

Міністерство освіти і науки України
Миколаївський національний аграрний університет

***ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ***

Методичні рекомендації та завдання

для виконання практичних занять

студентами 3 курсу спеціальності 208 "Агроінженерія"

Галузь знань 20 - „Аграрні науки та продовольство”

денної та заочної форми навчання

Миколаїв
2019

УДК 621:62-182.8

В11

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету механізації сільського господарства Миколаївського національного аграрного університету, протокол №2 від 25.09.2018 р.

Укладачі:

Іванов Г. О. – канд. техн. наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін.

Полянський П.М. – канд. екон. наук, в.о. завідувача кафедри загальнотехнічних дисциплін, доцент.

Степанов С.М. – ст. викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін.

Баранова О.В. – асистент кафедри загальнотехнічних дисциплін.

Рецензенти:

Атаманюк І.П. – докт. техн. наук, професор, зав. кафедри вищої та прикладної математики.

Гавриш В.І. – докт. екон. наук, професор, зав. кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу.

© Миколаївський національний аграрний університет, 2019

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
1. ОБСЯГ І ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	4
2. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	4
2.1. Загальні вимоги	4
2.2. Нумерація	6
2.3. Ілюстрації	7
2.4. Таблиці	8
2.5. Формули	9
2.6. Загальні правила цитування та посилання на використані джерела	10
2.7. Оформлення списку використання джерел	11
2.8. Додатки	11
3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ	12
3.1. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань і вибір універсальних засобів вимірювання (завдання 1)	12
3.2. Розрахунок і вибір посадок з натягом (завдання 2)	15
3.3. Розрахунок і вибір посадок з зазором (завдання 3)	19
3.4. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці (завдання 4)	22
3.5. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення (завдання 5)	28
3.6. Вибір допусків і посадок шпонкових з'єднань (завдання 6)	31
3.7. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань (завдання 7)	34
3.8. Вибір допусків і посадок нарізних з'єднань (завдання 8)	36
3.9. Розрахунок розмірних ланцюгів (завдання 9)	41
3.10. Розрахунок гладких калібрів (завдання 10)	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	51
ДОДАТКИ	53
Додаток А	53
Додаток Б	67
Додаток В	88
Додаток Г	92

1. ОБСЯГ І ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Згідно з програмою курсу “Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання” практичні роботи повинні охопити такі основні розділи:

1. Основні поняття про взаємозамінність.
2. Система допусків і посадок гладких циліндричних з'єднань.
3. Розрахунок і вибір посадок гладких циліндричних з'єднань.
4. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці.
5. Допуски й посадки з'єднань вальниць кочення.
6. Допуски й посадки шпонкових з'єднань.
7. Допуски й посадки шліцьових з'єднань.
8. Допуски й посадки нарізних з'єднань.
9. Розмірні ланцюги.
10. Універсальні і спеціальні засоби вимірювання.

Для цього студентам пропонується 10 завдань:

Завдання 1. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з'єднань і вибір універсальних засобів вимірювання.

Завдання 2. Розрахунок і вибір посадок з натягом.

Завдання 3. Розрахунок і вибір посадок з зазором.

Завдання 4. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці.

Завдання 5. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення.

Завдання 6. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шпонкових з'єднань.

Завдання 7. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань.

Завдання 8. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей нарізних з'єднань.

Завдання 9. Розрахунок розмірних ланцюгів.

Завдання 10. Розрахунок гладких калібрів.

2. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

2.1. Загальні вимоги

Практичні роботи робота оформлюється у вигляді пояснювальної записки.

Пояснювальна записка виконується у рукописному або надрукованому вигляді на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 (210x297 мм) відповідно ГОСТ 2.105-87 і ДСТУ 3321-2003 [1, 2] 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 синяго 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ”, “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 пояснювальної записки треба починати з нової сторінки.

До основного обсягу пояснювальної записки 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.

2.2. Нумерація

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

Такі структурні частини пояснювальної записки, 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 пояснювальній записці після тексту; де вони згадані вперше, або на наступній сторінці. Ілюстрації і таблиці, які розміщені на окремих сторінках пояснювальної записки, 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 пояснювальній записки 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 пояснювальній записки 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 пояснювальній записки (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.

2.3. Ілюстрації

Приводять у пояснювальній записки, 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 кресленику елементи.

Наприклад: Експлікація розміщення елементів касети:

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

Основними видами ілюстративного матеріалу у пояснювальній записки 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.”.

2.4. Таблиці

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

Приклад побудови таблиці.

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 граfi 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.

Таблиця (номер)
Заголовок таблиці

Головка						
Рядки						

Заголовки граф
Підзаголовки
граф

Боковик

Графи (колонки)
(заголовок рядків)

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 граfi; 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.

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. Невеличкі 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 рядка. 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-дроби 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 безносередньо 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.

2.6. Загальні правила цитування та посилання на використані джерела

При написанні пояснювальної записки 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 пояснювальної записки 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 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.

2.7. Оформлення списку використання джерел

Список використання джерел – 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”.

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 Ъ, наприклад: додаток А, Додаток Б і т.д. Один додаток позначається як додаток

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ

3.1. Розрахунок геометричних параметрів гладких циліндричних з’єднань і вибір універсальних засобів вимірювання (завдання 1)

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета заняття №1 – засвоїти терміни і визначення, передбачені стандартом на взаємозамінність, набуті навиків користування таблицями і довідковим матеріалом, навчитися визначати розміри, допуски, зазори, натяги тощо.

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку геометричних параметрів гладких циліндричних з’єднань.
2. Визначити: граничні розміри отвору і вала, граничні зазори або натяги, допуск посадки, перевірити правильність розрахунку допуску посадки.
3. Накреслити: схему розташування полів допусків з’єднання; ескізи з’єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів
4. Вибрати універсальні засоби для контролю розмірів отвору і вала.

Вихідні дані для визначення основних елементів сполучення (завдання 1) наведено в табл. А.1 (Додаток А).

Приклад 1. Задано з’єднання $\varnothing 46E10/h9$.

Посадка в системі вала з зазором.

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку геометричних параметрів гладких циліндричних з’єднань.

За номінальним розміром з’єднання $D = 46$ мм і посадкою визначаємо граничні відхили отвору і вала (табл. А.3 і табл. А.6):

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

2. Визначити: граничні розміри отвору і вала, граничні зазори або натяги, допуск посадки, перевірити правильність розрахунку допуску посадки.

Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:

$$D_{\min} = D + EI = 46 + 0,050 = 46,050 \text{ мм}; \quad D_{\max} = D + ES = 46 + 0,150 = 46,150 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = D + ei = 46 + (-0,062) = 45,938 \text{ мм}; \quad d_{\max} = D + es = 46 + 0 = 46,000 \text{ мм}.$$

Допуски отвору і вала:

$$TD = ES - EI = 0,150 - 0,050 = 0,100 \text{ мм}; \quad Td = es - ei = 0 - (-0,062) = 0,062 \text{ мм}.$$

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:

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

3. Накреслити: схему розташування полів допусків з'єднання; ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів.

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

3.1.

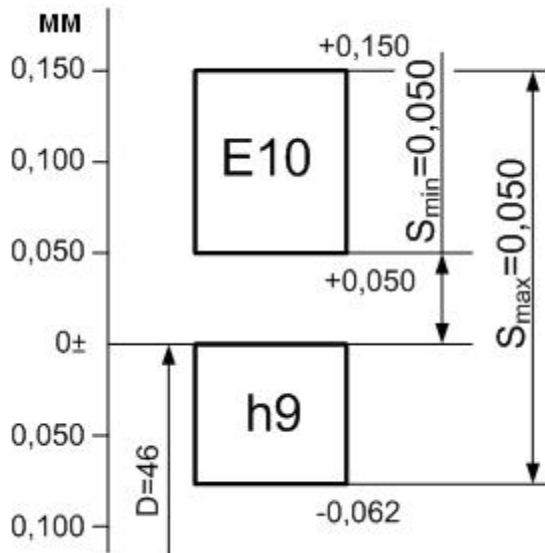


Рис. 3.1. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання $\text{Ø}46\text{E}10/\text{h}9$

Ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів наведено на рис. 3.2.

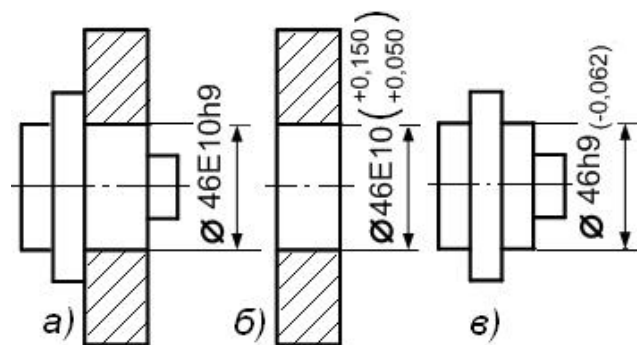


Рис. 3.2. Ескізи з'єднання (а), отвору (б) і вала (в)

4. Вибрати універсальні засоби для

контролю розмірів отвору і вала.

Згідно з табл. А.7: для отвору $\text{Ø}46\text{E}10$ $IT=100$ мкм, $\delta = 20$ мкм; для вала $\text{Ø}46\text{h}9$ $IT=62$ 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 $\Delta lim=10$ мкм (табл. А.8).

Для вимірювання діаметру вала вибрано мікрометр типа МК, для якого $\Delta lim=10$ мкм при вимірюванні у руках (табл. А.8).

Приклад 2. Задано з'єднання $\text{Ø}90\text{T}7/\text{h}6$.

Посадка в системі вала з натягом.

За номінальним розміром з'єднання $D = 90$ мм і посадкою визначаємо граничні відхилення отвору і вала (табл. А.5 і табл. А.6):

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

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

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:

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

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

Граничні натяги підраховуємо за формулами (3.7 і 3.8):

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

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

Допуск посадки визначаємо за формулою (3.9):

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

Перевірочна формула:

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

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

3.3.

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

Згідно з табл. А.7: для отвору $\varnothing 90\text{T7}$ $IT=35$ мкм, $\delta=10$ мкм; для вала $\varnothing 90\text{h6}$ $IT=22$ мкм, $\delta=6$ мкм.

Для вимірювання діаметру отвору вибрано індикаторний нутромір з вимірювальною голівкою з ціною поділки 0,0001 мм при роботі у межах ділянки у 0,1 мм, для якого $\Delta_{\text{lim}}=6,5$ мкм (табл. А.8).

Для вимірювання діаметру вала вибрано мікрометр важільний типу МР, для якого $\Delta_{\text{lim}}=6$ мкм при вимірюванні у стояку (табл. А.8).

Приклад 3. Задано з'єднання $\varnothing 170\text{N8/h7}$.

Посадка в системи вала посадка перехідна.

За номінальним розміром з'єднання $D = 170$ мм і посадкою визначаємо граничні відхили отвору і вала (табл. А.5 і табл. А.6): $\varnothing 170\text{N8}$: $ES=-4$ мкм, $EI=-67$ мкм;

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

Граничні розміри отвору і вала підраховуємо за формулами:

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

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

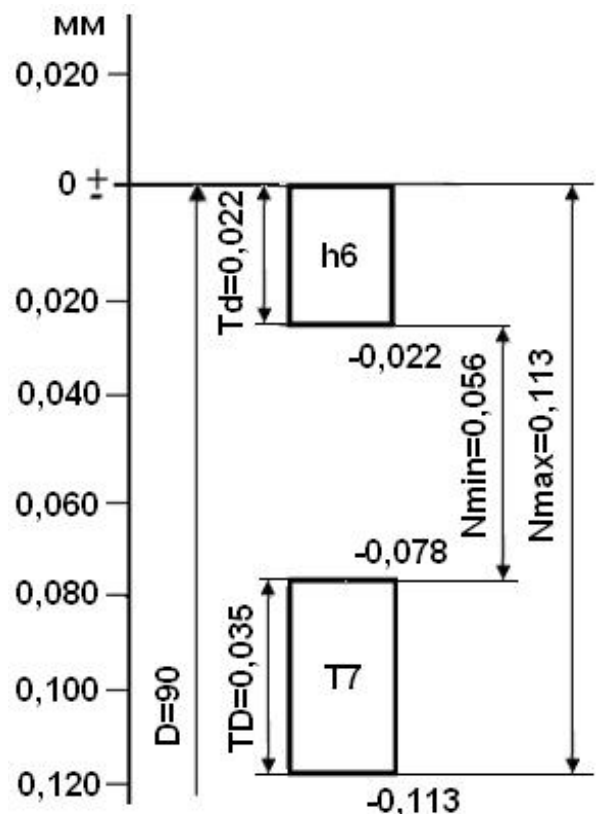


Рис. 3.3. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання $\varnothing 90\text{T7/h6}$

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

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

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 розташування полів допусків деталей з'єднання дана на рис.

3.4.

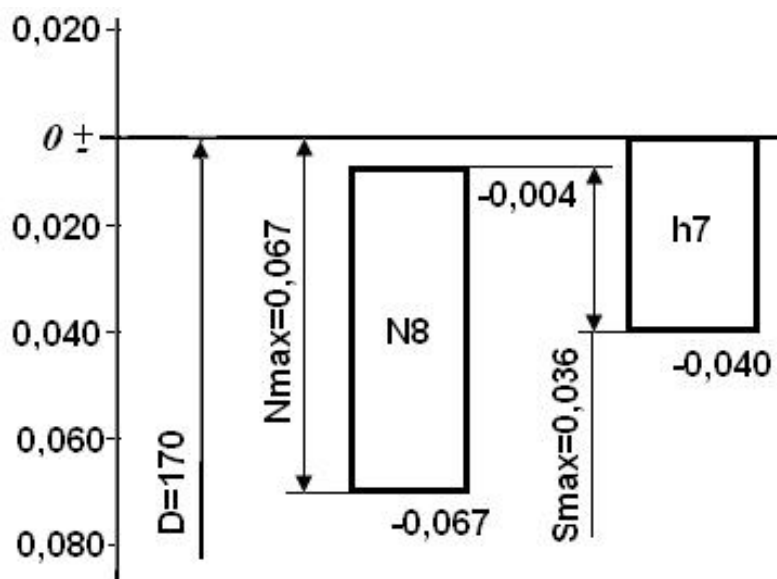


Рис. 3.4. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання $\varnothing 170N8/h7$

Універсальні засоби вимірювання отвору і вала вибираємо, дотримуючись умовами:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta.$$

Згідно з табл. А.7: 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. А.8).

Для вимірювання діаметру отвору вибрано індикаторний нутромір з вимірювальною голівкою з ціною поділки шкали 0,001 мм при роботі в границях участка 0,1 мм, $\Delta_{\text{lim}}=7,5$ мкм (табл. А.8).

3.2. Розрахунок і вибір посадок з натягом (завдання 2)

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета заняття 2 – засвоїти методику розрахунку і вибору посадок з натягом із врахуванням конкретних умов роботи з'єднання, розмірів, матеріалу, питомого тиску, шорсткості поверхонь тощо.

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з натягом.
2. Навести розрахункову схему розрахунку посадки з натягом.
3. Розрахувати: найменший питомий тиск в площі контакту вала і втулки; значення коефіцієнтів C_D і C_d ; потрібну деформацію деталей

з'єднання; поправку на змінання мікронерівностей отвору і вала; мінімальний натяг, потрібний для передачі завданого навантаження.

4. Знайти максимальний тиск, що допускається міцністю отвору; рахуємо максимальну деформацію, що допускається міцністю отвору; визначаємо максимальний натяг, що допускається міцністю отвору.

5. Вибираємо стандартну посадку, яка задовольняє умовам $N_{p\min} \geq N_{\min}$; $N_{p\max} \leq N_{\max}$; знаходимо граничні відхили.

6. Креслимо схему полів допусків деталей з'єднання.

7. Креслимо ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів.

Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з натягом наведено в табл. Б.1 і табл. Б.2 (Додаток Б).

1. За варіантом вибрати вихідні дані для розрахунку посадки з натягом в табл. Б.1 (Додаток Б).

Розрахувати посадку зубчастого колеса на вал за такими даними, розміри в мм: $D/D_1 = 55/35$, $D_2 = 85$, $l=75$; $T = 225 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $R_{zD}=3,2 \text{ мкм}$, $R_{zd}=1,6 \text{ мкм}$.

2. Навести розрахункову схему розрахунку посадки з натягом.

Розрахункова схема посадки з натягом приведена на рис. 3.5.

3. Розрахувати: найменший питомий тиск в площі контакту вала і втулки; значення коефіцієнтів C_D і C_d ; потрібну деформацію деталей з'єднання; поправку на змінання мікронерівностей отвору і вала; мінімальний натяг.

При дії крутного моменту T найменший питомий тиск в площі контакту вала і втулки визначаємо за формулою:

$$p = \frac{2T}{\pi \cdot D^2 \cdot l \cdot f} = \frac{2 \cdot 225}{3,14 \cdot 0,085^2 \cdot 0,075 \cdot 0,07} 10^{-6} = 3,78 \text{ МПа.}$$

Тут значення коефіцієнта тертя приймаємо за даними табл. 3.1: для пари тертя сталь-сталь (сталь 45 ГОСТ 380-88, НВ 235...262) $f=0,07$.

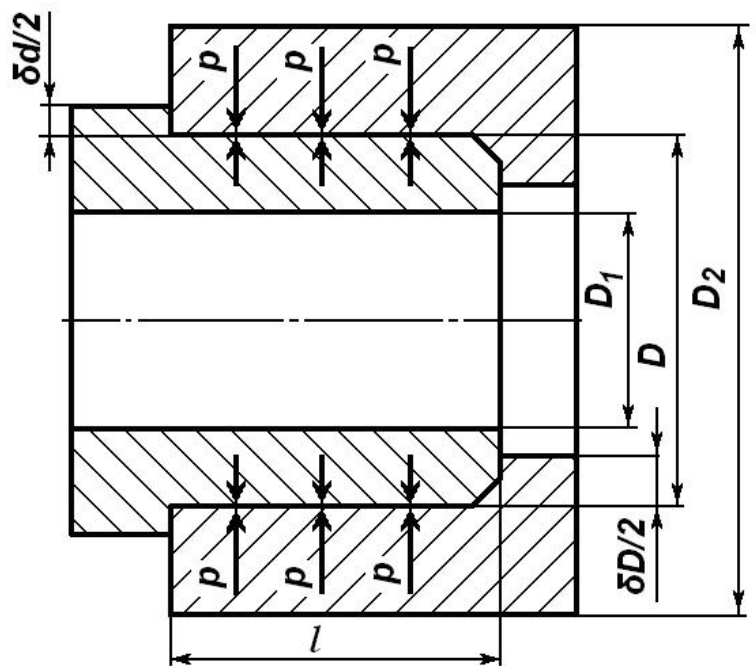


Рис. 3.4. Розрахункова схема посадки з натягом

Значення коефіцієнтів C_D і C_d підраховуємо за нижченаведеними формулами, отримав за даними табл. 3.2 значення коефіцієнтів Пуассона для отвору і вала: $\mu_D = \mu_d = 0,30$.

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{D}{D_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{D}{D_2}\right)^2} + \mu_D = \frac{1 + \left(\frac{0,055}{0,085}\right)^2}{1 - \left(\frac{D_H}{D_2}\right)^2} + 0,30 = 2,36;$$

$$C_d = \frac{1 + \left(\frac{D_1}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{D_1}{D}\right)^2} - \mu_d = \frac{1 + \left(\frac{0,035}{0,055}\right)^2}{1 - \left(\frac{0,035}{0,055}\right)^2} - 0,30 = 2,06.$$

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнта тертя

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, бронза або латунь	0,05	0,05	0,05	-

Тоді за формулою

$$\delta = p \cdot D \left(\frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right) \cdot 10^6$$

визначаємо значення потрібної деформації деталей з'єднання, прийняв значення модулів пружності матеріалу втулки і вала по табл. (3.2)

$$E_D = E_d = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па};$$

$$\delta = 3,78 \cdot 10^6 \cdot 0,055 \left(\frac{2,36}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{2,06}{2,1 \cdot 10^{11}} \right) \cdot 10^6 = 4,37 \text{ мкм.}$$

Поправку на змінання мікронерівностей отвору і вала знаходимо за формулою:

$$U = 1,2(R_{zD} + R_{zd}) = 1,2(3,2 + 1,6) = 5,76 \text{ мкм.}$$

Визнаємо мінімальний натяг, потрібний для передачі завданого навантаження:

$$N_{\min} = \delta + U = 4,37 + 5,76 = 10,13 \text{ мкм.}$$

Таблиця 3.2. Значення E і μ

Матеріал	E , Па	μ
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

4. Знаходимо максимальний тиск, що допускається міцністю отвору; рахуємо максимальну деформацію і визначаємо максимальний натяг, що допускається міцністю отвору.

Таблиця 3.3. Значення σ_{TD}

Марка матеріалу	Твердість		σ_{TD} , МПа
	НВ	HRC	
Сталь 45	235...262	-	540
	239...302	-	650
40X, 40XH	239...302	-	640
	235...262	-	750
	-	45...53	750
35XM, 45XC	235...262	-	670
	269...302	-	790
	-	48...53	790
20XNM, 18XGT, 12XN3A	-	56...63	800
Бронза			
БрОФ10-1	-	-	З.....140
БрОНФ10-1	-	-	М.....200
БрОНФ10-1-1	-	-	В.....170
БрОЦС6-6-3	-	-	90
БрАЖ9-4	-	-	20

Примітка: З-відливка в землю; М-в металеву форму; В-відцентровий спосіб.

Прийняв за даними табл. 3.3 значення межі текучості матеріалу отвору для заданої марки сталі $\sigma_{TD} = 540$ МПа, знаходимо максимальний тиск, що допускається міцністю отвору:

$$[p]_{\max} = 0,5 \cdot \sigma_{TD} \left[1 - \left(\frac{D}{D_2} \right)^2 \right] = 0,5 \cdot 540 \cdot \left[1 - \left(\frac{0,055}{0,085} \right)^2 \right] = 157 \text{ МПа.}$$

Рахуємо максимальну деформацію, що допускається міцністю отвору по формулі:

$$[\delta]_{\max} = [p]_{\max} \cdot \delta / p = 157 \cdot 10^6 \cdot 4,37 / (3,78 \cdot 10^6) = 181,5 \text{ мкм.}$$

Визначаємо максимальний натяг, що допускається міцністю отвору, за формулою:

$$N_{\max} = [\delta]_{\max} + U = 181,5 + 5,76 = 187,26 \text{ мкм.}$$

5. Вибираємо стандартну посадку, яка задовольняє умовам $N_{p\min} \geq N_{\min}$; $N_{p\max} \leq N_{\max}$; знаходимо граничні відхили.

