

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до самостійної роботи студентів

з вивчення дисципліни
«Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання»

Для студентів спеціальностей:
133 Галузеве машинобудування,
134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка,
131 Прикладна механіка,
усіх форм навчання

Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання». Для студентів спеціальностей: 133 Галузеве машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка , 131 Прикладна механіка, усіх форм навчання / Укл.: В.С. Штанкевич – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. –61 с.

Укладачі: В. С. Штанкевич, ст. викладач

В методичних вказівках використані матеріали методичних розробок проф. В.В.Петрикіна та інш.

Рецензент: В.В. Петрикін, професор, к. т. н.

Відповідальний за випуск: В.П.Загородній

Затверджено
на засіданні кафедри
Металорізальних верстатів та
інструментів
Протокол № 2 від 02.09.2019 р.

Рекомендовано
до видання НМК Машино –
будівного факультету.
Протокол № 1 від 03.09.2019 р.

ЗМІСТ

	Вступ	5
	Загальні положення	6
1	Основні положення стандартизації та взаємозамінності в машинобудуванні	7
	1.1 Вказівки з вивчення розділу	7
	1.2 Питання до самоконтролю	7
2	Основні положення взаємозамінності по геометричним параметрам	8
	2.1 Вказівки з вивчення розділу	8
	2.2 Питання до самоконтролю	8
3	Технічні вимірювання у машинобудуванні	9
	3.1 Вказівки з вивчення розділу	9
	3.2 Питання до самоконтролю	9
4	Похибки виготовлення, вимірювання та їх аналіз	10
	4.1 Вказівки з вивчення розділу	10
	4.2 Питання до самоконтролю	10
5	Універсальні вимірювальні засоби	10
	5.1 Вказівки з вивчення розділу	10
	5.2 Питання до самоконтролю	10
6	Нормування, методи і засоби контролю відхилень форми, розташування, хвилястості і шорсткості поверхонь деталей	11
	6.1 Вказівки з вивчення розділу	11
	6.2 Питання до самоконтролю	11
7	Взаємозамінність, методи і засоби контролю гладких циліндричних з'єднань	12
	7.1 Вказівки з вивчення розділу	12
	7.2 Питання до самоконтролю	12
8	Допуски кутових розмірів та геометричні параметри конічних з'єднань, методи і засоби контролю кутів та конусів	13
	8.1 Вказівки з вивчення розділу	13
	8.2 Питання до самоконтролю	14
9	Взаємозамінність, методи і засоби контролю нарізних з'єднань	14
	9.1 Вказівки з вивчення розділу	14
	9.2 Питання до самоконтролю	15
10	Взаємозамінність, методи і засоби контролю шпонкових	15

	і шліцьових з'єднань	
	10.1 Вказівки з вивчення розділу	15
	10.2 Питання до самоконтролю	16
11	Взаємозамінність, методи і засоби контролю зубчастих коліс	16
	11.1 Вказівки з вивчення розділу	16
	11.2 Питання до самоконтролю	17
12	Розрахунок допусків розмірів, що входять у розмірний ланцюг	17
	12.1 Вказівки з вивчення розділу	17
	12.2 Питання до самоконтролю	18
13	Теми лабораторних робіт	18
14	Контрольні завдання	18
	14.1 Контрольне завдання №1	19
	14.2 Контрольне завдання №2	24
	14.3 Методичні рекомендації до виконання контрольних завдань	30
	Рекомендована література	61

ВСТУП

Справжній курс вивчає:

- принципи аналізу і нормування точності геометричних і інших параметрів виробів;
- методи розрахунку і вибору допусків і посадок для різних з'єднань;
- методи і засоби вимірювання і контролю геометричних і інших параметрів виробів;
- принципи розрахунку розмірних ланцюгів;
- державну систему стандартизації.

Практика свідчить, що проблема підвищення якості та надійності виробів може бути вирішена тільки на основі використання принципу функціональної взаємозамінності при їх проектуванні, виготовленні та експлуатації. Цей принцип полягає в суворому обліку взаємовпливу допустимих відхилень експлуатаційних показників виробів (швидкості, вантажопідйомності, продуктивності, точності та ін.) і функціональних параметрів складових частин виробів (геометричних розмірів з'єднань, форми і розташування поверхонь, що з'єднуються, шорсткості і ін.)

