | 83  | 114 | 140 | 166 | 192 | 216 | 242 | 268 | 298 | 338 | 378 |
|       | 66  | 81  | 94  | 117 | 125 | 164 | 190 | 217 | 248 | 272 | 308 | 334 | 364 | 412 | 452 |
| H7/x7 | 45  | 57  | 74  | 95  | 119 | 146 | 178 | 202 | 234 | 264 | 308 | 334 | 383 | 428 | 478 |
|       | 75  | 93  | 110 | 137 | 161 | 196 | 228 | 263 | 295 | 325 | 374 | 409 | 449 | 502 | 552 |
| H7/y7 | 56  | 71  | 91  | 117 | 147 | 182 | 222 | 254 | 294 | 334 | 383 | 428 | 478 | 533 | 602 |
|       | 86  | 107 | 127 | 159 | 189 | 232 | 272 | 315 | 355 | 395 | 449 | 494 | 544 | 607 | 677 |
| H8/s7 | 4   | 7   | 7   | 11  | 16  | 20  | 28  | 33  | 41  | 49  | 54  | 62  | 72  | 82  | 94  |
|       | 43  | 53  | 53  | 65  | 71  | 84  | 92  | 107 | 115 | 123 | 140 | 148 | 158 | 178 | 190 |
| H8/u8 | 18  | 24  | 34  | 46  | 60  | 77  | 97  | 114 | 143 | 154 | 171 | 193 | 219 | 242 | 277 |
|       | 65  | 80  | 90  | 110 | 125 | 153 | 173 | 202 | 231 | 242 | 273 | 295 | 321 | 366 | 391 |
| H8/x8 | 34  | 44  | 61  | 81  | 104 | 131 | 163 | 192 | 224 | 254 | 285 | 320 | 360 | 402 | 451 |
|       | 81  | 99  | 117 | 145 | 169 | 207 | 239 | 280 | 312 | 342 | 387 | 422 | 462 | 516 | 566 |
| H8/z8 | 58  | 76  | 101 | 131 | 158 | 211 | 263 | 308 | 358 | 408 | 455 | 510 | 575 | 637 | 717 |
|       | 105 | 132 | 156 | 195 | 233 | 287 | 339 | 398 | 448 | 498 | 557 | 612 | 677 | 751 | 831 |

Таблиця Б.5. Значення границі текучості матеріалів  $\sigma_{TD}$ 

| Марка матеріалу      | Твердість |                  |                     |
|----------------------|-----------|------------------|---------------------|
|                      | HB        | HRC <sub>e</sub> | $\sigma_{TD}$ , МПа |
| Сталь 45             | 235...262 | -                | 540                 |
|                      | 239...302 | -                | 650                 |
| 40X, 40XH            | 235...262 | -                | 640                 |
|                      | 269...302 | -                | 750                 |
|                      | -         | 48...53          | 750                 |
| 35XM, 45XC           | 235...262 | -                | 670                 |
|                      | 269...302 | -                | 790                 |
|                      | -         | 48...53          | 790                 |
| 20XHM, 18XGT, 12XH3A | -         | 56...63          | 800                 |
| БрОФ10-1             |           |                  | З 140               |
| БрОНФ10-1            | -         | -                | М 200               |
| БрОНФ10-1-1          | -         | -                | Ц 170               |
| БрОЦС6-6-3           | -         | -                | 90                  |
| БрАЖ9-4              | -         | -                | 200                 |

Примітка: З—відливка в землю; М—в металеву форму; Ц—відцентровий спосіб.

Таблиця Б.6. Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з натягом

| Варіант | Номинальний,<br>діаметр вала<br>$d$ , мм | Зовнішній<br>діаметр<br>втулки $D_2$ ,<br>мм | Довжина с<br>сполучення $l$ ,<br>мм | Матеріал<br>вала<br>і втулки | Крутий<br>момент $T$ ,<br>Н·м | Шорсткість<br>поверхні, мкм |                  |
|---------|--|--|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|
|         |  |  |                                     |                              |                               | втулки<br>$R_{zD}$          | вала<br>$R_{zd}$ |
| 1       | 2  | 3  | 4                                   | 5                            | 6                             | 7                           | 8                |
| 1       | 60                                       | 95   | 70                                  | 20Х                          | 245                           | 10                          | 10               |
| 2       | 60                                       | 95   | 70                                  | 35ХМ                         | 120                           | 6,3                         | 3,2              |
| 3       | 75                                       | 125  | 80                                  | ХГСА                         | 2000                          | 3,2                         | 3,2              |
| 4       | 75                                       | 125  | 80                                  | 18ХГ                         | 1030                          | 3,2                         | 3,2              |
| 5       | 75                                       | 120  | 80                                  | 35ХГ                         | 2950                          | 6,3                         | 3,2              |
| 6       | 70                                       | 125  | 80                                  | 20                           | 180                           | 6,3                         | 3,2              |
| 7       | 75                                       | 120  | 70                                  | 30Х                          | 120                           | 1,6                         | 0,8              |
| 8       | 70                                       | 125  | 70                                  | 25                           | 2450                          | 6,3                         | 3,2              |
| 9       | 75                                       | 120  | 80                                  | 20ХН                         | 290                           | 3,2                         | 3,2              |
| 10      | 75                                       | 125  | 60                                  | 30                           | 4850                          | 10                          | 10               |
| 11      | 70                                       | 125  | 80                                  | 65                           | 1260                          | 10                          | 6,3              |
| 12      | 75                                       | 125  | 80                                  | 15Г                          | 180                           | 6,3                         | 3,2              |
| 13      | 80                                       | 125  | 90                                  | 30ХНЗА                       | 2450                          | 3,2                         | 3,2              |
| 14      | 80                                       | 130  | 90                                  | 50ХН                         | 1300                          | 3,2                         | 1,6              |
| 15      | 80                                       | 130  | 100                                 | 45ХН                         | 3500                          | 6,3                         | 3,2              |
| 16      | 80                                       | 130  | 90                                  | 25                           | 195                           | 6,3                         | 6,               |
| 17      | 80                                       | 125  | 90                                  | 25                           | 160                           | 1,6                         | 0,8              |
| 80      | 80                                       | 130  | 90                                  | 70Г                          | 3000                          | 6,3                         | 6,3              |
| 19      | 80                                       | 125  | 95                                  | 30                           | 365                           | 3,2                         | 3,2              |
| 20      | 80                                       | 130  | 90                                  | 30ХНЗА                       | 5950                          | 12,5                        | 12,5             |
| 21      | 80                                       | 130  | 100                                 | 30ХГС                        | 1530                          | 12,5                        | 6,3              |
| 22      | 80                                       | 125  | 95                                  | 20                           | 215                           | 6,3                         | 3,2              |
| 23      | 90                                       | 135  | 95                                  | 30                           | 4650                          | 6,3                         | 6,3              |
| 24      | 90                                       | 140  | 100                                 | 35                           | 4320                          | 12,5                        | 12,5             |
| 25      | 90                                       | 145  | 100                                 | 60                           | 9000                          | 12,5                        | 12,5             |
| 26      | 35                                       | 60   | 50                                  | 15                           | 380                           | 3,2                         | 3,2              |
| 27      | 35                                       | 60   | 55                                  | 15кп                         | 210                           | 3,2                         | 3,2              |
| 28      | 35                                       | 65   | 50                                  | 40                           | 290                           | 6,3                         | 3,2              |
| 29      | 40                                       | 60   | 55                                  | 55                           | 96                            | 1,6                         | 1,6              |
| 30      | 35                                       | 65   | 50                                  | 75                           | 170                           | 6,3                         | 3,2              |
| 31      | 35                                       | 60   | 55                                  | 60Г                          | 780                           | 12,5                        | 12,5             |
| 32      | 35                                       | 60   | 50                                  | 85                           | 58                            | 6,3                         | 3,2              |
| 33      | 40                                       | 80   | 55                                  | 20                           | 38                            | 6,3                         | 3,2              |
| 34      | 45                                       | 75   | 60                                  | 50Х                          | 560                           | 3,2                         | 3,2              |
| 35      | 45                                       | 75   | 60                                  | Ст08                         | 310                           | 3,2                         | 3,2              |
| 36      | 45                                       | 70   | 65                                  | Ст08кп                       | 575                           | 6,3                         | 3,2              |
| 37      | 50                                       | 80   | 60                                  | 10                           | 140                           | 1,6                         | 0,8              |
| 38      | 45                                       | 75   | 60                                  | 45                           | 410                           | 6,3                         | 6,3              |
| 39      | 45                                       | 75   | 50                                  | 15                           | 25                            | 1,6                         | 0,8              |
| 40      | 45                                       | 75   | 60                                  | 65                           | 1420                          | 12,5                        | 12,5             |
| 41      | 45                                       | 75   | 60                                  | 30                           | 280                           | 6,3                         | 6,3              |

## Продовження табл. Б.6

| 1  | 2   | 3   | 4   | 5      | 6    | 7    | 8    |
|----|-----|-----|-----|--------|------|------|------|
| 42 | 40  | 70  | 70  | 20     | 70   | 3,2  | 3,2  |
| 43 | 60  | 100 | 70  | 65     | 1100 | 3,2  | 3,2  |
| 44 | 60  | 95  | 70  | 25     | 630  | 3,2  | 3,2  |
| 45 | 60  | 100 | 80  | 40     | 1350 | 6,3  | 3,2  |
| 46 | 60  | 95  | 70  | 25     | 120  | 6,3  | 3,2  |
| 47 | 55  | 95  | 70  | 20     | 80   | 1,6  | ,08  |
| 48 | 60  | 95  | 75  | 35     | 1050 | 6,3  | 6,3  |
| 49 | 60  | 95  | 70  | 35X    | 165  | 1,6  | 0,8  |
| 50 | 50  | 100 | 100 | 40Г    | 2700 | 12,5 | 6,3  |
| 51 | 120 | 95  | 70  | 20X    | 245  | 12,5 | 12,5 |
| 52 | 120 | 95  | 70  | 35XM   | 120  | 6,3  | 3,2  |
| 53 | 120 | 125 | 80  | XГСА   | 2000 | 3,2  | 3,2  |
| 54 | 115 | 125 | 80  | 18XГ   | 1030 | 3,2  | 3,2  |
| 55 | 115 | 120 | 80  | 35XГ   | 2950 | 6,3  | 3,2  |
| 56 | 115 | 125 | 80  | 20     | 180  | 6,3  | 3,2  |
| 57 | 115 | 120 | 70  | 30X    | 120  | 1,6  | 0,8  |
| 58 | 110 | 125 | 70  | 25     | 2450 | 6,3  | 3,2  |
| 59 | 110 | 120 | 80  | 20XH   | 290  | 3,2  | 3,2  |
| 60 | 110 | 125 | 60  | 30     | 4850 | 10   | 10   |
| 61 | 110 | 125 | 80  | 65     | 1260 | 10   | 6,3  |
| 62 | 110 | 125 | 80  | 15Г    | 180  | 6,3  | 3,2  |
| 63 | 110 | 125 | 90  | 30XH3A | 2450 | 3,2  | 3,2  |
| 64 | 110 | 130 | 90  | 50XH   | 1300 | 3,2  | 1,6  |
| 65 | 110 | 130 | 100 | 45XH   | 3500 | 6,3  | 3,2  |
| 66 | 110 | 130 | 90  | 25     | 195  | 6,3  | 6,   |
| 67 | 110 | 125 | 90  | 25     | 160  | 1,6  | 0,8  |
| 68 | 105 | 130 | 90  | 70Г    | 3000 | 6,3  | 6,3  |
| 69 | 105 | 125 | 95  | 30     | 365  | 3,2  | 3,2  |
| 70 | 105 | 130 | 90  | 30XH3A | 5950 | 12,5 | 12,5 |
| 71 | 105 | 130 | 100 | 30XГC  | 1530 | 12,5 | 6,3  |
| 72 | 105 | 125 | 95  | 20     | 215  | 6,3  | 3,2  |
| 73 | 105 | 135 | 95  | 30     | 4650 | 6,3  | 6,3  |
| 74 | 105 | 140 | 100 | 35     | 4320 | 12,5 | 12,5 |
| 75 | 105 | 145 | 100 | 60     | 9000 | 12,5 | 12,5 |
| 76 | 105 | 60  | 50  | 15     | 380  | 3,2  | 3,2  |
| 77 | 105 | 60  | 55  | 15кп   | 210  | 3,2  | 3,2  |
| 78 | 100 | 65  | 50  | 40     | 290  | 6,3  | 3,2  |
| 79 | 100 | 60  | 55  | 55     | 96   | 1,6  | 1,6  |
| 80 | 100 | 65  | 50  | 75     | 170  | 6,3  | 3,2  |
| 81 | 100 | 60  | 55  | 60Г    | 780  | 12,5 | 12,5 |
| 82 | 100 | 60  | 50  | 85     | 58   | 6,3  | 3,2  |
| 83 | 100 | 80  | 55  | 20     | 38   | 6,3  | 3,2  |
| 84 | 100 | 75  | 60  | 50X    | 560  | 3,2  | 3,2  |
| 85 | 100 | 75  | 60  | Ст08   | 310  | 3,2  | 3,2  |
| 86 | 100 | 70  | 65  | Ст08кп | 575  | 6,3  | 3,2  |
| 87 | 100 | 80  | 60  | 10     | 140  | 1,6  | 0,8  |
| 88 | 90  | 75  | 60  | 45     | 410  | 6,3  | 6,3  |
| 89 | 90  | 75  | 50  | 15     | 25   | 1,6  | 0,8  |

|     |    |     |    |      |      |      |      |
|-----|----|-----|----|------|------|------|------|
| 1   | 2  | 3   | 4  | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 90  | 90 | 75  | 60 | 65   | 1420 | 12,5 | 12,5 |
| 91  | 90 | 95  | 70 | 20X  | 245  | 12,5 | 12,5 |
| 92  | 90 | 95  | 70 | 35XM | 120  | 6,3  | 3,2  |
| 93  | 90 | 125 | 80 | XГСА | 2000 | 3,2  | 3,2  |
| 94  | 90 | 125 | 80 | 18XГ | 1030 | 3,2  | 3,2  |
| 95  | 90 | 120 | 80 | 35XГ | 2950 | 6,3  | 3,2  |
| 96  | 90 | 125 | 80 | 20   | 180  | 6,3  | 3,2  |
| 97  | 90 | 120 | 70 | 30X  | 120  | 1,6  | 0,8  |
| 98  | 85 | 125 | 70 | 25   | 2450 | 6,3  | 3,2  |
| 99  | 85 | 120 | 80 | 20XH | 290  | 3,2  | 3,2  |
| 100 | 85 | 125 | 60 | 30   | 4850 | 10   | 10   |

Таблиця Б.7. Шорсткість поверхні залежно від розміру, допусків розміру і форми

| Допуск розміру за квалітетом | Допуск форми, в % від допуску розміру | Номінальний розмір, мм (понад – до) |         |          |           |
|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------|----------|-----------|
|                              |                                       | до 18                               | 18 – 50 | 50 – 120 | 120 – 500 |
|                              |                                       | Значення Ra                         |         |          |           |
| IT6                          | 100                                   | 0,8                                 | 1,6     | 1,6      | 3,2       |
|                              | 60                                    | 0,4                                 | 0,8     | 0,8      | 1,6       |
|                              | 40                                    | 0,2                                 | 0,4     | 0,4      | 0,8       |
| IT7                          | 100                                   | 1,6                                 | 3,2     | 3,2      | 3,2       |
|                              | 60                                    | 0,8                                 | 1,6     | 1,6      | 3,2       |
|                              | 40                                    | 0,4                                 | 0,8     | 0,8      | 1,6       |
| IT8                          | 100                                   | 1,6                                 | 3,2     | 3,2      | 3,2       |
|                              | 60                                    | 0,8                                 | 1,6     | 3,2      | 3,2       |
|                              | 40                                    | 0,4                                 | 0,8     | 1,6      | 1,6       |
| IT9                          | 100                                   | 3,2                                 | 3,2     | 6,3      | 6,3       |
|                              | 40                                    | 1,6                                 | 3,2     | 3,2      | 6,3       |
|                              | 25                                    | 0,8                                 | 1,6     | 1,6      | 3,2       |
| IT10                         | 100                                   | 3,2                                 | 6,3     | 6,3      | 6,3       |
|                              | 60                                    | 1,6                                 | 3,2     | 3,2      | 6,3       |
|                              | 40                                    | 0,8                                 | 1,6     | 1,6      | 3,2       |
| IT12                         | -                                     | 12,5                                | 25      | 25       | 25        |
| IT14                         | -                                     | 25                                  | 50      | 50       | 50        |



Таблиця Б.8. Марка мастила та його динамічна в'язкість

| Найменування та марка масла |                                      | Динамічна в'язкість, $10^{-3}$<br>Н·с/м <sup>2</sup> |
|-----------------------------|--------------------------------------|--|
| Індустріальні               |                                      |  |
| 1                           | Легке індустріальне И – 5А (велосіт) | 3,6 - 4,5  |
| 2                           | И – 8А (вазелинове)                  | 5,4 - 7,5  |
| 3                           | Сепараторне Л                        | 5,4 - 9  |
| 4                           | Приладне МВП                         | 5,8 - 7,2  |
| 5                           | Середнє індустріальне И – 12К        | 10 - 14  |
| 6                           | Сепараторне Т                        | 12,6 - 15,3  |
| 7                           | И – 20А (И – 20)                     | 15,3 - 20,7  |
| 8                           | И – 25А (ИС – 25)                    | 21,6 - 24,2  |
| 9                           | И – 30А (И – 30)                     | 25,2 - 29,7  |
| 10                          | И – 40А (И – 45)                     | 31,5 - 40,5  |
| 11                          | И – 50А (И – 50)                     | 42,3 - 49,5  |
| 12                          | И – 70А (ИС – 55)                    | 58,5 - 67,5  |
| Турбінні                    |                                      |  |
| 13                          | Т22 (Л)                              | 16 - 20,7  |
| 14                          | Т30 (УТ)                             | 25,2 - 28,8  |
| 15                          | Т46 (Т)                              | 39,6 - 43,2  |
| 16                          | Т57 (турборедукторне)                | 49,5 - 53,1  |
| 17                          | АС – 6                               | 5,4  |
| 18                          | АС – 8                               | 7,2 ± 0,45   |
| 19                          | АС – 10                              | 9 ± 0,45   |
| 20                          | ТКп                                  | 8,1  |
| 21                          | ТК                                   | 8,6  |
| Компресорні                 |                                      |  |
| 22                          | К – 12                               | 9,9 - 12,6   |
| 23                          | К – 19                               | 15,3 - 18,9  |

Таблиця. Б.9. Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок із зазором

| Вари-<br>ант | Розміри в мм      |                |     | Т, Н м | $\omega$ ,<br>рад./с | $\mu$ ,<br>Н·с/м <sup>2</sup> | р, МПа· | R <sub>zd</sub> ,<br>мкм | R <sub>zd</sub> ,<br>мкм |
|--------------|-------------------|----------------|-----|--------|----------------------|-------------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|
|              | D <sub>1</sub> /D | D <sub>2</sub> | l   |        |                      |                               |         |                          |                          |
| 1            | 2                 | 3              | 4   | 5      | 6                    | 7                             | 8       | 9                        | 10                       |
| 1            | 30/24             | 55             | 35  | 150    | 95                   | 0,07                          | 0,10    | 12,5                     | 6,3                      |
| 2            | 38/30             | 62             | 45  | 200    | 75                   | 0,06                          | 0,18    | 3,2                      | 1,6                      |
| 3            | 44/36             | 70             | 60  | 260    | 70                   | 0,05                          | 0,22    | 6,3                      | 3,2                      |
| 4            | 42/34             | 60             | 65  | 235    | 80                   | 0,04                          | 0,18    | 6,3                      | 3,2                      |
| 5            | 50/42             | 80             | 70  | 250    | 75                   | 0,03                          | 0,21    | 6,3                      | 3,2                      |
| 6            | 54/46             | 80             | 65  | 165    | 65                   | 0,02                          | 0,23    | 12,5                     | 6,3                      |
| 7            | 58/48             | 85             | 80  | 145    | 55                   | 0,02                          | 0,22    | 12,5                     | 6,3                      |
| 8            | 62/54             | 90             | 75  | 215    | 50                   | 0,02                          | 0,24    | 6,3                      | 3,2                      |
| 9            | 64/56             | 95             | 80  | 200    | 50                   | 0,02                          | 0,25    | 3,2                      | 1,6                      |
| 10           | 70/60             | 100            | 75  | 135    | 90                   | 0,02                          | 0,55    | 12,5                     | 6,3                      |
| 11           | 72/60             | 105            | 80  | 210    | 85                   | 0,02                          | 0,60    | 12,5                     | 6,3                      |
| 12           | 74/62             | 110            | 90  | 220    | 85                   | 0,02                          | 0,65    | 6,3                      | 3,2                      |
| 13           | 82/70             | 130            | 90  | 300    | 80                   | 0,02                          | 0,70    | 6,3                      | 3,2                      |
| 14           | 84/72             | 135            | 90  | 350    | 90                   | 0,02                          | 0,75    | 3,2                      | 1,6                      |
| 15           | 88/74             | 140            | 100 | 300    | 80                   | 0,02                          | 0,70    | 3,2                      | 1,6                      |
| 16           | 90/76             | 145            | 100 | 350    | 85                   | 0,02                          | 0,75    | 3,2                      | 1,6                      |
| 17           | 92/78             | 140            | 105 | 400    | 75                   | 0,02                          | 0,80    | 1,6                      | 0,8                      |
| 18           | 94/60             | 145            | 105 | 450    | 80                   | 0,03                          | 0,90    | 1,6                      | 0,8                      |
| 19           | 96/82             | 155            | 100 | 425    | 75                   | 0,03                          | 0,85    | 1,6                      | 0,8                      |
| 20           | 98/84             | 160            | 110 | 450    | 70                   | 0,03                          | 0,90    | 1,6                      | 0,8                      |
| 21           | 100/86            | 160            | 120 | 475    | 70                   | 0,03                          | 0,95    | 1,6                      | 0,8                      |
| 22           | 102/90            | 155            | 105 | 350    | 60                   | 0,03                          | 0,30    | 3,2                      | 1,6                      |
| 23           | 104/88            | 160            | 110 | 375    | 55                   | 0,03                          | 0,32    | 1,6                      | 0,8                      |
| 24           | 106/84            | 165            | 115 | 400    | 55                   | 0,03                          | 0,34    | 1,6                      | 0,8                      |
| 25           | 35/20             | 60             | 40  | 200    | 110                  | 0,03                          | 0,80    | 6,3                      | 3,2                      |
| 26           | 40/22             | 60             | 50  | 115    | 110                  | 0,03                          | 0,70    | 3,2                      | 1,6                      |
| 27           | 45/28             | 75             | 60  | 220    | 100                  | 0,03                          | 0,65    | 3,2                      | 1,6                      |
| 28           | 50/30             | 80             | 70  | 200    | 100                  | 0,03                          | 0,45    | 3,2                      | 1,6                      |
| 29           | 55/35             | 85             | 75  | 225    | 95                   | 0,03                          | 0,40    | 3,2                      | 1,6                      |
| 30           | 60/40             | 90             | 80  | 250    | 95                   | 0,04                          | 0,38    | 1,6                      | 0,8                      |
| 31           | 65/35             | 90             | 75  | 250    | 80                   | 0,04                          | 0,40    | 12,5                     | 6,3                      |
| 32           | 70/40             | 95             | 80  | 270    | 75                   | 0,04                          | 0,38    | 6,3                      | 3,2                      |
| 33           | 80/45             | 105            | 90  | 300    | 70                   | 0,04                          | 0,34    | 6,3                      | 3,2                      |
| 34           | 105/80            | 160            | 115 | 550    | 60                   | 0,04                          | 1,4     | 1,6                      | 0,8                      |
| 35           | 110/85            | 170            | 120 | 600    | 55                   | 0,04                          | 1,50    | 3,2                      | 1,6                      |
| 36           | 115/80            | 175            | 125 | 700    | 50                   | 0,04                          | 1,60    | 1,6                      | 0,8                      |
| 37           | 120/90            | 160            | 135 | 550    | 55                   | 0,04                          | 1,00    | 3,2                      | 1,6                      |
| 38           | 125/85            | 165            | 140 | 600    | 50                   | 0,04                          | 1,20    | 1,6                      | 1,6                      |
| 39           | 130/70            | 170            | 145 | 700    | 50                   | 0,04                          | 1,20    | 1,6                      | 0,8                      |
| 40           | 42/20             | 65             | 60  | 180    | 95                   | 0,04                          | 0,46    | 6,3                      | 3,2                      |
| 41           | 44/22             | 70             | 65  | 200    | 90                   | 0,04                          | 0,48    | 6,3                      | 3,2                      |
| 42           | 46/18             | 75             | 65  | 220    | 90                   | 0,05                          | 0,50    | 3,2                      | 3,2                      |
| 43           | 48/20             | 80             | 70  | 240    | 85                   | 0,05                          | 0,52    | 3,2                      | 1,6                      |
| 44           | 50/22             | 85             | 70  | 260    | 85                   | 0,05                          | 0,54    | 1,6                      | 1,6                      |
| 45           | 52/24             | 85             | 75  | 170    | 85                   | 0,05                          | 0,46    | 1,6                      | 1,6                      |