Стандартна посадка, яка задовольняє умовам, буде (табл. Б.2) $\varnothing 55H7/s6$, у якій $N_{p\min} = 25$ мкм, $N_{p\max} = 60$ мкм.

Граничні відхили (табл. А.5 і А.6): $\varnothing 55H7 - ES = 30$ мкм $= +0,030$ мм, $EI = 0$; $\varnothing 55s6 - es = +72$ мкм $= +0,072$ мм, $ei = +53$ мкм $= +0,053$ мм.

Граничні натяги у посадки:

$$N_{\min} = ei - ES = 0,053 - 0,030 = 0,023 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0,072 - 0 = 0,072 \text{ мм}.$$

6. Креслимо схему полів допусків деталей з'єднання.

Схема розташування полів допусків деталей з'єднання $\varnothing 55H7/s6$ наведено на рис. 3.5.

7. Креслимо ескізи з'єднання, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів.

Ескізи з'єднання $\varnothing 55H7/s6$, отвору і вала з отриманням посадок і відхилів наведено на рис. 3.6

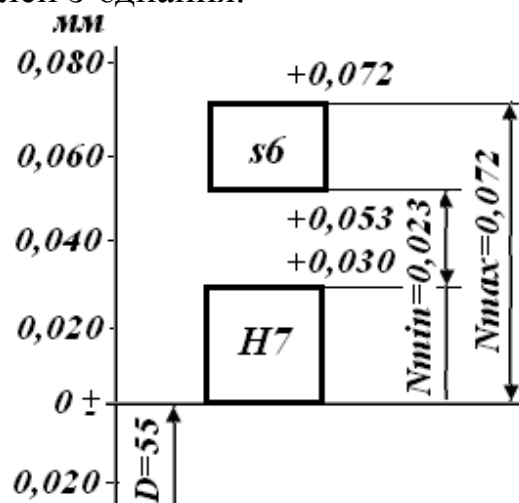


Рис. 3.5. Схема розташування полів допусків деталей з'єднання $\varnothing 55H7/s6$

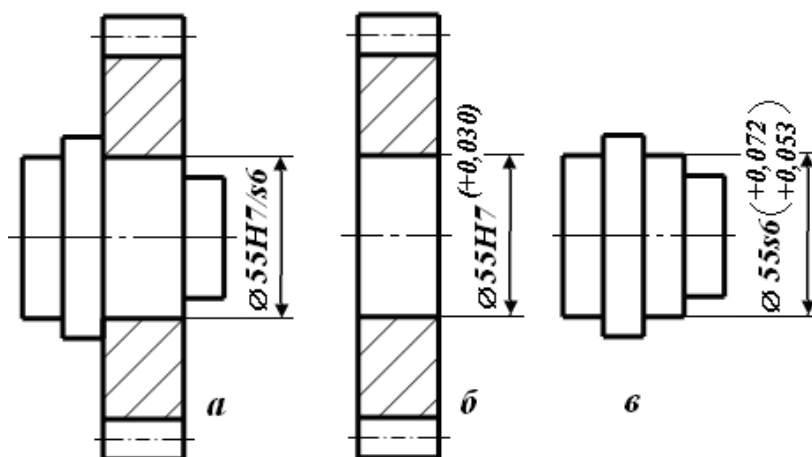


Рис. 3.6. Ескізи з'єднання (а), отвору (б) і вала (в)

3.3. Розрахунок і вибір посадок з зазором (завдання 3)

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета завдання 3 – засвоїти методику розрахунку і вибору посадок із зазором з урахуванням конкретних умов роботи з'єднання (розмірів, швидкості обертання, властивості мастил, шорсткості поверхонь тощо).

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку посадок з зазором.
2. Навести розрахункову схему розрахунку посадки з зазором.
3. Розрахувати величину hS і визначаємо найвигідніший (оптимальний) зазор $S_{\text{опт}}$.
4. Підраховуємо розрахунковий зазор з урахуванням спрацювання мікронерівностей на поверхні контакту. Вибіраємо необхідну стандартну посадку. Визначаємо граничні зазори і середній зазор.
5. Перевіряємо правильність вибору посадки (достатність шару мастила).
6. Визначення основних параметрів деталей сполучення.
7. Будуємо схему полів допусків з'єднання.
8. Будуємо ескізи з'єднань отвору та валу з дотриманням посадок і відхилів.

Вихідні дані для розрахунку посадок з зазором наведено в табл. Б.1 Б.2 (Додаток Б).

1. За варіантом вибрати вихідні дані для розрахунку завдання в табл. Б.1 (Додаток Б).

Приклад. Розрахувати посадку з зазором за такими даними (розміри в мм):

$D/D_1 = 55/35$, $D_2 = 85$,
 $l = 75$; $T = 225$ Н·м;
 $R_{zD} = 3,2$ мкм, $R_{zd} = 1,6$ мкм;
 $\mu = 0,07$ Па·с.

1. Навести розрахункову схему розрахунку посадки з зазором.

Розрахункова схема посадки з зазором приведена на рис. 3.6.

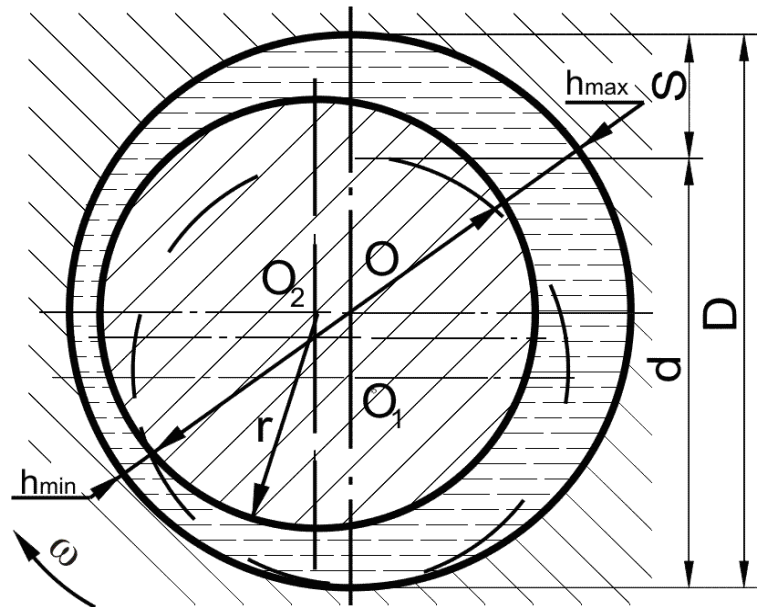


Рис. 3.6. Розрахункова схема посадки з зазором

2. Розрахувати величину hS і визначаємо найвигідніший (оптимальний) зазор $S_{\text{опт}}$.

Рахуємо величину $hS = \frac{0,52 \cdot D^2 \cdot \omega \cdot \mu \cdot l}{p(D+l)}$;

$$hS = \frac{0,52 \cdot 0,055^2 \cdot 95 \cdot 0,07 \cdot 0,075}{0,4 \cdot 10^6 (0,055 + 0,075)} = 1,51 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2.$$

Визначаємо найвигідніший (оптимальний) зазор за формулою:

$$S_{\text{опт}} = 2\sqrt{hS} = 2\sqrt{1,51 \cdot 10^{-8}} = 2,44 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 244 \text{ мкм}.$$

4. Підраховуємо розрахунковий зазор з урахуванням спрацювання мікронерівностей на поверхні контакту. Вибіраємо необхідну стандартну посадку. Визначаємо граничні зазори і середній зазор.

Підраховуємо розрахунковий зазор з урахуванням спрацювання мікронерівностей на поверхні контакту за формулою, в якій коефіцієнт запасу надійності прийнятий рівним 2:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{опт}} - k(R_{zD} + R_{zd}) = 244 - 2 \cdot (3,2 + 1,6) = 2344 \text{ мкм}.$$

Вибіраємо необхідну стандартну посадку, що задовольняє умову $S_{\text{сер.ст}} \leq S_{\text{розр}}$.

Приймаємо стандартну посадку $\varnothing 55\text{H7/g6}$.

За табл. А.5 і А.6 визначаємо граничні відхили отвору та вала: $\varnothing 55\text{H7} - \text{ES} = +30 \text{ мкм} = +0,030 \text{ мм}$, $\text{EI} = 0$; $\varnothing 55\text{g6} - \text{es} = -10 \text{ мкм} = -0,010 \text{ мм}$, $\text{ei} = -29 \text{ мкм} = -0,029 \text{ мм}$.

Визначаємо граничні зазори за формулами:

$$S_{\text{max}} = \text{ES} - \text{ei} = 0,030 - (-0,029) = 0,059 \text{ мм};$$

$$S_{\text{min}} = \text{EI} - \text{es} = 0 - (-0,010) = 0,010 \text{ мм}.$$

Середній зазор:

$$S_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{max}} + S_{\text{min}}}{2} = \frac{0,059 + 0,010}{2} = 0,0345 \text{ мм}.$$

5. Перевіряємо правильність вибору посадки (достатність шару мастила).

Перевіряємо правильність вибору посадки (достатність шару мастила): визначаємо найменшу товщину шару мастила за формулою:

$$h_{\text{min}} = \frac{hS}{[S_{\text{max.н.д.}} + k(R_{zD} + R_{zd})]} = \frac{1,51 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{12}}{[65 + 2(3,2 + 1,6)]} = 201 \text{ мкм};$$

перевіряємо достатність шару мастила, що ще забезпечує умови рідинного тертя, дотримуючись умови: $h_{\text{min}}^{\bullet} \geq k(R_{zD} + R_{zd})$;

$$h_{\text{min}}^{\bullet} \geq 2(3,2 + 1,6) = 9,6 \text{ мкм}; \quad h_{\text{min}} = 201 \text{ мкм} > h_{\text{min}}^{\bullet}.$$

6. Визначення основних параметрів деталей сполучення.

Визначаємо основні параметри деталей сполучення $\varnothing 55\text{H7/g6}$.

Граничні розміри отвору та вала визначаємо за формулами:

$$D_{\min} = D + EI = 55 + 0 = 55,000 \text{ мм};$$

$$D_{\max} = D + ES = 55 + 0,036 = 55,036 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = D + ei = 55 + (-0,029) = 54,971 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = D + es = 55 + (-0,010) = 54,990 \text{ мм};$$

Допуски отвору та валу за формулами:

$$TD = ES + EI = 0,036 + 0 = +0,036 \text{ мм};$$

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 55,036 - 55 = +0,036 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = (-0,010) - (-0,029) = +0,019 \text{ мм};$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 54,990 - 54,971 = +0,019 \text{ мм};$$

Визначаємо допуск посадки за формулою:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,065 - 0,010 = 0,055 \text{ мм}.$$

Перевірочна формула:

$$TS = TD + Td = 0,036 + 0,019 = 0,055 \text{ мм}.$$

7. Будуємо схему полів допусків з'єднання.

Будуємо схему полів допусків з'єднання $\varnothing 55H7/g6$ (рис. 3.7),

8. Будуємо ескізи з'єднання, отвору та вала з дотриманням посадок і відхилів.

Будуємо ескізи з'єднання, отвору та вала з дотриманням посадок і відхилів (рис. 3.8).

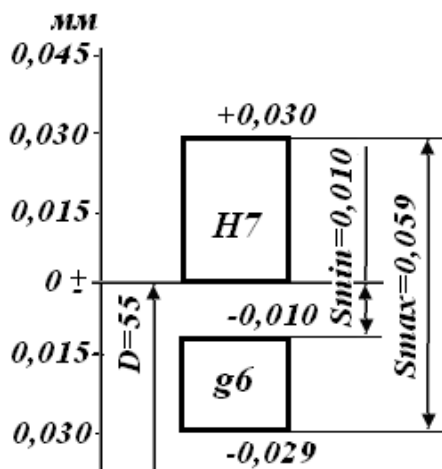


Рис. 3.7. Схема розташування полів допусків з'єднання $\varnothing 55H7/g6$

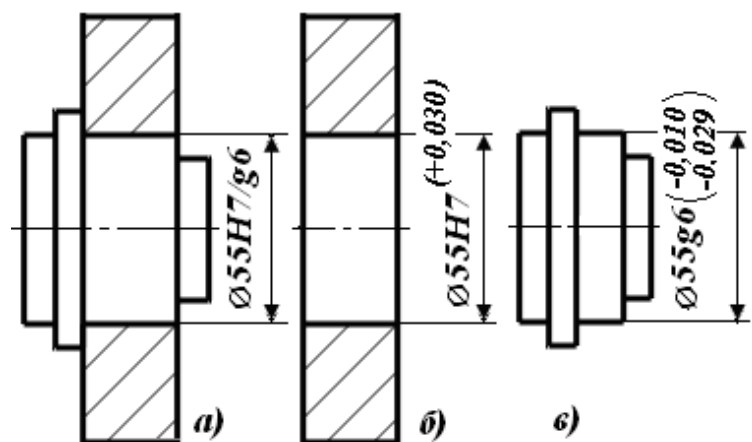


Рис. 3.8. Ескізи з'єднання (а), отвору (б) і вала (в)

3.4. Визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці (завдання 4)

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета заняття 4 – розібратися в суті методу селективної збірки з'єднань.

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці. Визначення системи і характеру з'єднання.

2. Визначення: граничних відхилів для сполучення, граничних розмірів, допусків отвору і вала.

3. Визначення: граничних натягів, середнього натягу, допуску посадки.

4. Рахуємо: групові допуски, групові натяги.

5. Будуємо схему полів допусків.

6. Визначаємо: середній груповий натяг і груповий допуск посадки.

7. Встановлюємо: граничні відхилення для кожної групи і граничні розміри по групах.

Вихідні дані для розрахунку елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці наведено в табл. Б.3 (Додаток Б).

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для визначення елементів з'єднання, які підлягають селективній збірці.

Приклад 1. Вихідні дані розрахунку: з'єднання $\text{Ø}84\text{U}9/\text{h}9$, $n=3$.

Посадка в системі вала з натягом.

2. Визначення: граничних відхилів для сполучення, граничних розмірів, допусків отвору і вала.

Знаходимо граничні відхилення для сполучення (табл. А.3 і А.6):

$\text{Ø}84\text{U}9$: $ES = -0,124 \text{ мм}$; $EI = -0,178 \text{ мм}$.

$\text{Ø}84\text{h}9$: $es = 0$, $ei = -0,054 \text{ мм}$.

Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

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

$d_{\text{max}} = 84 + 0 = 84,000 \text{ мм}$; $d_{\text{min}} = 84 + (-0,054) = 83,946 \text{ мм}$.

Допуски отвору і вала підраховуємо за формулою:

$TD = ES - EI = -0,124 - (-0,178) = +0,054 \text{ мм}$;

$Td = es - ei = 0 - (-0,054) = +0,054 \text{ мм}$.

3. Визначення: граничних натягів, середнього натягу, допуску посадки.

Граничні натяги визначаємо за формулами:

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

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

Визначаємо середнє значення натягу за формулою:

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

Допуск посадки визначаємо за формулою:

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

Перевірочна формула:

$T(N) = TD + Td = 0,054 + 0,054 = 0,108 \text{ мм}$.

4. Рахуємо групові допуски і групові натяги.

Визначаємо груповий допуск за формулами:

отвору $TD_{гр} = TD/n = 0,054/3 = 0,018$ мм; вала $Td_{гр} = Td/n = 0,054/3 = 0,018$ мм.

Групові натяги підраховуємо за формулами:

- для першої групи:

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

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

- для другої групи:

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

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

- для третьої групи:

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

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

5. Будуємо схему полів допусків.

Схеми розташування полів допусків з'єднання $\varnothing 84U9/h9$ наведено на рис. 3.9.

6. Визначаємо: середній груповий натяг і груповий допуск посадки.

Середній груповий натяг визначаємо за формулою:

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

Визначаємо груповий допуск посадки за формулою:

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

$$TD_{гр} = N_{\max I} - N_{\min I} = 0,142 - 0,106 = 0,036 \text{ мм}.$$

7. Встановлюємо: граничні відхилення для кожної групи і граничні розміри по групах.

Встановлюємо граничні відхилення для кожної групи і результат заносимо до табл. 3.4. Граничні розміри по групах вносимо до табл. 3.5.

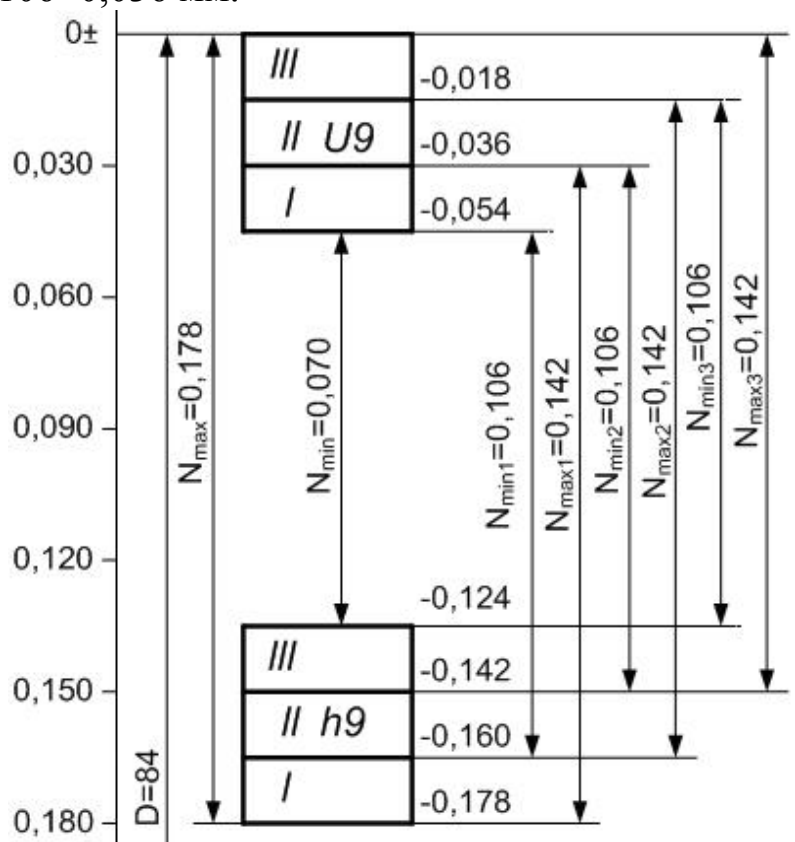


Рис. 3.9. Схема розташування полів допусків з'єднання $\varnothing 84U9/h9$

Таблиця 3.4
Граничні відхилення для кожної групи

Деталь	Номер розмірних груп		
	I	II	III
Отвір	$84_{-0,054}^{-0,036}$	$84_{-0,036}^{-0,018}$	$84_{-0,018}$
Вал	$84_{-0,178}^{-0,160}$	$84_{-0,160}^{-0,142}$	$84_{-0,142}^{-0,124}$

Таблиця 3.5
Граничні розміри за групами

Розміри деталей	Номер розмірних груп		
	I	II	III
Отвір D_{\max} D_{\min}	83,964	83,982	83,964
	83,946	83,964	84,000
Вал d_{\max} d_{\min}	83,840	83,858	83,876
	83,828	83,840	83,858

Приклад 2. Вихідні дані розрахунку: $\text{Ø}160\text{F}9/\text{h}9$, $n = 2$.

Посадка в системі вала з зазором.

Знаходимо граничні відхилення для сполучення (табл. А.5 і А.6):

$\text{Ø}160\text{F}9$: $ES = +0,143$ мм, $EI = +0,043$;

$\text{Ø}160\text{h}9$: $es = 0$ мм, $ei = -0,100$ мм.

Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

$D_{\max} = D + ES = 160 + 0,143 = 160,143$ мм;

$D_{\min} = D + EI = 160 + 0,043 = 160,043$ мм;

$d_{\max} = D + es = 160 + 0 = 160,000$ мм;

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

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

$TD = ES - EI = 0,143 - 0,043 = 0,100$ мм;

$Td = es - ei = 0 - (-0,100) = +0,100$ мм.

Граничні зазори визначаємо за формулами:

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

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

Визначаємо середнє значення зазору за формулою:

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

Допуск посадки визначаємо за формулою (3.9):

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

Перевірні формула:

$TS = TD + Td = 0,100 + 0,100 = 0,200$ мм.

Визначаємо груповий допуск за формулами:

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

Групові зазори вираховуємо за формулами:

- для першої групи:

$S_{\min I} = S_{\min} + Td - Td_{\text{гр}} = 0,043 + 0,100 - 0,050 = 0,093$ мм;

$S_{\max I} = S_{\max} - Td + Td_{\text{гр}} = 0,243 - 0,100 + 0,050 = 0,193$ мм;

- для другої групи:

$S_{\min II} = S_{\min} + Td - Td_{\text{гр}} = 0,043 + 0,100 - 0,050 = 0,093$ мм;

$S_{\max II} = S_{\max} - Td + Td_{\text{гр}} = 0,243 - 0,100 + 0,050 = 0,193$ мм.

Середній груповий зазор визначаємо за формулою:

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

Визначаємо груповий допуск посадки за формулою:

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

$$TD_{\text{гр}}=S_{\text{max1}}-S_{\text{min1}}=0,193-0,093=0,100 \text{ мм.}$$

Установлюємо граничні відхили для кожної групи і результат вносимо до табл. 3.6. Граничні розміри за групами вносимо до табл. 3.7.

Будуємо схему розташування полів допусків з'єднання $\text{Ø}160\text{F9}/\text{h9}$ (рис. 3.9).

Таблиця 3.6
Граничні відхили для кожної групи

Деталь	Номери розмірних груп	
	I	II
Отвір	$160^{+0,093}_{+0,043}$	$160^{+0,143}_{+0,093}$
Вал	$160^{-0,050}_{-0,100}$	$160^{-0,100}_{-0,050}$

Таблиця 3.7
Граничні розміри за групами

Деталь	Номери розмірних груп	
	I	II
Отвір D_{max} D_{min}	160,093 160,043	160,143 160,093
	Вал d_{max} d_{min}	159,950 159,900

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

Посадка в системі отвору перехідна.

Граничні відхили для сполучення з розширеним полем допуску: $\text{Ø}50\text{H7-ES} = +25 \text{ мкм} = +0,025 \text{ мм}$, $EI = 0$; $\text{Ø}50\text{m7-es} = +34 = +0,034 \text{ мм}$, $ei = +9 \text{ мкм}$.