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Основна форма навчання студентів - це самостійна робота над навчальним матеріалом відповідно про програмою і методичними вказівками. Крім того, студенти слухають короткий курс лекцій з найбільш складних розділів даної дисципліни, можуть отримувати усні консультації.

Дана дисципліна є трудомісткою і актуальною для роботи конструкторів і технологів і для успішного засвоєння вимагає систематичної і напруженої роботи. При вивченні навчального матеріалу особливу увагу потрібно звертати на визначення понять курсу.

При вивченні теорії рекомендується відповідати на питання самоконтролю.

У даних методичних рекомендаціях наведено інструкції з вивчення різних розділів, питання самоконтролю, рекомендована література та контрольні завдання.

1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ В МАШИНОБУДУВАННІ

1.1 Вказівки з вивчення розділу

В результаті вивчення цього розділу необхідно знати мету, основні положення і визначення (терміни) Державної системи стандартизації, а також мати поняття про міжнародну стандартизацію.

Слід зазначити вплив стандартизації на якість виробів, роль випереджувальної стандартизації, принципи переважності і атестації якості промислової продукції.

Необхідно усвідомити сутність функціональної, повної, неповної, зовнішньої і внутрішньої взаємозамінності і сформулювати їх визначення, зрозуміти значення взаємозамінності для виробництва виробів на рівні світових стандартів.

1.2 Питання до самоконтролю

1. Коротко висвітлити історію розвитку стандартизації.
2. Що розуміється під якістю виробів?
3. Охарактеризувати експлуатаційні показники виробів: надійність, довговічність, ергономічність та економічність.
4. В чому полягає сутність атестації якості виробів?
5. На які категорії поділяється вся продукція, що випускається, і які вимоги до них пред'являються?
6. Дати визначення поняттям «стандартизація», «стандарт», «уніфікація», «типізація».
7. Охарактеризувати категорії і види стандартів.
8. Охарактеризувати принцип переважності, що є одним з основних при уніфікації та стандартизації параметрів продукції.
9. Привести короткі відомості про міжнародну стандартизацію.
10. Дати визначення взаємозамінності, охарактеризувати її значення в розвитку машинобудування.
11. У чому суть повної, неповної, зовнішньої, внутрішньої, функціональної взаємозамінності.
12. Як забезпечується взаємозамінність в сучасному машинобудуванні?
13. Як взаємозамінність впливає на якість та економічні показники продукції?
14. Який вплив взаємозамінності на експлуатаційні показники виробів?

[1, с.5–32; 2, с. 11 – 81]

2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ПО ГЕОМЕТРИЧНИМ ПАРАМЕТРАМ

2.1 Вказівки з вивчення розділу

Вивчаючи цей розділ, слід усвідомити такі поняття: «розмір», «з'єднання» («сполучення»), «зазор», «натяг», «посадка», «допуск» (розміру і посадки), відхилення. Необхідно розібратися в принципах побудови систем допусків і посадок, усвідомити поняття: «одиниця допуску» і «число одиниць допуску», «квалітети», «ряди допусків» і «інтервали розмірів». Слід розібратися в принципі вибору допусків на розміри з урахуванням гарантованого запасу працездатності виробів. Вміти графічно зображати три види посадок з умовним позначенням граничних і номінальних розмірів, допусків, відхилень, натягів, зазорів.

2.2 Питання до самоконтролю

1. Дати визначення поняттям: "номінальний розмір", "граничні дійсні і виконавчі розміри".
2. Яким стандартом і якими міркуваннями слід керуватися при виборі номінальних розмірів з'єднань.
3. Дати визначення поняттям: "допуск розміру", "поле допуску", "граничні відхилення з'єднання", "посадка", "допуск посадки", "зазор", "натяг".
4. Назвати групи посадок і назвати їх відмінності.
5. Для чого служить стандартизація розмірів?
6. За яких умов роботи з'єднань приймають посадки з зазором, перехідні, з натягом?
7. Як виражаються величини граничних і середніх натягів і зазорів через величини граничних розмірів або відхилень сполучених поверхонь?
8. У чому відмінність між допуском розміру і допуском посадки?
9. Дати визначення системи допусків і посадок і пояснити їх призначення.
10. Що висловлює одиниця допуску і число одиниць допуску?
11. Що визначають квалітети?
12. Що розуміється під запасом точності?

13. Закономірності побудови полів допусків?

14. Дайте визначення системи отвору і системи вала.