| 1  | 2      | 3   | 4   | 5   | 6  | 7    | 8    | 9    | 10  |
|----|--------|-----|-----|-----|----|------|------|------|-----|
| 46 | 54/26  | 85  | 80  | 180 | 80 | 0,05 | 0,48 | 1,6  | 0,8 |
| 47 | 58/30  | 90  | 90  | 250 | 80 | 0,05 | 0,26 | 3,2  | 1,6 |
| 48 | 60/40  | 90  | 90  | 260 | 75 | 0,05 | 0,27 | 3,2  | 1,6 |
| 49 | 62/36  | 95  | 95  | 270 | 70 | 0,05 | 0,28 | 1,6  | 0,8 |
| 50 | 64/32  | 90  | 85  | 110 | 65 | 0,05 | 0,35 | 1,6  | 0,8 |
| 51 | 66/34  | 90  | 85  | 115 | 60 | 0,05 | 0,38 | 1,6  | 1,6 |
| 52 | 68/32  | 90  | 85  | 120 | 55 | 0,05 | 0,47 | 1,6  | 0,8 |
| 53 | 70/35  | 100 | 90  | 125 | 55 | 0,05 | 0,46 | 1,6  | 0,8 |
| 54 | 72/32  | 100 | 95  | 130 | 60 | 0,06 | 0,50 | 1,6  | 0,8 |
| 55 | 74/30  | 110 | 100 | 200 | 45 | 0,06 | 0,30 | 3,2  | 1,6 |
| 56 | 76/28  | 115 | 105 | 210 | 45 | 0,06 | 0,45 | 1,6  | 0,8 |
| 57 | 78/40  | 195 | 90  | 210 | 60 | 0,06 | 0,32 | 1,6  | 0,8 |
| 58 | 80/36  | 110 | 95  | 220 | 55 | 0,06 | 0,38 | 3,2  | 1,6 |
| 59 | 82/38  | 125 | 90  | 270 | 60 | 0,06 | 0,43 | 3,2  | 1,6 |
| 60 | 84/40  | 130 | 95  | 280 | 65 | 0,06 | 0,45 | 1,6  | 1,6 |
| 61 | 86/42  | 130 | 90  | 290 | 55 | 0,06 | 0,40 | 1,6  | 0,8 |
| 62 | 88/36  | 135 | 95  | 300 | 55 | 0,06 | 0,46 | 1,6  | 0,8 |
| 63 | 90/46  | 140 | 100 | 400 | 60 | 0,06 | 0,53 | 1,6  | 1,6 |
| 64 | 92/42  | 145 | 100 | 410 | 60 | 0,06 | 0,55 | 1,6  | 0,8 |
| 65 | 100/60 | 170 | 130 | 250 | 55 | 0,06 | 0,63 | 12,5 | 6,3 |
| 66 | 102/58 | 170 | 130 | 255 | 60 | 0,07 | 0,64 | 6,3  | 3,2 |
| 67 | 108/52 | 175 | 135 | 270 | 35 | 0,07 | 0,67 | 1,6  | 1,6 |
| 68 | 112/60 | 180 | 150 | 280 | 30 | 0,07 | 0,69 | 3,2  | 1,6 |
| 69 | 116/55 | 155 | 160 | 220 | 40 | 0,07 | 0,71 | 6,3  | 6,3 |
| 70 | 122/60 | 160 | 165 | 235 | 35 | 0,07 | 0,74 | 3,2  | 1,6 |
| 71 | 126/54 | 170 | 175 | 245 | 30 | 0,07 | 0,76 | 1,6  | 0,8 |
| 72 | 130/40 | 180 | 185 | 255 | 25 | 0,07 | 0,78 | 1,6  | 0,8 |
| 73 | 140/50 | 190 | 185 | 265 | 30 | 0,07 | 0,80 | 6,3  | 3,2 |
| 74 | 150/60 | 200 | 195 | 275 | 20 | 0,07 | 0,82 | 3,2  | 3,2 |
| 75 | 160/40 | 210 | 205 | 285 | 15 | 0,07 | 0,84 | 1,6  | 1,6 |
| 76 | 165/75 | 215 | 210 | 290 | 10 | 0,07 | 0,85 | 3,2  | 1,6 |
| 77 | 170/70 | 220 | 215 | 295 | 10 | 0,07 | 0,86 | 1,6  | 1,6 |
| 78 | 65/30  | 105 | 100 | 300 | 80 | 0,02 | 0,42 | 12,5 | 6,3 |
| 79 | 75/35  | 115 | 110 | 310 | 75 | 0,02 | 0,44 | 6,3  | 6,3 |
| 80 | 80/38  | 130 | 125 | 325 | 50 | 0,02 | 0,47 | 1,6  | 1,6 |
| 81 | 95/40  | 135 | 130 | 330 | 40 | 0,02 | 0,48 | 1,6  | 0,8 |
| 82 | 100/45 | 140 | 135 | 335 | 45 | 0,03 | 0,50 | 1,6  | 0,8 |
| 83 | 140/60 | 180 | 175 | 375 | 45 | 0,03 | 0,57 | 1,6  | 0,8 |
| 84 | 150/65 | 190 | 185 | 385 | 50 | 0,03 | 0,59 | 6,3  | 3,2 |
| 85 | 155/70 | 195 | 190 | 390 | 45 | 0,03 | 0,60 | 3,2  | 1,6 |

Примітка:  $D$  – номінальний діаметр сполучення;  $D_1$  – діаметр свердління вала;  $D_2$  – зовнішній діаметр втулки;  $l$  – довжина сполучення;  $T$  – крутний момент;  $\omega$  – кутова швидкість вала;  $p$  – питомий тиск на опору;  $R_{zd}$  і  $R_{zd}$  – шорсткість поверхні відповідно отвору і вала.

Таблиця Б.10. Граничні відхилення отворів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

| Інтервал розмірів, мм | Поле допуску             |           |          |          |           |           |           |           |            |            |              |
|-----------------------|--------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|--------------|
|                       | F7                       | G7        | H7       | JS7      | K7        | M7        | N7        | P7        | R7         | S7         | T7           |
|                       | Граничні відхилення, мкм |           |          |          |           |           |           |           |            |            |              |
| Від 1 до 3            | +16<br>+6                | +12<br>+2 | +10<br>0 | +5<br>-5 | 0<br>-10  | -2<br>-12 | -4<br>-14 | -6<br>-16 | -10<br>-20 | -14<br>-24 | -            |
| Понад 3 » 6           | +22<br>+10               | +16<br>+4 | +12<br>0 | +6<br>-6 | +3<br>-9  | 0<br>-12  | -4<br>-16 | -8<br>-20 | -11<br>-23 | -15<br>-27 | -            |
| » 6 » 10              | +28<br>+13               | +20<br>+5 | +15<br>0 | +7<br>-7 | +5<br>-10 | 0<br>-15  | -4<br>-19 | -9<br>-24 | -13<br>-28 | -17<br>-32 | -            |
| » 10 » 14             | +34                      | +24       | +18      | +9       | +6        | 0         | -5        | -11       | -16        | -21        | -            |
| » 14 » 18             | +16                      | +6        | 0        | -9       | -12       | -18       | -23       | -29       | -34        | -39        | -            |
| » 18 » 24             | +41                      | +28       | +21      | +10      | +6        | 0         | -7        | -14       | -20        | -27        | -            |
| » 24 » 30             | +20                      | +7        | 0        | -10      | -15       | -21       | -28       | -35       | -41        | -48        | -33<br>-54   |
| » 30 » 40             | +50                      | +3        | +25      | +12      | +1        | 0         | -8        | -17       | -25        | -34        | -39<br>-64   |
| » 40 » 50             | +25                      | -9        | 0        | -12      | -18       | -25       | -33       | -44       | -50        | -59        | -45<br>-70   |
| » 50 » 65             | +60                      | +40       | +30      | +15      | +9        | 0         | -9        | -21       | -30        | -42        | -55<br>-85   |
| » 65 » 80             | +30                      | +10       | 0        | -15      | -21       | -30       | -39       | -51       | -62        | -78        | -64<br>-94   |
| » 80 » 100            | +71                      | +47       | +35      | +17      | +10       | 0         | -10       | -24       | -38        | -58        | -78<br>-113  |
| » 100 » 120           | +36                      | +12       | 0        | -17      | -25       | -35       | -45       | -59       | -41        | -66        | -91<br>-126  |
| » 120 » 140           |                          |           |          |          |           |           |           |           | -48        | -77        | -107<br>-147 |
| » 140 » 160           | +83                      | +54       | +40      | +20      | +12       | 0         | -12       | -28       | -50        | -85        | -119<br>-159 |
| » 160 » 180           | +43                      | +14       | 0        | -20      | -28       | -40       | -52       | -68       | -90        | -125       | -131<br>-171 |
| » 180 » 200           |                          |           |          |          |           |           |           |           | -60        | -105       | -149<br>-195 |
| » 200 » 225           | +96                      | +61       | +46      | +23      | +13       | 0         | -14       | -33       | -63        | -113       | -163<br>-209 |
| » 225 » 250           | +50                      | +15       | 0        | -23      | -33       | -46       | -60       | -79       | -109       | -159       | -179<br>-225 |
| » 250 » 280           | +108                     | +69       | +52      | +26      | +16       | 0         | -14       | -36       | -74        | -138       | -198<br>-250 |
| » 280 » 315*          | +56                      | +17       | 0        | -26      | -36       | -52       | -66       | -88       | -126       | -190       | -220<br>-272 |
| » 315 » 355           | +119                     | +75       | +57      | +28      | +17       | 0         | -16       | -41       | -87        | -169       | -247<br>-304 |
| » 355 » 400           | -62                      | +18       | 0        | -28      | -40       | -57       | -73       | -98       | -144       | -226       | -273<br>-330 |
| » 400 » 450           | +131                     | +83       | +63      | +31      | +18       | 0         | -17       | -45       | -93        | -187       | -247<br>-307 |
| » 450 » 500           | +68                      | +20       | 0        | -31      | -45       | -63       | -80       | -108      | -150       | -244       | -307<br>-370 |
|                       |                          |           |          |          |           |           |           |           | -103       | -209       | -307<br>-370 |
|                       |                          |           |          |          |           |           |           |           | -166       | -272       | -370<br>-400 |
|                       |                          |           |          |          |           |           |           |           | -109       | -229       | -337<br>-400 |
|                       |                          |           |          |          |           |           |           |           | -172       | -292       | -400         |

Таблиця. Б.11

| Інтервал розмірів, мм | Поле допуску             |              |             |          |            |            |            |            |              |              |              |             |           |            |
|-----------------------|--------------------------|--------------|-------------|----------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-----------|------------|
|                       | D8                       | E8           | F8          | H8       | JS8        | K8         | M8         | N8         | U8           | D9           | E9           | F9          | H9        | JS9        |
|                       | Граничні відхилення, мкм |              |             |          |            |            |            |            |              |              |              |             |           |            |
| Від 1 до 3            | +34<br>+20               | +28<br>+14   | +20<br>+6   | +4<br>0  | +7<br>-7   | 0<br>-11   | -          | -1<br>-18  | -18<br>-32   | +45<br>+20   | +39<br>+14   | +31<br>+6   | +25<br>0  | +12<br>-12 |
| Понад 3 » 6           | +48<br>+30               | +38<br>+20   | +28<br>+10  | +22<br>0 | +9<br>-9   | +5<br>-13  | +2<br>-16  | -2<br>-20  | -23<br>-41   | +60<br>+30   | +50<br>+20   | +40<br>+10  | +30<br>0  | +15<br>-15 |
| » 6 » 10              | +62<br>+40               | +47<br>+25   | +35<br>+13  | +22<br>0 | +11<br>-11 | +6<br>-16  | +1<br>-21  | -3<br>-25  | -28<br>-50   | +76<br>+40   | +61<br>+25   | +49<br>+13  | +36<br>0  | +18<br>-18 |
| » 10 » 14             | +77                      | 459          | +43         | +27      | +13        | +8         | +2         | -3         | -33          | +93          | +75          | +59         | +43       | +21        |
| » 14 » 18             | +50                      | +32          | +16         | 0        | -13        | -19        | -25        | -30        | -60          | +50          | +32          | +16         | 0         | -21        |
| » 18 » 24             | +98                      | +73          | +53         | +33      | +16        | +10        | +4         | -3         | -11<br>-74   | +117         | +92          | +72         | +52       | +26        |
| » 24 » 30             | +65                      | +40          | +20         | 0        | -16        | -23        | -29        | -36        | -48<br>-81   | +65          | +40          | +20         | 0         | -26        |
| » 30 » 40             | +119                     | +89          | +61         | +39      | +19        | +12        | +5         | -3         | -60<br>-99   | +142         | +112         | +87         | +62       | +31        |
| » 40 » 50             | +80                      | +50          | +25         | 0        | -19        | -27        | -34        | -42        | -70<br>-109  | +80          | +50          | +25         | 0         | -31        |
| » 50 » 65             | +146                     | +106         | +76         | +46      | +23        | +14        | +5         | -4         | -87<br>-133  | +174         | +131         | +104        | +74       | +37        |
| » 65 » 80             | +100                     | +60          | +30         | 0        | -23        | -32        | -41        | -50        | -102<br>-148 | +100         | +60          | +30         | 0         | -37        |
| » 80 » 100            | +174                     | +126         | +90         | +54      | +27        | +16        | +6         | -4         | -124<br>-178 | +207         | +159         | +123        | +87       | +43        |
| » 100 » 120           | +120                     | +72          | +36         | 0        | 127        | -38        | -48        | -58        | -144<br>-198 | +120         | +72          | +36         | 0         | -43        |
| » 120 » 140           |                          |              |             |          |            |            |            |            | -170<br>-233 |              |              |             |           |            |
| » 140 » 160           | +208<br>+145             | +148<br>+85  | +106<br>+43 | +63<br>0 | +31<br>-31 | +20<br>-43 | +8<br>-55  | -4<br>-67  | -190<br>-253 | +245<br>+145 | +165<br>+85  | +143<br>+43 | +100<br>0 | +50<br>-50 |
| » 160 » 180           |                          |              |             |          |            |            |            |            | -210<br>-273 |              |              |             |           |            |
| » 180 » 200           |                          |              |             |          |            |            |            |            | -236<br>-308 |              |              |             |           |            |
| » 200 » 226           | +242<br>+170             | +172<br>+100 | +122<br>+50 | +72<br>0 | +36<br>-36 | +22<br>-50 | +9<br>-63  | -5<br>-77  | -258<br>-330 | +285<br>+170 | +215<br>+100 | +165<br>+50 | +115<br>0 | +57<br>-57 |
| » 225 » 250           |                          |              |             |          |            |            |            |            | -284<br>-356 |              |              |             |           |            |
| » 250 » 280           | +271                     | +191         | +137        | +81      | +40        | +25        | +9         | -5         | -315<br>-396 | +320         | +240         | +186        | +130      | +65        |
| » 280 » 315           | +190                     | +110         | +56         | 0        | -40        | -56        | -72        | -86        | -350<br>-431 | +190         | +110         | +56         | 0         | -65        |
| » 315 » 355           | +299                     | +214         | +151        | +89      | +44        | +28        | +11        | -5         | -390<br>-479 | +350         | +265         | +202        | +140      | +70        |
| » 355 » 400           | +210                     | +125         | +62         | 0        | -44        | -61        | -78        | -94        | -435<br>-521 | +210         | +125         | +62         | 0         | -70        |
| » 400 » 450           | +327<br>+230             | +232<br>+135 | +165<br>+68 | +97<br>0 | +48<br>-48 | +29<br>-68 | +11<br>-86 | -6<br>-103 | -490<br>-587 | +385<br>+230 | +290<br>+135 | +223<br>+68 | +155<br>0 | +77<br>-77 |

Таблиця. Б.12. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм  
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

| Інтервал розмірів, мм | Поле допуску          |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
|-----------------------|-----------------------|------------|----------|-----------------|------------|------------|------------|-------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                       | f6                    | f6         | h6       | js6             | k6         | m6         | n6         | p6          | r6                           | s6                           | t6                           |
|                       | Граничні відхили, мкм |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
| Від 1 до 3            | -6<br>-12             | -2<br>-8   | 0<br>-6  | +3,0<br>-3,0    | +6<br>0    | +8<br>+2   | +10<br>+4  | +12<br>+6   | +16<br>+10                   | +20<br>+14                   | -                            |
| Понад 3 » 6           | -10<br>-18            | -4<br>-12  | 0<br>-8  | +4,0<br>-4,0    | +9<br>+1   | +12<br>+4  | +16<br>+8  | +20<br>+12  | +23<br>+15                   | +27<br>+19                   | -                            |
| » 6 » 10              | -13<br>-22            | -5<br>-14  | 0<br>-9  | +4,5<br>-4,5    | +10<br>+1  | +15<br>+6  | +19<br>+10 | +24<br>+15  | +28<br>+19                   | +32<br>+23                   | -                            |
| » 10 » 14             | -16<br>-27            | -6<br>-17  | 0<br>-11 | +5,5<br>-5,5    | +12<br>+1  | +18<br>+7  | +23<br>+12 | +29<br>+18  | +34<br>+23                   | +39<br>+28                   | -                            |
| » 14 » 18             |                       |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
| » 18 » 24             | -20<br>-33            | -7<br>-20  | 0<br>-13 | +6,5<br>-6,5    | +15<br>+2  | +21<br>+8  | +28<br>+15 | +35<br>+22  | +41<br>+28                   | +48<br>+35                   | -<br>+54<br>+41              |
| » 24 » 30             |                       |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
| » 30 » 40             | -25<br>-41            | -9<br>-25  | 0<br>-16 | +8<br>-8,0      | +18<br>+2  | +25<br>+9  | +33<br>+17 | +42<br>+26  | +50<br>+34                   | +59<br>+43                   | +64<br>+48<br>+70<br>+54     |
| » 40 » 50             |                       |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
| » 50 » 65             | -30<br>-49            | -10<br>-29 | 0<br>-19 | +9,5<br>-9,5    | +21<br>+2  | +30<br>+11 | +39<br>+20 | +51<br>+32  | +60<br>+41<br>+62<br>+43     | +72<br>+53<br>+78<br>+59     | +85<br>+66<br>+94<br>+75     |
| » 65 » 80             |                       |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
| » 80 » 100            | -36<br>-58            | -12<br>-34 | 0<br>-22 | +11,0<br>-11,0  | 4-25<br>+3 | +35<br>+13 | +45<br>+23 | +59<br>+37  | +73<br>+51<br>+76<br>+54     | +93<br>+71<br>+101<br>+79    | +113<br>+91<br>+126<br>+104  |
| » 100 » 120           |                       |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
| » 120 » 140           |                       |            |          |                 |            |            |            |             | +88<br>+63                   | +117<br>+92                  | +147<br>+122                 |
| » 140 » 160           | -43<br>-68            | -14<br>-39 | 0<br>-25 | +12,5 -<br>12,5 | +28<br>+3  | +40<br>+15 | +52<br>+27 | +68<br>+4   | +90<br>+65                   | +125<br>+100                 | +159<br>+134                 |
| » 160 » 180           |                       |            |          |                 |            |            |            |             | +93<br>+68                   | +133<br>+108                 | +171<br>+146                 |
| » 180 » 200           |                       |            |          |                 |            |            |            |             | +106<br>+77                  | +151<br>+122                 | +195<br>+166                 |
| » 200 » 225           | -50<br>-79            | -15<br>-44 | 0<br>-29 | +14,5 -<br>14,5 | +33<br>+4  | +46<br>+17 | +60<br>+31 | +79<br>+50  | +109<br>+80<br>+113<br>+84   | +159<br>+130<br>+169<br>+140 | +209<br>+180<br>+225<br>+196 |
| » 225 » 250           |                       |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
| » 250 » 280           | -56<br>-88            | -17<br>-49 | 0<br>-32 | +16,0 -<br>16,0 | +36<br>+4  | +52<br>+20 | +66<br>+34 | +88<br>+56  | +126<br>+94<br>+130<br>+98   | +190<br>+158<br>+202<br>+170 | +250<br>+218<br>+272<br>+240 |
| » 280 » 315           |                       |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
| » 315 » 355           | -62<br>-98            | -18<br>-54 | 0<br>-36 | +18,0<br>-18,0  | +40<br>+4  | +57<br>+21 | +73<br>+37 | +98<br>+62  | +144<br>+106<br>+150<br>+114 | +226<br>+190<br>+244<br>+208 | +304<br>+268<br>+330<br>+294 |
| » 355 » 400           |                       |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |
| » 400 » 450           | -68<br>-108           | -20<br>-60 | 0<br>-40 | +20,0 -<br>20,0 | +45<br>+5  | +63<br>+23 | +80<br>+40 | +108<br>+68 | +166<br>+126<br>+172<br>+132 | +272<br>+232<br>+292<br>+252 | +370<br>+330<br>+400<br>+360 |
| » 450 » 500           |                       |            |          |                 |            |            |            |             |                              |                              |                              |

| Таблиця Б.13                |                          |      |     |     |     |     |      |      |      |
|-----------------------------|--------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Інтервал<br>розмірів,<br>мм | Поле допуску             |      |     |     |     |     |      |      |      |
|                             | e7                       | f7   | h7  | js7 | k7  | m7  | n7   | s7   | u7   |
|                             | Граничні відхилення, мкм |      |     |     |     |     |      |      |      |
| Від 1 до 3                  | -14                      | -6   | 0   | +5  | 10  | -   | +14  | +24  | +28  |
|                             | -24                      | -16  | -10 | -5  | 0   | -   | +4   | +14  | +18  |
| Понад 3 » 6                 | -20                      | -10  | 0   | +6  | +13 | +16 | +20  | +31  | +35  |
|                             | -32                      | -22  | -12 | -6  | +41 | +4  | +8   | +19  | +23  |
| » 6 » 10                    | -25                      | -13  | 0   | +7  | +16 | +21 | +25  | +38  | +43  |
|                             | -40                      | -28  | -15 | -7  | +1  | +6  | +10  | +23  | +2t  |
| » 10 » 14                   | -32                      | -16  | 0   | +9  | +19 | +25 | +30  | +46  | +51  |
|                             | -50                      | -34  | -18 | -9  | +1  | +7  | +12  | +28  | +33  |
| » 14 » 18                   | -40                      | -20  | 0   | +10 | +23 | +29 | +36  | +56  | +62  |
|                             | -61                      | -41  | -21 | -10 | +2  | +8  | +15  | +35  | +41  |
| » 18 » 24                   | -40                      | -20  | 0   | +10 | +23 | +29 | +36  | +56  | +62  |
|                             | -61                      | -41  | -21 | -10 | +2  | +8  | +15  | +35  | +41  |
| » 24 » 30                   | -40                      | -20  | 0   | +10 | +23 | +29 | +36  | +56  | +62  |
|                             | -61                      | -41  | -21 | -10 | +2  | +8  | +15  | +35  | +41  |
| » 30 » 40                   | -50                      | -25  | 0   | +12 | +27 | +34 | +42  | +68  | +85  |
|                             | -75                      | -50  | -25 | -12 | +2  | +9  | +17  | +43  | +60  |
| » 40 » 50                   | -50                      | -25  | 0   | +12 | +27 | +34 | +42  | +68  | +85  |
|                             | -75                      | -50  | -25 | -12 | +2  | +9  | +17  | +43  | +60  |
| » 50 » 65                   | -60                      | -30  | 0   | +15 | +32 | +41 | +50  | +83  | +117 |
|                             | -90                      | -60  | -30 | -15 | +2  | +11 | +20  | +53  | +87  |
| » 65 » 80                   | -60                      | -30  | 0   | +15 | +32 | +41 | +50  | +83  | +117 |
|                             | -90                      | -60  | -30 | -15 | +2  | +11 | +20  | +53  | +87  |
| » 80 » 100                  | -72                      | -36  | 0   | +17 | +38 | +48 | +58  | +106 | +159 |
|                             | -107                     | -71  | -35 | -17 | +3  | +13 | +23  | +71  | +124 |
| » 100 » 120                 | -72                      | -36  | 0   | +17 | +38 | +48 | +58  | +106 | +159 |
|                             | -107                     | -71  | -35 | -17 | +3  | +13 | +23  | +71  | +124 |
| » 120 » 140                 | -85                      | -43  | 0   | +20 | +43 | +55 | +67  | +132 | +210 |
|                             | -125                     | -83  | -40 | -20 | +3  | +15 | +27  | +92  | +170 |
| » 140 » 160                 | -85                      | -43  | 0   | +20 | +43 | +55 | +67  | +132 | +210 |
|                             | -125                     | -83  | -40 | -20 | +3  | +15 | +27  | +92  | +170 |
| » 160 » 180                 | -85                      | -43  | 0   | +20 | +43 | +55 | +67  | +132 | +210 |
|                             | -125                     | -83  | -40 | -20 | +3  | +15 | +27  | +92  | +170 |
| » 180 » 200                 | -100                     | -50  | 0   | +23 | +50 | +63 | +77  | +168 | +282 |
|                             | -146                     | -96  | -46 | 23  | +4  | +17 | +31  | +122 | +236 |
| » 200 » 225                 | -100                     | -50  | 0   | +23 | +50 | +63 | +77  | +168 | +282 |
|                             | -146                     | -96  | -46 | 23  | +4  | +17 | +31  | +122 | +236 |
| » 225 » 250                 | -100                     | -50  | 0   | +23 | +50 | +63 | +77  | +168 | +282 |
|                             | -146                     | -96  | -46 | 23  | +4  | +17 | +31  | +122 | +236 |
| » 250 » 280                 | -110                     | -56  | 0   | +26 | +56 | +72 | +86  | +210 | +367 |
|                             | -162                     | -108 | -52 | -26 | +4  | +20 | +34  | +158 | +315 |
| » 280 » 315                 | -110                     | -56  | 0   | +26 | +56 | +72 | +86  | +210 | +367 |
|                             | -162                     | -108 | -52 | -26 | +4  | +20 | +34  | +158 | +315 |
| » 315 » 355                 | -125                     | -62  | 0   | +28 | +61 | +78 | +94  | +247 | +447 |
|                             | -182                     | -119 | -57 | -28 | +4  | +21 | +37  | +190 | +390 |
| » 355 » 400                 | -125                     | -62  | 0   | +28 | +61 | +78 | +94  | +247 | +447 |
|                             | -182                     | -119 | -57 | -28 | +4  | +21 | +37  | +190 | +390 |
| » 400 » 450                 | -135                     | -68  | 0   | +31 | +68 | +86 | +103 | +296 | +553 |
|                             | -198                     | -131 | -63 | -31 | +5  | +23 | +40  | +232 | +490 |
| » 450 » 500                 | -135                     | -68  | 0   | +31 | +68 | +86 | +103 | +296 | +553 |
|                             | -198                     | -131 | -63 | -31 | +5  | +23 | +40  | +232 | +490 |
|                             |                          |      |     |     |     |     |      | +315 | +603 |
|                             |                          |      |     |     |     |     |      | +252 | +540 |