Визначаємо граничні розміри отвору та вала за формулами:

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

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

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

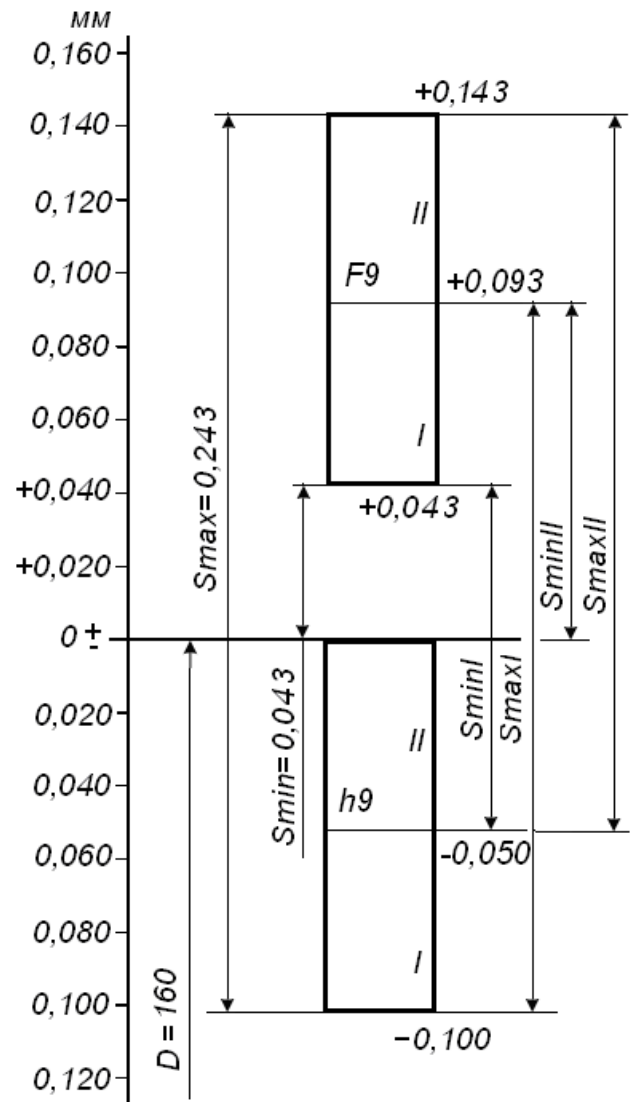


Рис. 3.9. Схема розташування полів допусків з'єднання $\text{Ø}160\text{F9}/\text{h9}$

Допуски отвору і вала підраховуємо за формулами:

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

Граничні зазори і натяги визначаємо за формулами:

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

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

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

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 $TD_{\text{гр}} = TD/n = 0,025/2 = 0,0125 \text{ мм}$; 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. 3.8. Граничні розміри по групах вносимо до табл. 3.9.

Будуємо схему розташування полів допусків з'єднання $\varnothing 50H7/m7$ (рис. 3.10).

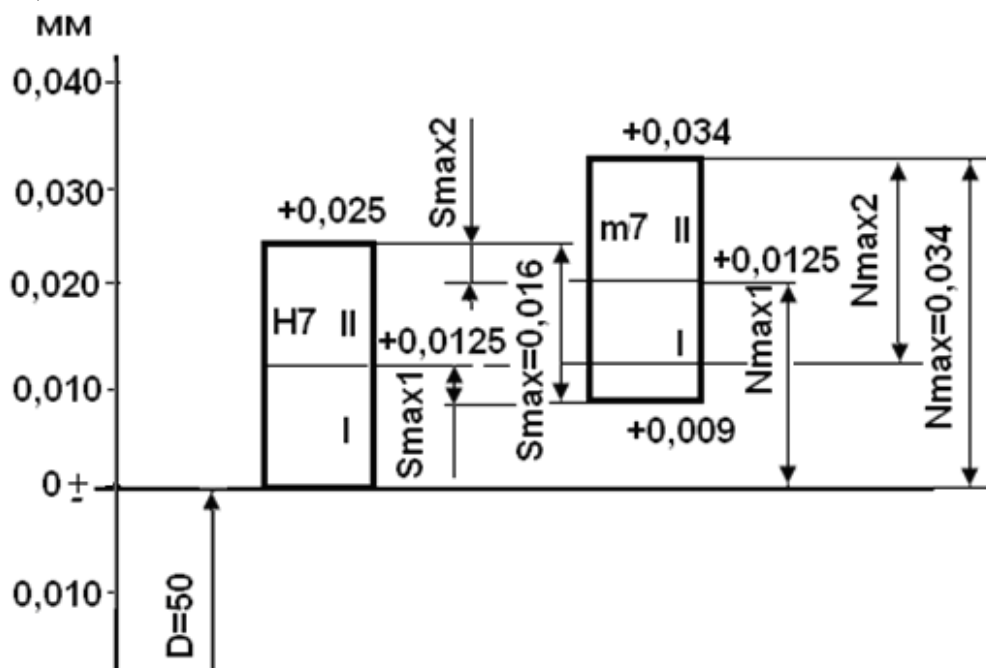


Рис. 3.10. Схема розташування полів допусків з'єднання $\varnothing 50H7/m7$

Таблиця 3.8
Граничні відхили для кожної групи

Деталь	номери розмірних груп	
	I	II
Отвір	50 ^{+0,0125}	50 ^{+0,0250} _{+0,0125}
Вал	50 ^{+0,0215} _{+0,0090}	50 ^{+0,0340} _{+0,0215}

Таблиця 3.9
Граничні розміри за групами

Деталь	номери розмірних груп	
	I	II
Отвір D_{\max} D_{\min}	50,0125 50,0000	50,0250 50,0125
Вал d_{\max} d_{\min}	50,0215 50,0090	50,0340 50,0215

3.5. Розрахунок і вибір посадок для сполучень вальниць кочення (завдання 5)

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета заняття 5—засвоїти методику розрахунку і вибору посадок циркуляційно і місцево навантажених кілець вальниць кочення з врахуванням конкретних умов (розмірів, навантаження).

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку і вибору посадок для сполучень вальниць кочення.
2. Визначення геометричних розмірів і класа точності вальниці.
3. Визначення: інтенсивність навантаження посадочної поверхні вала під внутрішнє циркуляційно навантажене кільце вальниці; граничних відхилів діаметра циліндричного отвору внутрішнього кільця вальниці; посадки внутрішнього кільця вальниці на вал.
4. Накреслити схему розташування полів допусків внутрішнього і зовнішнього кілець вальниці кочення.
5. Визначення: поля допуску посадочної поверхні діаметра отвору в корпусі під зовнішнє місцево навантажене кільце вальниці; граничних відхилів зовнішнього діаметра зовнішнього кільця вальниці; посадки зовнішнього кільця вальниці в корпус.
6. Складальний і подетальні кресленикі складанної одиниці вальниці.

Вихідні дані для розрахунку сполучень вальниць кочення наведено в табл. Б.4 (Додаток Б).

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку і вибору посадок для сполучень вальниць кочення.

Приклад. Вальниця кочення №206, радіальне навантаження на вальницю $R = 2,0$ 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 %.

2.Визначення геометричних розмірів вальниці.

Для вказаної вальниці, мм: $d = 30$, $D = 62$, $B=16$, $r=1,5$.

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

3.Визначення: інтенсивності навантаження посадочної поверхні вала під внутрішнє циркуляційно навантажене кільце вальниці; граничних відхилів діаметра циліндричного отвору внутрішнього кільця вальниці; посадки внутрішнього кільця вальниці на вал.

Визначаємо інтенсивність навантаження посадочної поверхні вала під внутрішнє циркуляційно навантажене кільце вальниці за формулою

$$N_{\min} = \frac{13R \cdot k}{[(B - 2r)10^6]} ,$$

де N_{\min} – найменший розрахунковий натяг, що забезпечує необхідну міцність з'єднання циркуляційно навантаженого кільця вальниці з валом, мм; R – радіальне навантаження на вальницю, Н; k – конструктивний коефіцієнт, що залежить від серії вальниці (особливо легка серія – $k=3,5$; легка серія – $k = 2,8$; середня серія – $k= 2,3$; важка серія – $k = 2,0$).

$$N_{\min} = \frac{13 \cdot 2,0 \cdot 10^3 \cdot 2,8}{(16 - 2 \cdot 1,5) \cdot 10^6} = 0,0056 \text{ мм} = 5,6 \text{ мкм.}$$

Граничні відхилення діаметра отвору внутрішнього кільця вальниці $\varnothing 30L0$ знаходимо за табл. Б.5: $EI = -0,01$ мм, $ES = 0$.

Приймаємо поле допуску вала $k6$, тобто $\varnothing 30k6$. За табл. А.6 маємо: $es = +15$ мкм = $+0,015$ мм, $e^3 = +2$ мкм = $+0,002$ мм.

Тоді посадка внутрішнього кільця вальниці кочення на вал $\varnothing 30L0/k6$.

Визначаємо граничні натяги:

$$N_{\min} = ei - ES = 0,002 - 0 = 0,002 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0,015 - (-0,010) = 0,025 \text{ мм.}$$

Умова $N_{\min.ct} \geq N_{\min}$ не виконується.

Приймаємо посадку $\varnothing 30L0/m6$. Для поля допуску вала $\varnothing 30m6$ маємо (табл. А.6): $es = +21$ мкм = $+0,021$ мм, $e^3 = +8$ мкм = $+0,008$ мм.

Визначаємо граничні натяги:

$$N_{\min} = ei - ES = 0,008 - 0 = 0,008 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0,021 - (-0,010) = 0,031 \text{ мм.}$$

Умова $N_{\min.ct} = 0,008 \text{ мм} > N_{\min} = 0,0056 \text{ мм}$ виконується.

Перевіряємо правильність вибору посадки, виходячи із умови міцності, для цього визначаємо допустимий натяг:

$$N_{\text{доп}} = \frac{11,4 \cdot k \cdot d \cdot [\sigma_p]}{(2 \cdot k - 2) \cdot 10^6}$$

де d – номінальний діаметр сполученого кільця вальниці, мм; $[\sigma_p]$ – допустиме напруження за розтягування (для сталі вальниць $[\sigma_p] = 400$ МПа).

Тут $N_{\text{max.ст}}$ – найбільший натяг стандартної посадки.

$$N_{\text{доп}} = \frac{11,4 \cdot 2,8 \cdot 30 \cdot 400}{(2 \cdot 2,8 - 2) \cdot 10^6} = 0,1064 \text{ мм} = 106,4 \text{ мкм.}$$

Перевіряємо міцність з'єднання, дотримуючись умови: $N_{\text{max.ст}} \leq N_{\text{доп}}$.

Умова $N_{\text{max.ст}} = 0,025 \text{ мм} < N_{\text{доп}} = 0,1064 \text{ мм}$ виконується.

4. Накреслити схему розташування полів допусків внутрішнього і зовнішнього кілець вальниці кочення.

Схему розташування полів допусків внутрішнього кільця вальниці наведено на рис. 3.11.

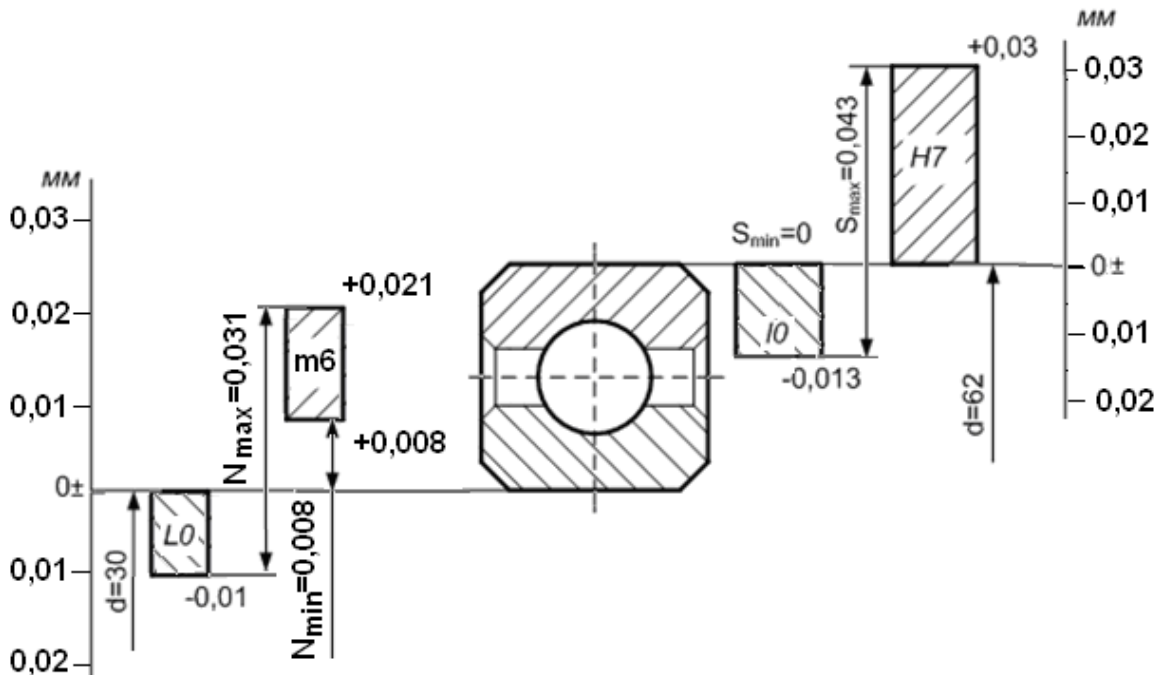


Рис. 3.11. Схема розташування полів допусків кілець вальниці та посадочних поверхонь вала і отвору в корпусі

5. Визначення: поля допуску посадочної поверхні діаметра отвору в корпусі під зовнішнє місцево навантажене кільце вальниці; граничних відхилів зовнішнього діаметра зовнішнього кільця вальниці; посадки зовнішнього кільця вальниці в корпус.

Поле допуску посадочної поверхні діаметра отвору в корпусі під зовнішнє місцево навантажене кільце вальниці призначаємо за табл. Б.7.

За діаметра отвору $D=62$ мм для заданих умов роботи вальниці приймаємо поле допуску H7 (для вальниці нульового класу точності), тобто $\varnothing 62 \text{ H7}^{(+0.030)}$ (див. табл. А.5).

Граничні відхилення зовнішнього діаметра зовнішнього кільця вальниці $\varnothing 62H7/10$ знаходимо за табл. Б.7: $e_i = -0,013$ мм, $e_s = 0$.

Тоді посадка зовнішнього кільця вальниці в корпус $\varnothing 62 H7/10$.

Визначаємо граничні зазори:

$$S_{\min} = EI - e_s = 0 - 0 = 0 \text{ мм};$$

$$S_{\max} = ES - e_i = 0,030 - (-0,013) = 0,043 \text{ мм}.$$

Схему розташування полів допусків зовнішнього кільця вальниці наведено на рис. 3.11.

6.Складальний і подетальні кресленики складанної одиниці вальниці.

Складальний і подетальні кресленики складанної одиниці вальниці наведено на рис. 3.12.

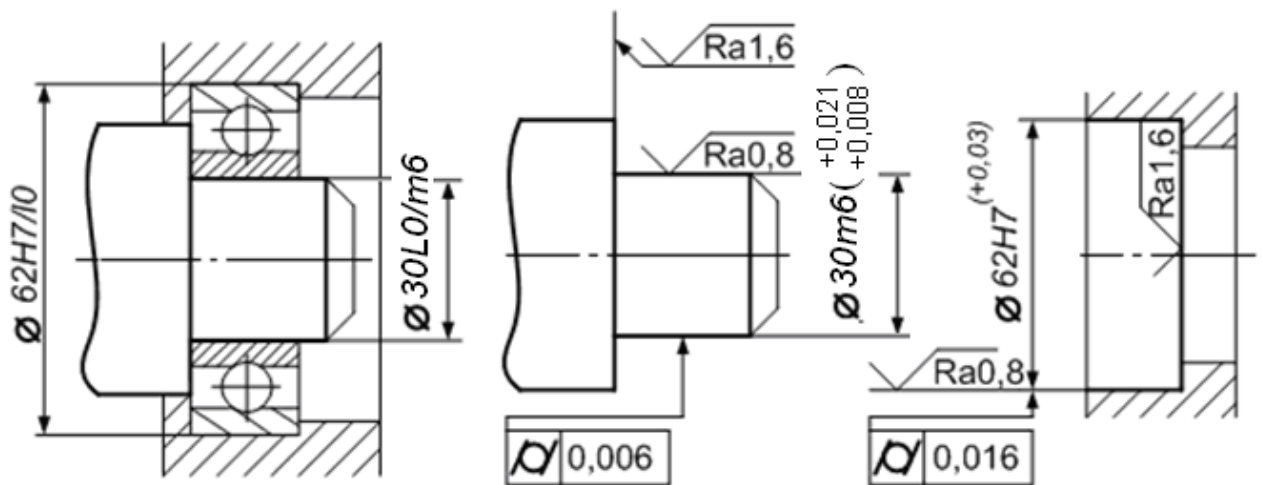


Рис. 3.12. Складальний і подетальні кресленики складанної одиниці вальниці

3.6. Вибір допусків і посадок шпонкових з'єднань (завдання 6)

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета заняття 6–вивчити методику вибору допусків і посадок шпонкових з'єднань.

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для вибору допусків і посадок шпонкових з'єднань.
2. Визначення номінальних розмірів елементів шпонкового з'єднання.
3. Призначення полів допусків і граничних відхилів на посадочні діаметри шпонкового вала і втулки
4. Визначення: типу шпонкового з'єднання; сполучень ширини шпонки з штатною паза вала і втулки
5. Призначення полів допусків для інших (непосадочних) розмірів елементів шпонкового з'єднання: висоти шпонки, довжини шпонки, довжини паза вала.
6. Схема полів допусків шпонкового з'єднання.
7. Складальний і подетальні кресленики шпонкового з'єднання.

Вихідні дані для вибору допусків і посадок шпонкових з'єднань наведено в табл. Б.4 (Додаток Б).

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для вибір допусків і посадок шпонкових з'єднань.

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.

2. Визначення номінальних розмірів елементів шпонкового з'єднання.

Залежно від діаметра шпонкового з'єднання за табл. Б.9 визначаємо номінальні розміри елементів призматичного 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 $t_1 = 5,0$ мм, глибина паза втулки $t_2 = 3,3$ мм.

3. Призначення полів допусків і граничних відхилів на посадочні діаметри шпонкових вала і втулки.

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.6): отвір $\varnothing 32H7^{(+0,025)}$, вал $\varnothing 32k6^{(+0,018/+0,002)}$.

4. Визначення: тип шпонкового з'єднання; сполучень ширини шпонки з шириною паза вала і втулки

За заданих умов роботи приймаємо нормальне з'єднання шпонки з пазами за шириною b , тобто по посадках 10N9/h9 і 10Js9/h9: для ширини шпонки – 10h9_(-0,036), для ширини паза вала – 10N9_(-0,036); для ширини паза втулки – 10Js9(±0,018).

Зазори і натяги у з'єднаннях: ширина паза вала – ширина шпонки 10N9/h9: $N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,036) = 0,036$ мм;

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

для ширини паза втулки – ширина шпонки 10Js9/h9:

$$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,018) = 0,018 \text{ мм};$$

$$S_{\max} = ES - ei = 0,018 - (-0,036) = 0,054 \text{ мм};$$

5. Призначення полів допусків для інших (непосадочних) розмірів елементів шпонкового з'єднання: висоти шпонки, довжини шпонки, довжини паза вала.

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).

Посадка 100H15/ h14. Зазори у з'єднанні:

$$S_{\max} = ES - ei = 1,400 - (-0,870) = 2,270 \text{ мм}; S_{\min} = ES - ei = 0 - 0 = 0.$$

Граничні відхилення глибини паза вала t_1 і паза втулки t_2 призначаємо за 12 квалітетом (табл. А.2): $t_1 = 5,0H12^{(+0,120)}$ мм, $t_2 = 3,3H12^{(+0,120)}$ мм.

б.Схема полів допусків шпонкового з'єднання.

Схема полів допусків шпонкового з'єднання приведено на рис. 3.13.

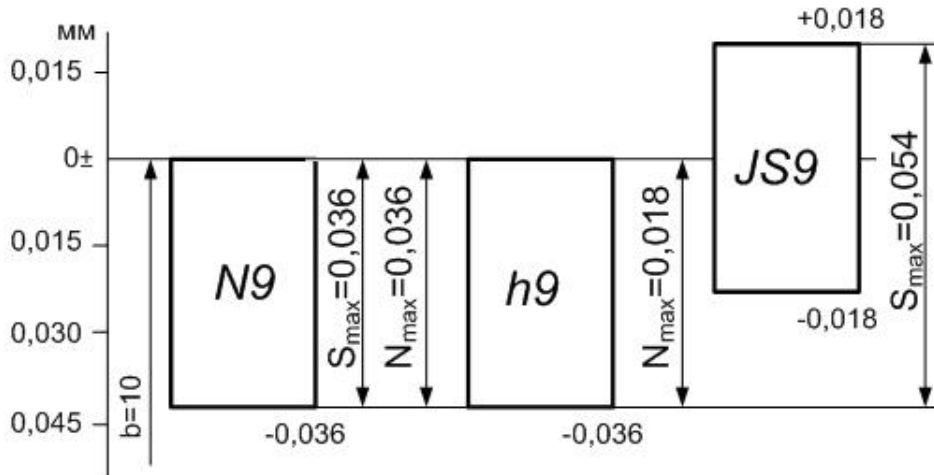


Рис. 3.13. Схема полів допусків шпонкового з'єднання

7.Складальний і подетальні кресленики шпонкового з'єднання.

Складальний і подетальні кресленики шпонкового з'єднання наведено на рис. 3.14.

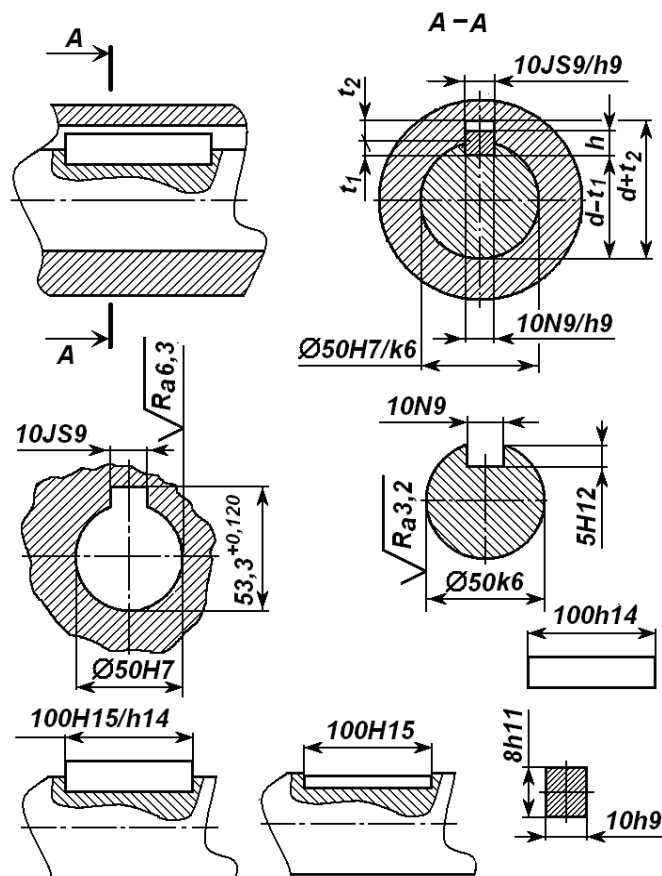


Рис. 3.14. Позначення розмірів і посадок прямокутного шпонкового з'єднання

3.7. Розрахунок допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань (завдання 7)

Обладнання: методичні рекомендації, довідники.