[1, с.33–39; 2, с. 84–123], ГОСТ 25347–2013, ГОСТ 25346–2013, ГОСТ 25348–82, ГОСТ 2.307–2011, ДСТУ 2500–94.

3 ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ У МАШИНОБУДУВАННІ

3.1 Вказівки з вивчення розділу

В результаті вивчення цього розділу слід знати визначення таких понять: "метрологія", "засоби вимірювання", "міра", "еталон одиниці вимірювання", "метод вимірювань", "контроль" (диференційований, комплексний). Потрібно мати поняття про прямий, абсолютний, відносний, контактний, безконтактний методи вимірювань. Необхідно знати визначення основних метрологічних показників засобів вимірювання (поділлка, ціна ділення шкали, діапазон вимірювань, вимірювальне зусилля і т.д.), а також мати поняття про Державну систему забезпечення єдності вимірювань і знати міри довжини і кутові міри.

3.2 Питання до самоконтролю

1. Дати визначення поняттям "метрологія", "контроль".
2. Охарактеризувати міжнародну систему одиниць виміру (СІ).
3. Дати визначення таких понять "вимір", "засоби вимірювання", "міра", "еталон одиниці вимірювань", "зразкові і робочі засоби вимірювань", "метод вимірювань".
4. Які розрізняють заходи вимірювання?
5. Охарактеризувати різні методи вимірювань.
6. Дати визначення основним метрологічним показниками засобів вимірювань.
7. Охарактеризувати заходи довжини, штрихові, плоско-паралельні кінцеві і кутові.

[1, с.78–85; 2, с. 355–357], ГОСТ 16263-70.

4 ПОХИБКИ ВИГОТОВЛЕННЯ, ВИМІРЮВАННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1 Вказівки з вивчення розділу

З даної теми слід засвоїти поняття величини, ймовірності, середньоквадратичного відхилення випадкової величини і застосування теорії до розрахунку ймовірності отримання зазорів і натягів в сполученні.

4.2 Питання до самоконтролю

1. Систематичні і випадкові похибки.
2. Що таке ймовірність?
3. Середнє квадратичне відхилення випадкової величини.
4. Гістограма і емпіричні криві розподілу.
5. Оцінка похибки результату вимірів.

[1, с.60–77; 2, с. 358–370], ДСТУ 2413-94, ДСТУ ГОСТ 25142:2009, ГОСТ 24642-81, ГОСТ 2.308-2011.

5 УНІВЕРСАЛЬНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ЗАСОБИ

5.1 Вказівки з вивчення розділу

Вивчивши цей розділ, слід знати методи в формі організації контролю параметрів виробів, їх переваги та недоліки, розібратися в принципах дії механічних і оптичних приборів: мікрометрів, індикаторів і спеціальних засобів вимірювання.

Необхідно знати класифікацію засобів вимірювання, основні причини їх вибору і призначення.

Необхідно ознайомитися з автоматичними засобами вимірювань, засобами активного контролю.

5.2 Питання до самоконтролю

1. Як поділяються механічні вимірювальні засоби по конструктивному виміру.
 2. Які переваги та недоліки пневматичних приладів.
 3. Привести класифікацію автоматичних засобів вимірювань.
 4. У чому перевага активного методу контролю перед пасивним.
 5. Які існують методи і засоби контролю шорсткості поверхні.
- [1, с.86–116; 2, с. 372–385], ГОСТ 8.051-81.

6 НОРМУВАННЯ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ВІДХИЛЕНЬ ФОРМИ, РОЗТАШУВАННЯ, ХВИЛЯСТОСТІ І ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

6.1 Вказівки з вивчення розділу

Вивчивши цей розділ необхідно знати принцип нормування відхилень форми і розташування поверхонь, визначення основних видів прилеглих поверхонь і профілів, допусків і відхилень форми циліндричних і плоских поверхонь, допусків і відхилень розташування поверхні. Слід засвоїти умовні позначення відхилень форми і розташування поверхонь, поняття хвилястості і шорсткості поверхонь, що характеризують їх параметри, і позначення їх в технічній документації, а також засоби їх вимірювання. Потрібно також розібратися в виробничих причинах появи похибок форми і розташування, хвилястості і шорсткості поверхонь деталі.