Таблиця Б.14

| Інтервал розмірів, мм | Поле допуску             |      |      |      |     |     |      |      |       |      |      |      |      |     |      |      |
|-----------------------|--------------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|-------|------|------|------|------|-----|------|------|
|                       | c8                       | d8   | e8   | f8   | h8  | js8 | u8   | x8   | z8    | d9   | e9   | f9   | h9   | js9 |      |      |
|                       | Граничні відхилення, мкм |      |      |      |     |     |      |      |       |      |      |      |      |     |      |      |
| Від 1 до 3            | -60                      | -20  | -14  | -6   | 0   | +7  | +32  | +34  | +40   | -20  | -14  | -6   | 0    | +12 |      |      |
|                       | -74                      | -34  | -28  | -20  | -14 | -   | +18  | +20  | +26   | 45   | 39   | -31  | -25  | -12 |      |      |
| Понад 3 » 6           | -70                      | -30  | -20  | -10  | 0   | +9  | +41  | +46  | +53   | -30  | -20  | -10  | 0    | +15 |      |      |
|                       | -88                      | -48  | -38  | -28  | -18 | -9  | +23  | +28  | +35   | 60   | 50   | 40   | -30  | -15 |      |      |
| » 6 » 10              | -80                      | -40  | -25  | -13  | 0   | +11 | +50  | +56  | +64   | -40  | -25  | -13  | 0    | +18 |      |      |
|                       | -102                     | -62  | -47  | -35  | -22 | -11 | +28  | +34  | +42   | -76  | -61  | -49  | -36  | -18 |      |      |
| » 10 » 14             | -95                      | -50  | -32  | -16  | 0   | +13 | +60  | +67  | +77   | -50  | -32  | -16  | 0    | +21 |      |      |
|                       | -122                     | -77  | -59  | -43  | -27 | -13 | +33  | +40  | +50   |      |      |      |      |     | +72  | +87  |
| » 14 » 18             |                          |      |      |      |     |     |      | +45  | +60   |      |      |      |      |     |      |      |
|                       |                          |      |      |      |     |     |      |      |       |      |      |      |      |     |      |      |
| » 18 » 24             | -110                     | -65  | -40  | -20  | 0   | +16 | +74  | +87  | +106  | -65  | -40  | -20  | 0    | +26 |      |      |
|                       | -143                     | -98  | -73  | -53  | -33 | -16 | +41  | +54  | +73   |      |      |      |      |     | +81  | +97  |
| » 24 » 30             |                          |      |      |      |     |     | +48  | +64  | +88   |      |      |      |      |     |      |      |
|                       |                          |      |      |      |     |     |      |      |       |      |      |      |      |     |      |      |
| » 30 » 40             | -120                     | -80  | -50  | -25  | 0   | +19 | +99  | +119 | +151  | -80  | -50  | -25  | 0    | +31 |      |      |
|                       | -159                     |      |      |      |     |     | +60  | +80  | +112  |      |      |      |      |     | -142 | -112 |
| » 40 » 50             | -130                     | -119 | -89  | -64  | -39 | -19 | +109 | +136 | +175  |      |      |      |      |     |      |      |
|                       | -169                     |      |      |      |     |     | +70  | +97  | +136  |      |      |      |      |     |      |      |
| » 50 » 65             | -140                     | -100 | -60  | -30  | 0   | +23 | +133 | +168 | +218  | -100 | -60  | -30  | 0    | +37 |      |      |
|                       | -186                     |      |      |      |     |     | +87  | +122 | +172  |      |      |      |      |     | +142 | -112 |
| » 65 » 80             | -150                     | -146 | -106 | -76  | -46 | -23 | +148 | +192 | +256  |      |      |      |      |     |      |      |
|                       | -196                     |      |      |      |     |     | +102 | +146 | +210  |      |      |      |      |     |      |      |
| » 80 » 100            | -170                     | -120 | -72  | -36  | 0   | +27 | +178 | +232 | +312  | -120 | -72  | -36  | 0    | +43 |      |      |
|                       | -224                     |      |      |      |     |     | +124 | +178 | +258  |      |      |      |      |     | -207 | -159 |
| » 100 » 120           | -180                     | -174 | -126 | -90  | -54 | -27 | +198 | +264 | +364  |      |      |      |      |     |      |      |
|                       | -234                     |      |      |      |     |     | +144 | +210 | +310  |      |      |      |      |     |      |      |
| » 120 » 140           | -200                     | -145 | -85  | -43  | 0   | +31 | +233 | +311 | +428  | -145 | -85  | -43  | 0    | +50 |      |      |
|                       | -263                     |      |      |      |     |     | +170 | +248 | +365  |      |      |      |      |     | -245 | -185 |
| » 140 » 160           | -210                     | -208 | -148 | -106 | -63 | -31 | +253 | +343 | +478  |      |      |      |      |     |      |      |
|                       | -273                     |      |      |      |     |     | +190 | +280 | +415  |      |      |      |      |     |      |      |
| » 160 » 180           | -230                     | -170 | -100 | -50  | 0   | +36 | +273 | +373 | +528  | -170 | -100 | -50  | 0    | +57 |      |      |
|                       | -293                     |      |      |      |     |     | +210 | +310 | +465  |      |      |      |      |     | -285 | -215 |
| » 180 » 200           | -240                     | -170 | -100 | -50  | 0   | +36 | +308 | +422 | +592  | -170 | -100 | -50  | 0    | +57 |      |      |
|                       | -312                     |      |      |      |     |     | +236 | +350 | +520  |      |      |      |      |     | -285 | -215 |
| » 200 » 225           | -230                     | -242 | -172 | -122 | -72 | -36 | +330 | +457 | +647  |      |      |      |      |     |      |      |
|                       | -332                     |      |      |      |     |     | +258 | +385 | +575  |      |      |      |      |     |      |      |
| » 225 » 250           | -280                     | -190 | -110 | -56  | 0   | +40 | +356 | +497 | +712  | -190 | -110 | -56  | 0    | +65 |      |      |
|                       | -352                     |      |      |      |     |     | +284 | +425 | +640  |      |      |      |      |     | -320 | -240 |
| » 250 » 280           | -300                     | -271 | -191 | -137 | -81 | -40 | +396 | +556 | +791  |      |      |      |      |     |      |      |
|                       | -381                     |      |      |      |     |     | +315 | +475 | +710  |      |      |      |      |     |      |      |
| » 280 » 315           | -330                     | -210 | -125 | -62  | 0   | +44 | +431 | +606 | +871  | -210 | -125 | -62  | 0    | +70 |      |      |
|                       | -411                     |      |      |      |     |     | +350 | +525 | +790  |      |      |      |      |     | -350 | -265 |
| » 315 » 355           | -360                     | -299 | -214 | -151 | -89 | -44 | +479 | +679 | +989  |      |      |      |      |     |      |      |
|                       | -449                     |      |      |      |     |     | +390 | +390 | +900  |      |      |      |      |     |      |      |
| » 355 » 400           | -400                     | -230 | -135 | -68  | 0   | +48 | +524 | +749 | +1089 | -230 | -135 | -68  | 0    | +77 |      |      |
|                       | -489                     |      |      |      |     |     | +435 | +660 | +1000 |      |      |      |      |     | -385 | -290 |
| » 400 » 450           | -440                     | -327 | -232 | -165 | -97 | -48 | +587 | +837 | +1197 |      |      |      |      |     |      |      |
|                       | -537                     |      |      |      |     |     | +490 | +740 | +1100 |      |      |      |      |     |      |      |
| » 450 » 500           | -480                     | -327 | -232 | -165 | -97 | -48 | +637 | +917 | +1347 | -385 | -290 | -223 | -155 | -77 |      |      |
|                       | -577                     |      |      |      |     |     | +540 | +820 | +1250 |      |      |      |      |     |      |      |



Таблиця Б.15. Вихідні дані для розрахунку і вибору перехідних посадок

| Варі-<br>ант | Посадка    | Варіант | Посадка     | Варіант | Посадка    |
|--------------|------------|---------|-------------|---------|------------|
| 1            | 2          | 3       | 4           | 5       | 6          |
| 1            | Ø30JS7/h6  | 19      | Ø120H6/n5   | 37      | Ø140JS7/h7 |
| 2            | Ø50K7/h6   | 20      | Ø150H6/j5   | 38      | Ø150K6/h5  |
| 3            | Ø80M7/h6   | 21      | Ø6JS7/h6    | 39      | Ø160K7/h6  |
| 4            | Ø120N7/h6  | 22      | Ø10K7/h6    | 40      | Ø180J/h6   |
| 5            | Ø150J/h6   | 23      | Ø18M7/h6    | 41      | Ø10H8/js7  |
| 6            | Ø6H7/js6   | 24      | Ø30N7/h6    | 42      | Ø14H8/j7   |
| 7            | Ø10H7/k6   | 25      | Ø40J/h6     | 43      | Ø18H8/k7   |
| 8            | Ø18H7/m6   | 26      | Ø120H8/m7   | 44      | Ø24H8/m7   |
| 9            | Ø30H7/n6   | 27      | Ø150H8/n7   | 45      | Ø30H8/n7   |
| 10           | Ø40H7/j6   | 28      | Ø180H8/k7   | 46      | Ø40JS8/h7  |
| 11           | Ø50H8/m7   | 29      | Ø200H8/j7   | 47      | Ø50J8/h7   |
| 12           | Ø60H8/n7   | 30      | Ø210H8/js7  | 48      | Ø65K8/h7   |
| 13           | Ø70H8/k7   | 31      | Ø50H7/js6   | 49      | Ø80M8/h7   |
| 14           | Ø80H8/j7   | 32      | Ø60H7/k6    | 50      | Ø100N8/h7  |
| 15           | Ø90H8/js7  | 33      | Ø70H7/m6    | 51      | Ø120JS8/h8 |
| 16           | Ø90H6/js5  | 34      | Ø80H7/n6    | 52      | Ø140J8/h8  |
| 17           | Ø100H6/k5  | 35      | Ø100H7/j6   | 53      | Ø160K8/h8  |
| 18           | Ø110H6/m5  | 36      | Ø120JS6/h6  | 54      | Ø180M8/h8  |
| 55           | Ø200N8/h8  | 71      | Ø30H7/js6   | 87      | Ø450H6/j5  |
| 56           | Ø225H8/js8 | 72      | Ø40H7/j6    | 88      | Ø500H6/k5  |
| 57           | Ø250H7/js7 | 73      | Ø50H7/k6    | 89      | Ø30H6/m5   |
| 58           | Ø280H6/js6 | 74      | Ø65H7/m6    | 90      | Ø40H6/n5   |
| 59           | Ø315H5/js5 | 75      | Ø80H7/n6    | 91      | Ø50JS6/h5  |
| 60           | Ø500H9/js8 | 76      | Ø100JS7/h6  | 92      | Ø65J6/h5   |
| 61           | Ø450JS9/h8 | 77      | Ø120J7/h6   | 93      | Ø80K6/h5   |
| 62           | Ø400J9/h8  | 78      | Ø140K7/h6   | 94      | Ø100M6/h5  |
| 63           | Ø315K9/h8  | 79      | Ø160M7/h6   | 95      | Ø120N6/h5  |
| 64           | Ø280M9/h8  | 80      | Ø200N7/h6   | 96      | Ø140H9/js7 |
| 65           | Ø250N9/h8  | 81      | Ø225H7/js7  | 97      | Ø160H9/j7  |
| 66           | Ø6H9/js8   | 82      | Ø250H7/j7   | 98      | Ø180H9/k7  |
| 67           | Ø10H9/j8   | 83      | Ø280H7/k7   | 99      | Ø200H9/m7  |
| 68           | Ø14H9/k8   | 84      | Ø315H7/m7   | 100     | Ø225H9/n7  |
| 69           | Ø18H9/m8   | 85      | Ø355H7/n7   | 101     | Ø250H7/m6  |
| 70           | Ø24H9/n8   | 86      | 400ØH6//js5 | 102     | Ø280H7n6   |

Таблиця Б.16

Похибки, допустимі при вимірюванні лінійних розмірів від 1 до 500 мм (за ГОСТ 8.051-81) для квалітетів

| Номинальні<br>розміри, мм<br>(понад – до) | 5  |     | 6   |     | 7  |    | 8  |    | 9   |    | 10  |    | 11  |    | 12  |     | 13  |     | 14   |     | 15   |     | 16   |     | 17   |      | 18   |      |
|---|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|------|
|   | IT | δ   | IT  | δ   | IT | δ  | IT | δ  | IT  | δ  | IT  | δ  | IT  | δ  | IT  | δ   | IT  | δ   | IT   | δ   | IT   | δ   | IT   | δ   | IT   | δ    | IT   | δ    |
| Від 1 до 3                                | 4  | 1,4 | 6   | 1,8 | 10 | 3  | 14 | 3  | 25  | 6  | 40  | 8  | 60  | 12 | 100 | 20  | 140 | 30  | 250  | 50  | 400  | 80  | 600  | 120 | 1000 | 200  | 1400 | 300  |
| 3 – 6                                     | 5  | 1,6 | 8   | 2   | 12 | 3  | 18 | 4  | 30  | 8  | 48  | 10 | 75  | 16 | 120 | 30  | 180 | 40  | 300  | 60  | 480  | 100 | 750  | 160 | 1200 | 240  | 1800 | 400  |
| 6 – 10                                    | 6  | 2   | 9   | 2   | 15 | 4  | 22 | 5  | 36  | 9  | 58  | 12 | 90  | 18 | 150 | 30  | 220 | 50  | 360  | 80  | 580  | 120 | 900  | 200 | 1500 | 300  | 2200 | 500  |
| 10 – 18                                   | 8  | 2,8 | 11  | 3   | 18 | 5  | 27 | 7  | 43  | 10 | 70  | 14 | 110 | 30 | 180 | 40  | 270 | 60  | 430  | 90  | 700  | 140 | 1100 | 240 | 1800 | 380  | 2700 | 600  |
| 18 – 30                                   | 9  | 3   | 103 | 4   | 21 | 6  | 33 | 8  | 52  | 12 | 84  | 18 | 130 | 30 | 210 | 50  | 330 | 70  | 520  | 120 | 840  | 180 | 1300 | 280 | 2100 | 440  | 3300 | 700  |
| 30 – 50                                   | 11 | 4   | 16  | 5   | 25 | 7  | 39 | 10 | 62  | 16 | 100 | 20 | 160 | 40 | 250 | 50  | 390 | 80  | 620  | 140 | 1000 | 200 | 1600 | 320 | 2500 | 500  | 3900 | 800  |
| 50 – 80                                   | 13 | 4   | 19  | 5   | 30 | 9  | 46 | 12 | 74  | 18 | 120 | 30 | 190 | 40 | 300 | 60  | 460 | 100 | 740  | 160 | 1200 | 240 | 1900 | 400 | 3000 | 600  | 4600 | 1000 |
| 80 – 120                                  | 15 | 5   | 22  | 6   | 35 | 10 | 54 | 12 | 87  | 20 | 140 | 30 | 220 | 50 | 350 | 70  | 540 | 120 | 870  | 180 | 1400 | 280 | 2200 | 440 | 3500 | 700  | 5400 | 1200 |
| 120 – 180                                 | 18 | 6   | 25  | 7   | 40 | 12 | 63 | 16 | 100 | 30 | 160 | 40 | 250 | 50 | 400 | 80  | 630 | 140 | 1000 | 200 | 1600 | 320 | 2500 | 500 | 4000 | 800  | 6300 | 1400 |
| 180 – 250                                 | 20 | 7   | 29  | 8   | 46 | 12 | 72 | 18 | 114 | 30 | 185 | 40 | 290 | 60 | 460 | 100 | 720 | 160 | 1150 | 240 | 1850 | 380 | 2900 | 600 | 4600 | 1000 | 7200 | 1600 |
| 250 – 315                                 | 23 | 8   | 32  | 10  | 52 | 14 | 81 | 20 | 130 | 30 | 210 | 50 | 320 | 70 | 520 | 120 | 810 | 160 | 1300 | 260 | 2100 | 440 | 3200 | 700 | 5200 | 1100 | 8100 | 1800 |
| 315 – 400                                 | 25 | 9   | 36  | 10  | 57 | 16 | 89 | 24 | 140 | 40 | 230 | 50 | 360 | 80 | 570 | 120 | 890 | 180 | 1400 | 280 | 2300 | 460 | 3600 | 800 | 5700 | 1200 | 8900 | 1800 |
| 400 – 500                                 | 27 | 9   | 40  | 12  | 63 | 18 | 97 | 26 | 155 | 40 | 250 | 50 | 400 | 80 | 630 | 140 | 970 | 200 | 1550 | 320 | 2500 | 500 | 4000 | 800 | 6300 | 1400 | 9700 | 2000 |

Таблиця Б.17. Граничні похибки засоби вимірювання лінійних величин, мкм

| Інструмент  | Розмір деталі, мм (понад – до) |         |         |          |           |           |           |           |           |           |
|---|--------------------------------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | 0 - 25                         | 25 - 50 | 50 - 75 | 75 - 100 | 100 - 125 | 125 - 150 | 150 - 175 | 175 - 200 | 200 - 250 | 250 – 300 |
| Штангенциркуль (0,05 мм) при вимірюванні:                     |                                |         |         |          |           |           |           |           |           |           |
| валів   | 100                            | 100     | 100     | 100      | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       |
| отворів   |                                |         |         |          |           |           |           |           |           |           |
| Штангенциркуль (0,1 мм) при вимірюванні:                      |                                |         |         |          |           |           |           |           |           |           |
| валів   | 150                            | 150     | 200     | 200      | 200       | 200       | 200       | 200       | 200       | 250       |
| отворів   | 200                            | 200     | 250     | 250      | 250       | 300       | 300       | 300       | 300       | 300       |
| Штангенглибиномір (0,05 мм)                                   | 100                            | 150     | 150     | 150      | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       |
| Штангенглибиномір (0,1 мм)                                    | 200                            | 250     | 300     | 300      | 300       | 300       | 300       | 300       | 300       | 300       |
| Штангенрейсмус (0,05 мм)                                      | 150                            | 150     | 150     | 150      | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       |
| Штангенрейсмус (0,1 мм)                                       | 250                            | 250     | 250     | 250      | 250       | 250       | 250       | 250       | 250       | 250       |
| Мікрометри типу МК і МП при вимірюванні:                      |                                |         |         |          |           |           |           |           |           |           |
| у руках   | 5                              | 10      | 10      | 15       | 15        | 15        | 20        | 20        | 25        | 50        |
| у стояку  | 5                              | 5       | 10      | 10       | 10        | 10        | 10        | 10        | 15        | 15        |
| Мікрометр важільний типу МР і МРІ (0,002 мм) при вимірюванні: |                                |         |         |          |           |           |           |           |           |           |
| у руках   | 4                              | 6       | 10      | 10       | 15        | 15        | 20        | 20        | 25        | 30        |
| у стояку  | 3                              | 4       | 5       | 6        | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        |
| настроєний за кінцевими мірами 2-го класу                     | 2                              | 2       | 5       | 5        | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         |
| Нутромір мікрометричний МН, настроєний за установчою мірою    | -                              | -       | 15      | 15       | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        | 20        |
| Глибиномір мікрометричний типу ГМ:                            |                                |         |         |          |           |           |           |           |           |           |
| при абсолютних вимірюваннях                                   | 5                              | 20      | 20      | 20       | -         | -         | -         | -         | -         | -         |
| настроєний за кінцевими мірами                                | 5                              | 5       | 5       | 5        | -         | -         | -         | -         | -         | -         |
| настроєний за установчою мірою                                | 5                              | 5       | 10      | 10       | -         | -         | -         | -         | -         | -         |

| Інструмент  | Клас<br>кінцевих мір | Розмір деталі, мм (понад – до) |       |        |         |         |         |         |          |           |     |
|---|----------------------|--------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----|
|   |                      | 1 – 3                          | 3 – 6 | 6 – 10 | 10 – 18 | 18 – 30 | 30 – 50 | 50 – 80 | 80 – 120 | 120 – 180 |     |
| Індикатор типу ІЧ і ІТ з ціною поділки 0,01 мм:   |                      |                                |       |        |         |         |         |         |          |           |     |
| на нормуючій ділянці  | 3                    | 6                              | 6     | 6      | 6       | 7       | 7       | 7       | 7        | 7         |     |
| у межах одного оберту   | 3                    | 6                              | 6     | 6      | 7       | 10      | 10      | 10      | 10       | 10        |     |
| два і більше обертів  | 3                    | 10                             | 10    | 10     | 10      | 10      | 10      | 10      | 10       | 10        |     |
| Індикатор типу МИГ з ціною поділки 0,01 мм:   |                      |                                |       |        |         |         |         |         |          |           |     |
| 0,001 (0 – 1 мм)  | 2                    | 1,5                            | 1,5   | 1,5    | 1,5     | 1,5     | 1,5     | 1,5     | 2        | 2         | 2   |
|   | 3                    | 3                              | 3     | 3      | 3,5     | 4       | 4       | 4       | 4        | 4,5       | 4,5 |
| 0,002 (0 – 2 мм)  | 3                    | 4                              | 4     | 4      | 4       | 4       | 4       | 4       | 5        | 5         | 5   |
|   | 4                    | 4                              | 4     | 4      | 5       | 5       | 5       | 5       | 5        | 5         | 5   |
| Мікатор типу ИМП з ціною поділки, мм:   |                      |                                |       |        |         |         |         |         |          |           |     |
| 0,001 ( $\pm 0,05$ мм)  | 1                    | 1,2                            | 1,5   | 1,5    | 1,5     | 1,5     | 1,5     | 1,5     | 1,5      | 1,5       | -   |
| 0,001 ( $\pm 0,005$ мм)   | 2                    | 1,5                            | 1,5   | 1,5    | 1,5     | 1,5     | 1,5     | 1,5     | 1,5      | 2         | 2   |
| Мікрометр ИГ з ціною поділки, мм  |                      |                                |       |        |         |         |         |         |          |           |     |
| 0,001 ( $\pm 0,05$ мм)  | 2                    | 2                              | 2     | 2      | 2,5     | 2,5     | 2,5     | 3       | 3,5      | 3,5       |     |
| 0,002 ( $\pm 0,1$ мм)   | 3                    | 4                              | 4     | 4      | 4       | 4       | 4       | 4       | 5        | 6         |     |
| Індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,01 мм:   |                      |                                |       |        |         |         |         |         |          |           |     |
| у межах всієї шкали   | -                    | -                              | 15    | 15     | 15      | 20      | 20      | 25      | 25       | 25        |     |
| на нормованій ділянці<br>у 0,1 мм   | -                    | -                              | 10    | 10     | 10      | 10      | 10      | 15      | 15       | 15        |     |
| Індикаторний нутромір<br>(0,001 мм)   | 2                    | 1,5                            | 1,5   | 1,5    | 1,5     | 1,5     | 2,0     | 2,0     | 2,0      | -         |     |
| Індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,0001 або 0,0002 мм при роботі у межах ділянки: |                      |                                |       |        |         |         |         |         |          |           |     |
| 0,1 мм  | -                    | -                              | 4,5   | 4,5    | 4,5     | 5,5     | 5,5     | 6,5     | 6,5      | 7,5       |     |
| 0,003 мм  | -                    | -                              | 2,8   | 2,8    | 2,8     | 3,5     | 3,5     | 4,5     | 4,5      | 6,5       |     |
| Індикаторна скоба з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,01 мм при вимірюванні:                             |                      |                                |       |        |         |         |         |         |          |           |     |
| у руках   | 5                    | 15                             | 15    | 15     | 15      | 15      | 15      | 20      | 20       | 20        |     |
| у стояку  | 3                    | 10                             | 10    | 10     | 10      | 10      | 10      | 10      | 10       | 10        |     |
| Важільна скоба з ціною поділки 0,002 мм при вимірюванні:  |                      |                                |       |        |         |         |         |         |          |           |     |
| у руках   | 3                    | 4                              | 4     | 4      | 4       | 4       | 5       | 10      | 10       | 20        |     |
| у стояку  | 3                    | 4                              | 4     | 4      | 4       | 4       | 4       | 5       | 5        | 10        |     |