Мета завдання 7 – вивчити методику розрахунку допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань.

Хід роботи

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань.
2. Визначення: способу центрування; відхилів для розмірів вала і втулки.
3. Розрахунок граничних розмірів і допусків.
4. Креслення ескізів шліцевого з'єднання, вала і отвору.

Вихідні дані для вибору допусків і посадок шпонкових з'єднань наведено в табл. Б.4 (Додаток Б).

1. За варіантом завдання вибрати вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей шліцьових з'єднань.

Приклад 1. Задано шліцьове з'єднання b-16x52x60H12/a11x5F10/f8. Центрування виконано по боковим поверхням шліців – b: z = 20 – число шліців; H12, F10, a11, f8 – відповідні поля допусків. Умовне позначення цього з'єднання: втулки– b-16x52x60H12x5F10; вала – b-16x52x60a11x5f8.

Визначаємо відхилення для розмірів вала і втулки:

зовнішні діаметри: вала $\varnothing 60a11 \left(\begin{smallmatrix} -0,340 \\ -0,530 \end{smallmatrix} \right)$, табл. А.4 і А.7: $es = -0,340$ мм,

$ei = -0,530$ мм; втулки $\varnothing 60H12 \left(\begin{smallmatrix} +0,300 \\ \end{smallmatrix} \right)$, табл. А.4 і А.7: $ES = +0,300$ мм,

$EI = 0$; ширина шліца $5f8 \left(\begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,028 \end{smallmatrix} \right)$, табл. А. 6: $es = -0,010$ мм,

$ei = -0,028$ мм; ширина втулки $5F10 \left(\begin{smallmatrix} +0,058 \\ +0,010 \end{smallmatrix} \right)$, табл. А.3 і А.2: $ES = +0,058$ мм,

$EI = +0,010$ мм.

Рахуємо граничні розміри і допуски відповідних величин:

$d_{max} = d + es = 60 + (-0,340) = 59,660$ мм; $d_{min} = d + ei = 60 + (-0,530) = 59,470$ мм;

$D_{max} = D + ES = 60 + 0,300 = 60,300$ мм; $D_{min} = D + EI = 60 + 0 = 60,000$ мм;

$Td = es - ei = -0,340 - (-0,530) = 0,190$ мм; $TD = ES - EI = 0,300 - 0 = 0,300$ 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;

$Tb = es - ei = -0,010 - (-0,028) = 0,018$ мм; $TB = ES - EI = 0,058 - 0,010 = 0,048$ мм.

Розраховуємо зазор за центруючими і нецентруючими поверхнями шліцевого з'єднання: зовнішній діаметр

$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 60,300 - 59,470 = 0,830$ мм;

$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 60,000 - 59,660 = 0,340$ мм;

$S_{сер} = (S_{max} + S_{min})/2 = (0,830 + 0,340)/2 = 0,485$ мм;

бокова поверхня шліца

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

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

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

Отримані розрахунки заносимо до табл. 3.10.

Таблиця 3.10

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	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. 3.15.

Приклад 2. Для евольвентного шліцевого 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; 9H/9g – посадка за бічними (центруючими) поверхнями зубів; 9H – поле допуску на ширину западини втулки (розмір e); 9g – поле допуску на товщину зуба вала (розмір s).

За табл. Б.17 за модулем $m = 2$ мм і номінального діаметра шліцевого з'єднання $D = 50$ мм визначаємо число шліців $z = 24$.

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

За табл. Б.17 і Б.18 при $m = 2$ мм і $d = 48$ мм визначаємо граничні відхили розмірів e і s , мкм: для поля допуску 9H (розмір e) $ES = +71$, $EI_e = +26$, $EI = 0$; для поля допуску 9g (розмір s) $es = -11$, $es_e = -37$, $ei = -82$.

Визначаємо допуски: для ширини западини втулки (розмір e) з полем допуску 9H: 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: $S_{\text{max}} = ES - ei = 71 - (-82) = 153$ мкм; $S_{\text{min}} = EI_e - es_e = 26 - (-37) = 63$ мкм.

Найменший сумарний зазор між сумарними відхилами:

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

За граничними відхилами будуюмо схему розташування полів допусків за бічними поверхнями зубів (рис. 3.16).

3.8. Вибір допусків і посадок нарізних з'єднань (завдання 8)

Мета завдання 8 – вивчити метричні нарізи і закріпити навик по визначенню геометричних параметрів нарізи.

Дані для завдання 8 (розміри, допуски і посадки нарізи) наведено в табл. Б.4. Стандарти на розповсюджені нарізи та допуски на них наведено у табл. Б.20.

Хід роботи

1. Визначити номінальні діаметри нарізного з'єднання: зовнішній діаметр d , D ; середній діаметр d_2 , D_2 ; внутрішній діаметр d_1 , D_1 . При цьому використовують формули для розрахунку номінальних значень діаметрів (табл. Б.22). Основою для визначення діаметрів є задана нарізь.

2. Визначити граничні відхилення діаметрів зовнішньої і внутрішньої нарізи (зовнішнього, середнього, внутрішнього, табл. Б.21 – Б.23).

3. Визначити граничні розміри діаметрів зовнішньої та внутрішньої нарізи (зовнішнього, середнього, внутрішнього).

4. Побудувати схему розміщення полів допусків нарізного з'єднання.

5. Виконувати ескізи нарізного з'єднання: гайки та болта з розставленням розмірів, відхилень та шорсткості поверхонь.

Приклад 1. Для нарізного з'єднання $M12-6H/6g$.

1. Визначити: крок нарізи P , мм; номінальні значення зовнішнього (D і d), внутрішнього (D_1 і d_1) і середнього (D_2 і d_2) діаметрів гайки і болта.

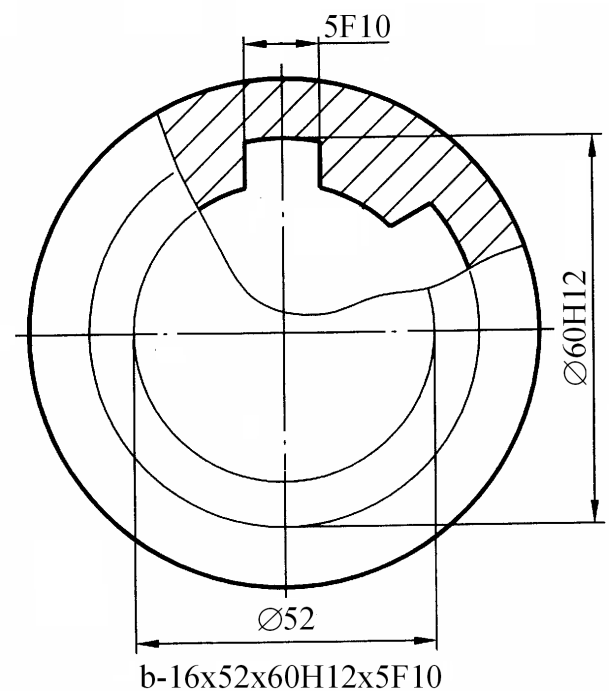
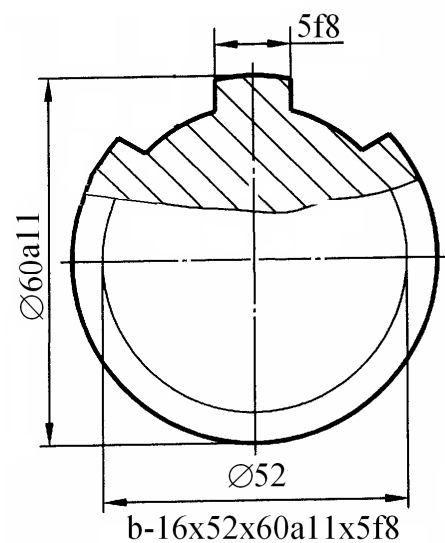
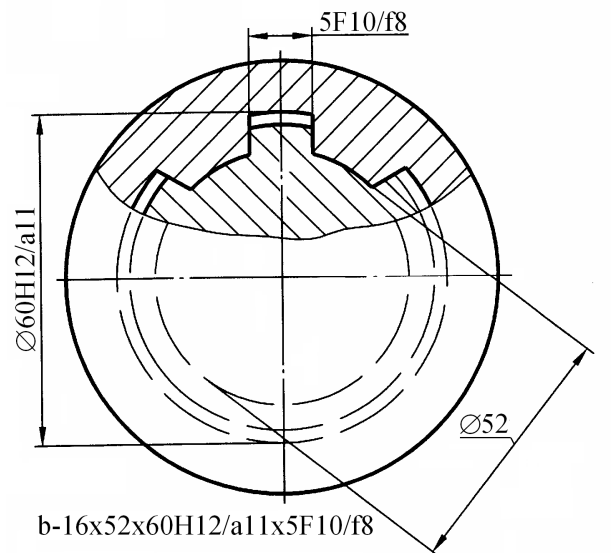


Рис. 3.15. Ескізи шліцевого з'єднання, вала і отвору

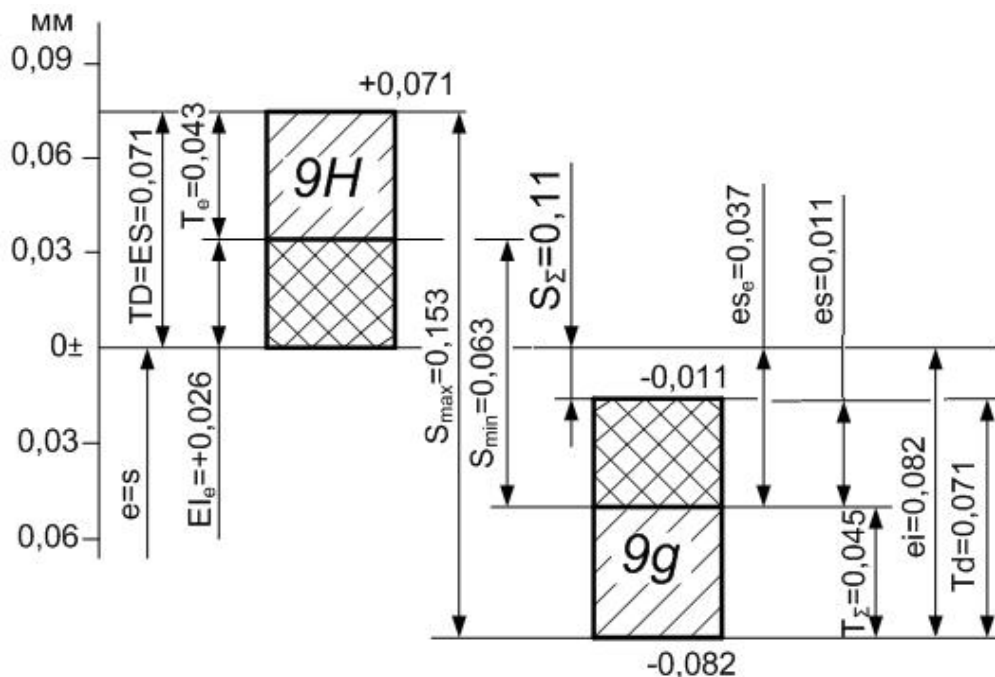




Рис. 3.16. Схема розташування полів допусків за бічними поверхнями зубів:

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

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.

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.23 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.21 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:

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

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

Граничні відхилення цих діаметрів визначаємо за табл. Б.21 залежно від номінального діаметра нарізі та її кроку. При $D=d=12$ мм і $P=1,75$ мм знаходимо:

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

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

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

3. Схему розташування полів допусків нарізного з'єднання M12-6H/6g за середнім діаметром різи наведено на рис. 3.17: 6H-поле допуску середнього діаметра гайки; 6g-поле допуску середнього діаметра болта.

4. Позначення заданої нарізі на кресленку показано на рис. 3.18.

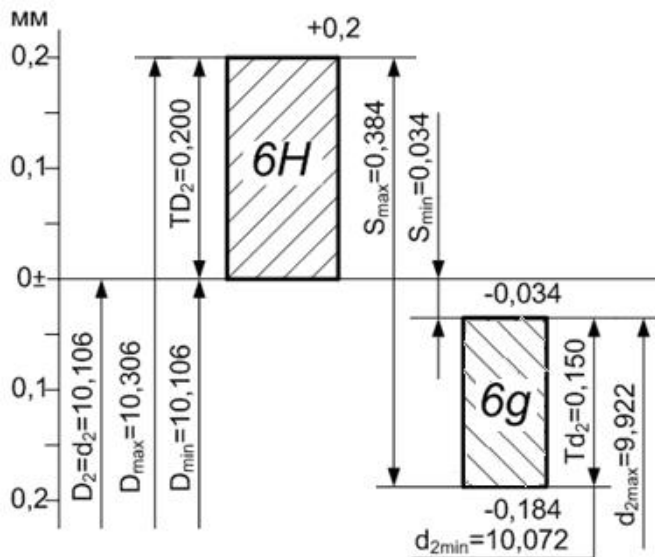


Рис. 3.17. Схема розташування полів допусків нарізного з'єднання $M12-6H/6g$

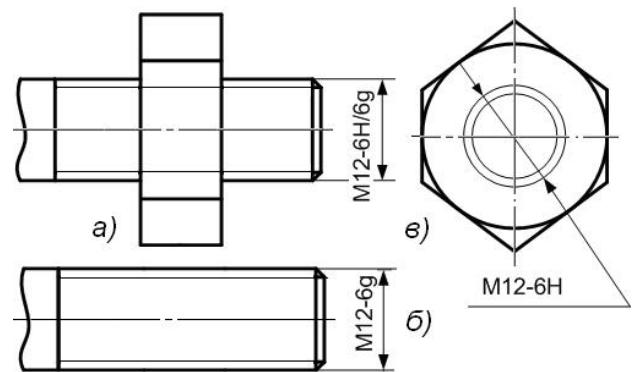


Рис. 3.18. Позначення нарізі $M12-6H/6g$ на кресленку

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.21 визначаємо крок нарізі. Для нарізі M12 крок $P=1,75$ мм.

Визначаємо номінальне значення середнього діаметра нарізі шпильки і гнізда за формулою (табл. Б.22):

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

За табл. Б.23 визначаємо граничні відхилення середнього діаметра нарізних деталей (шпильки і гнізда): для d_2 шпильки M12-3p:

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

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

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

Для D_2 гнізда M12-2H5C:

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

нижнє $EI = 0$.

Допуск на D_2 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. 3.19).

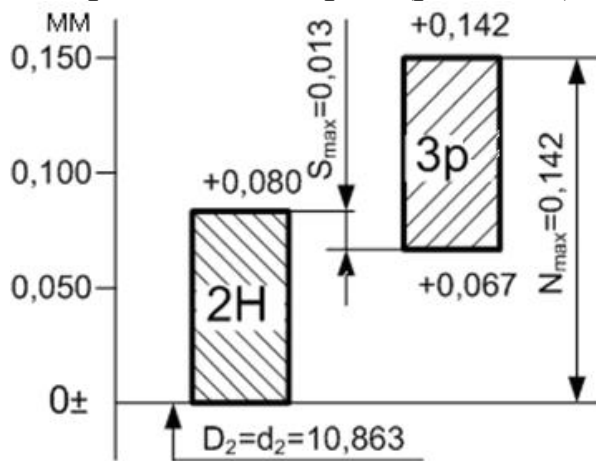


Рис. 3.19. Схема розташування полів допусків нарізного з'єднання M12-2H5C/3p за середнім діаметром нарізі

Із схеми розташування полів допусків бачимо, що поля допусків шпильки і гнізда за середнім діаметром частково перетинаються, це означає, що задана посадка буде перехідною, у якій можливий невеликий зазор і невеликий натяг за середнім діаметром. Для запобігання самовідгвинчування 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 M12-2H5C/3p можливий найбільший натяг $N_{\max} = 0,142 \text{ мм}$ і найбільший зазор $S_{\max} = 0,013 \text{ мм}$.

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

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.24 знаходимо границі сортування груп I і II.

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

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

Для d_2 шпильки M12-3p:

група I $ei_1 = +67 \text{ мкм} = +0,067 \text{ мм}$ (табл. Б.24);

$es_1 = +104 \text{ мкм} = +0,104 \text{ мм}$ (табл. Б.24).

Допуск; $Td_2 = es_1 - ei_1 = 0,104 - 0,067 = 0,037 \text{ мм}$

група II $ei_2 = es_1 = +104 \text{ мкм} = +0,104 \text{ мм}$; $es_2 = es = +142 \text{ мкм} = +0,142 \text{ мм}$ (табл. Б.24).

Допуск $Td_2 = es - ei = 0,142 - 0,104 = 0,038 \text{ мм}$.

Для гнізда M12-2H5C:

група I $EI_1 = EI = 0$; $ES = +40 \text{ мкм} = +0,040 \text{ мм}$ (табл. Б.24).

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

група II $EI_2 = ES_1 = +0,04 \text{ мм}$; $ES_2 = ES = +0,08 \text{ мм}$ (табл. Б.24).

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

Будуємо схему розташування полів допусків нарізного з'єднання M12-2H5C(2)/3p(2) за середнім діаметром зовнішньої нарізі (шпильки) і внутрішньої нарізі (гнізда) (рис. 3.20).

Визначаємо граничні значення натягів у границях розмірних груп.

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

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

Допуск натягу:

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

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

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

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

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.

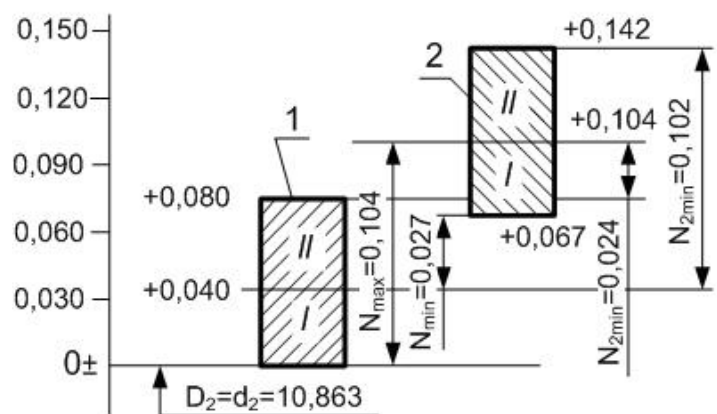


Рис. 3.20. Схема розташування полів допусків нарізного з'єднання M12-2H5C(2)/3p(2): 1-поле допуску D_2 , 2-поле допуску d_2

3.9. Розрахунок розмірних ланцюгів (завдання 9)

Мета завдання 9 – вивчити методику розрахунку розмірних ланцюгів.

Похибки і зміна розмірів складових ланок призводять до зміни розмірів замикаючої ланки, що впливає на працездатність машин і обладнання. Тому, щоб забезпечити нормальну роботу механізмів під час ремонту машин і обладнання, насамперед, необхідно відновлювати точність розмірних ланцюгів.

Основні терміни і визначення розмірних ланцюгів встановлені РД 50-635-87 [18].

Дані для завдання 9 вибирають із Додатку В.

У складальній одиниці (рис. 3.21): 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).

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:

$$k = (TB_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n+p} TB_i) / \sum_{i=1}^{n+p} i. \quad (3.1)$$

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

$\sum_{i=1}^{n+p} i$ – сума одиниць допусків складових ланок, допуски яких визначаються за табл. 3.10. При цьому квалітет визначають за величиною числа одиниць допуску k (табл. 3.11).

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

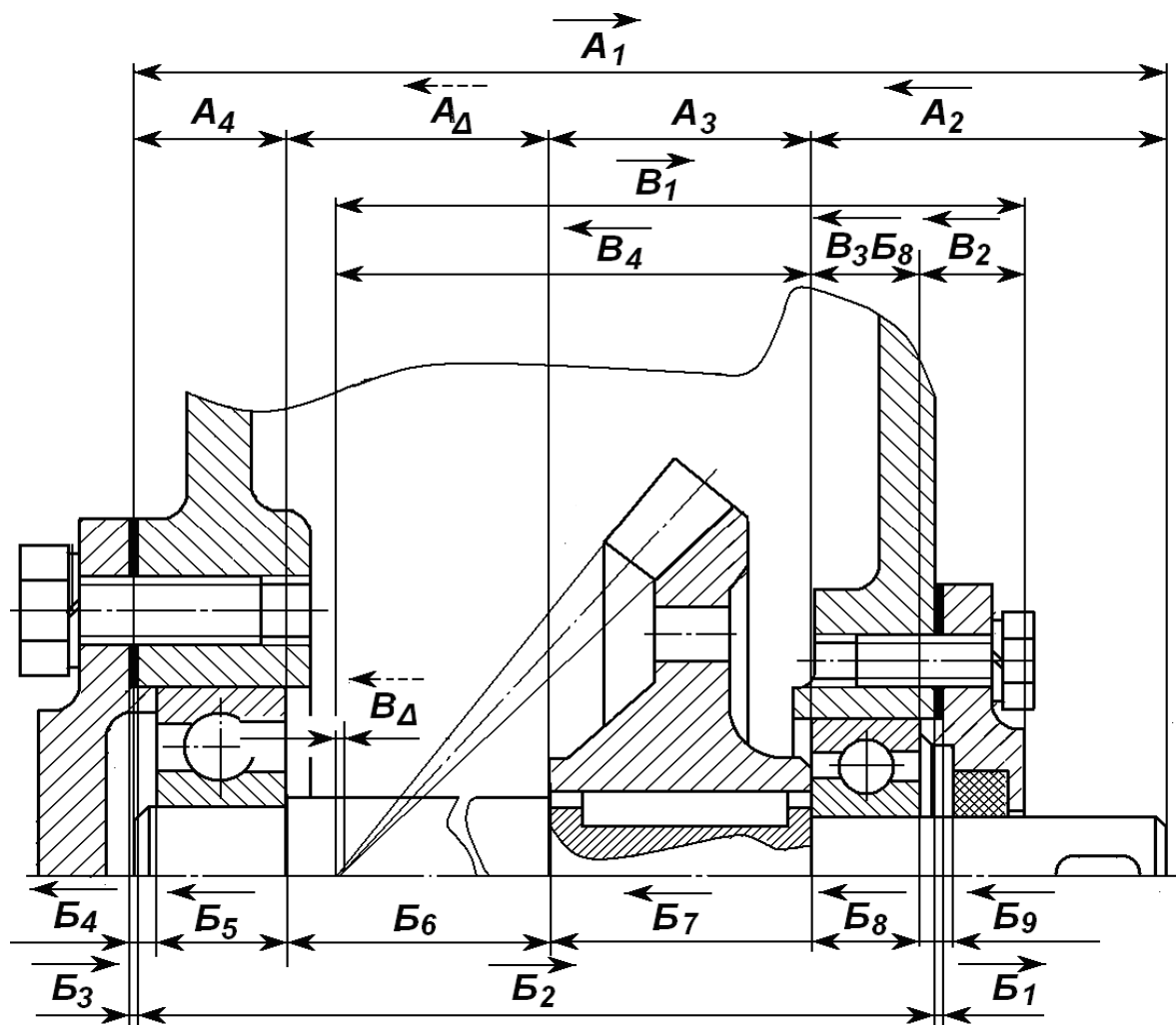


Рис. 3.21. Ескіз складанної одиниці та схеми розмірних ланцюгів

Таблиця 3.10. Значення одиниць допуску

Інтервал розмірів, мм (понад – до)	i , мкм	Інтервал розмірів, мм (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	-	-

Отже, за допуску $T_{B\Delta}=0,096$ 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 B_2 , у позначенні якого в зв'язку з цим індекс 2 заміняємо на K .