6.2 Питання до самоконтролю

1. У чому відмінність між заданою (розрахунковою) і дійсною точністю розмірів поверхонь деталей?
2. Які види відхилень від правильної геометричної форми зустрічаються при обробці виробів і як вони позначаються на кресленнях?
3. Допуски розташування осей отворів? Залежний і незалежний допуски.
4. Причини виникнення овальності, огранки, конусо подібності, сідлоподібності, зігнутої циліндричних деталей?
5. Скільки ступенів точності встановлено за стандартом для відхилень форми і розташування поверхні?
6. Як відповідно до стандарту позначаються відхилення форми і розташування поверхні на кресленнях?
7. Дати визначення шорсткості поверхні. Які стандартні критерії оцінки шорсткості?
8. Вказати причини виникнення хвилястості і шорсткості деталей при їх виготовленні.
9. Позначення шорсткості поверхні.
10. Методи і засоби вимірювання відхилень форми, розташування і шорсткості поверхні.

[1, с.113–117; 2, с. 245–289], ГОСТ 24642-81, ГОСТ 2789-73, ДСТУ ГОСТ 25142:2009, ГОСТ 24643-81, ГОСТ 2.308-2011.

7 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ГЛАДКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ

7.1 Вказівки з вивчення розділу

При вивченні розділу необхідно засвоїти основні ознаки побудови системи допусків. Потрібно знати характер посадок і вміти вибирати квалітет точності і посадки в залежності від призначення і роботи з'єднання.

При вивченні стандартів необхідно розібратися в причинах прийняття посадок в системі отвору і в системі вала, асиметричному розташуванні полів допусків основних отворів і валів.

Слід розібратися в перевагах застосування основних полів допусків і комбінованих посадок, що підвищують рівень взаємозамінності виробів, що скорочують номенклатуру ріжучих інструментів, калібрів, пристосувань і т.д.

Вивчаючи допуски і посадки підшипників кочення слід ознайомитися з новим стандартом на підшипники, звернути увагу на специфіку розташування полів допусків на діаметр отвору внутрішнього кільця підшипника і як вона впливає на характер з'єднання, розібратися в рекомендаціях по вибору посадок підшипників у залежності від їх конструкції, умов роботи, величини навантажень і виду навантаження кілець.

Вивчаючи калібри потрібно чітко розібратися в призначенні калібрів і контр калібрів і в схемах розташування їх полів допусків для отворів і валів різних квалітетів.

При вивченні методів, і засобів контролю гладких циліндричних сполучень особливу увагу звернути на відмінність конструкцій прохідних і непрохідних калібрів і допуски контрольованих деталей.

7.2 Питання до самоконтролю

1. Закономірності побудови системи допусків і посадок.
2. Характеристика і застосування рухливих, нерухомих і перехідних посадок.
3. Чому застосовуються дві системи посадок, і яка з них вважається кращою?

4. З якою метою номінальні розміри розбиті на інтервали при призначенні допусків?

5. Які способи позначення відхилення розмірів прийняті на кресленнях?

6. Які квалітети точності застосовуються на не спряжені (вільні) розміри виробів.

7. Які посадки називаються основними, і коли рекомендується їх застосовувати?

8. У якій системі виконується зовнішнє і внутрішнє кільце підшипника.

9. Класи точності підшипників.

10. З урахуванням, яких умов слід вибрати посадки підшипників кочення на вали і в корпуси.

11. Як розташовано поле допуску отвору внутрішнього кільця підшипника кочення щодо його номінального розміру?

12. Як позначаються посадки підшипників кочення на складальних кресленнях?

13. Як поділяються калібри і контр калібри за призначенням?

14. Методи і засоби контролю гладких циліндричних виробів.

15. Що таке виконавчий розмір?

16. Зобразити схему розташування полів допусків для прохідних і непрохідних і контрольних калібрів для отворів і валів.

[1, с.151–196; 2, с. 129–148], ГОСТ 520-2011, ГОСТ 24853-81, ГОСТ 3325-85.

8 ДОПУСКИ КУТОВИХ РОЗМІРІВ ТА ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ КОНІЧНИХ З'ЄДНАНЬ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ КУТІВ ТА КОНУСІВ

8.1 Вказівки з вивчення розділу

Слід засвоїти терміни і визначення, що відносяться до геометричних параметрів конічних з'єднань і куткових розмірів, уяснити ряди нормальних кутів і допуски на всі види куткових розмірів, встановлені стандартом.

Необхідно знати взаємозв'язок між відхиленнями параметрів кінчних з'єднань, допуски на конуси, методи і засоби контролю кутових розмірів і кінчних з'єднань.