Таблиця Б.18. Вихідні дані для визначення основних елементів сполучення

| Номер<br>варіанту | Посадка    | Номер<br>варіанту | Посадка     | Номер<br>варіанту | Посадка     |
|-------------------|------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| 1                 | 2          | 3                 | 4           | 5                 | 6           |
| 1                 | Ø12H11/d10 | 35                | Ø40K8/h7    | 69                | Ø96H11/k10  |
| 2                 | Ø30D8/h7   | 36                | Ø16H7/f6    | 70                | Ø128S7/h6   |
| 3                 | Ø54H8/s7   | 37                | Ø125N7/h6   | 71                | Ø160H7/c6   |
| 4                 | Ø18N7/h6   | 38                | Ø14H8/f7    | 72                | Ø9U9/h8     |
| 5                 | Ø160E9/h8  | 39                | Ø100Y11/h10 | 73                | Ø6H12/b11   |
| 6                 | Ø10H8/r7   | 40                | Ø8H12/h11   | 74                | Ø15K7/h6    |
| 7                 | Ø180E10/h9 | 41                | Ø170N8/h7   | 75                | Ø7H57/js6   |
| 8                 | Ø8H11/d10  | 42                | Ø145H7/s6   | 76                | Ø27Z7/h6    |
| 9                 | Ø65D11/h10 | 43                | Ø14G9/h8    | 77                | Ø17H9/m8    |
| 10                | Ø36H8/f7   | 44                | Ø28H6/h7    | 78                | Ø39K6/h5    |
| 11                | Ø130N7/h6  | 45                | Ø48D11/h10  | 79                | Ø58H10/d9   |
| 12                | Ø28H7/r6   | 46                | Ø66H7/t6    | 80                | Ø78U8/h7    |
| 13                | Ø75E9/h8   | 47                | Ø90T7/h6    | 81                | Ø86Y12/b11  |
| 14                | Ø100H7/js6 | 48                | Ø128H11/d10 | 82                | Ø135E9/h8   |
| 15                | Ø105P7/h6  | 49                | Ø160R6/h5   | 83                | Ø5H8/k7     |
| 16                | Ø16H8/f7   | 50                | Ø120H9/x7   | 84                | Ø64P7/h6    |
| 17                | Ø18P7/h6   | 51                | Ø42N7/6     | 85                | Ø180H7/d6   |
| 18                | Ø10H10/f9  | 52                | Ø114H7/g6   | 86                | Ø16R7/h6    |
| 19                | Ø35D8/h9   | 53                | Ø28N7/h6    | 87                | Ø6H10/f9    |
| 20                | Ø140H7/f7  | 54                | Ø56H8/f7    | 88                | Ø33D7/h6    |
| 21                | Ø48E9/h8   | 55                | Ø20D11/h10  | 89                | Ø138H7/k6   |
| 22                | Ø12H7/r6   | 56                | Ø140H11/d10 | 90                | Ø46E10/h9   |
| 23                | Ø78F7/h9   | 57                | Ø12F10/h9   | 91                | Ø11H7/r6    |
| 24                | Ø129H8/d7  | 58                | Ø170H8/r7   | 92                | Ø76F10/h9   |
| 25                | Ø20R7/h6   | 59                | Ø7F9/h8     | 93                | Ø118H9/d8   |
| 26                | Ø52H11/d10 | 60                | Ø68N7/h6    | 94                | Ø20S7/h6    |
| 27                | Ø33N7/h6   | 61                | Ø38H8/s7    | 95                | Ø54H10/d9   |
| 28                | Ø8H7/r6    | 62                | Ø144D8/h7   | 96                | Ø35N6/h5    |
| 29                | Ø10K7/h6   | 63                | Ø26H11/d10  | 97                | Ø100H11/k10 |
| 30                | Ø180H7/k6  | 64                | Ø12N5/h6    | 98                | Ø130S7/h6   |
| 31                | Ø26N7/h6   | 65                | Ø26H6/s5    | 99                | Ø180H7/c6   |
| 32                | Ø50H11/d10 | 66                | Ø34F9/h8    | 100               | Ø90U9/h8    |
| 33                | Ø15D10/h11 | 67                | Ø55Y10/h9   | 101               | Ø60H12/b11  |
| 34                | Ø120H7/js6 | 68                | Ø82IS7/h6   | 102               | Ø150K7/h6   |

Таблиця Б.19. Вихідні дані для визначення основних елементів селективної збірки

| Вар | Посадка     | n | Вар. | Посадка     | n | Вар | Посадка     | n |
|-----|-------------|---|------|-------------|---|-----|-------------|---|
| 1   | Ø75H9/s9    | 4 | 37   | Ø140F8/h8   | 3 | 73  | Ø18H8/d8    | 3 |
| 2   | Ø30M9/h9    | 3 | 38   | Ø25H9/f9    | 4 | 74  | Ø68C9/h9    | 5 |
| 3   | Ø120H8/k8   | 3 | 39   | Ø96F11/h11  | 5 | 75  | Ø64T7/h7    | 3 |
| 4   | Ø18H8/d8    | 3 | 40   | Ø69H7/u7    | 3 | 76  | Ø84R9/h9    | 3 |
| 5   | Ø60D9/h9    | 5 | 41   | Ø120F8/h8   | 3 | 77  | Ø160H9/f9   | 4 |
| 6   | Ø40H7/d7    | 5 | 42   | Ø16H11/a11  | 5 | 78  | Ø105D9/h9   | 3 |
| 7   | Ø126E9/h9   | 4 | 43   | Ø30K9/h9    | 2 | 79  | Ø90H9/b9    | 5 |
| 8   | Ø120H9/p9   | 3 | 44   | Ø125H8/g8   | 3 | 80  | Ø56F8/h8    | 2 |
| 9   | Ø70P7/h7    | 3 | 45   | Ø84C11/h11  | 4 | 81  | Ø30H9/p9    | 4 |
| 10  | Ø24H9/k9    | 4 | 46   | Ø100H10/p10 | 5 | 82  | Ø82C9/h9    | 5 |
| 11  | Ø40P9/h9    | 4 | 47   | Ø160F9/h9   | 2 | 83  | Ø88H8/d8    | 3 |
| 12  | Ø50H8/d8    | 3 | 48   | Ø24H8/e8    | 3 | 84  | Ø22C9/h9    | 4 |
| 13  | Ø75H9/s9    | 4 | 49   | Ø36K6/h6    | 4 | 85  | Ø40D10/h10  | 2 |
| 14  | Ø24H8/e8    | 3 | 50   | Ø60H10/c10  | 5 | 86  | Ø50H9/k9    | 3 |
| 15  | Ø62D9/h9    | 5 | 51   | Ø20D10/h10  | 2 | 87  | Ø65H9/m9    | 4 |
| 16  | Ø36H8/d8    | 3 | 52   | Ø10H9/k9    | 3 | 88  | Ø80H10/r10  | 4 |
| 17  | Ø140B9/h9   | 4 | 53   | Ø10H9/k9    | 3 | 89  | Ø100H8/m8   | 3 |
| 18  | Ø100H8/d8   | 2 | 54   | Ø63S7/h7    | 3 | 90  | Ø120H8/s8   | 2 |
| 19  | Ø80G8/h8    | 2 | 55   | Ø20H9/m9    | 4 | 91  | Ø140M9/h9   | 3 |
| 20  | Ø100H9/f9   | 3 | 56   | Ø48R10/h10  | 4 | 92  | Ø160U9/h9   | 3 |
| 21  | Ø24F9/h9    | 4 | 57   | Ø32H8/m8    | 3 | 97  | Ø180H10/m10 | 4 |
| 22  | Ø90H8/c8    | 3 | 58   | Ø72H8/s8    | 2 | 98  | Ø200B11/h11 | 5 |
| 23  | Ø85C9/h9    | 5 | 59   | Ø24M9/h9    | 3 | 99  | Ø225C9/h9   | 5 |
| 24  | Ø140H9/p9   | 4 | 60   | Ø110H8/k8   | 3 | 100 | Ø250P9/h9   | 4 |
| 25  | Ø60P8/h8    | 2 | 61   | Ø15H8/f8    | 3 | 101 | Ø280H9/f9   | 4 |
| 26  | Ø85H9/b9    | 5 | 62   | Ø68B8/h8    | 5 | 102 | Ø315M9/h9   | 3 |
| 27  | Ø110D9/h9   | 3 | 63   | Ø42H10/r10  | 5 | 103 | Ø355S7/h7   | 3 |
| 28  | Ø180H9/e9   | 4 | 64   | Ø140V9/h9   | 4 | 104 | Ø400H10/d10 | 4 |
| 29  | Ø84U9/h9    | 3 | 65   | Ø72H9/js9   | 3 | 105 | Ø450D11/h11 | 5 |
| 30  | Ø36H10/m10  | 4 | 66   | Ø94R7/h7    | 5 | 106 | Ø500H10/e10 | 2 |
| 31  | Ø24B11/h11  | 5 | 67   | Ø156H8/x8   | 4 | 107 | Ø6F8/h8     | 3 |
| 32  | Ø50H7/m7    | 2 | 68   | Ø16B9/h9    | 5 | 108 | Ø1H9/f9     | 4 |
| 33  | Ø80S7/h7    | 3 | 69   | Ø148H9/k9   | 4 | 109 | Ø14F11/h11  | 5 |
| 34  | Ø75H10/d10  | 4 | 70   | Ø22X8/h8    | 3 | 110 | Ø24H7/u7    | 3 |
| 35  | Ø40D11/h11  | 5 | 71   | Ø13H9/e9    | 2 | 111 | Ø40F8/h8    | 3 |
| 36  | Ø100H10/e10 | 2 | 72   | Ø52U7/h7    | 3 | 112 | Ø65H11/a11  | 5 |

Таблиця Б.20. Допустимі інтенсивності навантажень на посадочних поверхнях валів і корпусів

| Діаметр отвору внутрішнього кільця вальниці d, мм |      | Навантаження PR, кН/м <sup>2</sup> , для полів допусків |             |             |             |
|---|------|---|-------------|-------------|-------------|
| Понад   | до   | js5, js6  | k6          | m6          | n6          |
| 18  | 80   | до 300  | 300...1350  | 1350...1600 | 1600...3000 |
| 80  | 180  | до 500  | 500...2000  | 2000...2500 | 2500...4000 |
| 180   | 360  | до 700  | 700...3000  | 3000...3500 | 3500...6000 |
| 360   | 630  | до 900  | 900...3500  | 3500...4500 | 4500...8000 |
| Діаметр зовнішнього кільця вальниці D, мм         |      | Навантаження PR, кН/м <sup>2</sup> , для полів допусків |             |             |             |
| понад   | до   | K7  | M7          | N7          | P7          |
| 50  | 180  | до 800  | 800...1000  | 1000...1300 | 1300...2500 |
| 180   | 360  | до 1000   | 1000...1500 | 1500...2000 | 2000...3300 |
| 360   | 630  | до 1200   | 1200...2000 | 2000...2600 | 2600...4000 |
| 630   | 1600 | до 1600   | 1600...2500 | 2500...3500 | 3500...5500 |

Таблиця Б.21. Динамічний коефіцієнт посадки  $k_d$

| Характер навантаження  | $k_d$ |
|--|-------|
| Навантаження з помірними поштовхами і вібраціями, перевантажені до 150 % | 1,0   |
| Навантаження з сильними поштовхами і вібраціями, перевантажені до 300 %  | 1,8   |

Таблиця Б.22. Коефіцієнт, що враховує послаблення посадкового натягу,  $k_1$

| $d_{отв} / d$ або $D / D_{кор}$ |     | Вал          |                 |                | Корпус |
|---------------------------------|-----|--------------|-----------------|----------------|--------|
| понад                           | до  | $D \leq 1,5$ | $D = 1,5 - 2,0$ | $D \geq 2 - 3$ |        |
| —                               | 0,4 | 1,0          | 1,0             | 1,0            | 1,0    |
| 0,4                             | 0,7 | 1,2          | 1,4             | 1,6            | 1,1    |
| 0,7                             | 0,8 | 1,5          | 1,7             | 2,0            | 1,4    |
| 0,8                             | -   | 2,0          | 2,3             | 3,0            | 1,8    |

Таблиця Б.23. Значення коефіцієнта  $k_2$ 

| $(F_a/F_r)\text{ctg}\beta$ |     | $k_2$ | Примітки   |
|----------------------------|-----|-------|--|
| понад                      | до  |       |  |
| –                          | 0,2 | 1,0   | 1. $F_a$ і $F_r$ – відповідно осьова і радіальна реакції; $\beta$ – кут тиску.<br>2. Для радіальних і радіально-упорних вальниць з одним зовнішнім кільцем $k_2 = 1$ . |

Таблиця Б.24. Граничні відхили діаметра циліндричного отвору внутрішніх кілець радіальних і радіально упорних вальниць (за ГОСТ 520:2015)

| Інтервал діаметрів $d$ , мм, понад – до | Клас точності вальниць              |    |     |    |     |    |     |    |
|---|-------------------------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|
|   | P0                                  |    | P6  |    | P5  |    | P4  |    |
|   | Граничні відхили діаметра $d$ , мкм |    |     |    |     |    |     |    |
|   | EI                                  | ES | EI  | ES | EI  | ES | EI  | ES |
| 1                                       | 2                                   | 3  | 4   | 5  | 6   | 7  | 8   | 9  |
| Від 0,6 до 2,5                          | -8                                  | 0  | -7  | 0  | -5  | 0  | -4  | 0  |
| 2,5 – 10                                | -8                                  | 0  | -7  | 0  | -5  | 0  | -4  | 0  |
| 10 – 18                                 | -8                                  | 0  | -7  | 0  | -5  | 0  | -4  | 0  |
| 18 – 30                                 | -10                                 | 0  | -8  | 0  | -6  | 0  | -5  | 0  |
| 30 – 50                                 | -12                                 | 0  | -10 | 0  | -8  | 0  | -6  | 0  |
| 50 – 80                                 | -15                                 | 0  | -12 | 0  | -9  | 0  | -7  | 0  |
| 80 – 120                                | -20                                 | 0  | -15 | 0  | -10 | 0  | -8  | 0  |
| 120 – 180                               | -25                                 | 0  | -18 | 0  | -13 | 0  | -10 | 0  |
| 180 – 250                               | -30                                 | 0  | -22 | 0  | -15 | 0  | -12 | 0  |
| 250 – 315                               | -35                                 | 0  | -25 | 0  | -18 | 0  | -   | -  |
| 315 – 400                               | -40                                 | 0  | -30 | 0  | -23 | 0  | -   | -  |
| 400 – 500                               | -45                                 | 0  | -35 | 0  | -   | -  | -   | -  |
| 500 – 630                               | -50                                 | 0  | -40 | 0  | -   | -  | -   | -  |
| 630 – 800                               | -75                                 | 0  | -   | -  | -   | -  | -   | -  |
| 800 – 1000                              | -100                                | 0  | -   | -  | -   | -  | -   | -  |
| 1000 – 1250                             | -125                                | 0  | -   | -  | -   | -  | -   | -  |
| 1250 – 1600                             | -160                                | 0  | -   | -  | -   | -  | -   | -  |
| 1600 – 2000                             | -200                                | 0  | -   | -  | -   | -  | -   | -  |



Таблиця Б.25. Рекомендовані поля допусків для місцево навантажених кілець вальниць

| Розмір посадочного діаметра, мм   |     | Посадка                  |                                    |                                    | Тип вальниці   |
|---|-----|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
|   |     | на вал                   | у корпус сталевий чи чавунний      |                                    |  |
| понад   | до  |                          |                                    | не рознімний                       | рознімний  |
| Навантаження спокійне чи з помірними поштовхами і вібрацією, перевантаження до 150% |     |                          |                                    |                                    |  |
| –   | 80  | h5, h6, g5               | H6, M7                             | H6, H7                             | Крім штампованих голчастих                                 |
| 80  | 260 | g6, f6, i <sub>s</sub> 6 | G6, G7                             | H6, H7                             |  |
| Навантаження з ударами і вібрацією, перевантаження до 300%                          |     |                          |                                    |                                    |  |
| –   | 80  | h5, h6                   | I <sub>s</sub> 6, I <sub>s</sub> 7 | I <sub>s</sub> 6, I <sub>s</sub> 7 | Крім штампованих голчастих, роликкових, конічних, 2-рядних |
| 80  | 260 | h5, h6                   | I <sub>s</sub> 6, I <sub>s</sub> 7 | I <sub>s</sub> 6, I <sub>s</sub> 7 |  |

Таблиця Б.26. Граничні відхилення зовнішнього діаметра зовнішніх кілець радіальних і радіально-упорних (крім конічних) вальниць (за ГОСТ 520:2015)

| Інтервал діаметрів D, мм, понад – до | Клас точності вальниць              |      |    |     |    |     |    |     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------|----|-----|----|-----|----|-----|
|                                      | P0                                  |      | P6 |     | P5 |     | P4 |     |
|                                      | Граничні відхилення діаметра D, мкм |      |    |     |    |     |    |     |
|                                      | es                                  | ei   | es | ei  | es | ei  | es | ei  |
| Від 2,5 до 6                         | 0                                   | -8   | 0  | -7  | 0  | -5  | 0  | -40 |
| 6 – 18                               | 0                                   | -8   | 0  | -7  | 0  | -5  | 0  | -40 |
| 18 – 30                              | 0                                   | -9   | 0  | -8  | 0  | -6  | 0  | -5  |
| 30 – 50                              | 0                                   | -11  | 0  | -9  | 0  | -7  | 0  | -6  |
| 50 – 80                              | 0                                   | -13  | 0  | -11 | 0  | -9  | 0  | -7  |
| 80 – 120                             | 0                                   | -15  | 0  | -13 | 0  | -10 | 0  | -8  |
| 120 – 150                            | 0                                   | -18  | 0  | -15 | 0  | -11 | 0  | -9  |
| 150 – 180                            | 0                                   | -20  | 0  | -18 | 0  | -13 | 0  | -10 |
| 180 – 250                            | 0                                   | -30  | 0  | -20 | 0  | -15 | 0  | -11 |
| 250 – 315                            | 0                                   | -35  | 0  | -25 | 0  | -18 | 0  | -13 |
| 315 – 400                            | 0                                   | -40  | 0  | -28 | 0  | -20 | 0  | -15 |
| 400 – 500                            | 0                                   | -45  | 0  | -33 | 0  | -23 | -0 | -   |
| 500 – 630                            | 0                                   | -50  | 0  | -38 | 0  | -28 | -  | -   |
| 630 – 800                            | 0                                   | -75  | 0  | -45 | 0  | -35 | -  | -   |
| 800 – 1000                           | 0                                   | -100 | 0  | -60 | -  | -   | -  | -   |
| 1000 – 1250                          | 0                                   | -125 | -  | -   | -  | -   | -  | -   |
| 1250 – 1600                          | 0                                   | -160 | -  | -   | -  | -   | -  | -   |
| 1600 – 2000                          | 0                                   | -200 | -  | -   | -  | -   | -  | -   |
| 2000 – 2500                          | 0                                   | -250 | -  | -   | -  | -   | -  | -   |

| Таблиця Б.27. Граничні відхили посадочии місць роликів конічних вальниць (за ДСТУ ГОСТ 520:2015) |               |         |     |  |     |  |               |         |     |   |     |    |     |    |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
|--|---------------|---------|-----|--|-----|--|---------------|---------|-----|---|-----|----|-----|----|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| Внутрішні кілця  |               |         |     |  |     | Зовнішні кілця                           |               |         |     |   |     |    |     |    |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
| Інтервал діаметрів $d$ , мм (понад – до)   | Клас точності |         |     |  |     | Інтервал діаметрів $D$ , мм (понад – до) | Клас точності |         |     |   |     |    |     |    |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
|  | P0            | P6 і P5 | P4  | Граничні відхили діаметра отвору $d_m$ , мкм |     |  | P0            | P6 і P5 | P4  | Граничні відхили зовнішнього діаметра $D_m$ , мкм |     |    |     |    |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
|  |               |         |     | EI   | ES  |  |               |         |     | EI  | ES  | ei | es  | ei | es  |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
| Від 10 до 18   | -8            | 0       | -7  | 0  | -5  | 0  | -8            | 0       | -7  | 0   | -5  | 0  | -8  | 0  | -7  | 0 | -5  | 0 | -8  | 0 | -7  | 0 |     |   |     |   |
| 18 – 30  | -10           | 0       | -8  | 0  | -6  | 0  | -10           | 0       | -8  | 0   | -6  | 0  | -10 | 0  | -8  | 0 | -6  | 0 | -10 | 0 | -8  | 0 | -6  | 0 |     |   |
| 30 – 50  | -12           | 0       | -10 | 0  | -8  | 0  | -12           | 0       | -10 | 0   | -8  | 0  | -12 | 0  | -10 | 0 | -8  | 0 | -12 | 0 | -10 | 0 | -8  | 0 | -6  | 0 |
| 50 – 80  | -15           | 0       | -12 | 0  | -9  | 0  | -15           | 0       | -12 | 0   | -9  | 0  | -15 | 0  | -12 | 0 | -9  | 0 | -15 | 0 | -12 | 0 | -9  | 0 | -10 | 0 |
| 80 – 120   | -20           | 0       | -15 | 0  | -10 | 0  | -20           | 0       | -15 | 0   | -10 | 0  | -20 | 0  | -15 | 0 | -10 | 0 | -20 | 0 | -15 | 0 | -10 | 0 | -11 | 0 |
| 120 – 180  | -25           | 0       | -18 | 0  | -13 | 0  | -25           | 0       | -18 | 0   | -13 | 0  | -25 | 0  | -18 | 0 | -13 | 0 | -25 | 0 | -18 | 0 | -13 | 0 | -13 | 0 |
| 180 – 250  | -30           | 0       | -22 | 0  | -15 | 0  | -30           | 0       | -22 | 0   | -15 | 0  | -30 | 0  | -22 | 0 | -15 | 0 | -30 | 0 | -22 | 0 | -15 | 0 | -20 | 0 |
| 250 – 315  | -35           | 0       | -25 | 0  | -   | -  | -35           | 0       | -25 | 0   | -   | -  | -35 | 0  | -25 | 0 | -   | - | -35 | 0 | -25 | 0 | -   | - | -25 | 0 |
| 315 – 400  | -40           | 0       | -30 | 0  | -   | -  | -40           | 0       | -30 | 0   | -   | -  | -40 | 0  | -30 | 0 | -   | - | -40 | 0 | -30 | 0 | -   | - | -40 | 0 |

Таблиця Б.28. Нормальні радіальні зазори  $G_{re}$ 

| Номінальний діаметр $d$ , мм |     | Типи вальниць*                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------|-----|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                              |     | 1                                |     | 2   |     | 3   |     | 4   |     | 5   |     |
|                              |     | Радіальний початковий зазор, мкм |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| понад                        | до  | min                              | max | min | max | min | max | min | max | min | max |
| 2,5                          | 6   | 2                                | 13  | 5   | 10  | 10  | 40  | 9   | 17  | 20  | 35  |
| 6                            | 10  |                                  |     | 6   | 12  |     |     |     |     |     |     |
| 10                           | 14  | 3                                | 18  | 6   | 13  | 10  | 40  | 9   | 17  | 20  | 35  |
| 14                           | 18  |                                  |     | 8   | 15  |     |     |     |     |     |     |
| 18                           | 24  | 5                                | 20  | 10  | 17  | 10  | 45  | 9   | 17  | 25  | 40  |
| 24                           | 30  |                                  |     | 11  | 19  |     |     |     |     |     |     |
| 30                           | 40  | 6                                | 20  | 13  | 23  | 15  | 50  | 10  | 20  | 30  | 45  |
| 40                           | 50  | 6                                | 23  | 14  | 25  | 20  | 55  | 13  | 23  | 35  | 55  |
| 50                           | 65  | 8                                | 28  | 16  | 30  | 20  | 65  | 15  | 27  | 40  | 65  |
| 65                           | 80  | 10                               | 30  | 18  | 35  | 25  | 75  | 20  | 35  | 50  | 80  |
| 80                           | 100 | 12                               | 36  | 22  | 42  | 30  | 80  | 25  | 45  | 60  | 100 |
| 100                          | 120 | 15                               | 41  | 25  | 50  | 35  | 90  | 30  | 50  | 75  | 120 |

\*Типи вальниць: 1–радіальні кулькові однорядні без канавок для вставлення кульок;

2–радіальні кулькові сферичні;

3–радіальні роликові с короткими циліндричними роликами;

4–радіальні роликові сферичні однорядні;

5–радіальні роликові сферичні дворядні.