Таблиця 3.11. 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>

Прийнявши для розмірів ланок економічно допустимий 11 квалітет, визначимо за ним для всіх складових ланок, крім компенсуючої, стандартні допуски в “тіло” деталей (табл. А.2 і А.3). Одержимо:

$$B_1 = 95H11^{(+0,22)}, \quad B_4 = 62h11^{(-0,19)}.$$

Тоді виробничий допуск замикальної ланки T'_Δ 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:

$$\Delta_B B_\Delta = \sum_{i=1}^n \Delta_B B_{i3б} - \sum_{i=1}^p \Delta_H B_{i3м}; \quad (3.2)$$

$$\Delta_H B_\Delta = \sum_{i=1}^n \Delta_H B_{i3б} - \sum_{i=1}^p \Delta_B B_{i3м}, \quad (3.3)$$

де $\Delta_B B_\Delta$, $\Delta_H B_\Delta$ – відповідно верхній та нижній відхили замикальної ланки;
 $\Delta_B B_{i3б}$, $\Delta_H B_{i3б}$ – відповідно верхній та нижній відхили збільшувальної ланки;
 $\Delta_B B_{i3м}$, $\Delta_H B_{i3м}$ – відповідно верхній та нижній відхили зменшувальної ланки.

$$\Delta'_B B_\Delta = \Delta_B B_1 - (\Delta_H B_3 + \Delta_H B_4);$$

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

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

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

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

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

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

$$B_K = 18,482_{-0,11} \text{ або } B_K = 18^{+0,592}_{+0,482} \text{ мм.}$$

Приклад 2. Розмірний ланцюг Б (див. рис. 3.21). 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 $\Delta_{\epsilon} = 0$; $\Delta_{\eta} = -120$ мкм. Тоді $B_5 = 15_{-0,12}$, $B_8 B_3 = 15_{-0,12}$. Замикальна ланка $B_{\Delta} = S = 0_{+0,800}^{+0,500}$ мм.

Розв’язання. Допуск замикальної ланки $TB_{\Delta} = 0,8 - 0,5 = 0,3$ мм. Число одиниць допуску [формула (3.1)]: $k = 200 - (120 + 120) / \sum i < 0$. 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 (3.1):
 $0 = 140 - (5 + 15 + 70 + 35 + 15 + 5) + K$; тоді $K = 145 - 140 + 0 = 5$ 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. 3.12.

Таблиця 3.12. Результати розрахунку методом регулювання

Розміри	Номінальний розмір, мм	Ланка в ланцюгу	Відхили, мкм		Допуск, мкм
			$\Delta_{\text{в}}$	$\Delta_{\text{н}}$	
B_1	3	К	Розраховується		
B_2	140	Збільшув.	250	0	250
B_3	3	К	Розраховується		
B_4	5	Зменшув.	0	-75	75
B_5	15	Те ж	0	-120	120
B_6	70	–”–	0	-190	190
B_7	35	–”–	0	-160	160
B_8	15	–”–	0	-120	120
B_9	5	–”–	0	-75	75
B_{Δ}	1	Замикальна	+800	+500	300

Підрахуємо величини, необхідні для розрахунків (табл. 3.12):

$$TB_{\Delta} = 300 \text{ мкм}; \sum_{i=1}^{n+p} TB_i = 990 \text{ мкм}; \sum_{i=1}^n \Delta_{\dot{a}} \dot{A}_{\dot{\zeta}\dot{a}} = +250; \sum_{i=1}^n \Delta_i \dot{A}_{\dot{\zeta}\dot{a}} = 0 \text{ мкм};$$

$$\sum_{i=1}^p \Delta_{\text{в}} B_{i3\text{м}} = 0 \text{ мкм}; \quad \sum_{i=1}^p \Delta_{\text{н}} B_{i3\text{м}} = -740 \text{ мкм}.$$

Граничні відхили компенсатора (для К– збільшувального) одержимо за формулами (3.2 і 3.3):

$$+800 = 0 - (-590) + \Delta_{\text{н}} K; \quad \Delta_{\text{н}} K = 210 \text{ мкм};$$

$$+500 = -250 - (+150) + \Delta_{\text{в}} K; \quad \Delta_{\text{в}} K = +900 \text{ мкм}.$$

Перевіряємо величину $V_{\text{к}}$: $V_{\text{к}} = \Delta_{\text{в}} - \Delta_{\text{н}} = 900 - 210 = 690 \text{ мкм}$.

За формулою $TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n+p} TA_i - V_{\text{в}} : 300 = 990 - 690$; отже

$$K_{\text{max}} = 6,900 \text{ мм}; \quad K_{\text{min}} = 6,210 \text{ мм}.$$

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

Кількість змінних прокладок визначаємо за формулою:

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

Приймаємо п'ять прокладок $n = 5$.

Товщину прокладок визначаємо за формулою:

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

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

Перевіряємо розрахунок компенсатора за формулою:

$$S_{\text{ност}} + n \cdot S \geq K_{\text{max}} : S_1 + S_2 + n \cdot S = 3 + 3 + 5 \cdot 0,2 = 7,00 \text{ мм},$$

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*:

$$A_{\Delta} B_6 = 70_{-0,190} \text{ мм}; \quad TA_{\Delta} B_6 = 0,190 \text{ мм}.$$

Визначаємо квалітет розмірного ланцюга: число одиниць допуску [формула (3.1)]: $k = 190 / (2,9 + 2,2 + 1,1) = 30,6$ од. допуску; за табл. В.2 вибираємо 8-й квалітет ($k = 25$).

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

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

Розрахуємо суму допусків усіх складових ланок:

$$\sum_{i=1}^3 TA_i = TA_1 + TA_2 + TA_3 = 63 + 54 + 27 = 144 \text{ мкм},$$

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. 3.13.

Таблиця 3.13. Результати розрахунків

$A_{iном}$	i , мкм	TA_i , мкм	A_i , мм (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).

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

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

$$\text{Допуск ланки } A_1: \dot{A}_1 = \Delta_a \dot{A}_1 - \Delta_i \dot{A}_1 = -0,081 - (-0,190) = 0,109 \text{ мм}.$$

Перевіряємо виконання умови:

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

3.10. Розрахунок гладких калібрів (завдання 10)

Мета завдання 10 – ознайомитися з конструкціями гладких калібрів і засвоїти методику їх розрахунку.

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

Хід роботи

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, Додаток Г) 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. А.1.

Приклад 1. Визначити виконавчі і граничні розміри калібру-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.6), 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 калібру-скоби (рис. 3.22).

Обчислюємо виконавчі розміри калібру-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: прохідного нового боку $K-PP_{\text{вук}} = (d_{\max} - z_1 - 0,5 \cdot H_p)_{-H_p} =$

$$= (44,920 - 0,044 - 0,5 \cdot 0,0025)_{-0,0025} = 44,91025 = 44,920_{-0,0025} \text{ мм};$$

непрохідного боку $K - HE_{\text{вук}} = (d_{\text{min}} - 0,5 \cdot H_p)_{-H_p} =$

$$= (44,858 - 0,52 \cdot 0,0025)_{-0,0025} = 44,85425 = 44,854_{-0,00025} \text{ мм};$$

зносу прохідного боку $K - I_{\text{зн}} = (d_{\text{max}} + Y_1 + 0,5 \cdot H_p)_{-H_p} =$

$$= (44,920 + 0 + 0,5 \cdot 0,0025)_{-0,0025} = 44,91875 = 44,918_{-0,00075} \text{ мм}.$$

Визначаємо граничні розміри калібрів за формулами табл. Г.5 і зводимо їх у табл. 3.14.

Таблиця 3.14. Граничні розміри калібрів

Бік калібру	Робочий калібр	Контрольні калібри
Прохідний	$P - PP_{\text{max}} = 44,9125$	$K - PP_{\text{max}} = 44,91025$
	$P - PP_{\text{min}} = 44,9055$	$K - PP_{\text{min}} = 44,90775$
Непрохідний	$P - HE_{\text{max}} = 44,8165$	$K - HE_{\text{max}} = 44,85925$
	$P - HE_{\text{min}} = 44,8545$	$K - HE_{\text{min}} = 44,85675$
Прохідний зношений	$P - PP_{\text{зн}} = 44,920$	$K - I_{\text{max}} = 44,92125$ $K - I_{\text{min}} = 44,91875$

Ескіз калібру-скоби наведено на рис. 3.23.

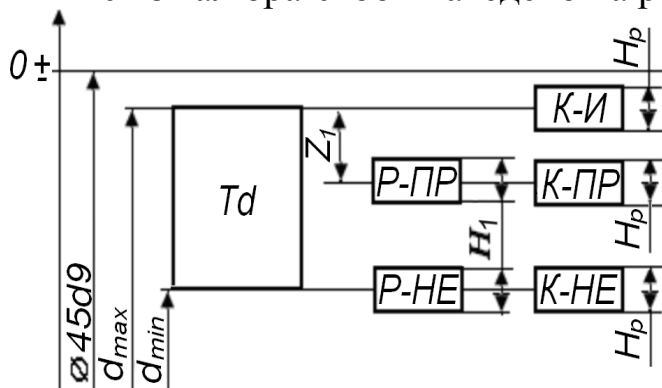


Рис. 3.22. Схема розташування полів допусків контрольованого вала

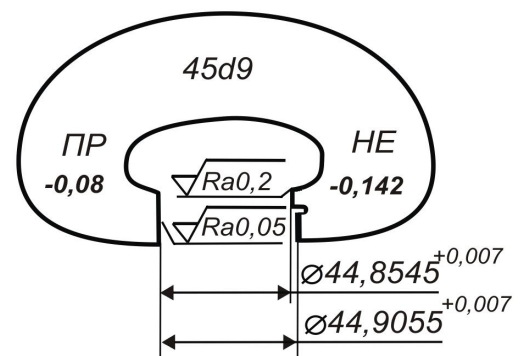


Рис. 3.23. Ескіз калібру-скоби

Приклад 2. Визначити виконавчі і граничні розміри калібру-пробки для контролю отвору $\varnothing 200F9 \left(\begin{smallmatrix} +0,165 \\ +0,050 \end{smallmatrix} \right)$. Накреслити схему полів допусків і ескіз калібру.

Визначаємо граничні відхилення, допуск і граничні розміри отвору $\varnothing 200F9$, мм: $ES = +0,165$, $EI = +0,050$; $TD = 0,110$; $D_{\text{min}} = 200,050$, $D_{\text{max}} = 200,165$.

Граничні відхилення і допуски калібрів знаходимо за табл. Г.1, мкм: $z = 21$, $Y = 0$, $\alpha = 4$, $H = 10$. Креслимо схему полів допусків калібру-пробки (рис. 3.24).

За формулами табл. Г.5 обчислюємо виконавчі розміри калібру-пробки, мм: прохідного нового боку $P - PP_{\text{вук}} = (D_{\text{min}} + z + 0,5 \cdot H)_{-H} =$

$$= (200,050 + 0,021 + 0,5 \cdot 0,010)_{-0,010} = 200,075_{-0,010};$$

непрохідного боку $P - HE_{\text{вук}} = (D_{\text{max}} - \alpha + 0,5 \cdot H)_{-H} =$

$$= (200,165 - 0,004 + 0,5 \cdot 0,010)_{-0,010} = 200,166_{-0,010};$$

прохідної зношеної $P - PP_{зн} = D_{\min} - Y_1 + \alpha = 200,050 - 0 + 0,004 = 200,054$.

Граничні розміри калібра-пробки, мм, знаходимо за формулами табл.

Г.5: прохідного боку $P - PP_{\max} = 200,076$, $P - PP_{\min} = 200,066$;

непрохідного боку $P - HE_{\max} = 200,166$, $P - HE_{\min} = 200,156$.

Ескіз калібра-пробки наведено на рис. 3.25.

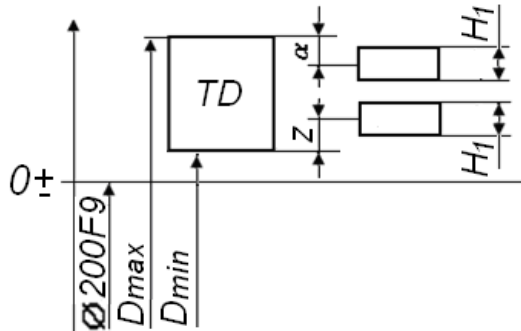


Рис. 3.24. Схема розташування полів допусків калібра-пробки

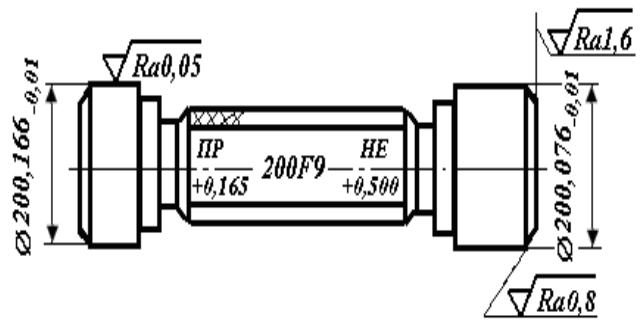


Рис. 3.25. Ескіз калібра-пробки.

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 відхилення отвору (табл. А.6):

$\varnothing 10H7^{(+0,015)}$, табл. А.5: $ES=+0,015$ мм, $EI=0$.

Тоді $D_{\min} = D + EI = 10 + 0 = 10,000$ мм;

$D_{\max} = D + ES = 10 + 0,015 = 10,015$ мм.

Робочий прохідний калібр, мм:

$$P - PP = D_{\min} + z \pm 0,5H.$$

$$P - PP_{\max} = D_{\min} + z + 0,5 \cdot H = 10 + 0,002 + 0,5 \cdot 0,0025 \approx 10,003;$$

$$P - PP_{\min} = D_{\min} + z - 0,5 \cdot H = 10 + 0,002 - 0,5 \cdot 0,0025 \approx 10,001;$$

$$P - PP_{зн} = D_{\min} - Y = 10 - 0,0015 = 9,9985.$$

Допуск калібра:

$$IT = P - HE_{\max} - (P - HE_{\min}) = 10,003 - 10,001 = 0,002 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір калібра

$$P - PP_{вик} = P - PP_{\max(-H)} = 10,0035_{-0,0025} \text{ мм.}$$

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

$$P - HE_{\text{вук}} = P - HE_{\text{max}(-H)} = 10,016_{-0,0025} \text{ мм.}$$

Розрахунок калібрів для отвору $\varnothing 10f7$, мкм:

$$z_1 = 2, \quad H_1 = 2,5 \text{ (табл. Г.1).}$$

Визначаємо граничні відхили вала $\varnothing 10f7 \left(\begin{smallmatrix} -0,013 \\ -0,028 \end{smallmatrix} \right)$, табл. А.7:

$$d_{\text{max}} = D + es = 10 + (-0,013) = 9,987 \text{ мм.}$$

$$\text{Робочий прохідний калібр, мм: } P - PП = d_{\text{max}} - z_1 \pm 0,5 \cdot H_1.$$

$$P - PП_{\text{max}} = d_{\text{max}} - z_1 + 0,5 \cdot H_1 = 9,987 - 0,002 + 0,5 \cdot 0,0025 \approx 9,9860;$$

$$P - PП_{\text{min}} = d_{\text{max}} - z_1 - 0,5 \cdot H_1 = 9,987 - 0,002 - 0,5 \cdot 0,0025 \approx 9,9835;$$

$$P - PП_{\text{зн}} = d_{\text{min}} + Y_1 = 9,987 + 0,0015 = 9,9885.$$

Допуск калібра:

$$IT = P - HE_{\text{max}} - (P - HE_{\text{min}}) = 9,9860 - 9,9835 = 0,0025 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір калібра:

$$P - ПР_{\text{вук}} = P - ПР_{\text{min}}^{+H_1} = 9,9835^{+0,0025} \text{ мм.}$$

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:

$$K - ПР = d_{\text{max}} - z_1 \pm 0,5 \cdot H_p ;$$

$$K - ПР_{\text{max}} = d_{\text{max}} - z_1 + 0,5 \cdot H_p = 9,987 - 0,002 + 0,5 \cdot 0,001 = 9,9855;$$

$$K - ПР_{\text{min}} = d_{\text{max}} - z_1 - 0,5 \cdot H_p = 9,987 - 0,002 - 0,5 \cdot 0,001 = 9,9845.$$

Допуск калібра

$$IT = K - ПР_{\text{max}} - (K - ПР_{\text{min}}) = 9,9855 - 9,9845 = 0,001 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір калібра $K - ПР_{\text{вук}} = K - ПР_{\text{max}(-H_p)} = 9,9845_{-0,001} \text{ мм.}$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 2.001-70 и др. Единая система конструкторской документации. Основные положения : [Сборник]. – Введ. 01.07.71. – Содерж.: ГОСТ 2.001-70-ГОСТ 2.003-83, ГОСТ 2.031-83-ГОСТ 2.034-83, ГОСТ 2.101-68-ГОСТ 2.106-68, ГОСТ 2.108-68, ГОСТ 2.109-73. Переизд. декабрь 1987.
2. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять : ДСТУ 3321:2003. – [Чинний від 2004-10-01]. – К. : Держстандарт України, 2005. – 50 с. – (Національний стандарт України).
3. Видання. Вихідні відомості (ISO 8:1977, NEQ; ISO 1086:1991, NEQ; ISO 7275:1985, NEQ): ДСТУ 4861:2007. – [Чинний від 2009-10-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 45 с. – (Національний стандарт України).
4. 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 і В. С. Шебаніна. – К. : Аграрна освіта, 2008. – 648 с.
5. 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 і В. С. Шебаніна. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 291 с.
6. 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.
7. 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 І. М. Бендери. – Миколаїв, 2014. – 576 с.
8. Допуски и посадки: Справочник / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. Т. 1. – Л. : Машиностроение, 1982.
9. Допуски и посадки: Справ очник / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. Т. 2. – Л. : Машиностроение, 1983.
- 10 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – СПб : Политехніка, 2001. – 576 с.
11. 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.

12. 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. – [вид. перероб. і допов.]. – Миколаїв : МНАУ, 2016. – 412 с.
13. 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 і В. С. Шебаніна. – Миколаїв : МНАУ, 2016. – 428 с.
14. Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми : ДСТУ 2500-94.– [Чинний від.1994-01-01].– К. : Держстандарт України, 1994. – 51 с. – (Національний стандарт України).