Види кінчних сполучень і експлуатаційні вимоги до них.

Засоби вимірювання кутів і конусів. Контроль конусів калібрами.

8.2 Питання до самоконтролю

1. В яких випадках застосовуються кінчні сполучення і їх переваги перед циліндричними?

2. У якій залежності перебувають відхилення базової відстані від допусків на діаметри втулки, конуса і кута конусності?

3. Засоби і методи контролю кінчних з'єднань і кутових розмірів.

4. Скільки ступенів точності на кутові розміри встановлено стандартом, і яким вимогам вони повинні відповідати?

5. Як розташовуються поля допусків кутів і діаметрів кінчних деталей щодо номінального, розміру.

[1, с.218–224; 2, с. 334–339], ГОСТ 8908-81.

9 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ НАРІЗНИХ З'ЄДНАНЬ

9.1 Вказівки з вивчення розділу

При вивченні даного розділу необхідно засвоїти визначення основних параметрів нарізних з'єднань, розібратися у взаємозв'язку між відхиленнями кроку, половини кута профілю і середнього діаметра різі, а також усвідомити вплив цих відхилень на зміну наведених діаметрів болта і гайки.

Особливу увагу слід приділити вивченню допусків і посадок метричних різьб, найбільш поширених в машинобудуванні. Потрібно засвоїти положення чинного стандарту по нарізним з'єднанням і знати їх позначення на кресленнях.

Слід також вивчити схеми контролю різі болта і гайок граничними різьбовими калібрами і конструктивні особливості прохідних і непрохідних калібрів. Необхідно мати уявлення про інші методи контролю різей (диференційований). Необхідно знати призначення, маркування та розташування полів допусків різьбових калібрів, вміти розраховувати виконавчі розміри калібрів.

9.2 Питання до самоконтролю

1. Основні параметри циліндричних різей.
2. Характеристика циліндричних різей.
3. Відхилення кроку, половини кута профілю і їх діаметральна компенсація.
4. Приведений середній діаметр різі. Умови згвинчування різей.
5. Допуски і посадки кріпильних різей. Ступені точності.
6. Перехідні і з натягом різьбові сполучення.
7. Позначення допусків різі на кресленні.
8. Методи і засоби, що застосовуються для контролю нарізних з'єднань.
9. Які конструктивні відмінності мають прохідні і непрохідні калібри?
10. Диференційований контроль різі.
[1, с.223–256; 2, с. 150–185], ДСТУ ГОСТ 16093:2018, ГОСТ 9150-2002, ГОСТ 24705-2004, ГОСТ 8724-2002, ГОСТ 24834-81, ГОСТ 4608-81.

10 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ШПОНКОВИХ І ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ

10.1 Вказівки з вивчення розділу

Вивчаючи цей розділ необхідно засвоїти класифікацію шліцьових, шпонкових з'єднань, експлуатаційні вимоги до них і вибір відхилень розмірів сполучених поверхонь шліцьових і шпонкових з'єднань для забезпечення рухомих і нерухомих посадок.

Слід розібратися в технологічних перевагах і недоліках методів центрування шліцьових з'єднань.

Необхідно знати розташування полів допусків на основні елементи шліцьових з'єднань при різних методах центрування і умовні позначення цих з'єднань.

Слід вивчити методи і засоби контролю шпонкових і шліцьових з'єднань при різних типах виробництва, а також уяснити чому в таблицях допусків на шліцьові з'єднання вказуються три граничних відхилення (сумарне, верхнє, нижнє) і чому одночасно з диференційованим контролем проводиться комплексний контроль елементів шліцьових з'єднань.

10.2 Питання до самоконтролю

1. Класифікація шпонкових і шліцьових з'єднань.
2. Експлуатаційні вимоги до шпонкових і шліцьових з'єднань.
3. Допуски, посадки та контроль шпонкових з'єднань.
4. Методи центрування шліцьових з'єднань з прямобічним профілем.
5. Допуски і посадки шліцьових з'єднань з прямобічним профілем.
6. Допуски і посадки шліцьових з'єднань з евольвентним профілем.
7. Позначення допусків і посадок шліцьових з'єднань на кресленнях.
8. Комплексний і диференційований методи контролю шліцьових з'єднань.
[1, с.292–300; 2, с. 186–208], ГОСТ 23360-78, ГОСТ 1139-80, ГОСТ 6033-80; ГОСТ 2.409-74, ГОСТ 7951-80.