Таблиця Б.29. Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок для деталей, які з'єднуються з вальницями кочення, шпонкових з'єднань, нарізних з'єднань

| Номер варіанта | Завдання 5       |                            | Завдання 6             |               | Завдання 8               |
|----------------|------------------|----------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|
|                | номер підшипника | радіальне навантаження, кН | діаметр вала, $d$ , мм | вид з'єднання | умовні позначення нарізі |
| 1              | 2                | 3                          | 4                      | 5             | 6                        |
| 1              | 105              | 1,6                        |                        | 3             | M6-5E/6h                 |
| 2              | 106              | 1,8                        | 20                     | 1             | M8-5F/6g                 |
| 3              | 107              | 2,0                        | 25                     | 2             | M10-6E/6e                |
| 4              | 108              | 2,2                        | 30                     | 3             | M12-6F/6f                |
| 5              | 109              | 2,4                        | 35                     | 1             | M14-5H/6d                |
| 6              | 110              | 2,0                        | 50                     | 2             | M12-6H/6e                |
| 7              | 111              | 2,4                        | 55                     | 3             | M12-7H/8g                |
| 8              | 112              | 2,8                        | 60                     | 1             | M14-7G/8g                |
| 9              | 113              | 3,2                        | 65                     | 2             | M14-7H/8g                |
| 10             | 114              | 3,0                        | 75                     | 3             | M16-5H6H/6d              |
| 11             | 204              | 4,5                        | 17                     | 1             | M12x1,5-6H/6g            |
| 12             | 205              | 2,0                        | 20                     | 1             | M18x1,5-6H/6g            |

| Продовження табл. Б.29 |      |      |    |   |               |
|------------------------|------|------|----|---|---------------|
| 1                      | 2    | 3    | 4  | 5 | 6             |
| 13                     | 206  | 2,1  | 25 | 2 | M22x1,5-6H/6e |
| 14                     | 207  | 2,6  | 30 | 3 | M28x1,5-7H/8h |
| 15                     | 208  | 2,8  | 35 | 1 | M38x1,5-6G/6g |
| 16                     | 209  | 3,0  | 40 | 2 | M32x1,5-7H/8g |
| 17                     | 210  | 3,5  | 45 | 3 | M42x1,5-6G/6d |
| 18                     | 211  | 4,0  | 50 | 1 | M48x1,5-7G/6h |
| 19                     | 212  | 4,5  | 55 | 2 | M53x1,5-7G/8g |
| 20                     | 213  | 4,8  | 70 | 2 | M18-6H/6d     |
| 21                     | 214  | 5,0  | 75 | 3 | M20-7H/8g     |
| 22                     | 304  | 4,5  | 15 | 2 | M8x1-5H6H/6e  |
| 23                     | 305  | 2,5  | 30 | 3 | M16x1-6H/6h   |
| 24                     | 306  | 3,0  | 35 | 1 | M20x1-6G/6g   |
| 25                     | 307  | 3,5  | 40 | 2 | M25x1-7H/6e   |
| 26                     | 308  | 4,0  | 45 | 3 | M30x1-7G/8h   |
| 27                     | 309  | 4,5  | 50 | 1 | M36x1-6H/6g   |
| 28                     | 310  | 5,0  | 55 | 2 | M42x1,5-6G/6e |
| 29                     | 311  | 5,5  | 60 | 3 | M45x2-7H/8g   |
| 30                     | 312  | 6,0  | 65 | 1 | M50x2-7G/8g   |
| 31                     | 313  | 5,8  | 70 | 3 | M27x2-5F/4e   |
| 32                     | 314  | 6,0  | 75 | 1 | M30x2-6F/5e   |
| 33                     | 315  | 6,2  | 80 | 2 | M33x2-6F/5f   |
| 34                     | 405  | 10,0 | 25 | 1 | M20x2-6G/6d   |
| 35                     | 406  | 10,5 | 30 | 2 | M24x2-6G/6e   |
| 36                     | 407  | 11,0 | 45 | 3 | M30x2-7G/8h   |
| 37                     | 408  | 11,5 | 50 | 1 | M33x2-7C/8g   |
| 38                     | 409  | 12,0 | 60 | 3 | M40x2-6H/6g   |
| 39                     | 410  | 12,5 | 70 | 2 | M45x2-6H/8h   |
| 40                     | 411  | 13,0 | 80 | 1 | M48x1,5-7G/8g |
| 41                     | 412  | 13,5 | 90 | 3 | M50x2-7H/8h   |
| 42                     | 1204 | 2,5  | 20 | 2 | M12x1-5H6H/6e |
| 43                     | 1205 | 3,0  | 25 | 3 | M18x2,5-6H/6d |
| 44                     | 1206 | 3,5  | 30 | 1 | M22x2,5-6H/6g |
| 45                     | 1207 | 4,0  | 35 | 2 | M28x2-6G/6g   |
| 46                     | 1208 | 4,5  | 40 | 3 | M32x2-6G/6e   |
| 47                     | 1209 | 5,0  | 45 | 1 | M38x2-7H/6d   |
| 48                     | 1210 | 5,5  | 50 | 2 | M42x3-7H/8h   |
| 49                     | 1211 | 6,0  | 55 | 3 | M48x3-7G/8g   |
| 50                     | 1212 | 6,5  | 60 | 1 | M50x2-7G/8g   |
| 51                     | 1213 | 7,0  | 65 | 2 | M55-6H/6e     |
| 52                     | 1214 | 7,5  | 70 | 3 | M60x2-7G/8g   |
| 53                     | 1306 | 4,5  | 30 | 1 | M80x1,5-6H6H  |

| 1  | 2     | 3    | 4  | 5 | 6                |
|----|-------|------|----|---|------------------|
| 54 | 1307  | 5,0  | 35 | 2 | M27x1,5-6H/6g    |
| 55 | 1308  | 5,5  | 40 | 3 | M30x1,5-7H/6e    |
| 56 | 1309  | 6,0  | 45 | 1 | M36x1,5-7G/8h    |
| 57 | 1310  | 6,5  | 50 | 2 | M40x1,5-6H/6g    |
| 58 | 1311  | 7,0  | 55 | 3 | M42x2-6G/6d      |
| 59 | 1312  | 7,5  | 60 | 1 | M45x2-6G/6h      |
| 60 | 1313  | 8,0  | 65 | 2 | M50x1,5-7H/6h    |
| 61 | 1314  | 8,5  | 70 | 3 | M55x1,5-6G/6d    |
| 62 | 3608  | 14,0 | 40 | 1 | M40x2-6G/6d      |
| 63 | 3609  | 14,5 | 45 | 2 | M65x2-6G/6e      |
| 64 | 3610  | 15,0 | 50 | 3 | M75x2-7G/8h      |
| 65 | 3611  | 15,5 | 55 | 1 | M85x3-7H/6h      |
| 66 | 3612  | 16,0 | 60 | 2 | M90x3-8H/6g      |
| 67 | 3613  | 16,5 | 65 | 3 | M95x3-6H7H/6h5g  |
| 68 | 3614  | 17,0 | 70 | 1 | M100x3-7H6G/6g6h |
| 69 | 3615  | 17,5 | 75 | 2 | M110x4-6H6G/6d   |
| 70 | 3616  | 18,0 | 80 | 3 | M115x4-7H/7g     |
| 71 | 3617  | 18,5 | 85 | 1 | M120x3-7H6G/6h6g |
| 72 | 7210  | 5,0  | 50 | 2 | M8x1-5E/6h       |
| 73 | 7211  | 5,5  | 55 | 3 | M8-6E/6g         |
| 74 | 7212  | 6,0  | 60 | 1 | M10x1-6G/6f      |
| 75 | 7213  | 6,5  | 65 | 2 | M12-6H/6d        |
| 76 | 7214  | 7,0  | 70 | 3 | M12x1-6E/6e      |
| 77 | 7215  | 7,5  | 75 | 1 | M14-6F/6g        |
| 78 | 7216  | 8,0  | 80 | 2 | M14x1-6G/6f      |
| 79 | 7217  | 8,5  | 85 | 3 | M16-6H/6e        |
| 80 | 36206 | 4,0  | 30 | 1 | M8x1-7H/8h       |
| 81 | 36207 | 4,5  | 35 | 2 | M8-7H/8g         |
| 82 | 36208 | 5,0  | 40 | 3 | M10x1-7G/8h      |
| 83 | 36209 | 6,5  | 45 | 1 | M10-7G/7h        |
| 84 | 36210 | 7,0  | 50 | 2 | M12x1-6H/6e      |
| 85 | 36211 | 7,5  | 55 | 3 | M12-6H/6d        |
| 86 | 36212 | 9,0  | 60 | 1 | M14x1-4H5H/4h    |
| 87 | 36213 | 9,5  | 65 | 2 | M14-4H5H/6h      |
| 88 | 7310  | 5,0  | 75 | 1 | M28x3-8H/8g      |
| 89 | 7311  | 5,5  | 80 | 2 | M32x4-7H/6g      |
| 90 | 7312  | 6,0  | 85 | 3 | M38x3-7H/6f      |
| 91 | 7313  | 6,5  | 20 | 2 | M42x2-7H/7g6g    |
| 92 | 7314  | 7,0  | 25 | 3 | M48x4-7G6h       |
| 93 | 7315  | 7,5  | 30 | 1 | M50x4-7G/6g      |

| 1   | 2    | 3,0  | 4  | 5 | 6              |
|-----|------|------|----|---|----------------|
| 94  | 7316 | 8,0  | 35 | 2 | M55x5,5-6H/6e  |
| 95  | 7317 | 8,5  | 40 | 3 | M60x4-7H/6g    |
| 96  | 7318 | 9,0  | 45 | 1 | M80x3-6H/6h    |
| 97  | 7319 | 10,0 | 50 | 2 | M27x3-6H/6h    |
| 98  | 7320 | 11,0 | 55 | 3 | M30x2-7H/6g    |
| 99  | 7321 | 12,0 | 60 | 1 | M36x0,75-7G/7h |
| 100 | 7322 | 13,0 | 65 | 2 | M40x3,5-6G/6g  |

Примітка: Завдання б, вид шпонкового з'єднання: 1-вільне (напрямні шпонки); 2-вільне (масове виробництво); 3-щільне (індивідуальне виробництво).

Таблиця Б.30. Основні розміри з'єднань з призматичними шпонками, мм  
(за ГОСТ 23360-93)

| Діаметр<br>вала d<br>(понад–до) | Номінальні розміри шпонки |         |      |                     | Номінальні розміри паза |                           |                            |   |      |
|---------------------------------|---------------------------|---------|------|---------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|---|------|
|                                 | b x h                     | фаска s |      | інтервали<br>довжин |                         | глибина                   |                            | радіус<br>округлення<br>або фаска<br>s <sub>1</sub> x 45° |      |
|                                 |                           | max     | min  | від                 | до                      | на<br>валу t <sub>1</sub> | у втулці<br>t <sub>2</sub> | max   | min  |
| 1                               | 2                         | 3       | 4    | 5                   | 6                       | 7                         | 8                          | 9   | 10   |
| 6 – 8                           | 2 x 2                     | 0,25    | 0,16 | 6                   | 20                      | 1,2                       | 1,0                        | 0,16  | 0,08 |
| 8 – 10                          | 3 x 3                     |         |      | 6                   | 36                      | 1,8                       | 1,4                        |   |      |
| 10 – 12                         | 4 x 4                     |         |      | 8                   | 45                      | 2,5                       | 1,8                        |   |      |
| 12 – 17                         | 5 x 5                     | 0,40    | 0,25 | 10                  | 56                      | 3,0                       | 2,3                        | 0,25  | 0,16 |
| 17 – 22                         | 6 x 6                     |         |      | 14                  | 70                      | 3,5                       | 2,8                        |   |      |
| 22 – 30                         | 8 x 7                     |         |      | 18                  | 90                      | 4,0                       | 3,3                        |   |      |
| 30 – 38                         | 10 x 8                    | 0,60    | 0,40 | 22                  | 110                     | 5,0                       | 3,3                        | 0,40  | 0,25 |
| 38 – 44                         | 12 x 8                    |         |      | 28                  | 140                     | 5,0                       | 3,3                        |   |      |
| 44 – 50                         | 14 x 9                    |         |      | 36                  | 160                     | 5,5                       | 3,8                        |   |      |
| 50 – 58                         | 16 x 10                   |         |      | 45                  | 180                     | 6,0                       | 4,3                        |   |      |
| 58 – 65                         | 18 x 11                   |         |      | 50                  | 200                     | 7,0                       | 4,4                        |   |      |
| 65 – 75                         | 20 x 12                   | 0,80    | 0,60 | 56                  | 220                     | 7,5                       | 4,9                        | 0,60  | 0,40 |
| 75 – 85                         | 22 x 14                   |         |      | 63                  | 250                     | 9,0                       | 5,4                        |   |      |
| 85 – 95                         | 25 x 14                   |         |      | 70                  | 280                     | 9,0                       | 5,4                        |   |      |
| 95 – 110                        | 28 x 16                   |         |      | 80                  | 320                     | 10,0                      | 6,4                        |   |      |
| 110 – 130                       | 32 x 18                   |         |      | 90                  | 360                     | 11,0                      | 7,4                        |   |      |
| 130 – 150                       | 36 x 20                   | 1,2     | 1,0  | 100                 | 400                     | 12,0                      | 8,4                        | 1,0   | 0,70 |
| 150 – 170                       | 40 x 22                   |         |      | 100                 | 400                     | 13,0                      | 9,4                        |   |      |
| 170 – 200                       | 45 x 25                   |         |      | 110                 | 450                     | 15,0                      | 10,4                       |   |      |
| 200 – 230                       | 50 x 28                   |         |      | 125                 | 500                     | 17,0                      | 11,4                       |   |      |

## Продовження табл. Б.30

| 1         | 2        | 3   | 4   | 5   | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  |
|-----------|----------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|
| 230 – 260 | 56 x 32  |     |     | 140 |     | 20,0 | 12,4 |     |     |
| 260 – 290 | 63 x 32  | 2,0 | 1,6 | 160 | 500 | 20,0 | 12,4 | 1,6 | 1,2 |
| 290 – 330 | 70 x 36  |     |     | 180 |     | 22,0 | 14,4 |     |     |
| 330 – 380 | 80 x 40  |     |     | 200 |     | 25,0 | 15,4 |     |     |
| 390 – 440 | 90 x 45  | 3,0 | 2,5 | 220 | 500 | 28,0 | 17,4 | 2,5 | 2,0 |
| 440 – 500 | 100 x 50 |     |     | 250 |     | 31,0 | 19,5 |     |     |

Примітки: 1. ГОСТ 23360-78 не розповсюджується на шпонкові з'єднання, які використовуються для кріплення ріжучого інструменту.

2. Довжини шпонок вибирають із ряду: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 400; 450; 500 мм.

3. На робочому кресленні проставляється один розмір для вала  $t_1$  (переважаючий варіант) або  $d - t_1$  і для втулки  $d + t_2$ .

Таблиця Б.31. Рекомендовані поля допусків у сполученнях шпонкових з'єднань

| Вид з'єднання<br>і характер виробництва   | Поле допусків                        |                                    |                       |
|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
|   | ширина<br>шпонки                     | ширина<br>паза вала                | ширина<br>паза отвору |
| Вільне з'єднання  | h9                                   | H9                                 | D10                   |
| Нормальне з'єднання   | h9                                   | N9                                 | Js9                   |
| Щільне з'єднання  | h9                                   | P9                                 | P9                    |
| Для ширини пазів вала і отвору допускаються будь-які сполучення названих вище полів допусків [36]               |                                      |                                    |                       |
| Ширина шпонки   | h9                                   | h9                                 | h9                    |
| Ширина паза на валу   | P9                                   | N9                                 | H9*; N9               |
| Ширина паза в отворі  | Js9                                  | D10*; Js9                          | D10                   |
| Призначення посадок   | Одиничне і<br>серійне<br>виробництво | Серійне і<br>масове<br>виробництво | Напрямні<br>шпонки    |
| *Рекомендується для з'єднань з довгими шпонками ( $l \geq 2d$ ). Перед застосуванням бажана дослідна перевірка. |                                      |                                    |                       |

Таблиця Б.32. Граничні відхили  $t_1$  і  $t_2$  для призматичних шпонок

| Глибина на валу $t_1$ (чи $d-t_1$ )*<br>і на втулці $t_2$ (чи $D+t_2$ )     | При $h$ , мм |               |                |
|---|--------------|---------------|----------------|
|   | від 2 до 6   | понад 6 до 18 | понад 18 до 50 |
| Граничний відхил розміру  | +0,1         | +0,2          | +0,3           |
| *Для вказаного розміру ті ж граничні відхили призначаються із знаком мінус. |              |               |                |

Таблиця Б.33. Основні розміри з'єднань з сегментними шпонками, мм  
(за ГОСТ 24071-80)

| Діаметр вала D<br>(понад-до) |          | Розміри шпонок |       | Розміри шпонкового паза |         |          |  |      |
|------------------------------|----------|----------------|-------|-------------------------|---------|----------|--|------|
| Призначення шпонки*          |          | b x h x d      | фаска |                         | глибина |          | радіус округлення r <sub>1</sub> або фаска s <sub>1</sub> x45° |      |
| I                            | II       |                | max   | min                     | на валу | у втулці | max  | min  |
| 3 – 4                        | 3 – 4    | 1x1,4x4        | 0,25  | 0,16                    | 1,0     | 0,6      | 0,16   | 0,08 |
| 4 – 5                        | 4 – 5    | 1,5x2,6x7      |       |                         | 2,0     | 0,8      |  |      |
| 5 – 6                        | 6 – 8    | 2x2,6x7        |       |                         | 1,8     | 1,0      |  |      |
| 6 – 7                        | 8 – 10   | 2x3,7x10       |       |                         | 2,9     | 1,0      |  |      |
| 7 – 8                        | 10 – 12  | 2,5x3,7x10     |       |                         | 2,7     | 1,2      |  |      |
| 8 – 10                       | 12 – 15  | 3x5x13         |       |                         | 3,8     | 1,4      |  |      |
| 10 – 12                      | 15 – 18  | 3x6,5x16       |       |                         | 5,3     | 1,4      |  |      |
| 12 – 14                      | 18 – 20  | 4x6,5x16       | 0,40  | 0,25                    | 5,0     | 1,8      | 0,25   | 0,16 |
| 14 – 16                      | 20 – 22  | 4x7,5x19       |       |                         | 6,0     | 1,8      |  |      |
| 16 – 18                      | 22 – 25  | 5x6,5x16       |       |                         | 4,5     | 2,3      |  |      |
| 18 – 20                      | 25 – 28  | 5x7,5x19       |       |                         | 5,5     | 2,3      |  |      |
| 20 – 22                      | 28 – 32  | 5x9x22         |       |                         | 7,0     | 2,3      |  |      |
| 22 – 25                      | 32 – 36  | 6x9x22         |       |                         | 6,5     | 2,8      |  |      |
| 25 – 28                      | 36 – 40  | 6x10x25        |       |                         | 7,5     | 2,8      |  |      |
| 28 – 32                      | Понад 40 | 8x11x28        | 0,60  | 0,40                    | 8,0     | 3,3      | 0,40   | 0,25 |
| 32 – 38                      |          | 10x13x32       |       |                         | 10,0    | 3,3      |  |      |

1. На робочому кресленні проставляється один розмір для вала t<sub>1</sub> (переважаючий варіант) або D – t<sub>1</sub> і для втулці D + t<sub>2</sub>.

2. Приклад умовного позначення призматичної шпонки виконання 1 перерізом b x h = 4 x 6,5 мм: Шпонка 4 x 6,5 ГОСТ 24071-80.  
Приклад позначення цієї шпонки виконання 2: b x h<sub>1</sub> = 4 x 5,2 мм:  
Шпонка 2 – 4 x 5,2 ГОСТ 24071-80 (h<sub>1</sub>=0,8 h).

\*Призначення I передбачає випадок передачу шпонкою крутного моменту, II – коли шпонка використовується тільки для фіксації.



Таблиця Б.34. Вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань

| Варіант | Позначення шліцьового з'єднання | Варіант | Позначення шліцьового з'єднання |
|---------|---------------------------------|---------|---------------------------------|
| 1       | 2                               | 3       | 4                               |
| 1       | D-6x23x26H7/g7x6F8/d9           | 51      | b-10x23x29H12/a11x4F10/g8       |
| 2       | d-6x26H7/e8x30H12/a11x6D9/k7    | 52      | D-8x21x25H7/n7x5F10/k9          |
| 3       | D-6x28x32H7/f7x7F8/f8           | 53      | b-10x28x35H12/a11x4F10/d9       |
| 4       | d-8x32H7/e8x36H12/a11x6D9/k7    | 54      | D-6x23x28H7/k6x6H8/f7           |
| 5       | D-8x36x40H9/f8x7D9/d9           | 55      | D-6x26x32H8/e8/e7x6D9k8         |
| 6       | d-8x42H7/g6x46H12/a11x8D9/f8    | 56      | d-6x28H7/n6x34H12/a11x7D9/f8    |
| 7       | D-8x46x50H7/k6x9D8/f7           | 57      | D-8x38H7/f7x6D9/h8              |
| 8       | d-8x52H7/e8x58H12/a11x10F10/js7 | 58      | b-16x52x60H12/a11x5F8/f8        |
| 9       | D-8x56x62H7/js6x10F10/h9        | 59      | b-16x56x65H12/a11x5F8/e8        |
| 10      | d-8x62H7/n6x68H12/a11x12F10/f9  | 60      | D-8x36x42H7/g6x7F8/f8           |
| 11      | D-10x72x78H8/e8x12D9/h8         | 61      | 8x42H7/e8x48H12/a11x8H8/h7      |
| 12      | d-10x82H6/g5x88H12/a11x12F8/h8  | 62      | D-8x46x54H7/h6x9F8/e8           |
| 13      | D-10x92x98H8/e8x14D9/h8         | 63      | b-10x72x78H12/a11x12D9/e8       |
| 14      | d-8x32H7/e8x36H12/a11x6D9/k7    | 64      | b-10x82x92H12/A11x14D9/f8       |
| 15      | D-10x112x120H8/h7x18D9/h8       | 65      | D-8x52x60H7/n6x10F10/h9         |
| 16      | d-6x11H7/g6x14H12/a11x3F10/k7   | 66      | d-8x57H7/g6x65H12/a11x10D9/d9   |
| 17      | b-10x16x20H12/a11x2,5F8/e8      | 67      | b-10x92x102H12/a11x14D10/d8     |
| 18      | b-10x18x23H12/a11x3F8/f8        | 68      | d-6x26xH6/g5x30H12/a11x6F8/f8   |
| 19      | D-13x16H7/g6x3,5F10/f7          | 69      | D-28x32H7/f7x7D9/h8             |
| 20      | d-6x16H7/n7x20H12/a11x4D9/h8    | 70      | b-16x72x82H12/a11x7F10/h9       |
| 21      | b-10x21x26H12/a11x3D9/k7        | 71      | d-8x32H7/e8x36H12/a11x6D9/k7    |
| 22      | D-6x18x22H8/e8x5D9/d9           | 72      | D-8x36x40H7/g6x7F10/h9          |
| 23      | b-16x62x72H12/a11x6F10/f8       | 73      | d-6x28H6/g5x34H12/a11x7F10/k7   |
| 24      | d-8x42H7/g6x46H12/a11x8F10/f8   | 74      | D-8x46x50H7/n6x9D9/h8           |
| 25      | D-8x46x50H7/n6x9D9/h8           | 75      | b-10x23x29H12/a11x4D9/e9        |
| 26      | b-16x56x65H12/a11x5D9/f8        | 76      | D-8x36x42H7/n6x7D9/e8           |
| 27      | d-8x52H7/n6x58H12/a11x10D10/d9  | 77      | D-8x42x48H8/e8x8F8/e8           |
| 28      | D-8x56x62H8/h7x10F10/f7         | 78      | d-8x46H7/n6x54H12/a11x9D9/k7    |
| 29      | b-16x52x60H12/a11x5F10/f8       | 79      | b-10x21x26H12/a11x3F10/d9       |
| 30      | D-8x62x68H7/f7x12F10/k9         | 80      | D-8x46x54H8/k7x9D9/e9           |
| 31      | d-10x72H6/g5x78H12/a11x12D9/k7  | 81      | b-10x23x29H12/a11x4F8/e8        |
| 32      | b-10x45x56H12/a11x7F8/e8        | 82      | D-8x52x60H7/f7x10D9/h8          |
| 33      | D-10x72x88H7/g6x12D9/h8         | 83      | d-8x56H6/g5x65H12/a11xF9/k7     |
| 34      | d-10x92H7/e8x98H12/a11x14D9/e8  | 84      | b-10x26x32H12/a11x4D9/f8        |
| 35      | b-10x42x52H12/a11x8D9/f8        | 85      | D-8x62x72H7/g6x12F8/e8          |
| 36      | D-10x102x108H7/h6x16D9/f7       | 86      | D-10x72x82H7/n6x12F8/f8         |
| 37      | b-10x36x45H12/a11x5D9/e8        | 87      | b-10x32x40H12/a11x5D10/d8       |
| 38      | D-10x112x120H7/n6x18D9/e8       | 88      | b-6x23x28H12/a11x6D9/f8         |
| 39      | d-6x11H7/h6x14H12/a11x3D9/f9    | 89      | D-10x82x92H8/e8x12D9/e8         |
| 40      | b-10x32x40H12/a11x5F10/a9       | 90      | b-10x35x45H12/a11x5F10/k7       |
| 41      | D-6x23x28H8/h7x6F10/e9          | 91      | D-10x102x112H8/k7x16D9/f7       |
| 42      | b-10x28x35H12/a11x4F8/e8        | 92      | d-8x32H6/g5x38H12/a11x6F10/f9   |
| 43      | D-6x26x32H7/f7x6F10/h9          | 93      | D-8x52x58H7/n6x10F10/h9         |
| 44      | b-10x26x32H12/a11x4F8/f8        | 94      | b-10x52x60H12/a11x5D9/e8        |
| 45      | b-8x32x36H12/a11x6D9/e8         | 95      | D-10x82x8H8/e8x12D9/e8          |

| 1  | 2                              | 3   | 4                              |
|----|--------------------------------|-----|--------------------------------|
| 46 | d-10x72H7/e8x78H12/a11x12D9/e8 | 96  | b-10x36x45H12/a11x5F10/k7      |
| 47 | D-8x36x40H8/h7x7F10/f7         | 97  | D-20x102x115H8/k7x8D9/f7       |
| 48 | d-10x82H7/e8x88H12/a11x12D9/e8 | 98  | d-16x56H6/g5x65H12/a11x5F10/f9 |
| 49 | D-8x52x46H7/g6x8D9/h8          | 99  | D-10x46x56H7/n6x10F10/h9       |
| 50 | b-8x42x46H12/a11x8F8/f8        | 100 | b-20x112x125H12/a11x9D9/e8     |

Таблиця Б.35. Розміри прямобічних шліцьових з'єднань, мм  
(за ГОСТ 1139:2003)

| z x d x D      |    |               |      |                |     |
|----------------|----|---------------|------|----------------|-----|
| Легка серія    | b  | Середня серія | b    | Важка серія    | b   |
| 1              | 2  | 3             | 4    | 5              | 6   |
| 6 x 23 x 26    | 6  | 6 x 11 x 13   | 3,0  | 10 x 16 x 20   | 2,5 |
| 6 x 26 x 30    | 6  | 6 x 13 x 16   | 3,5  | 10 x 18 x 23   | 3,0 |
| 6 x 28 x 32    | 7  | 6 x 16 x 20   | 4,0  | 10 x 21 x 26   | 3,0 |
| 8 x 32 x 36    | 6  | 6 x 18 x 22   | 5,0  | 10 x 23 x 29   | 4,0 |
| 8 x 36 x 40    | 7  | 6 x 21 x 25   | 5,0  | 10 x 26 x 32   | 4,0 |
| 8 x 42 x 46    | 8  | 6 x 23 x 28   | 6,0  | 10 x 28 x 35   | 4,0 |
| 8 x 46 x 50    | 9  | 6 x 26 x 32   | 6,0  | 10 x 32 x 40   | 5,0 |
| 8 x 52 x 58    | 10 | 6 x 28 x 34   | 7,0  | 10 x 36 x 45   | 5,0 |
| 8 x 56 x 62    | 10 | 8 x 32 x 38   | 6,0  | 10 x 42 x 52   | 6,0 |
| 8 x 62 x 68    | 12 | 8 x 36 x 42   | 7,0  | 10 x 46 x 56   | 7,0 |
| 10 x 72 x 78   | 12 | 8 x 42 x 48   | 8,0  | 16 x 52 x 60   | 5,0 |
| 10 x 82 x 88   | 12 | 8 x 46 x 54   | 9,0  | 16 x 56 x 65   | 5,0 |
| 10 x 92 x 98   | 14 | 8 x 52 x 60   | 10,0 | 16 x 62 x 72   | 6,0 |
| 10 x 102 x 108 | 16 | 8 x 56 x 65   | 10,0 | 16 x 72 x 82   | 7,0 |
| 10 x 112 x 120 | 18 | 8 x 62 x 72   | 12,0 | 20 x 82 x 92   | 6,0 |
|                |    | 10 x 72 x 82  | 12,0 | 20 x 102 x 115 | 7,0 |
|                |    |               |      | 20 x 112 x 125 | 9,0 |