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

Вихідні дані для визначення основних елементів сполучення (завдання 1)

Номер варіанту	Посадка	Номер варіанту	Посадка	Номер варіанту	Посадка
1	Ø12H11/d10	33	Ø15D10/h9	65	Ø26H6/s5
2	Ø30D8/h7	34	Ø120H7/js6	66	Ø34F9/h8
3	Ø54H8/s7	35	Ø40K8/h7	67	Ø55Y10/h9
4	Ø18N7/h6	36	Ø16H7/f6	68	Ø82IS7/h6
5	Ø160E9/h8	37	Ø125N7/h6	69	Ø96H11/k10
6	Ø10H8/r7	38	Ø14H8/f7	70	Ø128S7/h6
7	Ø180E10/h9	39	Ø100Y8/h7	71	Ø164H12/c11
8	Ø8H11/d10	40	Ø8H12/h11	72	Ø9U9/h8
9	Ø65D11/h10	41	Ø170N8/h7	73	Ø6H12/b11
10	Ø36H8/f7	42	Ø145H7/s6	74	Ø15K7/h5
11	Ø130N7/h6	43	Ø14G9/h8	75	Ø7H6/js6
12	Ø28H7/r6	44	Ø28H8/h7	76	Ø27Z7/h6
13	Ø75E9/h8	45	Ø48D11/h10	77	Ø17H9/m8
14	Ø100H8/js7	46	Ø66H7/t6	78	Ø39K6/h5
15	Ø105P7/h6	47	Ø90T7/h6	79	Ø58H10/d9
16	Ø16Y8/f7	48	Ø128H11/d10	80	Ø78U8/h7
17	Ø18P7/h6	49	Ø160R6/h5	81	Ø86Y12/h11
18	Ø10H10/f9	50	Ø120H9/x8	82	Ø135E9/h8
19	Ø35D8/h9	51	Ø42N7/h6	83	Ø5H8/k7
20	Ø140H7/f6	52	Ø114H7/g6	84	Ø64P7/h6
21	Ø48E9/h8	53	Ø28N7/h6	85	Ø180H11/d10
22	Ø12H7/r6	54	Ø56H8/f7	86	Ø16R7/h6
23	Ø78F6/h9	55	Ø20D11/h11	87	Ø6H10/f9
24	Ø129H12/d11	56	Ø140H11/d10	88	Ø33D7/h8
25	Ø20R7/h6	57	Ø12F10/h9	89	Ø138H7/k6
26	Ø52H11/d10	58	Ø170H8/r7	90	Ø46E10/h9
27	Ø33N7/h6	59	Ø7F9/h8	91	Ø11H7/r6
28	Ø8H7/r6	60	Ø68N7/h6	92	Ø76F10/h8
29	Ø10K7/h6	61	Ø38H8/s7	93	Ø118H11/d10
30	Ø180H7/k6	62	Ø144D8/h7	94	Ø20S7/h6
31	Ø26N7/h6	63	Ø26H11/d10	95	Ø54H10/d9
32	Ø150H11/d10	64	Ø12N7/h6	96	Ø35N6/h5

Числові значення допусків за ДСТУ 2500-94, вибірка																		Таблиця А.2	
Інтервали номінальних розмірів, мм, (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 А.3. Числові значення основних відхилів отворів розмірами до 500 мм

Інтервали розмірів, мм	Позначення основного відхилення																							
	A	B*	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J			K	M	N	P					
	Всі квалітети													6	7	8	До 8 > 8	До 8*	> 8	До 8*	> 8	До 8*	> 8	
	Нижній відхил EI, мкм													Верхній відхил ES, мкм										
До 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	Відхили як для квалітетів понад 7, збільшене на Δ												
Понад 3 до 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	+2	+4	+6	0	0	-2	-4	-4					
» 6 » 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	+5	+8	+12	-1+Δ	-6+Δ	-6	-10+Δ	0					
» 10 » 14	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0	+6	+10	+15	-1+Δ	-7+Δ	-7	-12+Δ	0					
» 14 » 18	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0	+8	+12	+20	-2+Δ	-8+Δ	-8	-15+Δ	0					
» 18 » 24	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0	+10	+14	+24	-2+Δ	-9+Δ	-9	-17+Δ	0					
» 24 » 30	+320	+180	+130	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0	+13	+18	+28	-2+Δ	-11+Δ	-11	-20+Δ	0					
» 30 » 40	+340	+190	+140	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0	+16	+22	+34	-3+Δ	-13+Δ	-13	-23+Δ	0					
» 40 » 50	+360	+200	+150	-	+140	+85	-	+43	-	+14	0	+18	+26	+41	-3+Δ	-15+Δ	-15	-27+Δ	0					
» 50 » 65	+380	+220	+170	-	+160	+100	-	+50	-	+15	0	+22	+30	+47	-4+Δ	-17+Δ	-17	-31+Δ	0					
» 65 » 80	+410	+240	+180	-	+180	+110	-	+56	-	+17	0	+25	+36	+55	-4+Δ	-20+Δ	-20	-34+Δ	0					
» 80 » 100	+460	+260	+200	-	+200	+120	-	+62	-	+18	0	+29	+39	+60	-4+Δ	-21+Δ	-21	-37+Δ	0					
» 100 » 120	+520	+280	+220	-	+220	+130	-	+68	-	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-23+Δ	-23	-40+Δ	0					
» 120 » 140	+580	+310	+240	-	+240	+140	-	+75	-	+22	0													
» 140 » 160	+660	+340	+260	-	+260	+150	-	+82	-	+24	0													
» 160 » 180	+740	+380	+280	-	+280	+160	-	+90	-	+26	0													
» 180 » 200	+820	+420	+300	-	+300	+170	-	+98	-	+28	0													
» 200 » 225	+920	+480	+330	-	+330	+180	-	+107	-	+30	0													
» 225 » 250	+1050	+540	+360	-	+360	+190	-	+117	-	+33	0													
» 250 » 280	+1200	+600	+400	-	+400	+200	-	+128	-	+36	0													
» 280 » 315	+1350	+680	+440	-	+440	+210	-	+140	-	+40	0													
» 315 » 355	+1550	+760	+480	-	+480	+220	-	+153	-	+44	0													
» 355 » 400	+1650	+840	+520	-	+520	+230	-	+167	-	+48	0													
» 400 » 450				-			-		-		0													
» 450 » 500				-			-		-		0													

Інтервали розмірів, мм	Позначення основного відхилення											Поправка Δ^* (мкм) для квалітетів								
	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC								
	Квалітет																			
	Понад 7																			
До 3	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	$\Delta=0$							
Понад 3 до 6	-12	-15	-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6		
»6»10	-15	-19	-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7		
»10»14	-18	-23	-28	-	-33	-39	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9		
»14»18							4-5	-	-60	-77	-108	-150								
»18»24	-22	-28	-35	-	-41	-47	-54	-63	-73	-98	136	188	1.5	2	3	4	8	12		
»24»30				-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	160	-218								
»30»40	-6	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1.5	3	4	5	9	14		
»40»50				-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325								
»50»65	32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16		
»65»80		-43	-59	-75	-102		-146	-174	-210	-274	-360	-480								
»80»100	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19		
»100»120		-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690								
»120»140		-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23		
»140»160	-43	-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900								
»160»180		-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-730	-1000								
»180»200		-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150								
»200»225	-50	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	3	4	6	9	17	26		
»225»250		-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350								
»250»280		-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29		
»280»315	-56	-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700								
»315»355		-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1050	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32		
»355»400	-62	-114	-208	-294	-445	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100								
»400»450		-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34		
»450»500	-68	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600								

Таблиця А.4. Числові значення основних відхилів валів розмірами до 500 мм
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервали розмірів, мм	Позначення основного символу																		
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	k						
	Всі квалітети																		
Верхній відхил e _s , мкм													Нижній відхил e _i , мкм						
До 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	Граничні відхили $\pm IT/2$			-2	-4	-6	0	0
Понад 3 до 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0				-2	-4	-	-1	0
» 6 » 10	-280	-150	-80	-56	-470	-25	-18	-13	-8	-5	0				-2	-5	-	-1	0
» 10 » 14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0				-3	-6	-	+1	0
» 14 » 18																			
» 18 » 24	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	20	-	-7	0				-4	-8	-	+2	0
» 24 » 30																			
» 30 » 40	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0				-5	-10	-	+2	0
» 40 » 50	-320	-180	-130																
» 50 » 65	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0				-7	-12	-	+2	0
» 65 » 80	-360	-200	-150																
» 80 » 100	-380	-220	-170																
» 100 » 120	-410	-240	-180																
» 120 » 140	-460	-260	-200																
» 140 » 160	-520	-280	-210	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0				-11	-18	-	+3	0
» 160 » 180	-580	-310	-230																
» 180 » 200	-660	-340	-240																
» 200 » 225	-740	-380	-260	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0				-13	-21	-	+4	0
» 225 » 250	-820	-420	-280																
» 250 » 280	-920	-480	-300	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0				-16	-26	-	+4	0
» 280 » 315	-1050	540	-330																
» 315 » 355	-1200	-600	-360	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0				-18	-28	-	+4	0
» 35 5 » 400	-1350	-680	-400																
» 400 » 450	-1500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0				-20	-32	-	+5	0
» 450 » 500	-1650	-840	-480	-															

Позначення основного відхилення														
Інтервали розмірів, мм	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	Всі квалітети													
Нижній відхил еї, мкм														
До 3	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	-	+40	+60
Понад 3 до 6	+4	+8	+12	+15	19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
» 6 » 10	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
» 10 » 14	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
» 14 » 18								+39	+45	-	+60	+77	+108	+150
» 18 » 24						-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
» 24 » 30	+8	+15	122	128	35	+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
» 30 » 40						+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
» 40 » 50	+9	+17	+26	+34	+43	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
» 50 » 65						+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
» 65 » 80	+11	+20	+32	+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
» 80 » 100						+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
» 100 » 120	+13	+23	+37	+51	+71	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
» 120 » 140						+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
» 140 » 160	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+199	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
» 160 » 180						+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
» 180 » 200						+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
» 200 » 225	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
» 225 » 250						+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
» 250 » 280	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
» 280 » 315						+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
» 315 » 355	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
» 355 » 400						+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
» 400 » 450	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
» 450 » 500						+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

Таблиця А.5. Граничні відхили 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 відхили, мкм										
Від 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—
Понад 3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -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	
30 – 40	+50	+3	+25	+12	+1	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64
40 – 50	+25	-9	0	-12	-18	-25	-33	-44	-50	-59	
50 – 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-55 -85
65 – 80	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-62	-78	
80 – 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38	-58	-78 -113
100 – 120	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-73	-93	
120 – 140									-48	-77	-107 -147
140 – 160	+83	+54	+40	+20	+12	0	-12	-28	-88	-117	
160 – 180	+43	+14	0	-20	-28	-40	-52	-68	-90	-125	-159
180 – 200									-53	-93	-131 -171
200 – 225	+96	+61	+46	+23	+13	0	-14	-33	-93	-133	
225 – 250	+50	+15	0	-23	-33	-46	-60	-79	-106	-151	-163 -209
250 – 280	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	-63	-113	-179 - 225
280 – 315	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	-109	-159	
315 – 355	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	-74	-138	-198 -250
355 – 400	-62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	-126	-190	
400 – 450	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	-87	-169	-247 -304
450 – 500	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	-144	-226	
									-150	-244	-307 -370
									-103	-209	-109 -229 -337 -400
									-166	-272	-172 -292

Продовження табл. А.5

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	+28	+20	+4	+7	0	-	-1	-18	+45	+39	+31	+25	+12
	+20	+14	+6	0	-7	-11	-	-18	-32	+20	+14	+6	0	-12
Понад 3 до 6	+48	+38	+28	+22	+9	+5	+2	-2	-23	+60	+50	+40	+30	+15
	+30	+20	+10	0	-9	-13	-16	-20	-41	+30	+20	+10	0	-15
6 – 10	+62	+47	+35	+22	+11	+6	+1	-3	-28	+76	+61	+49	+36	+18
	+40	+25	+13	0	-11	-16	-21	-25	-50	+40	+25	+13	0	-18
10 – 14	+77	+59	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33	+93	+75	+59	+43	+21
	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60	+50	+32	+16	0	-21
14 – 18	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-11	+117	+92	+72	+52	+26
	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-74	+65	+40	+20	0	-26
18 – 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-74	+117	+92	+72	+52	+26
	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-48	+65	+40	+20	0	-26
24 – 30	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-74	+117	+92	+72	+52	+26
	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-81	+65	+40	+20	0	-26
30 – 40	+119	+89	+61	+39	+19	+12	+5	-3	-60	+142	+112	+87	+62	+31
	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-99	+80	+50	+25	0	-31
40 – 50	+119	+89	+61	+39	+19	+12	+5	-3	-99	+142	+112	+87	+62	+31
	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-70	+80	+50	+25	0	-31
50 – 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-87	+174	+131	+104	+74	+37
	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-133	+100	+60	+30	0	-37
65 – 80	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-133	+174	+131	+104	+74	+37
	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-102	+100	+60	+30	0	-37
80 – 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-124	+207	+159	+123	+87	+43
	+120	+72	+36	0	127	-38	-48	-58	-178	+120	+72	+36	0	-43
100 – 120	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-178	+207	+159	+123	+87	+43
	+120	+72	+36	0	127	-38	-48	-58	-144	+120	+72	+36	0	-43
120 – 140	+208	+148	+106	+63	+31	+20	+8	-4	-170	+245	+165	+143	+100	+50
	+145	+85	+43	0	-31	-43	-55	-67	-233	+145	+85	+43	0	-50
140 – 160	+208	+148	+106	+63	+31	+20	+8	-4	-190	+245	+165	+143	+100	+50
	+145	+85	+43	0	-31	-43	-55	-67	-253	+145	+85	+43	0	-50
160 – 180	+208	+148	+106	+63	+31	+20	+8	-4	-210	+245	+165	+143	+100	+50
	+145	+85	+43	0	-31	-43	-55	-67	-273	+145	+85	+43	0	-50
180 – 200	+242	+172	+122	+72	+36	+22	+9	-5	-236	+285	+215	+165	+115	+57
	+170	+100	+50	0	-36	-50	-63	-77	-308	+170	+100	+50	0	-57
200 – 226	+242	+172	+122	+72	+36	+22	+9	-5	-258	+285	+215	+165	+115	+57
	+170	+100	+50	0	-36	-50	-63	-77	-330	+170	+100	+50	0	-57
225 – 250	+242	+172	+122	+72	+36	+22	+9	-5	-284	+285	+215	+165	+115	+57
	+170	+100	+50	0	-36	-50	-63	-77	-356	+170	+100	+50	0	-57
250 – 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-315	+320	+240	+186	+130	+65
	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-396	+190	+110	+56	0	-65
280 – 315	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-350	+320	+240	+186	+130	+65
	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-431	+190	+110	+56	0	-65
315 – 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-390	+350	+265	+202	+140	+70
	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-479	+210	+125	+62	0	-70
355 – 400	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-435	+350	+265	+202	+140	+70
	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-521	+210	+125	+62	0	-70
400 – 450	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-490	+385	+290	+223	+155	+77
	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-587	+230	+135	+68	0	-77
450 – 500	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-540	+385	+290	+223	+155	+77
	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-637	+230	+135	+68	0	-77

Таблиця А.6. Граничні відхили валів розмірами від 1 до 500 мм
(за ДСТУ 2500–94, вибірка)

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Граничні відхили, мкм										
Від 1 до 3	—6 —12	—2 —8	0 —6	+3,0 —3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—
Понад 3 до 6	—10 —18	—4 —12	0 —8	+4,0 —4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—
6 – 10	—13 —22	—5 —14	0 —9	+4,5 —4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—
10 – 14	—16	—6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—
14 – 18	—27	—17	—11	—5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	
18 – 24	—20	—7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	—
24 – 30	—33	—20	—13	—6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+54 +41
30 – 40	—25	—9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
40 – 50	—41	—25	—16	—8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
50 – 65	—30	—10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
65 – 80	—49	—29	—19	—9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
80 – 100	—36	—12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
100 – 120	—58	—34	—22	—11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
120 – 140									+88 +63	+117 +92	+147 +122
140 – 160	—43 —68	—14 —39	0 —25	+12,5 —12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +4	+90 +65	+125 +100	+159 +134
160 – 180									+93 +68	+133 +108	+171 +146
180 – 200									+106 +77	+151 +122	+195 +166
200 – 225	—50 —79	—15 —44	0 —29	+14,5 —14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +180
225 – 250									+113 +84	+169 +140	+225 +196
250 – 280	—56	—17	0	+16,0	+36	+52	+66	+88	+126 +94	+190 +158	+250 +218
280 – 315	—88	—49	—32	—16,0	+4	+20	+34	+56	+130 +98	+202 +170	+272 +240
315 – 355	—62	—18	0	+18,0	+40	+57	+73	+98	+144 +106	+226 +190	+304 +268
355 – 400	—98	—54	—36	—18,0	+4	+21	+37	+62	+150 +114	+244 +208	+330 +294
400 – 450	—68	—20	0	+20,0	+45	+63	+80	+108	+166 +126	+272 +232	+370 +330
450 – 500	—108	—60	—40	—20,0	+5	+23	+40	+68	+172 +132	+292 +252	+400 +360

Продовження табл. А.6

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	-14 -24	-6 -16	0 -10	+5 -5	10 0	—	+14 +4	+24 +14	+28 +18
Понад 3 до 6	-20 -32	-10 -22	0 -12	+6 -6	+13 +41	+16 +4	+20 +8	+31 +19	+35 +23
6 – 10	-25 -40	-13 -28	0 -15	+7 -7	+16 +1	+21 +6	+25 +10	+38 +23	+43 +2t
10 – 14	-32 -50	-16 -34	0 -18	+9 -9	+19 +1	+25 +7	+30 +12	+46 +28	+51 +33
14 – 18									
18 – 24	-40 -61	-20 -41	0 -21	+10 -10	+23 +2	+29 +8	+36 +15	+56 +35	+62 +41
24 – 30									+69 +48
30 – 40	-50 -75	-25 -50	0 -25	+12 -12	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+68 +43	+85 +60
40 – 50									+96 +70
50 – 65	-60 -90	-30 -60	0 -30	+15 -15	+32 +2	+41 +11	+50 +20	+83 +53	+117 +87
65 – 80								+89 +59	+132 +102
80 – 100	-72 -107	-36 -71	0 -35	+17 -17	+38 +3	+48 +13	+58 +23	+106 +71	+159 +124
100 – 120								+114 +79	+179 +144
120 – 140	-85 -125	-43 -83	0 -40	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+132 +92	+210 +170
140 – 160								+140 +100	+230 +190
160 – 180								+148 +108	+250 +210
								+168 +122	+282 +236
180 – 200	-100 -146	-50 -96	0 -46	+23 23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+176 +130	+304 +258
200 – 225								+186 +140	+380 +284
225 – 250								+210 +158	+367 +315
250 – 280								+222 +170	+402 +350
280 – 315	-110 -162	-56 -108	0 -52	+26 -26	+56 +4	+72 +20	+86 +34	+247 +190	+447 +390
315 – 355								+265 +208	+492 +435
355 – 400								+296 +232	+553 +490
								+315 +252	+603 +540
400 – 450	-135 -198	-68 -131	0 -63	+31 -31	+68 +5	+86 +23	+103 +40		
450 – 500									

Продовження табл. А.6

Інтервал розмірів, мм	Поле допуску													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9
	Граничні відхили, 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 до 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 -122	-50 -77	-32 -59	-16 -43	0 -27	+13 -13	+60 +33	+67	+77	-50	-32	-16	0	+21
14 – 18								+40	+50					
18 – 24	-110 -143	-65 -98	-40 -73	-20 -53	0 -33	+16 -16	+74 +41	+87	+106	-65	-40	-20	0	+26
24 – 30								+54	+73					
30 – 40	-120 -159	-80 -119	-50 -89	-25 -64	0 -39	+19 -19	+99 +60	+119	+151	-80	-50	-25	0	+31
40 – 50								+80	+112					
50 – 65	-140 -186	-100 -146	-60 -106	-30 -76	0 -46	+23 -23	+133 +87	+168	+218	-100	-60	-30	0	+37
65 – 80								+122	+172					
80 – 100	-170 -224	-120 -174	-72 -126	-36 -90	0 -54	+27 -27	+178 +124	+232	+312	-120	-72	-36	0	+43
100 – 120								+178	+258					
120 – 140	-200 -263	-145 -208	-85 -148	-43 -106	0 -63	+31 -31	+233 +170	+311	+428	-145	-85	-43	0	+50
140 – 160								+248	+365					
160 – 180	-230 -293	-170 -242	-100 -172	-50 -122	0 -72	+36 -36	+273 +210	+373	+528	-170	-100	-50	0	+57
180 – 200								+310	+465					
200 – 225	-230 -332	-190 -271	-110 -191	-56 -137	0 -81	+40 -40	+330 +258	+457	+647	-190	-110	-56	0	+65
225 – 250								+385	+575					
250 – 280	-300 -381	-210 -299	-125 -214	-62 -151	0 -89	+44 -44	+396 +315	+556	+791	-190	-110	-56	0	+65
280 – 315								+475	+710					
315 – 355	-360 -449	-230 -327	-135 -232	-68 -165	0 -97	+48 -48	+479 +390	+679	+989	-230	-135	-68	0	+77
355 – 400								+390	+900					
400 – 450	-440 -537	-230 -327	-135 -232	-68 -165	0 -97	+48 -48	+587 +490	+837	+1197	-230	-135	-68	0	+77
450 – 500								+837	+1100					
							+540	+820	+1250					

Номінальні розміри, мм (понад – до)		Похибки, допустимі при вимірюванні лінійних розмірів від 1 до 500 мм (за ГОСТ 8.051-81) для квалітетів																											
		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 А.7

Таблиця А.8

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
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 мікрометрричний 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 кінце- вих 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 ИЧ і ИТ 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	2	2	2
	3	3	3	3	3,5	4	4	4	4,5	4,5
0,002 (0 – 2 мм)	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5
	4	4	4	4	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	-
0,001 ($\pm 0,005$ мм)	2	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 у 0,1 мм	-	-	10	10	10	10	10	15	15	15
Індикаторний нутромір (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.1. Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок з натягом
(задача 2) та з зазором (задача 3)

Варі- ант	D/D ₁	D ₂ , мм	l, мм	T, Н·м	ω, рад/с	p, Па·10 ⁶	R _{zD} , мкм	R _{zd} , мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30/24	55	35	150	95	0,10	12,5	6,3
2	38/30	62	45	200	75	0,18	3,2	1,6
3	44/36	70	60	260	70	0,22	6,3	3,2
4	42/34	60	65	235	80	0,18	6,3	3,2
5	50/42	80	70	250	75	0,21	6,3	3,2
6	54/46	80	65	165	65	0,23	12,5	6,3
7	58/48	85	80	145	55	0,22	12,5	6,3
8	62/54	90	75	215	50	0,24	6,3	3,2
9	64/56	95	80	200	50	0,25	3,2	1,6
10	70/60	100	75	135	90	0,55	12,5	6,3
11	72/60	105	80	210	85	0,60	12,5	6,3
12	74/62	110	90	220	85	0,65	6,3	3,2
13	82/70	130	90	300	80	0,70	6,3	3,2
14	84/72	135	90	350	90	0,75	3,2	1,6
15	88/74	140	100	300	80	0,70	3,2	1,6
16	90/76	145	100	350	85	0,75	3,2	1,6
17	92/78	140	105	400	75	0,80	1,6	0,8
18	94/60	145	105	450	80	0,90	1,6	0,8
19	96/82	155	100	425	75	0,85	1,6	0,8
20	98/84	160	110	450	70	0,90	1,6	0,8
21	100/86	160	120	475	70	0,95	1,6	0,8
22	102/90	155	105	350	60	0,30	3,2	1,6
23	104/88	160	110	375	55	0,32	1,6	0,8
24	106/84	165	115	400	55	0,34	1,6	0,8
25	35/20	60	40	200	110	0,80	6,3	3,2
26	40/22	60	50	115	110	0,70	3,2	1,6
27	45/28	75	60	220	100	0,65	3,2	1,6
28	50/30	80	70	200	100	0,45	3,2	1,6
29	55/35	85	75	225	95	0,40	3,2	1,6
30	60/40	90	80	250	95	0,38	1,6	0,8
31	65/35	90	75	250	80	0,40	12,5	6,3
32	70/40	95	80	270	75	0,38	6,3	3,2
33	80/45	105	90	300	70	0,34	6,3	3,2
34	105/80	160	115	550	60	1,4	1,6	0,8
35	110/85	170	120	600	55	1,50	3,2	1,6
36	115/80	175	125	700	50	1,60	1,6	0,8

Продовження табл. Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
37	120/90	160	135	550	55	1,00	3,2	1,6
38	125/85	165	140	600	50	1,20	1,6	1,6
39	130/70	170	145	700	50	1,20	1,6	0,8
40	42/20	65	60	180	95	0,46	6,3	3,2
41	44/22	70	65	200	90	0,48	6,3	3,2
42	46/18	75	65	220	90	0,50	3,2	3,2
43	48/20	80	70	240	85	0,52	3,2	1,6
44	50/22	85	70	260	85	0,54	1,6	1,6
45	52/24	85	75	170	85	0,46	1,6	1,6
46	54/26	85	80	180	80	0,48	1,6	0,8
47	58/30	90	90	250	80	0,26	3,2	1,6
48	60/40	90	90	260	75	0,27	3,2	1,6
49	62/36	95	95	270	70	0,28	1,6	0,8
50	64/32	90	85	110	65	0,35	1,6	0,8
51	66/34	90	85	115	60	0,38	1,6	1,6
52	68/32	90	85	120	55	0,47	1,6	0,8
53	70/35	100	90	125	55	0,46	1,6	0,8
54	72/32	100	95	130	60	0,50	1,6	0,8
55	74/30	110	100	200	45	0,30	3,2	1,6
56	76/28	115	105	210	45	0,45	1,6	0,8
57	78/40	195	90	210	60	0,32	1,6	0,8
58	80/36	110	95	220	55	0,38	3,2	1,6
59	82/38	125	90	270	60	0,43	3,2	1,6
60	84/40	130	95	280	65	0,45	1,6	1,6
61	86/42	130	90	290	55	0,40	1,6	0,8
62	88/36	135	95	300	55	0,46	1,6	0,8
63	90/46	140	100	400	60	0,53	1,6	1,6
64	92/42	145	100	410	60	0,55	1,6	0,8
65	100/60	170	130	250	55	0,63	12,5	6,3
66	102/58	170	130	255	60	0,64	6,3	3,2
67	108/52	175	135	270	35	0,67	1,6	1,6
68	112/60	180	150	280	30	0,69	3,2	1,6
69	116/55	155	160	220	40	0,71	6,3	6,3
70	122/60	160	165	235	35	0,74	3,2	1,6
71	126/54	170	175	245	30	0,76	1,6	0,8
72	130/40	180	185	255	25	0,78	1,6	0,8
73	140/50	190	185	265	30	0,80	6,3	3,2
74	150/60	200	195	275	20	0,82	3,2	3,2
75	160/40	210	205	285	15	0,84	1,6	1,6

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
76	165/75	215	210	290	10	0,85	3,2	1,6
77	170/70	220	215	295	10	0,86	1,6	1,6
78	65/30	105	100	300	80	0,42	12,5	6,3
79	75/35	115	110	310	75	0,44	6,3	6,3
80	80/38	130	125	325	50	0,47	1,6	1,6
81	95/40	135	130	330	40	0,48	1,6	0,8
82	100/45	140	135	335	45	0,50	1,6	0,8
83	140/60	180	175	375	45	0,57	1,6	0,8
84	150/65	190	185	385	50	0,59	6,3	3,2
85	155/70	195	190	390	45	0,60	3,2	1,6
86	160/75	200	195	395	45	0,61	1,6	0,8
87	165/72	205	200	400	40	0,62	12,5	6,3
88	170/78	210	205	405	40	0,63	6,3	3,2
89	175/80	215	210	410	35	0,64	3,2	1,6
90	185/85	225	220	420	35	0,66	12,5	6,3
91	190/70	230	225	425	35	0,67	6,3	3,2
92	195/75	235	230	430	30	0,68	3,2	1,6
93	200/90	240	235	435	30	0,69	1,6	0,8
94	205/95	245	240	440	25	0,70	12,5	6,3
95	210/100	250	245	445	25	0,71	6,3	3,2
96	215/105	255	250	450	20	0,72	3,2	1,6
97	220/110	260	255	455	20	0,73	1,6	0,8
98	180/85	220	215	415	35	0,65	1,6	0,8

Примітка: D – номінальний діаметр сполучення; D₁ – діаметр свердління вала; D₂ – зовнішній діаметр втулки; l – довжина сполучення; T – крутний момент; ω – кутова швидкість вала; p – питомий тиск на опору; R_{zD} і R_{zd} – шорсткість поверхні відповідно отвору і вала.