11 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

11.1 Вказівки з вивчення розділу

При вивченні цього розділу необхідно засвоїти основи взаємозамінності зубчастих передач. Слід чітко усвідомити причини виникнення різних похибок зачеплення зубчастих коліс (на прикладі циліндричних коліс); розібратися в нормах кінематичної точності, плавності роботи, контакту зубів передач і видів сполучень зубів коліс в передачі згідно чинного стандарту.

Особливу увагу слід звернути на принципи вибору ступенів точності, норм точності і види сполучень і допусків на бічний зазор зубчастих коліс і передач з урахуванням експлуатаційних і технічних вимог, а також на вибір параметрів комплексів, що контролюються, в різних галузях машинобудування.

Необхідно засвоїти стандартні умовні позначення параметрів точності зубчастих коліс і передач.

Слід вивчити методи і засоби контролю правильності виготовлених зубів зубчастих коліс (по довжині загальної нормалі, товщина зуба по постійній хорді, розміром по роликамі і т.п.).

11.2 Питання до самоконтролю

1. Класифікація зубчастих коліс.
2. Експлуатаційні вимоги, що пред'являються до зубчастих передач.
3. Система допусків для циліндричних зубчастих передач.
4. Кінематична погрішність передачі - комплексні і диференційовані показники.
5. Плавність роботи зубчастої передачі, комплексні і диференційовані показники.
6. Контакт зубів в передачі, комплексні і диференційовані показники.
7. Види сполучень зубів коліс в передачі. Нормування похибок елементів, що визначають величину і відхилення бічного зазору.
8. Вибір ступеня точності зубчастих коліс.
9. Позначення точності коліс в передачі.
10. Методи і засоби контролю точності зубчастих передач.

Комплекси контрольованих показників.

[1, с.257–291; 2, с. 209–243], ГОСТ 1643-81.

12 РОЗРАХУНОК ДОПУСКІВ РОЗМІРІВ, ЩО ВХОДЯТЬ У РОЗМІРНИЙ ЛАНЦЮГ

12.1 Вказівки з вивчення розділу

При вивченні цього розділу необхідно засвоїти визначення, прийняті в розмірних ланцюгах, розібратися в методах вирішення розмірних ланцюгів, що забезпечують повну і неповну взаємозамінність.

Слід навчитися, обґрунтовано, вибирати допуски і відхилення на розміри деталей, що входять в складальні і по детальні розмірні ланцюги. Рекомендується розібрати кілька прикладів по складальним і робочим кресленням.

Необхідно вивчити методи визначення допусків розмірів, які координують положення отворів при різних видах зазорів в з'єднаннях (вал-отвір) і різних випадках взаємного розташування отворів.

Слід звернути увагу на рішення прямої і зворотної задачі методами: мінімуму-максимуму і теоретико-імовірностного, а також інші методи, розрахунку розмірних ланцюгів.

12.2 Питання до самоконтролю

1. Що таке розмірна ланцюг, елементи і класифікація розмірних ланцюгів.

2. Яку перевагу дає застосування теорії імовірності до розрахунку розмірних ланцюгів?

3. Які ланки розмірного ланцюга називаються збільшувальною, зменшувальною і замикаючою?

4. У чому сутність прямої і зворотної задач при вирішенні розмірного ланцюга?

5. Як проводиться розрахунок технологічних розмірів і їх допусків при заміні конструктивних баз технологічними?

[1, с.197–217; 2, с. 297–331; 11], ГОСТ 16319-80, ГОСТ 16320-83.

13 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Вимірювання лінійних розмірів деталей штангенінструментом.

2. Вимірювання лінійних розмірів деталей мікрометричним інструментом.

3. Вимір лінійних розмірів деталей відносним методом.

4. Контроль параметрів різі на інструментальному мікроскопі.

5. Контроль параметрів, характеризуючи боковий зазор зубчатої передачі.

6. Вимір кутів та конусів.

14 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Загальні вказівки до виконання завдання.

По курсу "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання" студенти виконують два контрольних завдання (роботи).

У перше і друге контрольні завдання входять по чотири задачі, для виконання яких потрібно засвоєння матеріалу основних розділів курсу. Кожне завдання задане в десяти варіантах.

Обов'язковою для виконання є варіант завдання, відповідний передостанній і останній цифрам номера залікової книжки студента.