*Примітки: 1. Бічні сторони зубів вала повинні бути паралельні осі симетрії зуба до перетинання з колом діаметру d.*

*2. Фаска у пазів отвору може бути замінена скругленням, радіус якого повинен дорівнювати f.*

*3. Вали виконання А важкої серії, як правило, методом обкатування не виготовляються.*

*4. При центруванні по внутрішньому діаметру вали виготовляються в виконанні А і С, при центруванні по зовнішньому діаметру і бічним сторонам – в виконанні В.*

*5. Розміри, які приведені в таблиці, не розповсюджуються на спеціальні шліцьові з'єднання.*

Таблиця Б.36. Рекомендовані поля допусків і посадок для розмірів D і b при centruванні по D (за ГОСТ 1139:2003)

| Поля допусків  |                             | Посадка  |
|--|-----------------------------|--|
| втулці   | вала                        |  |
| Для розміру D  |                             |  |
| H7   | f7; g6; h7; js6; n6         | [H7/f7]; H7/g6; H7/h7; [H7/js6]; H7/n6                   |
| H8   | e8                          | H8/e8  |
| Для розміру b  |                             |  |
| F8   | d9; e8; f7; f8; h8; h9; js7 | (F8/d9); F8/e8; [F8/f7]; [F8/f8]; F8/h8; F8/h9; [F8/js7] |
| D9   | d9; e8; f7; f8; h8; h9; js7 | (D9/d9); D9/e8; D9/f7; D9/h8; D9/h9; D9/js7.             |
| <p><i>Примітки: 1. Крім вказаних посадок допускаються інші.</i></p> <p><i>2. Сполучення посадок по розмірах D і b стандартом не регламентовано (встановлюється конструктором).</i></p> <p><i>3. Посадки, які заключні в квадратні дужки, є переважними; посадки вказані в круглих дужках, по можливості не використовувати.</i></p> <p><i>4. Відхили не центруючих діаметрів див. табл. В. 7.</i></p> <p><i>5. Поле допуску h9 використовується при чистовому фрезуванні незагартованих валів.</i></p> <p><i>6. При підвищених вимогах до точності допускається використання сусіднього, більш точного, квалітету.</i></p> |                             |  |

Таблиця Б.37. Рекомендовані поля допусків і посадок для розмірів d і b при centruванні по d (за ГОСТ 1139:2003)

| Поля допусків  |                             | Посадка   |
|--|-----------------------------|---|
| втулці   | вала                        |   |
| Для розміру d  |                             |   |
| H7   | f7; g6; h7; js6; n6; js7    | [H7/f7]; [H7/g6]; H7/h7; H7/js6 ; H7/js7; H7/n6             |
| H8   | e8                          | H8/e8   |
| Для розміру b  |                             |   |
| F8   | f7; f8; h7; js7; k7         | F8/f7; F8/f8; F8/h7; F8/js7; F8/k7                          |
| H8   | h7; h8; js7                 | H8/h7; H8/h8; H8/js7;                                       |
| D9   | e8; f8; e9; h9; k7          | D9/e8; D9/f8; D9/e9; [D9/h9]; [D9/k7].                      |
| F10  | e8; f8; h7; e9; h9; js7; k7 | F10/e8; F10/f8; F10/h7; F10/e9; F10/h10; [F10/js7]; F10/k7. |
| <p><i>Примітки: 1. Див. примітки до табл. В. 4 (крім п.2).</i></p> <p><i>2. Сполучення посадок по розмірах d і b стандартом не регламентовано (встановлюється конструктором).</i></p> <p><i>3. Поле F10 рекомендується тільки для загартованих не шліфованих втулок.</i></p> |                             |   |

Таблиця Б.38. Рекомендовані поля допусків і посадок для розміру  $b$  при центруванні по  $b$  (за ГОСТ 1139:2003)

| Поля допусків   |                                | Посадка   |
|---|--------------------------------|---|
| втулці  | вала                           |   |
| F8  | d9; e8; f8; e9; h9; js7        | (F8/d9); F8/e8; F8/f8; F8/e9; F8/h9; [F8/js7]                 |
| D9  | d9; e8; f8; e9; h9; js7;<br>k7 | (D9/d9); [D9/e8]; [D9/f8]; D9/e9; D9/h9; D9/js7;<br>D9/k7     |
| F10   | d9; e8; f8; e9; h9; k7         | [F10/d9]; F10/e8; [F10/f8]; F10/h7; F10/e9;<br>F10/h9; F10/k7 |
| <p><i>Примітки: 1. Див. примітки до табл. Б 294 (крім п. 2 і 5).</i><br/>                 2. Поле e8 рекомендується тільки для загартованих не шліфованих втулок.</p> |                                |   |

Таблиця Б.39. Поля допусків не центруючих діаметрів (за ГОСТ 1139:2003)

| Нецентруючий діаметр | Вид центрування | Поле допуску                 |        |
|----------------------|-----------------|------------------------------|--------|
|                      |                 | вала                         | втулки |
| D                    | По D або b      | Див. $d_1$ у табл. 4.71 [20] | H11    |
| D                    | По D або b      | a11                          | H12    |

Таблиця Б.40. Номінальні діаметри, модулі і числа зубів з'єднань шліцьових евольвентних (вибірка із ГОСТ 6033-80)

| Номінальний діаметр D, мм |         | Модуль, мм     |    |    |   |
|---------------------------|---------|----------------|----|----|---|
|                           |         | 1,25           | 2  | 3  | 5 |
| 1-й ряд                   | 2-й ряд | Число зубів, z |    |    |   |
| 1                         | 2       | 3              | 4  | 5  | 6 |
| 17                        |         | 12             | 7  | -  | - |
|                           | 18      | 13             | 7  | -  | - |
| 20                        |         | 14             | 8  | -  | - |
|                           | 22      | 16             | 9  | 6  | - |
| 25                        |         | 18             | 11 | 7  | - |
|                           | 28      | 21             | 12 | 8  | - |
| 30                        |         | 22             | 13 | 8  | - |
|                           | 32      | 24             | 14 | 9  | - |
| 35                        |         | 26             | 16 | 10 | - |
|                           | 38      | 29             | 18 | 11 | - |
| 40                        |         | 30             | 18 | 12 | 6 |
|                           | 42      | 32             | 20 | 12 | 7 |
| 45                        |         | 34             | 21 | 13 | 7 |
|                           | 48      | 37             | 22 | 14 | 8 |
| 50                        |         | 38             | 24 | 15 | 8 |
|                           | 52      | 40             | 24 | 16 | 9 |
| 55                        |         | 42             | 26 | 17 | 9 |

Продовження табл. Б.40

| Номінальний діаметр D, мм |         | Модуль, мм     |  |    |  |    |  |    |  |
|---------------------------|---------|----------------|--|----|--|----|--|----|--|
|                           |         | 1,25           |  | 2  |  | 3  |  | 5  |  |
| 1-й ряд                   | 2-й ряд | Число зубів, z |  |    |  |    |  |    |  |
|                           | 58      | 45             |  | 28 |  | 18 |  | 10 |  |
| 60                        |         | 46             |  | 28 |  | 18 |  | 10 |  |
|                           | 62      | 40             |  | 30 |  | 19 |  | 11 |  |
| 65                        |         | 50             |  | 31 |  | 20 |  | 11 |  |
|                           | 68      | 53             |  | 32 |  | 21 |  | 12 |  |
| 70                        |         | 54             |  | 34 |  | 22 |  | 12 |  |
|                           | 72      | 56             |  | 34 |  | 22 |  | 13 |  |
| 75                        |         | 58             |  | 36 |  | 24 |  | 13 |  |
|                           | 78      | 60             |  | 38 |  | 24 |  | 14 |  |
| 80                        |         | 62             |  | 38 |  | 25 |  | 14 |  |
|                           | 82      |                |  | 40 |  | 26 |  | 15 |  |
| 85                        |         |                |  | 41 |  | 27 |  | 15 |  |
|                           | 88      |                |  | 42 |  | 28 |  | 16 |  |
| 90                        |         |                |  | 44 |  | 28 |  | 16 |  |
|                           | 92      |                |  | 44 |  | 29 |  | 17 |  |
| 95                        |         |                |  | 46 |  | 30 |  | 18 |  |
|                           | 98      |                |  | 48 |  | 31 |  | 18 |  |
| 100                       |         |                |  | 48 |  | 32 |  | 18 |  |
|                           | 105     |                |  | 51 |  | 34 |  | 20 |  |
| 110                       |         |                |  | 54 |  | 35 |  | 20 |  |
| 120                       |         |                |  | 58 |  | 38 |  | 22 |  |
|                           | 130     |                |  | 64 |  | 42 |  | 24 |  |
| 140                       |         |                |  | 68 |  | 45 |  | 26 |  |
|                           | 150     |                |  | 74 |  | 48 |  | 28 |  |
| 160                       |         |                |  |    |  | 52 |  | 30 |  |

*Примітки: 1. При виборі номінальних діаметрів і модулів 1-й ряд слід видавати перевагу 2-му ряду.  
2. Числа зубів, які заключні в рамки, являються переважаними.*

Таблиця Б.41. Допуски ширини западини втулки  $e$  і товщини зуба  $s$ , мкм (за ГОСТ 6033-80, скорочено)

| Модуль $m$ , мм | Позначення допуску | Ступінь точності | Діаметр ділильного кола $d$ , мм<br>(понад – до) |         |         |          |           |    |
|-----------------|--------------------|------------------|--|---------|---------|----------|-----------|----|
|                 |                    |                  | до 12  | 12 – 25 | 25 – 50 | 50 – 100 | 100 – 200 |    |
| 1               | 2                  | 3                | 4  | 5       | 6       | 7        | 8         |    |
| 0,5–1,5         | T                  | 6                | 18   | 20      | 22      | 25       | 28        |    |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  | 11   | 12      | 14      | 16       | 18        |    |
| 2–4             | T                  |                  | -  | 22      | 25      | 28       | 32        |    |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  | -  | 14      | 16      | 18       | 20        |    |
| 5–10            | T                  |                  | -  | -       | 23      | 32       | 36        |    |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  | -  | -       | 18      | 20       | 22        |    |
| 0,5–1,5         | T                  |                  | 7  | 25      | 28      | 32       | 36        | 40 |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  |  | 16      | 18      | 20       | 22        | 25 |
| 2–4             | T                  | -                |  | 32      | 36      | 40       | 45        |    |
|                 | T <sub>e</sub>     | -                |  | 32      | 36      | 40       | 45        |    |
| 5–10            | T                  | -                |  | -       | 40      | 45       | 50        |    |
|                 | T <sub>e</sub>     | -                |  | -       | 25      | 28       | 32        |    |
| 0,5–1,5         | T                  | 8                |  | 36      | 40      | 45       | 50        | 56 |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  |  | 22      | 25      | 28       | 32        | 36 |
| 2–4             | T                  |                  | -  | 45      | 50      | 56       | 63        |    |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  | -  | 28      | 32      | 36       | 40        |    |
| 5–10            | T                  |                  | -  | -       | 56      | 63       | 71        |    |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  | -  | -       | 36      | 40       | 45        |    |
| 0,5–1,5         | T                  |                  | 9  | 50      | 56      | 63       | 71        | 80 |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  |  | 32      | 36      | 40       | 45        | 50 |
| 2–4             | T                  |                  | -  | 63      | 71      | 80       | 90        |    |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  | -  | 40      | 45      | 50       | 56        |    |
| 5–10            | T                  |                  | -  | -       | 80      | 90       | 100       |    |
|                 | T <sub>e</sub>     |                  | -  | -       | 50      | 56       | 63        |    |

Таблиця Б.42. Основні (сумарні) відхилення *es* товщини шліца вала, мкм  
(за ГОСТ 6033-80, скорочено)

| Модуль,<br>мм | Позначення<br>основного<br>відхилення | Діаметр ділильного кола, мм (понад – до) |         |         |          |           |
|---------------|---------------------------------------|--|---------|---------|----------|-----------|
|               |                                       | До 12                                    | 12 – 25 | 25 – 50 | 50 – 100 | 100 – 200 |
| 0,5–1,5       | r                                     | +67                                      | +72     | +80     | +88      | +100      |
|               | p                                     | +48                                      | +54     | +60     | +66      | +75       |
|               | n                                     | +32                                      | +36     | +40     | +44      | +50       |
|               | k                                     | +16                                      | +18     | +20     | +22      | +25       |
|               | h                                     | 0  | 0       | 0       | 0        | 0         |
|               | g                                     | -8                                       | -9      | -10     | -11      | -12       |
|               | f                                     | -16                                      | -18     | -20     | -22      | -25       |
|               | d                                     | -32                                      | -36     | -40     | -44      | -50       |
|               | a                                     | -48                                      | -54     | -60     | -66      | -75       |
| 2–4           | r                                     | -  | +80     | +88     | +100     | +112      |
|               | p                                     | -  | +60     | +66     | +75      | +84       |
|               | n                                     | -  | +40     | +44     | +50      | +56       |
|               | k                                     | -  | +20     | +22     | +25      | +28       |
|               | h                                     | 0  | 0       | 0       | 0        | 0         |
| 2–4           | g                                     | -  | -10     | -11     | -12      | -14       |
|               | f                                     | -  | -20     | -22     | -25      | -28       |
|               | d                                     | -  | -40     | -44     | -50      | -56       |
|               | c                                     | -  | -60     | -66     | -75      | -84       |
|               | a                                     | -  | -100    | -110    | -125     | -140      |
| 5–10          | r                                     | -  | -       | +100    | +112     | +128      |
|               | p                                     | -  | -       | +75     | +84      | +96       |
|               | n                                     | -  | -       | +50     | +56      | +64       |
|               | k                                     | -  | -       | +25     | +28      | +32       |
|               | h                                     | -  | -       | 0       | 0        | 0         |
|               | g                                     | -  | -       | -12     | -14      | -16       |
|               | f                                     | -  | -       | -25     | -28      | -32       |
|               | d                                     | -  | -       | -50     | -56      | -64       |
|               | c                                     | -  | -       | -75     | -84      | -96       |
|               | a                                     | -  | -       | -125    | -140     | -160      |

Таблиця Б.43. Нарізь метрична з великим (основним) кроком.  
Діаметри і кроки, мм (за ГОСТ 8724-81)

| Зовнішній діаметр нарізі d для ряду |      | Крок нарізі, P, мм | Зовнішній діаметр нарізі d для ряду |      | Крок нарізі, P, мм | Зовнішній діаметр нарізі d для ряду |          | Крок нарізі, P, мм |
|-------------------------------------|------|--------------------|-------------------------------------|------|--------------------|-------------------------------------|----------|--------------------|
| 1                                   | 2    |                    | 1                                   | 2    |                    | 1                                   | 2        |                    |
| 0,25                                | -    | 0,075              | 1,6                                 | 1,8  | 0,35               | 12                                  | -        | 1,75               |
| 0,30                                | -    | 0,08               | 2,0                                 | -    | 0,40               | 16                                  | 14       | 2,0                |
| -                                   | 0,35 | 0,09               | 2,5                                 | 2,2  | 0,45               | 20                                  | 18<br>22 | 2,5                |
| 0,40                                | 0,45 | 0,10               | 3                                   | -    | 0,50               | 24                                  | 27       | 3,0                |
| 0,50                                | 0,55 | 0,125              | -                                   | 3,5  | (0,60)             | 30                                  | 33       | 3,5                |
| 0,60                                | -    | 0,15               | 4                                   | -    | 0,70               | 36                                  | 39       | 4,0                |
| -                                   | 0,70 | 0,175              | -                                   | 4,35 | (0,75)             | 42                                  | 45       | 4,5                |
| 0,80                                | -    | 0,20               | 5                                   | -    | 0,80               | 48                                  | 52       | 4,5                |
| -                                   | 0,90 | 0,225              | 6                                   | -    | 1,0                | 56                                  | (60)     | 5,5                |
| 1; 1,2                              | 1,1  | 0,25               | 8                                   | -    | 1,25               | 64                                  | 68       | 6                  |
| -                                   | 1,4  | 0,3                | 10                                  | -    | 1,5                | -                                   | -        | -                  |

Таблиця Б.44. Розміри середнього і внутрішнього діаметрів метричних нарізей,  
мм (за ГОСТ 24705:2004, скорочено)

| Крок нарізі P, мм | Діаметри нарізі (болт і гайка)                   |  | Крок нарізі P, мм | Діаметри нарізі (болт і гайка)                   |  |
|-------------------|--|--|-------------------|--|--|
|                   | середній діаметр d <sub>2</sub> , D <sub>2</sub> | внутрішній діаметр d <sub>1</sub> , D <sub>1</sub> |                   | середній діаметр d <sub>2</sub> , D <sub>2</sub> | внутрішній діаметр d <sub>1</sub> , D <sub>1</sub> |
| 0,5               | d - 1 + 0,675                                    | d + 1 + 0,459                                      | 1,5               | d - 1 + 0,026                                    | d - 2 + 0,376                                      |
| 0,6               | d - 1 + 0,610                                    | d - 1 + 0,350                                      | 1,75              | d - 2 + 0,863                                    | d - 2 + 0,106                                      |
| 0,7               | d - 1 + 0,545                                    | d - 1 + 0,242                                      | 2,0               | d - 2 + 0,701                                    | d - 3 + 0,835                                      |
| 0,75              | d - 1 + 0,513                                    | d - 1 + 0,188                                      | 2,5               | d - 2 + 0,376                                    | d - 3 + 0,294                                      |
| 0,8               | d - 1 + 0,480                                    | d - 1 + 0,134                                      | 3,0               | d - 2 + 0,051                                    | d - 4 + 0,752                                      |
| 1,0               | d - 1 + 0,350                                    | d - 2 + 0,917                                      | 3,5               | d - 3 + 0,727                                    | d - 4 + 0,211                                      |
| 1,25              | d - 1 + 0,188                                    | d - 2 + 0,647                                      | 4,0               | d - 3 + 0,402                                    | d - 5 + 0,670                                      |



Таблиця 45. Відхили метричних нарізей із зазорами (за ГОСТ 16093:2004)

| Номінальний діаметр нарізі, мм |      | Крок нарізі, P, мм | Внутрішня нарізь |                | Зовнішня нарізь                    |                |      |
|--------------------------------|------|--------------------|------------------|----------------|------------------------------------|----------------|------|
|                                |      |                    | поле допуску 6H  |                | поле допуску 6g                    |                |      |
| Відхили нарізі, мкм            |      |                    | ES*              |                | es                                 | ei             |      |
| для діаметрів нарізі           |      |                    | D <sub>2</sub>   | D <sub>1</sub> | d, d <sub>2</sub> , d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d    |
| понад                          | до   |                    | 4                | 5              | 6                                  | 7              | 8    |
| 1                              | 2    | 3                  | 4                | 5              | 6                                  | 7              | 8    |
| 5,6                            | 11,2 | 0,25               | +85              | +71            | -18                                | -81            | -85  |
|                                |      | 0,35               | +95              | +100           | -19                                | -90            | -104 |
|                                |      | 0,50               | +112             | +140           | -20                                | -105           | -126 |
| 5,6                            | 11,2 | 0,75               | +132             | +190           | -22                                | -122           | -162 |
|                                |      | 1,0                | +150             | +236           | -26                                | -138           | -206 |
|                                |      | 1,25               | +160             | +265           | -28                                | -146           | -240 |
|                                |      | 1,5                | +180             | +300           | -32                                | -164           | -268 |
| 11,2                           | 22,4 | 0,35               | +100             | +100           | -19                                | -94            | -104 |
|                                |      | 0,50               | +118             | +140           | -20                                | -110           | -126 |
|                                |      | 0,75               | +140             | +190           | -22                                | -128           | -162 |
|                                |      | 1,0                | +160             | +236           | -26                                | -144           | -206 |
|                                |      | 1,25               | +180             | +265           | -28                                | -160           | -240 |
|                                |      | 1,5                | +190             | +300           | -32                                | -172           | -268 |
|                                |      | 2,0                | +212             | +375           | -38                                | -198           | -318 |
|                                |      | 2,5                | +224             | +450           | -42                                | -212           | -377 |

Таблиця Б.46. Границі сортувальних груп для посадок 2H5D(2)/3p(2) і 2H5C(2)/3p(2) (за ГОСТ 4608:2002, скорочено)

| Номінальний діаметр нарізі, мм (понад – до) | Крок нарізі, P, мм | Зовнішня нарізь |                | Внутрішня нарізь |    |
|---|--------------------|-----------------|----------------|------------------|----|
|   |                    | діаметри        |                |                  |    |
|   |                    | d <sub>2</sub>  | D <sub>2</sub> | D                | ES |
| граничі сортувальних груп I і II            |                    |                 |                |                  |    |
| 2,8 – 5,6                                   | 0,8                | +72             | +25            | 0                | 0  |
| 5,6 – 11,2                                  | 1                  | +81             | +30            | 0                | 0  |
|   | 1,25               | +86             | +31            | 0                | 0  |
| 11,2 – 22,4                                 | 1,25               | +89             | +35            | 0                | 0  |
|   | 1,5                | +98             | +37            | 0                | 0  |
|   | 1,75               | +104            | +40            | 0                | 0  |
|   | 2                  | +115            | +42            | 0                | 0  |
|   | 2,5                | +127            | +45            | 0                | 0  |
| 22,4 – 45                                   | 2                  | +117            | +45            | 0                | 0  |
|   | 3                  | +145            | +53            | 0                | 0  |

Таблиця В.1. Значення одиниць допуску

| Інтервал розмірів, мм<br>(понад – до) | i, мкм | Інтервал розмірів, мм<br>(понад – до) | i, мкм |
|---------------------------------------|--------|---------------------------------------|--------|
| До 3                                  | 0,60   | 315 – 400                             | 3,60   |
| 3 – 6                                 | 0,75   | 400 – 500                             | 4,00   |
| 6 – 10                                | 0,90   | 500 – 630                             | 4,40   |
| 10 – до 18                            | 1,10   | 630 – до 800                          | 5,00   |
| 18 – до 30                            | 1,30   | 800 – до 1000                         | 5,60   |
| 30 – до 50                            | 1,60   | 1000 – до 1250                        | 6,60   |
| 50 – до 80                            | 1,90   | 1250 – до 1600                        | 7,80   |
| 80 – до 120                           | 2,20   | 1600 – до 2000                        | 9,20   |
| 120 – до 180                          | 2,50   | 2000 – до 2500                        | 11,00  |
| 180 – до 250                          | 2,90   | 2500 – до 3150                        | 13,50  |
| 250 – до 315                          | 3,20   | -                                     | -      |

Таблиця В.2. Значення числа одиниць допуску для квалітетів від 5 по 14

| Позначення допуску | IT5          | IT6           | IT7           | IT8           | IT9           |
|--------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Значення допуску   | 7 <i>·i</i>  | 10 <i>·i</i>  | 16 <i>·i</i>  | 25 <i>·i</i>  | 40 <i>i</i>   |
| Позначення допуску | IT10         | IT11          | IT12          | IT13          | IT14          |
| Значення допуску   | 64 <i>·i</i> | 100 <i>·i</i> | 160 <i>·i</i> | 250 <i>·i</i> | 400 <i>·i</i> |