Таблиця Б.2. Значення імовірних натягів

Посадка	Значення імовірних натягів (мкм) для діаметрів, мм														
	від 24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280
	до 30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315
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
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.3

Вихідні дані для визначення основних елементів селективної збірки (задача 4)

Вар	Посадка	n	Вар.	Посадка	n	Вар	Посадка	n
1	Ø75H10/s10	4	38	Ø25H9/f9	4	75	Ø64T7/h7	3
2	Ø30M10/h10	3	39	Ø96F11/h11	5	76	Ø84R9/h9	3
3	Ø120H8/k8	3	40	Ø69H7/u7	3	77	Ø160H10/f10	4
4	Ø18H8/d8	3	41	Ø120F8/h8	3	78	Ø105D9/h9	3
5	Ø60D11/h11	5	42	Ø16H11/a11	5	79	Ø90H11/b11	5
6	Ø40H10/d10	5	43	Ø30K9/h9	2	80	Ø56F8/h8	2
7	Ø126E9/h9	4	44	Ø125H8/g8	3	81	Ø30H9/p9	4
8	Ø120H9/p9	3	45	Ø84C11/h11	4	82	Ø82C10/h10	5
9	Ø70P7/h7	3	46	Ø100H10/p10	5	83	Ø88H8/d8	3
10	Ø24H9/k9	4	47	Ø160F9/h9	2	84	Ø22C9/h9	4
11	Ø40P10/h10	4	48	Ø24H8/e8	3	85	Ø100H8/k8	3
12	Ø50H8/d8	3	49	Ø36K6/h6	4	86	Ø80H9/p9	3
13	Ø75H10/s10	4	50	Ø60H10/c10	5	87	Ø50P7/h7	3
14	Ø24H8/e8	3	51	Ø20D10/h10	2	89	Ø30H9/k9	4
15	Ø62D11/h11	5	52	Ø10H9/k9	3	90	Ø60P10/h10	4
16	Ø36H8/d8	3	53	Ø82H9/z9	3	91	Ø75H8/d8	3
17	Ø140B10/h10	4	54	Ø63S7/h7	3	92	Ø125H10/s10	4
18	Ø100H8/d8	2	55	Ø20H9/m9	4	93	Ø34H8/e8	3
19	Ø80G8/h8	2	56	Ø48R10/h10	4	94	Ø74U9/h9	3
20	Ø100H9/f9	3	57	Ø32H6/m8	3	95	Ø8S7/h7	3
21	Ø24F9/h9	4	58	Ø72H10/s10	2	96	Ø65H7/u7	3
22	Ø90H8/c8	3	59	Ø24M10/h10	3	97	Ø110H10/p10	5
23	Ø85C10/h10	5	60	Ø110H8/k8	3	98	Ø88H9/z9	3
24	Ø140H9/p9	4	61	Ø15H8/f8	3	99	Ø66S7/h7	3
25	Ø60P8/h8	2	62	Ø68B11/h11	5	100	Ø78H10/s10	2
26	Ø85H11/b11	5	63	Ø42H10/r10	5	101	Ø62H10/r10	5
27	Ø110D9/h9	3	64	Ø140V9/h9	4	102	Ø110V9/h9	4
28	Ø180H10/e10	4	65	Ø72H10/js10	3	103	Ø140H8/k8	3
29	Ø84U9/h9	3	66	Ø94R12/h12	5	104	Ø42H6/m8	3
30	Ø36H10/m10	4	67	Ø156H12/x12	4	105	Ø20H9/m9	4
31	Ø24B11/h11	5	68	Ø16B11/h11	5	106	Ø50H9/k9	3
32	Ø50H7/m7	2	69	Ø148H10/k10	4	107	Ø70K9/h9	2
33	Ø8S7/h7	3	70	Ø22X8/h8	3	108	Ø60H7/m7	2
34	Ø75H10/d10	4	71	Ø13H10/e10	2	109	Ø46H10/m10	4
35	Ø40D11/h11	5	72	Ø52U7/h7	3	110	Ø44H9/k9	4
36	Ø100H10/e10	2	73	Ø18H8/d8	3	111	Ø78C11/h11	5
37	Ø140F8/h8	3	74	Ø68C11/h11	5	112	Ø80H10/c10	5

Таблиця Б.4

Вихідні дані для розрахунку і вибору посадок для деталей, які з'єднуються з вальницями кочення (завдання 5), шпонкових з'єднань (завдання 6), нарізних з'єднань (завдання 8)

Номер варі- анта	Завдання 5		Завдання 6		Завдання 8
	номер вальни- ці	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
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

12	2	3	4	5	6
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	314	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
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

1	2	3,0	4	5	6
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

Примітка: Завдання б, вид шпонкового з'єднання: 1–вільне (напрямні шпонки); 2–вільне (масове виробництво); 3–цільне (індивідуальне виробництво).

Таблиця Б.5

Граничні відхилення діаметра циліндричного отвору внутрішніх кілець радіальних і радіально упорних вальниць кочення (за ГОСТ 520:2015)

Інтервали діаметрів d, мм (понад – до)	Клас точності вальниць							
	P0		P6		P5		P4	
	Граничні відхилення діаметра d _m , мкм							
	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES
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.6. Граничні відхилення зовнішнього діаметра зовнішніх кілець радіальних і радіально-упорних (крім конічних) вальниць кочення (за ГОСТ 520:2015)

Інтервали діаметрів D, мм, (понад – до)	Клас точності вальниць							
	P0		P6		P5		P4	
	Граничні відхилення діаметра D _m , 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.7. Рекомендовані поля допусків валів і отворів корпусів під вальниці кочення з місцево навантаженими кільцями

Типи вальниць	Номинальний діаметр, мм (понад – до)	Поля допусків		
		валів (осей)	отворів в корпусі	
			не рознімних	рознімних
Навантаження спокійне або з помірними поштовхами і вібрацією, перевантаження до 150 %				
Усі типи, крім штампованих голчастих	До 80	h5, h6, g5, g6 g5, g6, f6*, js6, f6, js6	H6, H7	H6, H7, H8*
	80 – 260		G6, G7	
	260 – 500			
Навантаження з ударами і вібрацією, навантаження до 300 %				
Усі типи, крім штампованих голчастих і роликкових конічних дворядних	До 80	h5, h6 g5, g6	Js6, Js7	Js6, Js7
	80 – 260		H6, H7	
	260 – 500			
Навантаження будь-яке				
Голчасті штамповані	Усі розміри	k5, k6** js5, js6**	K6 K7*** Js6, Js7	Js6, Js7 (в сталевий стакан)
* Поля допусків f6 і H8 пристосовувати за частоти обертання не більше 60 % від гранично допустимої. ** З'єднання вальниць з валами k5, k6, js5, js6 здійснюють за допомогою селективного збирання. *** Для корпусів із кольорового металу.				

Таблиця Б.9. Основні розміри з'єднань з призматичними шпонками, мм
(за ГОСТ 23360-93)

Діаметр вала d (понад-до)	Номінальні розміри шпонки					Номінальні розміри паза			
	$b \times h$	фаска s		інтервали довжин		глибина		радіус округлення або фаска $s_1 \times 45^\circ$	
		max	min	від	до	на валу t_1	у втулці t_2	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		
230 – 260	56 x 32	2,0	1,6	140		20,0	12,4	1,6	1,2
260 – 290	63 x 32			160	500	20,0	12,4		
290 – 330	70 x 36			180		22,0	14,4		
330 – 380	80 x 40	3,0	2,5	200		25,0	15,4	2,5	2,0
390 – 440	90 x 45			220	500	28,0	17,4		
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 різучого 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 пропонується один розмір для вала t_1 (переважаючий варіант) або $d - t_1$ і для втулки $d + t_2$.

Таблиця Б.10. Рекомендовані поля допусків у сполученнях шпонкових з'єднань

Вид з'єднання і характер виробництва	Поле допусків		
	ширина шпонки	ширина паза вала	ширина 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 серійне виробництво	Серійне і масове виробництво	Напрямні шпонки
*Рекомендується для з'єднань з довгими шпонками ($l \geq 2d$). Перед застосуванням бажана дослідна перевірка.			

Таблиця Б.11. Вихідні дані для розрахунку допусків і граничних розмірів деталей прямобічних шліцьових з'єднань (завдання 7)

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

Продовження табл. Б.11

	1	2	3
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-10x82x88H8/e8x12D9/e8
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.12. 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

1	2	3	4	5	6
		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 шлицьові з'єднання.

Таблиця Б.13. Рекомендовані поля допусків і посадок для розмірів D і b при центруванні 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.

Примітки: 1. Крім вказаних посадок допускаються інші.

2. Сполучення посадок по розмірах D і b стандартом не регламентовано (встановлюється конструктором).

3. Посадки, які заключні в квадратні дужки, є переважними; посадки вказані в круглих дужках, по можливості не використовувати.

4. Відхили не центруючих діаметрів див. табл. В. 7.

5. Поле допуску $h9$ використовується при чистовому фрезуванні незагартованих валів.

Таблиця Б.14. Рекомендовані поля допусків і посадок для розмірів d і b при центруванні 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.

Примітки: 1. Див. примітки до табл. В. 4 (крім п.2).

2. Сполучення посадок по розмірах d і b стандартом не регламентовано (встановлюється конструктором).

3. Поле F10 рекомендується тільки для загартованих не шліфованих втулок.

Таблиця Б.15. 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; k7	(D9/d9); [D9/e8]; [D9/f8]; D9/e9; D9/h9; D9/js7; D9/k7
F10	d9; e8; f8; e9; h9; k7	[F10/d9]; F10/e8; [F10/f8]; F10/h7; F10/e9; F10/h9; F10/k7

*Примітки: 1. Див. примітки до табл. Б 294 (крім п. 2 і 5).
2. Поле e8 рекомендується тільки для загартованих не шліфованих втулок.*

Таблиця Б.16. Поля допусків нецентруючих 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.17. 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.17

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, є переважаними.*

Таблиця Б.18. 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 (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 _e		11	12	14	16	18	
2–4	T		-	22	25	28	32	
	T _e		-	14	16	18	20	
5–10	T		-	-	23	32	36	
	T _e		-	-	18	20	22	
0,5–1,5	T		7	25	28	32	36	40
	T _e			16	18	20	22	25
2–4	T	-		32	36	40	45	
	T _e	-		32	36	40	45	
5–10	T	-		-	40	45	50	
	T _e	-		-	25	28	32	
0,5–1,5	T	8		36	40	45	50	56
	T _e			22	25	28	32	36
2–4	T		-	45	50	56	63	
	T _e		-	28	32	36	40	
5–10	T		-	-	56	63	71	
	T _e		-	-	36	40	45	
0,5–1,5	T		9	50	56	63	71	80
	T _e			32	36	40	45	50
2–4	T		-	63	71	80	90	
	T _e		-	40	45	50	56	
5–10	T		-	-	80	90	100	
	T _e		-	-	50	56	63	

Таблиця Б.19. Основні (сумарні) відхилення *es* товщини шліца вала, мкм
(за ГОСТ 6033-80, скорочено)

Модуль, мм	Позначення основного 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
	c	-48	-54	-60	-66	-75
a	-80	-90	-100	-110	-125	
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.20. Стандарти на розповсюджені нарізі та допуски на них

Назва і основні характеристики нарізі		Стандарт	Посадка	Стандарт	Інтервали d і P , мм
1		2	3	4	5
Метрична ($\alpha=60^\circ$, $d = 0,25-600$ мм, $P = 0,075-6$ мм)	Профіль нарізі	ГОСТ 9150-81	3 зазором	ГОСТ 9000-81	$d < 1$, $P=0,075-0,225$
	Діаметри і кроки	ГОСТ 8124-81		ГОСТ 16093-81	$d = 1 - 600$, $P= 0,2 - 0,6$
	Основні розміри	ГОСТ 4705-81	Перехідна	ГОСТ 24834-81	$d = 5 - 45$, $P= 0,8 - 4,5$
			3 натягом	ГОСТ 4608-81	$d = 5 - 45$, $P= 0,8 - 3$
Метрична для приладобудування ($d = 3,5-400$, $P = 0,25 - 2$)	Діаметри і кроки	ГОСТ 6967-81	3 зазором	ГОСТ 16093-81	$d = 3,5 - 400$, $P= 0,25 - 2$
	Основні розміри	ГОСТ 4706-81			
Для деталей із пластмас	Профілі і основні розміри	ГОСТ 1709-81		ГОСТ 11709-81	$d = 1 - 180$, $P= 0,2 - 6$
Трапецеїдальна однозахідна ($\alpha=60^\circ$, $d= 8-640$, $P= 1,5-48$)	Профіль нарізі	ГОСТ 9484-81		ГОСТ 9562-81	$d = 8 - 640$, $P= 1,5 - 48$
	Діаметри і кроки	ГОСТ 4738-81			
	Основні розміри	ГОСТ 4737-81			
Трапецеїдальна багатозахідна ($\alpha=60^\circ$, $d= 10-320$, $P= 1,3-48$)	Профіль нарізі	ГОСТ 9484-81	3 зазором	ГОСТ 24739-81	$d = 10 - 320$, $P= 2 - 48$
	Основні розміри	ГОСТ 24739-81			
Упорна одноходова ($d= 10-640$, $P= 2-48$)	Профіль і основні розміри	ГОСТ 10177-82		ГОСТ 25096-82	$d = 10 - 640$, $P= 2 - 48$
Метрична конічна ($\alpha=60^\circ$, $d= 6-60$, $P= 1; 1,5$ і 2)	Профіль нарізі	ГОСТ 9150-81			ГОСТ 25229-82
	Основні розміри	ГОСТ 25229-82			
Трубна конічна	Профіль і основні розміри	ГОСТ 6211-69	Щільне герметичне з'єднання	ГОСТ 6211-69	$d = 7,723 - 163,830$, $P= 0,907 - 2,309$
Трубна циліндрична		ГОСТ 6357-73		ГОСТ 6351-73	
Кругла ($\alpha=60^\circ$, $d= 8-200$)	Профіль і основні розміри	ГОСТ 13536-68	$S_{min}=0$	ГОСТ 13536-68	$P= 2,540 - 6,350$

Примітки 1. ГОСТ 16967-81 і ГОСТ 24706-81 розповсюджуються на метричні різі з профілем за ГОСТ 9150-81 і застосовуються у тих випадках, коли діаметри і кроки нарізей, що встановлені у ГОСТ 8124-81, не можуть задовольнити споживання приладобудування.

2. Для деталей з пластмас застосовують метричну нарізь з профілем за ГОСТ 9150-81 з заокругленими кромками на виступах зовнішньої і внутрішньої різей.

Таблиця Б.21. 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 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.22. 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 ₂ , D ₂	внутрішній діаметр d ₁ , D ₁		середній діаметр d ₂ , D ₂	внутрішній діаметр d ₁ , D ₁
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 Б.23. 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 ₂	D ₁	d, d ₂ , d ₁	d ₂	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.24. 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 ₂	D ₂	D	ES
		границі сортувальних груп I і II		ES	
2,8 – 5,6	0,8	+72	+25	0	
	1	+81	+30	0	
5,6 – 11,2	1,25	+86	+31	0	
	1,25	+89	+35	0	
11,2 – 22,4	1,5	+98	+37	0	
	1,75	+104	+40	0	
	2	+115	+42	0	
	2,5	+127	+45	0	
	2	+117	+45	0	
22,4 – 45	3	+145	+53	0	

Задача 1. За заданими розмірами і полями допусків складових ланок деталі (рис. 1) розрахувати замикальну ланку; за заданим допуском замикальної ланки розрахувати допуски складових ланок.

Найменування ланок	Вид розмірів	Поля допусків для варіантів					
		1	2	3	4	5	6
Складові	що охоплює	H6	H7	H8	H9	H10	H11
	що охоплюється	h6	h7	h8	h9	h10	h11
Замикальна	-	H9	H10	H11	H12	H13	H14

Примітка: Знаки граничних відхилів для складових ланок рекомендується приймати такими, щоб поля допусків були спрямовані в тіло виробу або за ходом обробки, тобто плюс для полів допусків охоплюючих розмірів, мінус – для охоплюваних розмірів. Можна на всі розміри призначити поля допусків JS (js) тих же квалітетів.

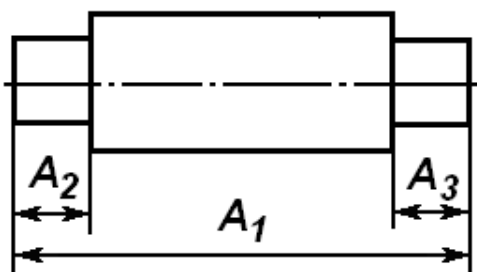


Рис. 1. Ескіз деталі до задачі 1

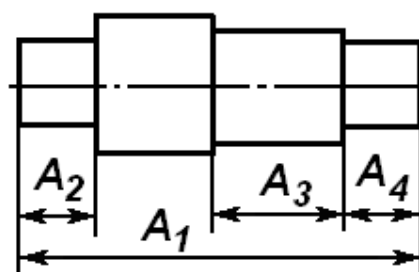


Рис. 2. Ескіз деталі до задачі 2

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6
Складові ланки: A_1	10	12	20	32	693	85
A_2	2,5	2,8	3,2	4	6	6,5
A_3	3,2	3,5	4	4,5	7	10,5

Задача 2. Для деталі, що показана на рис. 2, розрахувати розмірний ланцюг, виконати умови задачі 1 (поля допусків див. у задачі 1).

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: A_1	40	60	100	140	200	280	360	450
A_2	6	6	10	15	20	30	40	60
A_3	20	32	53	70	100	140	200	260
A_4	8	10	12	20	35	50	60	90

Задача 3. Для деталі, що показана на рис. 3, розрахувати розмірні ланцюги A і B і виконати умови задачі 1.

Порівняйте результати розрахунку обох розмірних ланцюгів.

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: A_1	50	70	100	140	210	280	360	460
$A_2 = A_5$	6	9	10	14	18	20	32	55
A_3	15	25	30	45	85	125	160	200
A_4	18	20	40	55	75	100	120	125

Поля допусків ланок вказано в задачі 1.

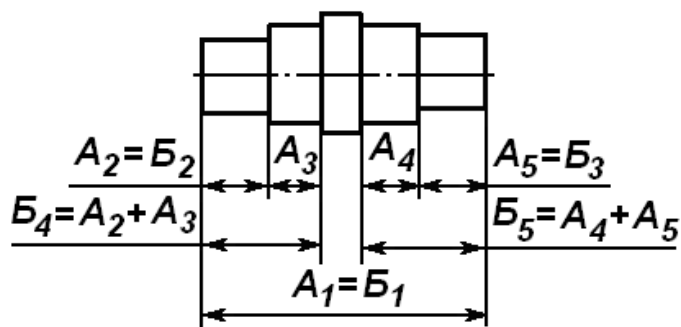


Рис. 3. Ескіз деталі до задачі 3

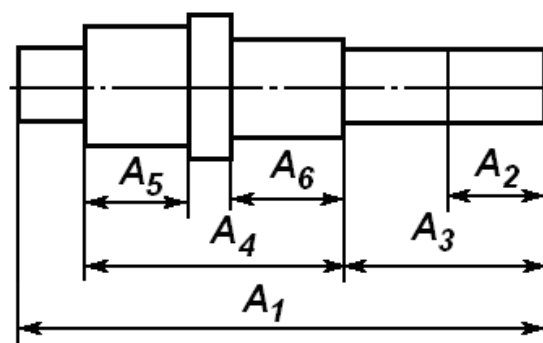


Рис. 4. Ескіз деталі до задачі 4

Задача 4. Для деталі, що показана на рис. 4, розрахувати розмірні ланцюги A і B і виконати умови задачі 1.