Рекомендується виконувати задачі кожного з контрольних завдань по мірі вивчення відповідного розділу матеріалу посібника, а не після вивчення всього курсу.

При оформленні контрольного завдання слід дотримуватися таких правил:

- у заголовку завдання розбірливо написати прізвище і ініціали студента, номер його залікової книжки, назву дисципліни, номер і дату виконання роботи;

- завдання виконувати в окремому зошиті або на аркушах формату А4;

- рішення задач та пояснення до них викладати акуратно, без скорочення слів, посилаючись при необхідності на відповідну літературу;

- ескізи до завдань виконувати акуратно з дотриманням правил ЕСКД;

- контрольні роботи, виконані без дотримання зазначених вище правил або виконані не за своїм варіантом не зараховуються;

Зазначені рецензентом викладачем помилки забороняється витирати або замазувати, їх потрібно акуратно перекреслювати і поруч писати виправлення.

14.1 Контрольне завдання №1

Задача №1. Гладкі циліндричні з'єднання (вихідні дані наведені у таблиці 14.1).

1. За ГОСТ 25347-2013 для кожного сполучення виписати числові значення граничних відхилень отворів і валів.

2. Визначте характер з'єднання, і до якої системи воно відноситься.

3. Визначте числові значення граничних розмірів, зазорів, натягів і допусків розмірів і допуску посадки.

4. Покажіть графічно (в довільному масштабі) схеми розміщення полів допусків на вали і отвори для кожної посадки. Покажіть на схемах значення всіх граничних діаметрів, відхилень, допусків, зазорів, натягів.

5. Виконайте ескізи з'єднань (із зазначенням умовного позначення з'єднання) отвору і валу (з проставлянням номінального розміру, умовного позначення допуску та граничних відхилень).

Задача №2. Розрахунок калібрів (вихідні дані наведені в таблиці 14.1)

1. Визначити відповідно до стандарту ГОСТ 24853-81 виконавчі розміри прохідних і непрохідних граничних робочих і контрольних калібрів - пробки і скоби, а також розміри зношених прохідних калібрів для деталей одного із з'єднань наведених в таблиці 1.

2. Побудувати схему розташування полів допусків калібрів для контролю деталей заданого з'єднання із зазначенням: номінального розміру з'єднання; граничних відхилень і допусків розмірів контролюємих деталей; умовних позначень допусків контрольованих деталей; граничних відхилень і допусків розмірів калібрів; умовного позначення калібрів.

3. Викреслити ескізи прохідного і непрохідного робочих калібрів із зазначенням: виконавчих розмірів; матеріалу, твердості і шорсткості вимірювальних поверхонь; маркування.

Таблиця 14.1 - Вихідні дані до задачі №1, 2

Передостанн я цифра залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Діаметр з'єднання, мм	10	16	20	25	30	40	50	60	80	100
Остання цифра залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
З'єднання	$\frac{H6}{g6}$	$\frac{G7}{h7}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{H7}{h7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{E9}{h8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{d9}$
	$\frac{Js7}{h6}$	$\frac{H6}{m6}$	$\frac{H7}{js7}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{M7}{h7}$	$\frac{H8}{js8}$	$\frac{K7}{h7}$	$\frac{N7}{h7}$	$\frac{Js8}{h7}$	$\frac{H8}{k7}$
	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t7}$	$\frac{H7}{z6}$	$\frac{R7}{h7}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{R7}{h7}$	$\frac{H6}{r6}$	$\frac{H7}{u7}$	$\frac{S7}{h7}$

Задача № 3. Підшипникові з'єднання (вихідні дані наведені в таблицях 14.2, 14.3)

1. Відповідно до вихідних даних за ГОСТ 3325-85 необхідно вибрати граничні відхилення на приєднувальні поверхні на зовнішні і внутрішні кільця підшипників.

2. Визначити граничні розміри зовнішнього і внутрішнього кільця.

3. З'єднання підшипника кочення з валами і корпусами здійснюється відповідно до ГОСТ 3325-85. Посадки зовнішнього кільця з корпусом здійснюються по системі вала, а посадки внутрішнього кільця з валом - по системі отвору.

4. В залежності від характеру необхідного з'єднання поля допусків для отвору і вала вибираються за таблицею.

5. Вибір посадок підшипників визначається характером їх навантаження, що залежать від того, обертається або не обертається дане кільце щодо діючої на нього радіального навантаження.