Таблиця В.3. Числові значення допусків за ДСТУ 2500-94, вибірка

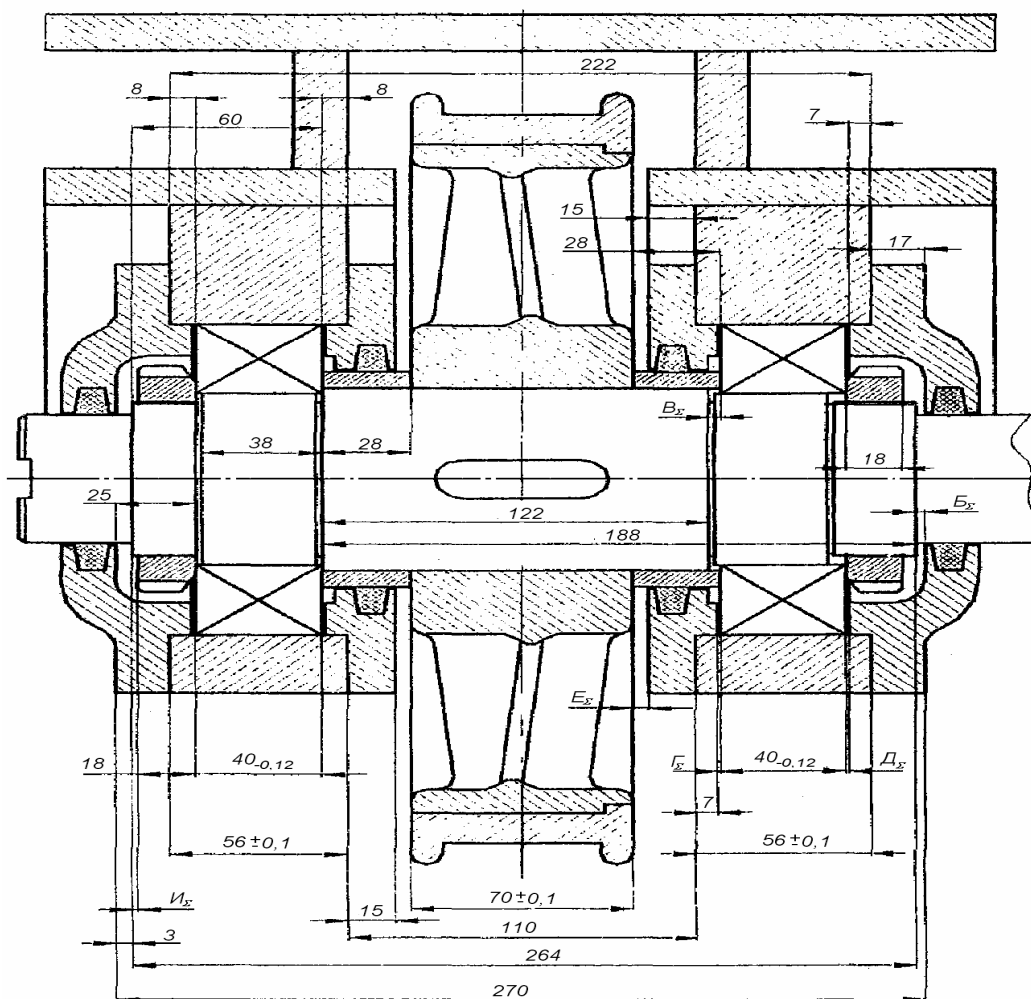
| Інтервали<br>номінальних<br>розмірів, мм,<br>(понад – до) | Квалітет |    |     |     |     |     |      |      |      |      |       |       |      |      |  |  |  |  |
|---|----------|----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------|-------|------|------|--|--|--|--|
|   | МКМ      |    |     |     |     |     |      |      |      | ММ   |       |       |      |      |  |  |  |  |
|   | 4        | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   | 11   | 12   | 13   | 14    | 15    | 17   | 18   |  |  |  |  |
| До 3 включно  | 3        | 4  | 6   | 10  | 14  | 25  | 40   | 60   | 0,10 | 0,14 | 0,25  | 0,40  | 1,00 | 1,40 |  |  |  |  |
| 3 – 6   | 4        | 5  | 8   | 12  | 18  | 30  | 48   | 75   | 0,12 | 0,18 | 0,30  | 0,48  | 1,20 | 1,80 |  |  |  |  |
| 6 – 10  | 4        | 6  | 9   | 15  | 22  | 36  | 58   | 90   | 0,15 | 0,22 | 0,36  | 0,58  | 1,50 | 2,50 |  |  |  |  |
| 10 – 18   | 5        | 8  | 11  | 18  | 27  | 43  | 70   | 110  | 0,18 | 0,27 | 0,43  | 0,70  | 1,80 | 2,70 |  |  |  |  |
| 18 – 30   | 6        | 9  | 13  | 21  | 33  | 52  | 84   | 130  | 0,21 | 0,33 | 0,52  | 0,84  | 2,10 | 3,30 |  |  |  |  |
| 30 – 50   | 7        | 11 | 16  | 25  | 39  | 62  | 100  | 160  | 0,25 | 0,39 | 0,62  | 1,00  | 2,50 | 3,90 |  |  |  |  |
| 50 – 80   | 8        | 13 | 19  | 30  | 46  | 74  | 120  | 190  | 0,30 | 0,46 | 0,74  | 1,20  | 3,00 | 4,60 |  |  |  |  |
| 80 – 120  | 10       | 15 | 22  | 35  | 54  | 87  | 140  | 220  | 0,35 | 0,54 | 0,87  | 1,40  | 3,50 | 5,40 |  |  |  |  |
| 120 – 180   | 12       | 18 | 25  | 40  | 63  | 100 | 160  | 250  | 0,40 | 0,63 | 1,00  | 1,60  | 4,00 | 6,30 |  |  |  |  |
| 180 – 250   | 14       | 20 | 29  | 46  | 72  | 115 | 1850 | 290  | 0,46 | 0,72 | 1,15  | 1,85  | 5,20 | 7,20 |  |  |  |  |
| 250 – 315   | 16       | 23 | 32  | 52  | 81  | 130 | 210  | 320  | 0,52 | 0,81 | 1,30  | 2,10  | 5,70 | 8,10 |  |  |  |  |
| 315 – 400   | 18       | 25 | 36  | 57  | 89  | 140 | 230  | 360  | 0,57 | 0,89 | 1,40  | 2,230 | 6,30 | 8,90 |  |  |  |  |
| 400 – 500   | 20       | 27 | 40  | 63  | 97  | 155 | 250  | 400  | 0,63 | 0,97 | 1,55, | 2,50  | 7,00 | 9,70 |  |  |  |  |
| 500 – 630   | 22       | 30 | 44  | 70  | 110 | 175 | 280  | 440  | 0,70 | 1,10 | 1,75  | 2,80  | 8,00 | 11,0 |  |  |  |  |
| 630 – 800   | 25       | 33 | 50  | 80  | 125 | 200 | 320  | 500  | 0,80 | 1,25 | 2,00  | 3,20  | 9,00 | 12,5 |  |  |  |  |
| 800 – 1000  | 29       | 40 | 56  | 90  | 140 | 230 | 360  | 560  | 1,05 | 1,40 | 2,30  | 3,60  | 10,5 | 14,0 |  |  |  |  |
| 1000 – 1250   | 34       | 46 | 66  | 105 | 165 | 260 | 420  | 660  | 1,25 | 1,65 | 2,60  | 4,20  | 12,5 | 16,5 |  |  |  |  |
| 1250 – 1600   | 40       | 54 | 73  | 125 | 195 | 310 | 500  | 780  | 1,50 | 1,95 | 3,10  | 5,00  | 15,0 | 19,5 |  |  |  |  |
| 1600 – 2000   | 43       | 65 | 92  | 150 | 230 | 370 | 600  | 920  | 1,75 | 2,30 | 3,70  | 6,00  | 17,5 | 23,0 |  |  |  |  |
| 2000 – 2500   | 57       | 77 | 110 | 175 | 280 | 440 | 700  | 1100 | 2,10 | 2,80 | 4,40  | 7,00  | 21,0 | 28,0 |  |  |  |  |

Таблиця В.4. Вихідні дані для розрахунку розмірних ланцюгів

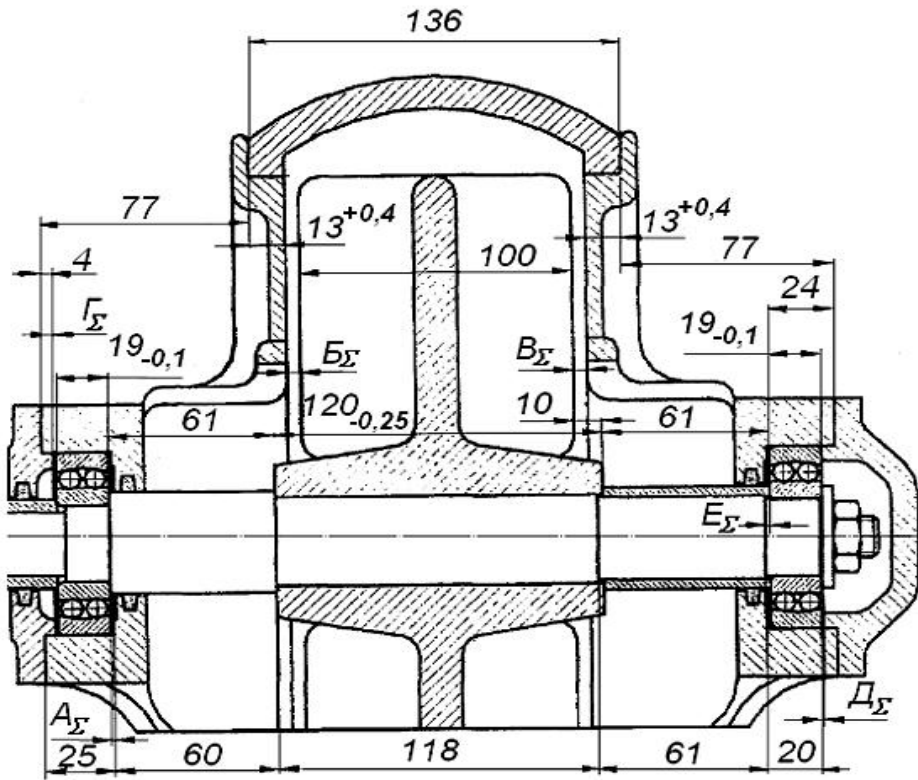
| Варіант | Номер кресленка | Позначення і розмір замикальної ланки    | Варіант | Номер кресленка | Позначення і розмір замикальної ланки    | Варіант | Номер кресленка | Позначення і розмір замикальної ланки |
|---------|-----------------|--|---------|-----------------|--|---------|-----------------|---------------------------------------|
| 1       | Г.1             | $E_{\Sigma} = 5^{+0,5}_{-0,3}$           | 29      | Г.2             | $B_{\Sigma} = 5^{+0,7}_{-1,1}$           | 57      | Г.4             | $\Gamma_{\Sigma} = 4^{+0,1}_{-0,5}$   |
| 2       | Г.1             | $E_{\Sigma} = 5^{+2,0}_{-1,5}$           | 30      | Г.2             | $B_{\Sigma} = 5^{+2,0}_{-3,0}$           | 58      | Г.4             | $\Gamma_{\Sigma} = 4^{+0,3}_{-0,2}$   |
| 3       | Г.1             | $I_{\Sigma} = 2^{+0,4}_{-0,1}$           | 31      | Г.2             | $\Gamma_{\Sigma} = 1^{+1,5}_{-0,8}$      | 59      | Г.4             | $\Gamma_{\Sigma} = 4^{+0,4}_{-2,0}$   |
| 4       | Г.1             | $I_{\Sigma} = 2^{+1,0}_{-0,5}$           | 32      | Г.2             | $D_{\Sigma} = 1^{+3,0}_{-0,8}$           | 60      | Г.4             | $D_{\Sigma} = 4^{+0,7}_{-0,2}$        |
| 5       | Г.1             | $I_{\Sigma} = 3^{+0,6}_{-0,2}$           | 33      | Г.2             | $D_{\Sigma} = 1^{+0,2}_{-0,7}$           | 61      | Г.4             | $D_{\Sigma} = 4^{+1,5}_{-0,5}$        |
| 6       | Г.2             | $A_{\Sigma} = 1^{+0,8}_{-0,9}$           | 34      | Г.2             | $D_{\Sigma} = 1^{+1,2}_{-0,8}$           | 62      | Г.4             | $D_{\Sigma} = 4^{+2,5}_{-0,5}$        |
| 7       | Г.2             | $A_{\Sigma} = 1^{+2,5}_{-0,9}$           | 35      | Г.2             | $D_{\Sigma} = 1^{+2,8}_{-0,8}$           | 63      | Г.4             | $E_{\Sigma} = 4^{+0,40}$              |
| 8       | Г.2             | $A_{\Sigma} = 1^{+0,9}_{-0,9}$           | 36      | Г.2             | $E_{\Sigma} = 2^{+0,25}_{-0,70}$         | 64      | Г.5             | $D_{\Sigma} = 3^{+0,50}$              |
| 9       | Г.2             | $E_{\Sigma} = 2^{+0,5}_{-1,5}$           | 37      | Г.2             | $E_{\Sigma} = 2^{+0,5}_{-1,50}$          | 65      | Г.5             | $D_{\Sigma} = 3 \pm 0,8$              |
| 10      | Г.2             | $E_{\Sigma} = 2^{+2,0}_{-1,0}$           | 38      | Г.2             | $E_{\Sigma} = 2^{+2,0}_{-1,0}$           | 66      | Г.5             | $E_{\Sigma} = 8^{+0,8}_{-0,3}$        |
| 11      | Г.3             | $A_{\Sigma} = 48^{+0,4}_{-0,8}$          | 39      | Г.2             | $\Gamma_{\Sigma} = 1^{+0,8}_{-0,4}$      | 67      | Г.5             | $E_{\Sigma} = 8^{+1,7}_{-0,2}$        |
| 12      | Г.3             | $B_{\Sigma} = 20^{+0,4}_{-0,9}$          | 40      | Г.4             | $B_{\Sigma} = 1 \pm 0,36$                | 68      | Г.5             | $E_{\Sigma} = 8^{+2,5}_{-0,5}$        |
| 13      | Г.3             | $B_{\Sigma} = 20^{+0,30}_{-0,65}$        | 41      | Г.3             | $\Gamma_{\Sigma} = 4^{+0,2}_{-0,5}$      | 69      | Г.1             | $B_{\Sigma} = 3^{+0,3}_{-0,6}$        |
| 14      | Г.3             | $B_{\Sigma} = 20^{+0,5}_{-1,5}$          | 42      | Г.3             | $\Gamma_{\Sigma} = 4^{+0,4}_{-1,2}$      | 70      | Г.1             | $B_{\Sigma} = 3^{+0,4}_{-0,8}$        |
| 15      | Г.4             | $B_{\Sigma} = 2^{+0,2}_{-0,3}$           | 43      | Г.3             | $\Gamma_{\Sigma} = 4^{+0,3}_{-0,6}$      | 71      | Г.1             | $B_{\Sigma} = 3^{+1,1}_{-1,4}$        |
| 16      | Г.4             | $B_{\Sigma} = 2^{+0,3}_{-0,8}$           | 44      | Г.3             | $D_{\Sigma} = 3^{+0,5}_{-0,7}$           | 72      | Г.1             | $B_{\Sigma} = 4^{+0,35}_{-0,65}$      |
| 17      | Г.3             | $E_{\Sigma} = 4^{+3,0}_{-1,5}$           | 45      | Г.3             | $D_{\Sigma} = 3^{+1,0}_{-1,5}$           | 73      | Г.1             | $B_{\Sigma} = 4^{+0,5}_{-1,1}$        |
| 18      | Г.3             | $\mathcal{J}_{\Sigma} = 7^{+1,5}_{-0,5}$ | 46      | Г.3             | $D_{\Sigma} = 3^{+2,0}_{-2,5}$           | 74      | Г.1             | $\Gamma_{\Sigma} = 1^{+0,5}_{-0,8}$   |
| 19      | Г.3             | $\mathcal{J}_{\Sigma} = 7^{+2,0}_{-0,5}$ | 47      | Г.3             | $E_{\Sigma} = 4^{+0,8}_{-0,4}$           | 75      | Г.1             | $\Gamma_{\Sigma} = 1^{+1,6}_{-0,8}$   |
| 20      | Г.4             | $A_{\Sigma} = 2 \pm 0,5$                 | 48      | Г.3             | $E_{\Sigma} = 4^{+1,8}_{-0,9}$           | 76      | Г.1             | $\Gamma_{\Sigma} = 1^{+3,0}_{-0,8}$   |
| 21      | Г.4             | $A_{\Sigma} = 2 \pm 1,2$                 | 49      | Г.3             | $E_{\Sigma} = 4^{+3,0}_{-1,5}$           | 77      | Г.1             | $\Gamma_{\Sigma} = 1^{+1,2}_{-0,7}$   |
| 22      | Г.4             | $A_{\Sigma} = 2^{+0,9}_{-0,5}$           | 50      | Г.3             | $\mathcal{J}_{\Sigma} = 7^{+1,5}_{-0,5}$ | 78      | Г.1             | $D_{\Sigma} = 1^{+1,2}_{-0,8}$        |
| 23      | Г.4             | $A_{\Sigma} = 2^{+0,10}_{-0,35}$         | 51      | Г.3             | $\mathcal{J}_{\Sigma} = 7^{+2,0}_{-0,5}$ | 79      | Г.5             | $B_{\Sigma} = 0,75^{+1,0}_{-0,5}$     |
| 24      | Г.4             | $B_{\Sigma} = 2^{+0,3}_{-0,5}$           | 52      | Г.3             | $\mathcal{J}_{\Sigma} = 7^{+3,0}_{-2,0}$ | 80      | Г.5             | $B_{\Sigma} = 0,75^{+2,0}_{-0,5}$     |
| 25      | Г.2             | $B_{\Sigma} = 5^{+1,0}_{-0,6}$           | 53      | Г.4             | $B_{\Sigma} = 2^{+0,2}_{-0,7}$           | 81      | Г.5             | $B_{\Sigma} = 0,75^{+3,0}_{-0,5}$     |
| 26      | Г.2             | $B_{\Sigma} = 5^{+1,7}_{-1,1}$           | 54      | Г.4             | $B_{\Sigma} = 2^{+0,1}_{-0,5}$           | 82      | Г.5             | $B_{\Sigma} = 2^{+0,55}_{-0,50}$      |
| 27      | Г.2             | $B_{\Sigma} = 5^{+3,5}_{-2,0}$           | 55      | Г.4             | $B_{\Sigma} = 2^{+0,20}_{-0,35}$         | 83      | Г.5             | $B_{\Sigma} = 2^{+0,20}_{-0,30}$      |
| 28      | Г.2             | $B_{\Sigma} = 5^{+0,5}_{-0,8}$           | 56      | Г.4             | $B_{\Sigma} = 2^{+0,4}_{-0,7}$           | 84      | Г.5             | $B_{\Sigma} = 2^{+3,0}_{-1,0}$        |

| Варіант | Номер кресленика | Позначення і розмір замір кальної ланки | Варіант | Номер кресленика | Позначення і розмір замір кальної ланки | Варіант | Номер кресленика | Позначення і розмір замір кальної ланки |
|---------|------------------|---|---------|------------------|---|---------|------------------|---|
| 84      | Г.5              | $\Gamma_{\Sigma} = 4^{+1,2}_{-0,4}$     | 93      | Г.2              | $A_{\Sigma} = 43 \pm 0,8$               | 101     | Г.2              | $\Gamma_{\Sigma} = 4 \pm 1,4$           |
| 86      | Г.5              | $\Gamma_{\Sigma} = 4^{+2,8}_{-1,0}$     | 94      | Г.2              | $A_{\Sigma} = 43 \pm 0,4$               | 102     | Г.2              | $D_{\Sigma} = 3 \pm 0,3$                |
| 87      | Г.5              | $\Gamma_{\Sigma} = 4^{+2,2}_{-0,8}$     | 95      | Г.2              | $B_{\Sigma} = 2 \pm 0,6$                | 103     | Г.1              | $\Gamma_{\Sigma} = 1^{+2,0}_{-0,8}$     |
| 88      | Г.5              | $D_{\Sigma} = 3^{+2,4}_{-1,0}$          | 96      | Г.2              | $B_{\Sigma} = 2 \pm 0,9$                | 104     | Г.4              | $E_{\Sigma} = 1^{+0,25}_{-0,35}$        |
| 89      | Г.5              | $D_{\Sigma} = 3^{+0,40}_{-0,20}$        | 97      | Г.2              | $B_{\Sigma} = 2 \pm 1,2$                | 105     | Г.4              | $E_{\Sigma} = 1^{+0,25}_{-1,00}$        |
| 90      | Г.1              | $D_{\Sigma} = 1^{+1,00}_{-0,50}$        | 98      | Г.2              | $B_{\Sigma} = 2 \pm 1,5$                | 106     | Г.5              | $E_{\Sigma} = 2^{+2,0}_{-1,0}$          |
| 91      | Г.1              | $I_{\Sigma} = 17 \pm 0,6$               | 99      | Г.2              | $\Gamma_{\Sigma} = 4 \pm 0,6$           | 107     | Г.5              | $A_{\Sigma} = 43^{+0,4}_{-0,6}$         |
| 92      | Г.2              | $I_{\Sigma} = 17 \pm 0,9$               | 100     | Г.2              | $\Gamma_{\Sigma} = 4 \pm 1,0$           | 108     | Г.5              | $A_{\Sigma} = 43^{+0,35}_{-1,0}$        |

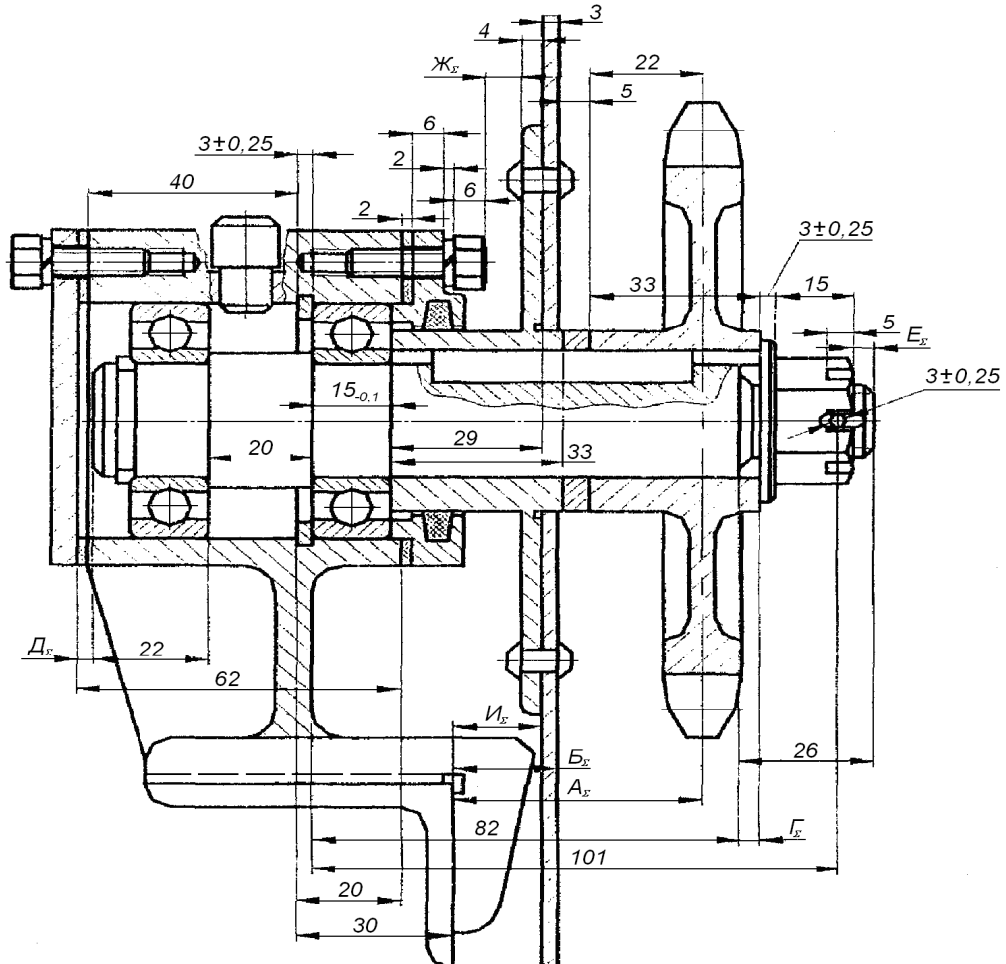
Додаток Г



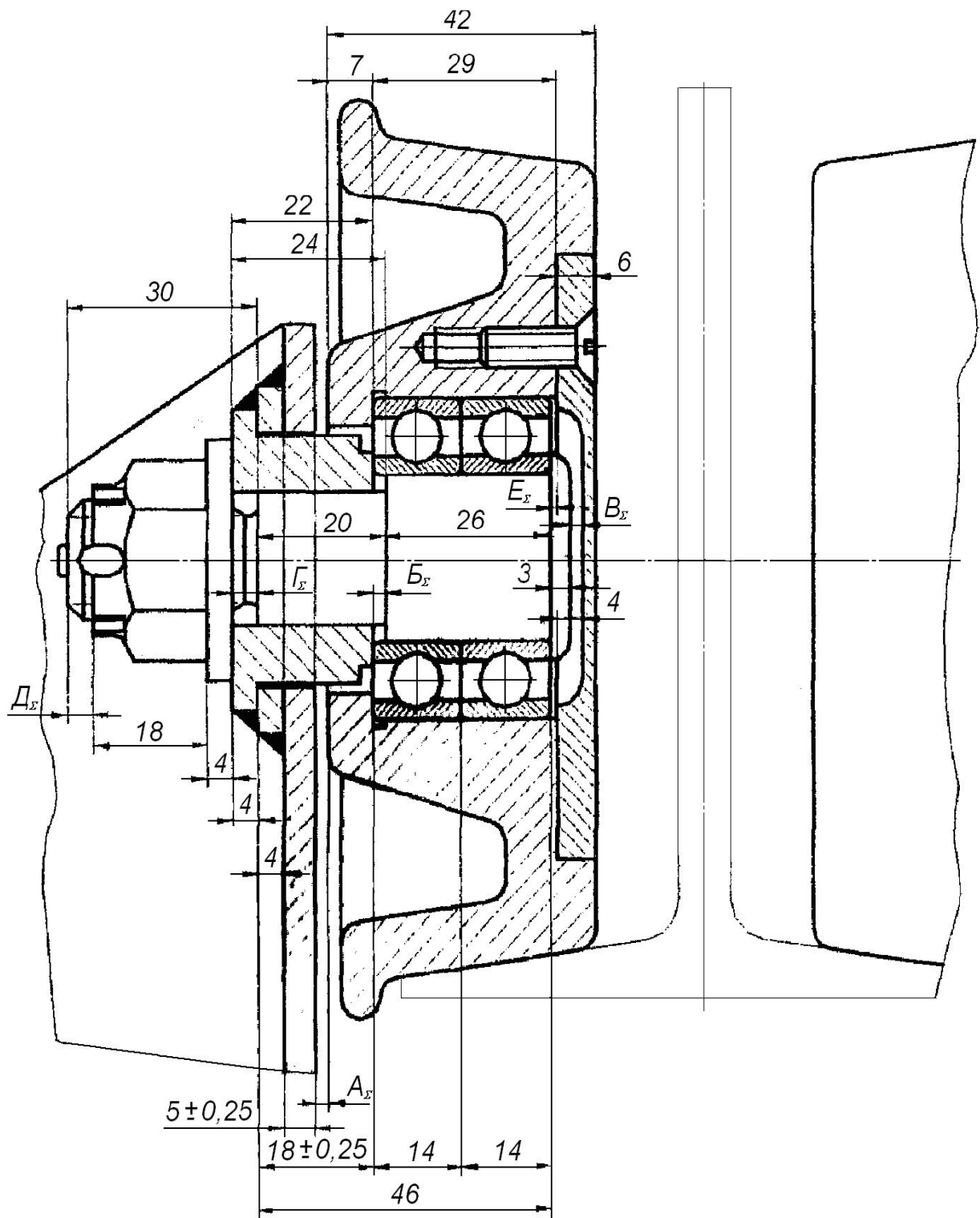
Кресленик Г.1 [1]