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: A_1	80	110	170	250	310	400	500	600
$A_2 JS14$	6	9	10	14	18	20	32	150
A_3	15	25	30	45	85	125	160	180
A_4	18	20	40	55	75	100	120	375
$A_5 = A_6$	25	32	53	82	95	120	150	180

Поля допусків ланок вказано в задачі 1.

Задача 5. Розрахувати ланку A_1 , за якою перевіряється точність складової ланки A_2 (рис. 5). Вимірвальна база – торець C .

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: A_1	30	45	70	120	160	240	300	400
A_2	8	12	20	32	55	90	100	125

Поля допусків ланок вказано в задачі 1.

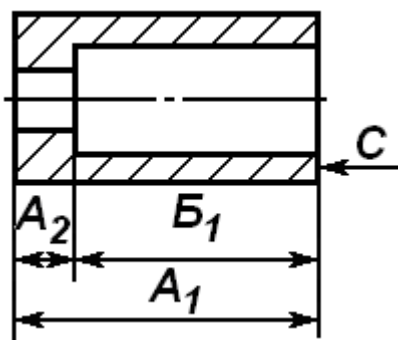


Рис. 5. Ескіз деталі до задачі 13

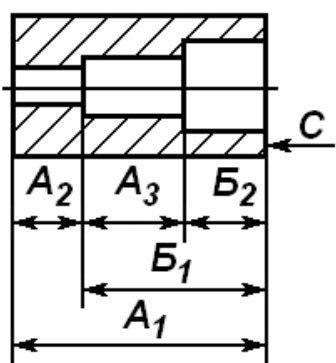


Рис. 6. Ескіз деталі до задачі 14.

Поля допусків ланок вказано в задачі 1.

Задача 7. На скільки разів зміниться значення допуску замикальної ланки,

обчислене імовірним методом, порівняно з допуском, порахованим методом максимуму-мінімуму, коли кількість ланок в розмірному ланцюгу: а) 3; б) 5; в) 6; г) 7; д) 8; е) 9; є) 10; ж) 11?

Вказівка. Складальні ланки у кожному розмірному ланцюгу приблизно однакові. Розрахунок виконати способом допусків одного квалітету і способом рівних допусків.

Задача 8. Розрахувати розмірний ланцюг складальної одиниці (рис. 7). *Вказівка.* Поле допуску замикаючої ланки вибрати із ряду: IT10, IT11, IT12. Задачу розв'язати двома способами: на максимум-мінімум і імовірним (див. вказівку до задачі 1).

Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4
Складові ланки: A_1	12	14	20	22
A_2	6	6	10	12
A_3	6	8	10	12

Вказівка. Задача полягає у перерахунку баз. За умовами роботи деталі повинні бути витримані розміри, що вказані на кресленні. Обробку деталей і перевірку розмірів можна проводити тільки від однієї будь-якої бази, наприклад, від торця С. За такого порядку обробки і вимірювання розмір A_2 (рис. 5), а також розміри A_2 і A_3 (рис. 6) в тих розмірних ланцюгах, що включають вимірювальні розміри B_j , фактично будуть замикальними: їх одержують у данному розмірному ланцюгу останніми; контролюють їх посереднім шляхом за розмірами B_j . Допуски на ланки A_2 слід призначати приблизно на один-два квалітети грубіше допусків, що прийняті на ланку A_1 .

Задача 6. Розрахувати ланки B_1 і B_2 , за якими перевіряється точність складових ланок A_2 і A_3 (рис. 6). Вимірювальна база – торець С (див. вказівку до задачі 5). Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Складові ланки: A_1	50	80	120	160	240	300	400	500
A_2	10	12	20	40	60	90	125	150
A_3	15	20	50	60	90	125	180	200

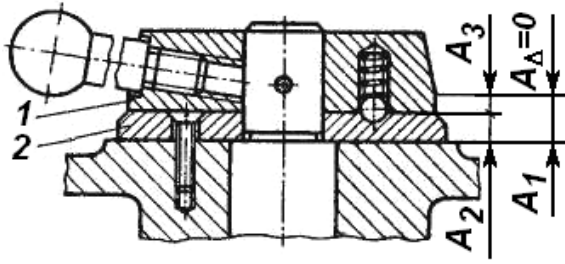


Рис. 7. Ескіз деталі до задачі 7

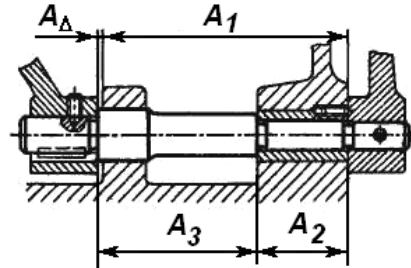


Рис. 8. Ескіз деталі до задачі 8

Задача 9. Розрахувати розмірний ланцюг механізму, що вказаний на рис. 8 (див. вказівку до задачі 8). Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6
Складові ланки: A_1	29	46	20	90	125	160
A_2	9,5	12,5	20	28	36	52
A_3	20	34	56	63	90	110

Задача 10. Розрахувати розмірні ланцюги A і B , що вказані на рис. 9 (див. вказівку до задачі 7). Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6
Складові ланки: A_1	29	46	20	90	125	160
A_2	9,5	12,5	20	28	36	52
A_3	20	34	56	63	90	110
B_1	10	16	25	30	45	65
B_2	9,8	15,8	24,7	29,7	44,5	64,5

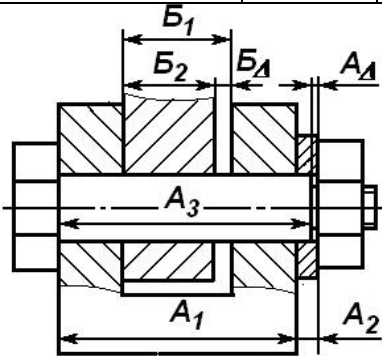


Рис. 9. Ескіз до задачі 9

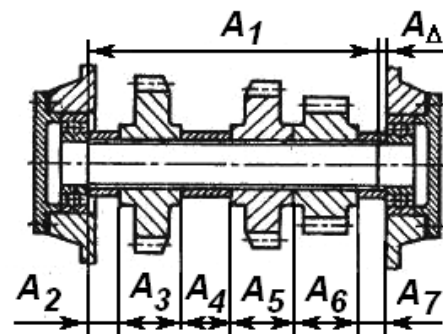


Рис. 10. Ескіз до задачі 10

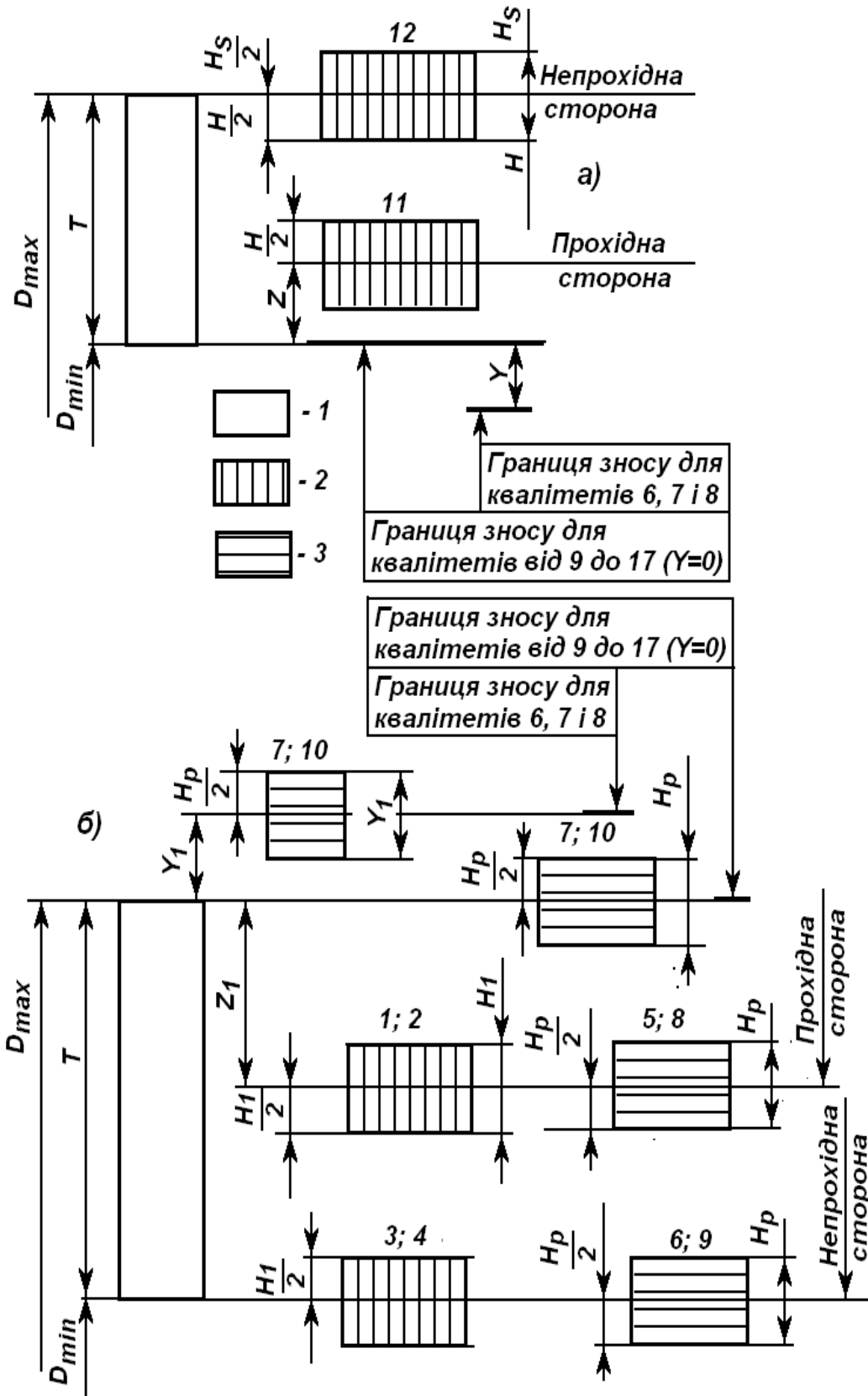
Задача 11. Розрахувати розмірний ланцюг проміжного вала, що поданий на рис. 10 (див. вказівку до задачі 7). Вихідні дані:

Варіант	1	2	3	4	5	6
Складові ланки: A_1	79,5	119	178	248	312	495
$A_2 = A_7$	7,5	14	20	32	22	40
$A_3 = A_5 = A_6$	15	20	32	52	82	125
A_4	20	32	44	30	25	45

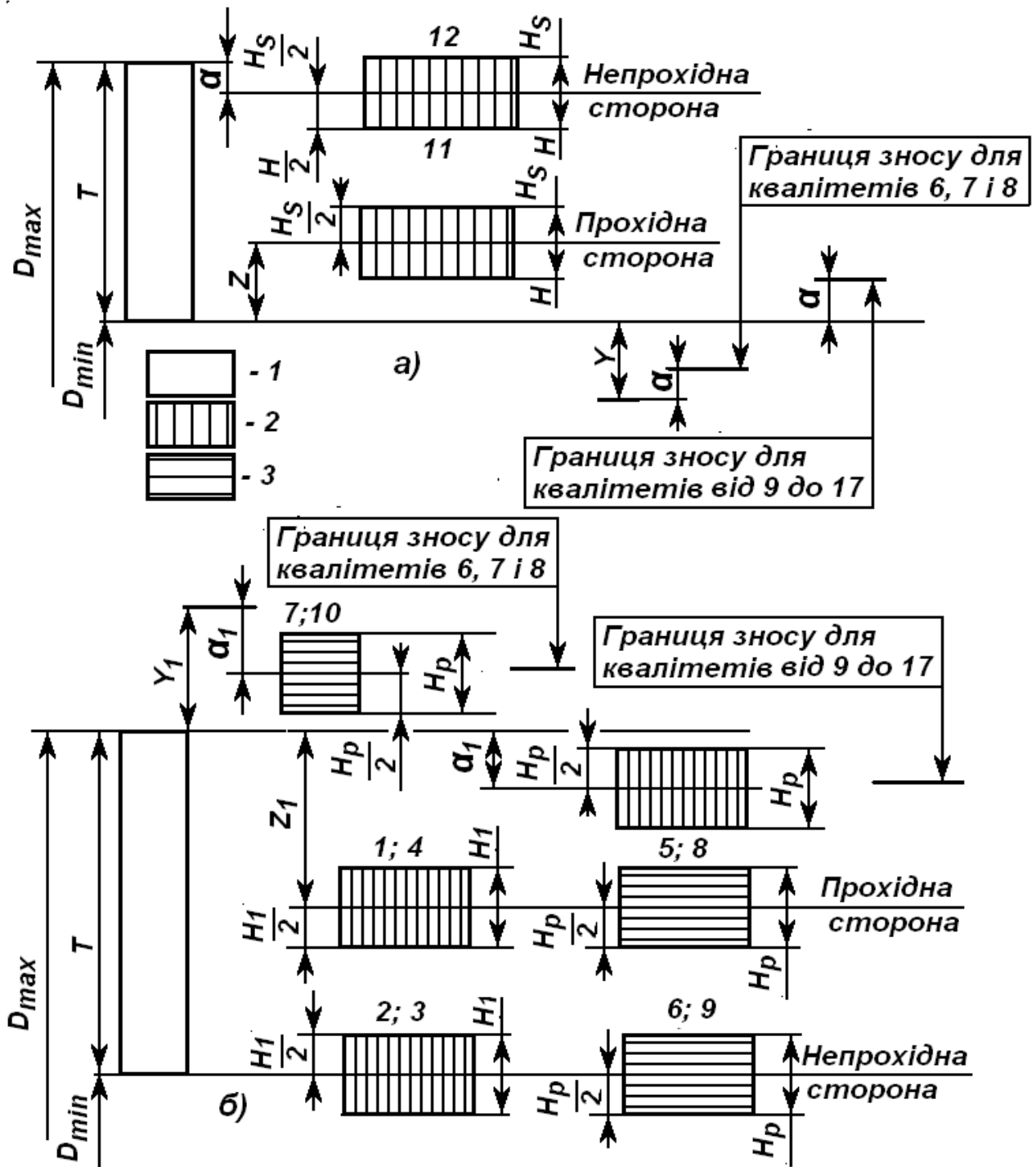
Таблиця Г.1. Допуски і відхили гладких калібрів (за ГОСТ 24853-81)

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 ₁	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	Y ₁	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H, H _S	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	H ₁	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H _P	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5
7	Z, Z ₁	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	Y, Y ₁	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H, H _S	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	H _P	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5
8	Z, Z ₁	3	3	4	5	6	7	8	9
	Y, Y ₁	3	3	4	4	5	5	6	6
	H	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	4	4	5	6	7	8	10	12
	H _S , H _P	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
9, 10	Z, Z ₁	6	7	8	9	11	13	15	18
	H	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	4	4	5	6	7	8	10	12
	H _S , H _P	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
11, 12	Z, Z ₁	12	14	16	19	22	25	28	32
	H, H ₁	5	6	8	9	11	13	15	18
	H _S	-	4	5	6	7	8	10	12
	H _P	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
13, 14	Z, Z ₁	24	28	32	36	42	48	54	60
	H, H ₁	12	15	18	21	25	30	35	40
	H _S	-	9	11	13	16	19	22	25
	H _P	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
15, 16 і 17	Z, Z ₁	48	54	56	72	80	90	100	110
	H, H ₁	12	15	18	21	25	30	35	40
	H _S	-	9	11	13	16	19	22	25
	H _P	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8

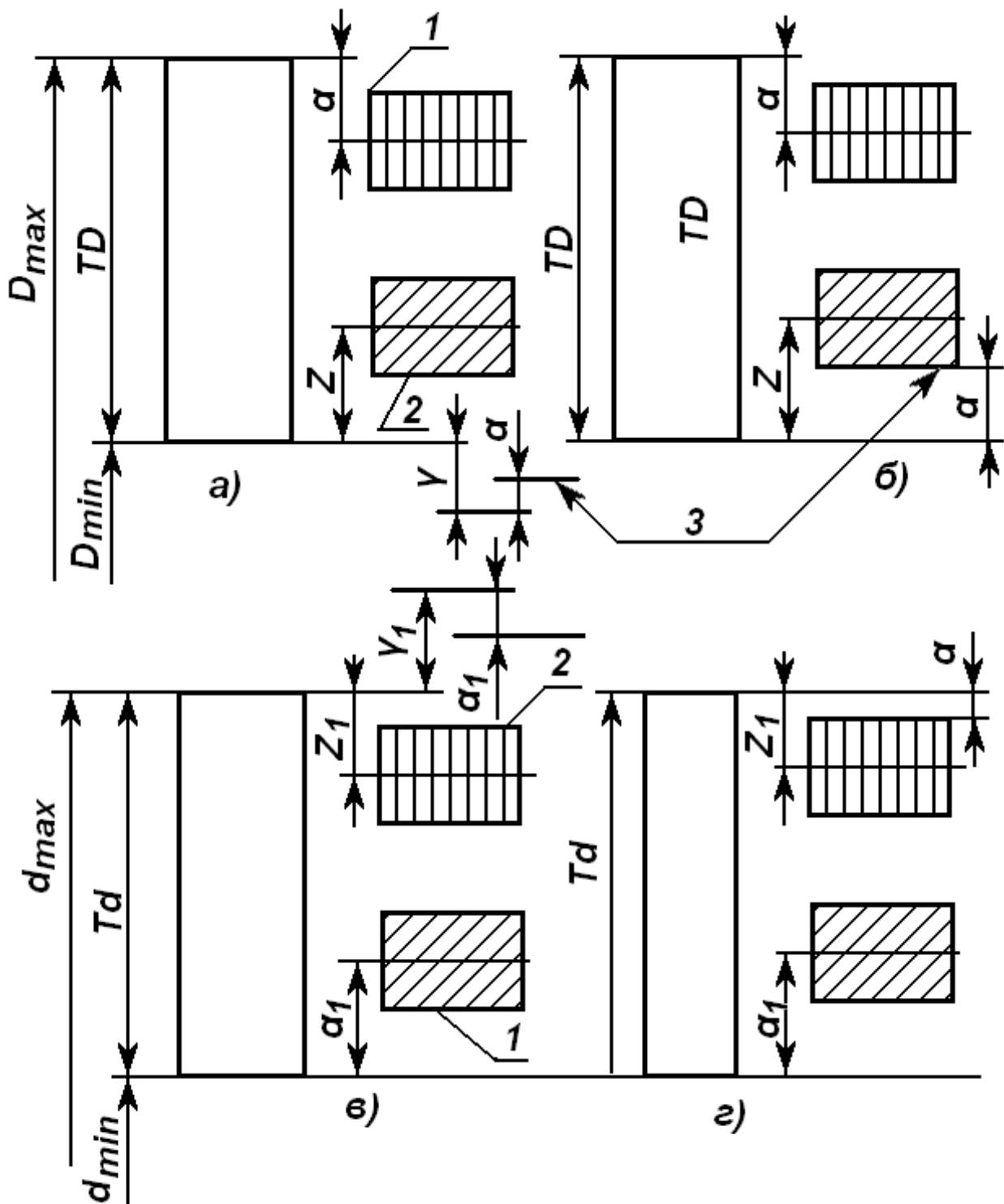
Позначення: Z–відхил середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору від D_{\max} ; Z₁–відхил середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала від d_{\max} ; H–допуск на виготовлення пробки; H₁–допуск на виготовлення скоби; H_S–допуск цих же калібрів, але зі сферичними вимірвальними поверхнями; H_P–допуск для контрольних калібрів для скоб; Z–допустимий вихід за межу поля допуску виробів для пробки; Y₁–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 _{вик}	$(D_{\min} + z + 0,5H)_{-H}$	$(D_{\min} + z + 0,5H)_{-H}$
	Прохідний зношений Р-ІР _{зн}	$D_{\min} - y$	$D_{\min} - y + \alpha$
	Непрохідний Р-НЕ _{вик}	$(D_{\max} + 0,5H)_{-H}$	$(D_{\max} - \alpha + 0,5H)_{-H}$
Калібр-скоба	Прохідний новий Р-ІР _{вик}	$(d_{\max} - z_1 - 0,5H_1)_{+H}$	$(d_{\max} - z_1 - 0,5H_1)_{+H}$
	Прохідний зношений Р-ІР _{зн}	$d_{\max} + y_1$	$d_{\max} - y_1 - \alpha_1$
	Непрохідний Р-НЕ _{вик}	$(d_{\min} - 0,5H_1)_{+H}$	$(d_{\min} - 0,5H_1)_{+H}$
Контрольний калібр	Прохідний новий К-ІР _{вик}	$(d_{\max} - z_1 + 0,5H_p)_{-H_p}$	$(d_{\max} - z_1 + 0,5H_p)_{-H_p}$
	Прохідний зношений К-ІР _{зн}	$(d_{\max} + y_1 + 0,5H_p)_{-H_p}$	$(d_{\max} - y_1 - \alpha_1)$
	Непрохідний К-Е _{вик}	$(d_{\min} + 0,5H_1)_{-H_p}$	$(d_{\min} + \alpha_1 + 0,5H_p)_{-H_p}$
	До 180	Понад 180 до 500	
	Номінальні розміри калібра		
Калібр-пробка	робочого	робочого	робочого
Прохідний новий Прохідний знош. 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	$D_{\max} - z_1$	$D_{\max} - z_1$	$\pm 0,5H_1$
Прохідний новий	$D_{\max} + y_1$	$D_{\max} + y_1 - \alpha_1$	-
Непрохідний	D_{\min}	$D_{\min} + \alpha_1$	$\pm 0,5H_1$
			-
		Понад 500	
	Допуск калібра		
Калібр-пробка	робочого	робочого	робочого
Прохідний новий Прохідний знош. 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	$D_{\max} - z_1$	$D_{\max} - z_1$	$\pm 0,5H_1$
Прохідний новий	$D_{\max} + y_1$	$D_{\max} + y_1 - \alpha_1$	-
Непрохідний	D_{\min}	$D_{\min} + \alpha_1$	$\pm 0,5H_1$
			-

Навчально – методичне видання

ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

Методичні рекомендації та завдання

Укладачі:

Іванов Геннадій Олександрович

Полянський Павло Миколайович

Степанов Сергій Миколайович

Баранова Олена Володимирівна

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. 6,25. Наклад 75 прим. Зам. № 45.

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.