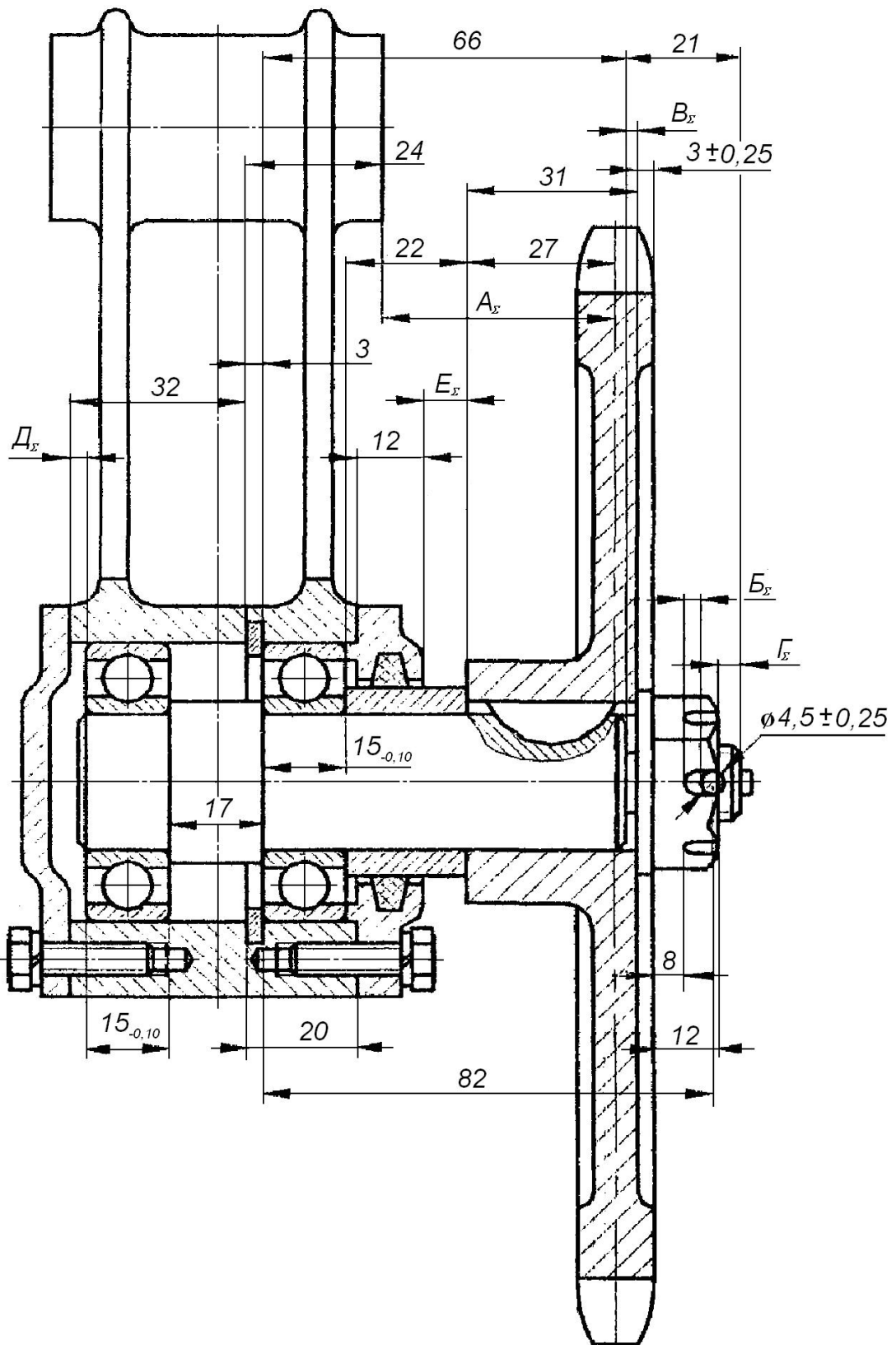
Кресленик Г.2 [1]



Кресленик Г.3 [1]



Кресленик Г.4 [1]



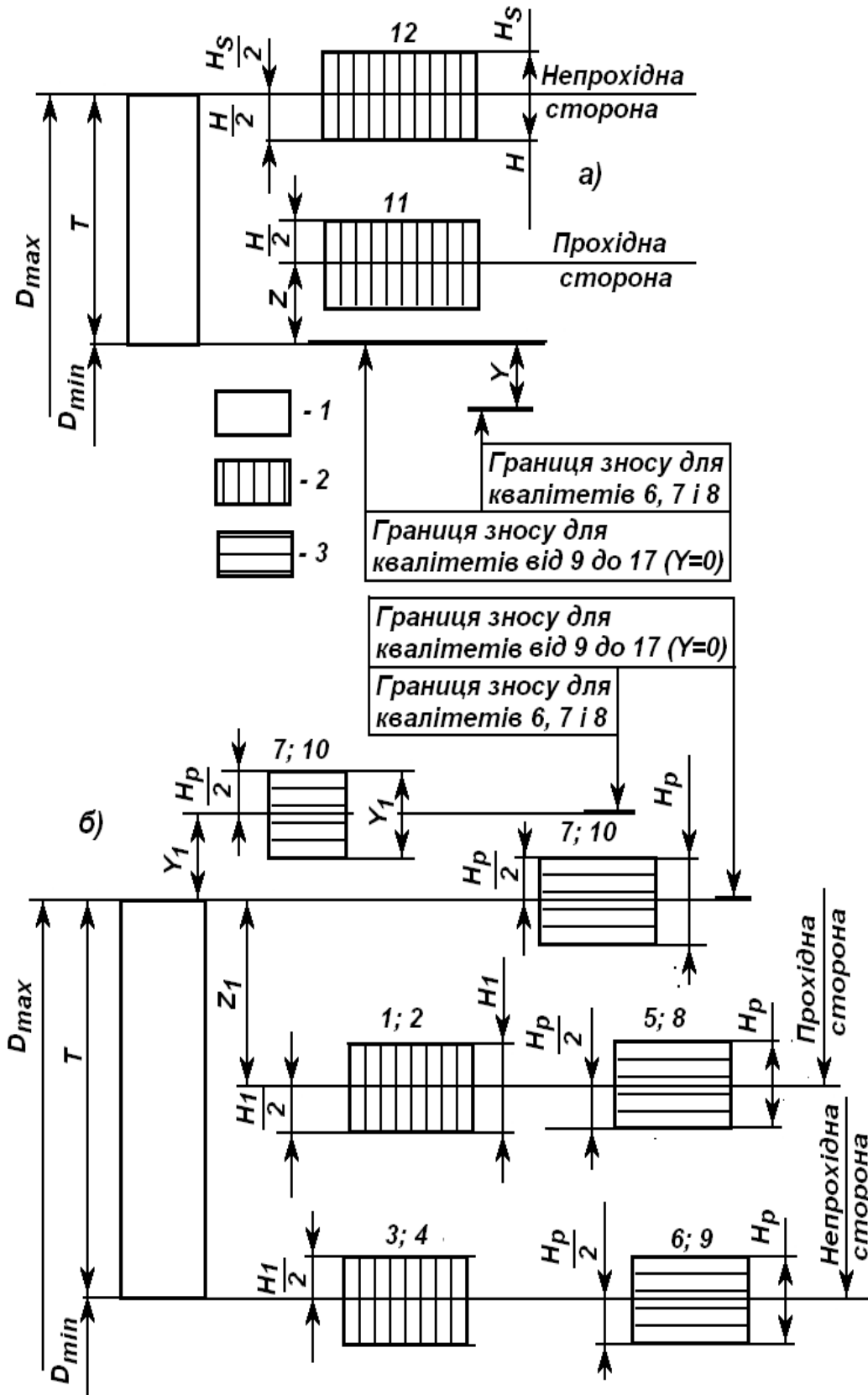
Кресленик Г.5 [1]



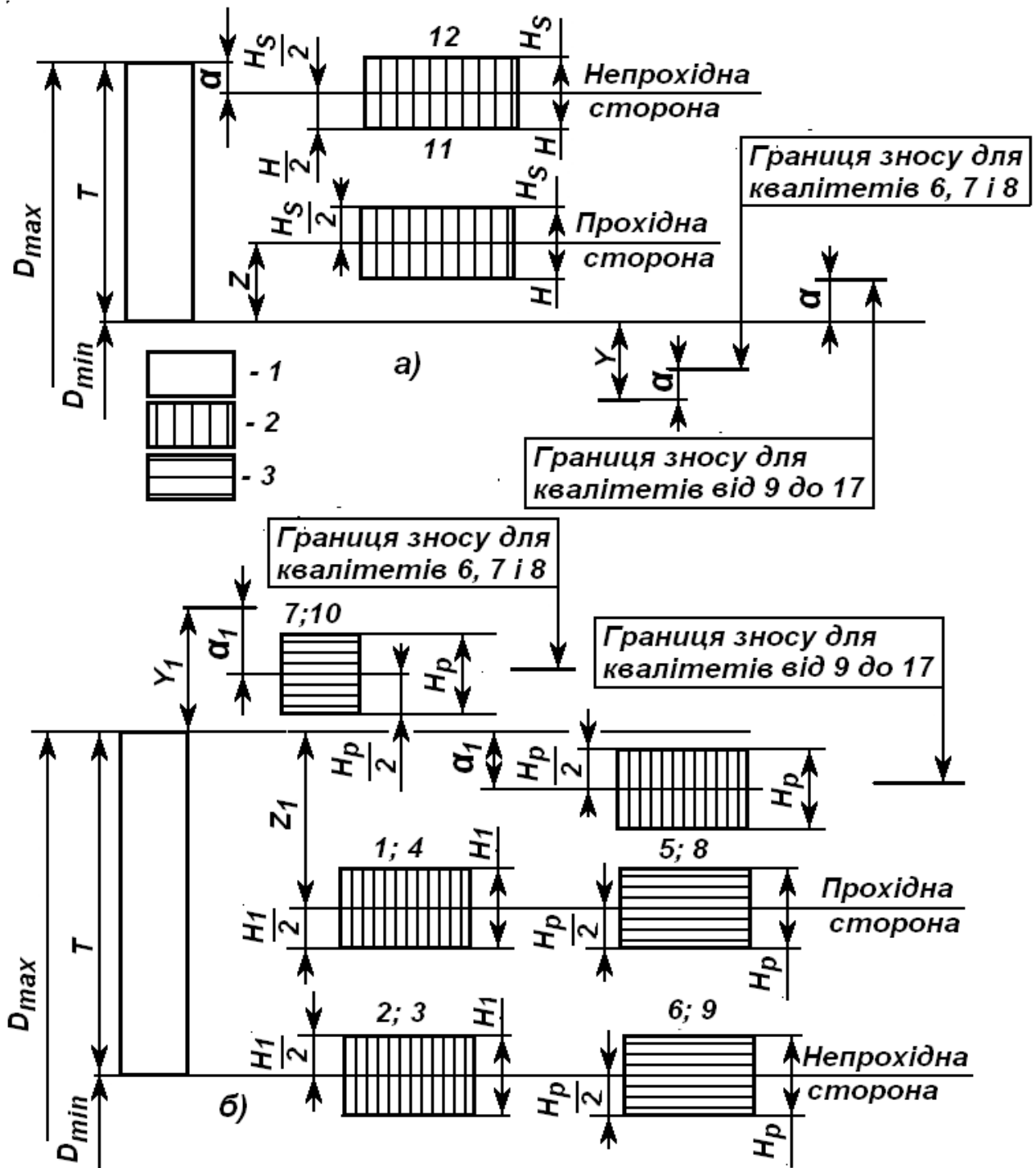
Таблиця Г.1. Допуски і відхили гладких калібрів (за ГОСТ 24853-81)

| Квалітет    | Позначення                      | Значення допусків і відхилів, мкм, при номінальних розмірах, мм, для пробок і скоб (понад – до) |      |        |        |        |        |        |         |
|-------------|---------------------------------|---|------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|             |                                 | св. 3 до 6  | 6-10 | 10- 18 | 18- 30 | 30- 50 | 50- 80 | 80-120 | 120-180 |
| 6           | Z                               | 1,5   | 1,5  | 2      | 2      | 2,5    | 2,5    | 3      | 4       |
|             | Y                               | 1   | 1    | 1,5    | 1,5    | 2      | 2      | 3      | 3       |
|             | Z <sub>1</sub>                  | 2   | 2    | 2,5    | 3      | 3,5    | 4      | 5      | 6       |
|             | Y <sub>1</sub>                  | 1,5   | 1,5  | 2      | 3      | 3      | 3      | 4      | 4       |
|             | H, H <sub>S</sub>               | 1,5   | 1,5  | 2      | 2,5    | 2,5    | 3      | 4      | 5       |
|             | H <sub>1</sub>                  | 2,5   | 2,5  | 3      | 4      | 4      | 5      | 6      | 8       |
|             | H <sub>P</sub>                  | 1   | 1    | 1,2    | 1,5    | 1,5    | 2      | 2,5    | 2,5     |
| 7           | Z, Z <sub>1</sub>               | 2   | 2    | 2,5    | 3      | 3,5    | 4      | 5      | 6       |
|             | Y, Y <sub>1</sub>               | 1,5   | 1,5  | 2      | 3      | 3      | 3      | 4      | 4       |
|             | H, H <sub>S</sub>               | 2,5   | 2,5  | 3      | 4      | 4      | 5      | 6      | 8       |
|             | H <sub>1</sub>                  | -   | 1,5  | 2      | 2,5    | 2,5    | 3      | 4      | 5       |
|             | H <sub>P</sub>                  | 1   | 1    | 1,2    | 1,5    | 1,5    | 2      | 2,5    | 3,5     |
| 8           | Z, Z <sub>1</sub>               | 3   | 3    | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9       |
|             | Y, Y <sub>1</sub>               | 3   | 3    | 4      | 4      | 5      | 5      | 6      | 6       |
|             | H                               | 2,5   | 2,5  | 3      | 4      | 4      | 5      | 6      | 8       |
|             | H <sub>1</sub>                  | 4   | 4    | 5      | 6      | 7      | 8      | 10     | 12      |
|             | H <sub>S</sub> , H <sub>P</sub> | 1,5   | 1,5  | 2      | 2,5    | 2,5    | 3      | 4      | 5       |
| 9, 10       | Z, Z <sub>1</sub>               | 6   | 7    | 8      | 9      | 11     | 13     | 15     | 18      |
|             | H                               | 2,5   | 2,5  | 3      | 4      | 4      | 5      | 6      | 8       |
|             | H <sub>1</sub>                  | 4   | 4    | 5      | 6      | 7      | 8      | 10     | 12      |
|             | H <sub>S</sub> , H <sub>P</sub> | 1,5   | 1,5  | 2      | 2,5    | 2,5    | 3      | 4      | 5       |
| 11, 12      | Z, Z <sub>1</sub>               | 12  | 14   | 16     | 19     | 22     | 25     | 28     | 32      |
|             | H, H <sub>1</sub>               | 5   | 6    | 8      | 9      | 11     | 13     | 15     | 18      |
|             | H <sub>S</sub>                  | -   | 4    | 5      | 6      | 7      | 8      | 10     | 12      |
|             | H <sub>P</sub>                  | 1,5   | 1,5  | 2      | 2,5    | 2,5    | 3      | 4      | 5       |
| 13, 14      | Z, Z <sub>1</sub>               | 24  | 28   | 32     | 36     | 42     | 48     | 54     | 60      |
|             | H, H <sub>1</sub>               | 12  | 15   | 18     | 21     | 25     | 30     | 35     | 40      |
|             | H <sub>S</sub>                  | -   | 9    | 11     | 13     | 16     | 19     | 22     | 25      |
|             | H <sub>P</sub>                  | 2,5   | 2,5  | 3      | 4      | 4      | 5      | 6      | 8       |
| 15, 16 і 17 | Z, Z <sub>1</sub>               | 48  | 54   | 56     | 72     | 80     | 90     | 100    | 110     |
|             | H, H <sub>1</sub>               | 12  | 15   | 18     | 21     | 25     | 30     | 35     | 40      |
|             | H <sub>S</sub>                  | -   | 9    | 11     | 13     | 16     | 19     | 22     | 25      |
|             | H <sub>P</sub>                  | 2,5   | 2,5  | 3      | 4      | 4      | 5      | 6      | 8       |

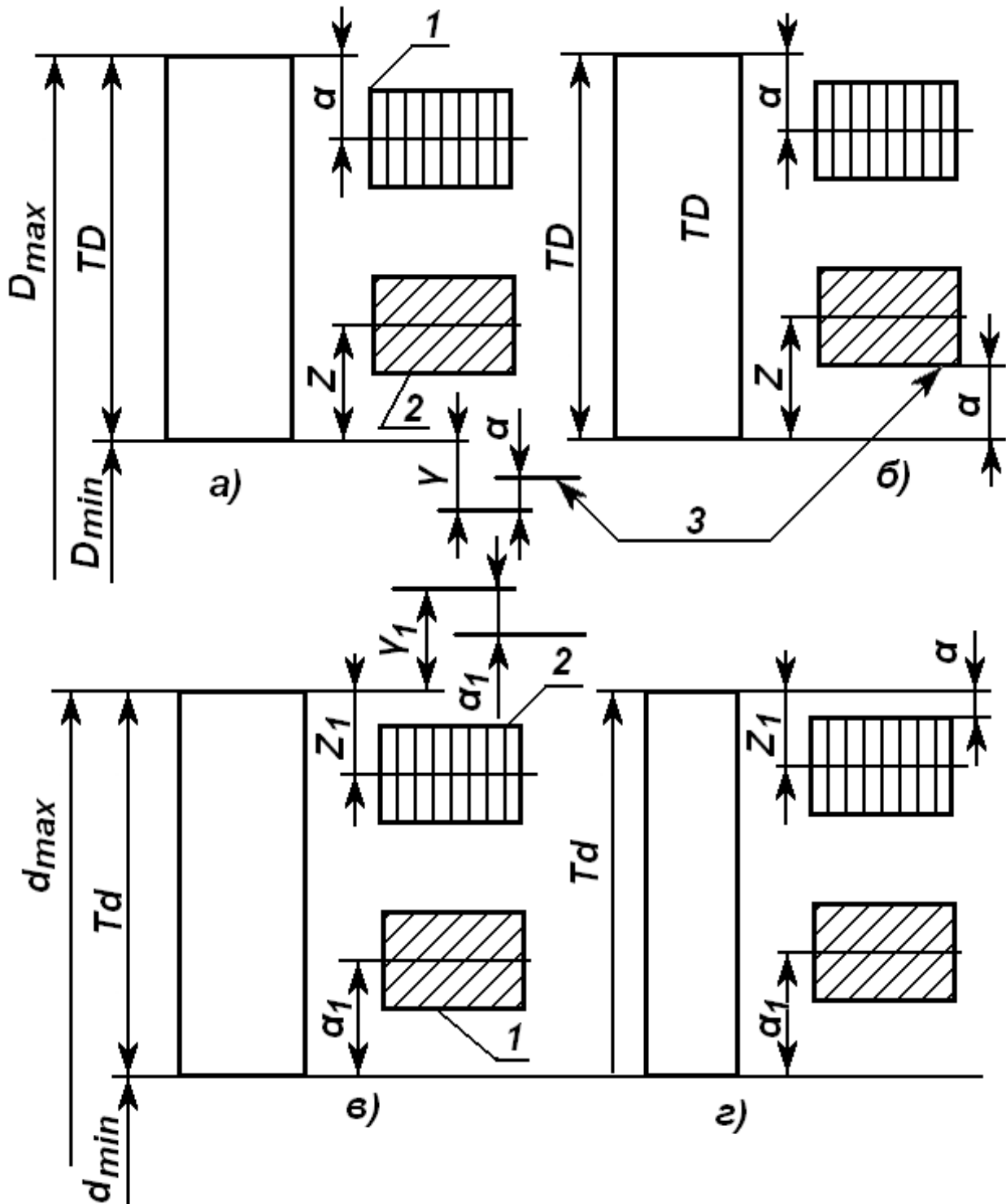
Позначення: Z–відхил середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору від  $D_{\max}$ ; Z<sub>1</sub>–відхил середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала від  $d_{\max}$ ; H–допуск на виготовлення пробки; H<sub>1</sub>–допуск на виготовлення скоби; H<sub>S</sub>–допуск цих же калібрів, але зі сферичними вимірювальними поверхнями; H<sub>P</sub>–допуск для контрольних калібрів для скоб; Z–допустимий вихід за межу поля допуску виробів для пробки; Y<sub>1</sub>–допустимий вихід за межу поля допуску виробів для скоби.



Схеми розташування полів допусків граничних калібрів для отворів (а) і валів (б) для розмірів до 180 мм: 1-поле допуску виробу; 2-поле допуску робочого калібру; 3-поле допуску контрольного калібру



Схеми розташування полів допусків граничних калібрів для отворів (а) і валів (б) для розмірів понад 180 мм: 1 – поле допуску виробу; 2 – поле допуску робочого калібру; 3 – поле допуску контрольного калібру



Схеми розташування полів допусків калібру: а) – для отворів квалітетів 6, 7, 8; б) – для отворів квалітетів від 9 до 17; в) – для валів квалітетів 6, 7, 8; г) – для валів квалітетів від 9 до 17; 1–непрохідна сторона; 2–прохідна сторона; 3 – схема спрацювання

| Таблиця Г.5. формули для обчислювання виконавчих і граничних розмірів граничних калібрів |                                       |                                    |   |
|--|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| Вид калібру і умовне позначення  |                                       | Номінальні розміри виробу, мм      |   |
|  |                                       | до 180                             | понад 180 до 500                        |
| Калібр-пробка  | Прохідний новий Р-ІР <sub>вик</sub>   | $(D_{\min} + z + 0,5H)_{-H}$       | $(D_{\min} + z + 0,5H)_{-H}$            |
|  | Прохідний зношений Р-ІР <sub>зн</sub> | $D_{\min} - y$                     | $D_{\min} - y + \alpha$                 |
|  | Непрохідний Р-НЕ <sub>вик</sub>       | $(D_{\max} + 0,5H)_{-H}$           | $(D_{\max} - \alpha + 0,5H)_{-H}$       |
| Калібр-скоба   | Прохідний новий Р-ІР <sub>вик</sub>   | $(d_{\max} - z_1 - 0,5H_1)_{+H}$   | $(d_{\max} - z_1 - 0,5H_1)_{+H}$        |
|  | Прохідний зношений Р-ІР <sub>зн</sub> | $d_{\max} + y_1$                   | $d_{\max} - y_1 - \alpha_1$             |
|  | Непрохідний Р-НЕ <sub>вик</sub>       | $(d_{\min} - 0,5H_1)_{+H}$         | $(d_{\min} - 0,5H_1)_{+H}$              |
| Контрольний калібр   | Прохідний новий К-ІР <sub>вик</sub>   | $(d_{\max} - z_1 + 0,5H_p)_{-H_p}$ | $(d_{\max} - z_1 + 0,5H_p)_{-H_p}$      |
|  | Прохідний зношений К-ІР <sub>зн</sub> | $(d_{\max} + y_1 + 0,5H_p)_{-H_p}$ | $(d_{\max} - y_1 - \alpha_1)$           |
|  | Непрохідний К-Е <sub>вик</sub>        | $(d_{\min} + 0,5H_1)_{-H_p}$       | $(d_{\min} + \alpha_1 + 0,5H_p)_{-H_p}$ |
|  | До 180                                | Понад 180 до 500                   |   |
|  | Номінальні розміри калібра            |                                    |   |
| Калібр-пробка  | робочого                              | робочого                           | робочого                                |
| Прохідний новий<br>Прохідний знош.<br>Непрохідний  | $D_{\min} + z$                        | $D_{\min} + z_1$                   | $\pm H(H_s)$                            |
|  | $D_{\min} - y$                        | $D_{\min} - y + \alpha$            | -                                       |
|  | $D_{\min}$                            | $D_{\min} - \alpha$                | $\pm H(H_s)$                            |
| Калібр-скоба<br>Прохідний новий  | $D_{\max} - z_1$                      | $D_{\max} - z_1$                   | $\pm 0,5H_1$                            |
|  | $D_{\max} + y_1$                      | $D_{\max} + y_1 - \alpha_1$        | -                                       |
| Прохідний<br>Непрохідний   | $D_{\min}$                            | $D_{\min} + \alpha_1$              | $\pm 0,5H_1$                            |
|  |                                       |                                    | -                                       |
|  |                                       | Понад 500                          |   |
| Допуск калібра   |                                       |                                    |   |
| Калібр-пробка  | робочого                              | робочого                           | робочого                                |
| Прохідний новий<br>Прохідний знош.<br>Непрохідний  | $D_{\min} + z$                        | $D_{\min} + z_1$                   | $\pm H(H_s)$                            |
|  | $D_{\min} - y$                        | $D_{\min} - y + \alpha$            | -                                       |
|  | $D_{\min}$                            | $D_{\min} - \alpha$                | $\pm H(H_s)$                            |
| Калібр-скоба<br>Прохідний новий  | $D_{\max} - z_1$                      | $D_{\max} - z_1$                   | $\pm 0,5H_1$                            |
|  | $D_{\max} + y_1$                      | $D_{\max} + y_1 - \alpha_1$        | -                                       |
| Прохідний<br>Непрохідний   | $D_{\min}$                            | $D_{\min} + \alpha_1$              | $\pm 0,5H_1$                            |
|  |                                       |                                    | -                                       |

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра  
загальнотехнічних  
дисциплін

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

курсової роботи (проекту) з дисципліни

**“ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ  
ВИМІРЮВАННЯ”**

Тема: Взаємозамінність деталей машин

Виконавець:

\_\_\_\_\_,  
студент групи М\_/\_

Керівник:

\_\_\_\_\_

Миколаїв 20\_\_ р.



Навчальне видання

**ІВАНОВ Геннадій Олександрович,  
ШЕБАНІН В'ячеслав Сергійович,  
БАБЕНКО Дмитро Володимирович та ін.**

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ  
ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ.  
КУРСОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ  
З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМ РОЗРАХУНКІВ  
ТИПОВИХ З'ЄДНАНЬ НА ПЕРСОНАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРАХ**

**ПІДРУЧНИК**

Технічний редактор – П. М. Полянський  
Дизайн обкладинки – П. М. Полянський  
Комп'ютерний набір – Г. О. Іванов, П. М. Полянський  
Комп'ютерна верстка – П. М. Полянський

Формат 60x84/1/16. Папір офсетний.  
Ум. друк. арк. 36. Наклад 300 прим. Зам. № 74.

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету.  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9.  
Тел./факс: (0512)341082.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.