6. Визначити вид навантаження кілець.

7. Зобразити схеми розташування полів допусків для з'єднань вала і отвору корпусом з підшипника, проставивши граничні відхилення із значенням зазорів і натягів.

8. Виконати ескіз з'єднання підшипника з валом і отвором корпусу. Проставити відповідні посадки і граничні відхилення, а також ескізи корпусу і вала з проставлянням розмірів, шорсткості, відхилення форми посадочних поверхонь підшипника кочення.

Необхідно врахувати, що позначення підшипникових посадок на складальних кресленнях відрізняється від посадок гладких з'єднань.

За ГОСТ 3325-85 крім допуску вала або отвору наводиться умовне позначення основного відхилення відповідно внутрішнього L і зовнішнього l кілець, а також клас точності підшипника.

Таблиця 14.2 - Параметри підшипника кочення

Характеристика підшипника	Передостання цифра залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номінальний зовнішній діаметр D , мм	35	52	72	90	100	130	150	170	190	215
Номінальний внутрішній діаметр d , мм	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Клас точності ГОСТ 3325-85	0	6	5	0	6	5	0	6	5	0

Таблиця 14.3 – Характер з'єднання кілець підшипника кочення

Посадка кілець підшипника	Остання цифра залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зовнішнього D	$Js7$	$H7$	$k6$	$Js7$	$G7$	$H6$	$N6$	$N7$	$M6$	$H7$
Внутрішнього d	$js6$	$k6$	$h5$	$h6$	$f7$	$n5$	$g6$	$k6$	$h5$	$m6$

Задача №4. Нарізні з'єднання (вихідні дані наведені в таблиці 14.4)

1. За ГОСТ 24705-2004 виписіть номінальні діаметри: зовнішній ($D=d$), середній ($D_2=d_2$) внутрішній ($D_1=d_1$), крок різі (p), кут профілю.

2. За ДСТУ ГОСТ 16093:2018 випишіть граничні відхилення діаметрів болта і гайки.

3. Розрахуйте граничні діаметри болта і гайки.

4. Накресліть схему розташування допусків для кожного діаметра різі. Вкажіть на схемах всі граничні діаметри, відхилення і допуски.

5. Накресліть схему розташування полів допусків на профілі різі болта і гайки, вкажіть всі номінальні діаметри, відхилення і допуски (на теоретичному профілі різі відкладається половина значень відхилень і допусків).

6. Дані розрахунків звести в таблицю 14.5.

Таблиця 14.4 - Вихідні дані до задачі № 4

Передостання цифра залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позначення різі	M6	M8	M12	M16	M20	M24	M36	M42	M48	M64
Остання цифра залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Посадка	$\frac{6H}{6g}$	$\frac{5H}{6h}$	$\frac{6H}{6e}$	$\frac{6H}{6h}$	$\frac{6G}{6g}$	$\frac{7H}{8h}$	$\frac{7H}{6g}$	$\frac{8H}{6g}$	$\frac{7G}{6h}$	$\frac{7H}{8g}$

Таблиця 14.5 – Геометричні параметри нарізних деталей

Назва деталі	Діаметр	Діаметр різби, мм			Допуск, мм
		Номінальний	Мінімальний	Максимальний	
Гайка	D				
	D ₂				
	D ₁				
Болт	d				
	d ₂				
	d ₁				

14.2. Контрольне завдання № 2

Задача №5. Шпонкові з'єднання (вихідні дані наведені в таблиці 14.6).

Для зазначеного в таблиці 6 діаметра вала і типу шпонкового з'єднання з призматичною шпонкою згідно з ГОСТ 23360-78 і ГОСТ 24071-80:

1. Призначте номінальні розміри шпонки і пазів шпонки на валу і у втулці.

2. Випишіть відхилення на всі номінальні розміри шпонкового з'єднання, визначте граничні розміри і допуски.

3. Виконайте схему розташування полів допусків по ширині шпонки і призначте параметри посадок.

4. Виконайте схему шпонкового з'єднання з проставлянням усіх необхідних позначень.

5. Допуск на висоту шпонки обираються h_{11} , а на її довжину h_{14} . Допуск на глибину пазів на валу і втулці обираються з допуском H_{12} . Допуск на довжину паза під шпонку обирається H_{15} .

Таблиця 14.6 – Вихідні дані до задачі №5

Передостання цифра залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номінальний діаметр вала	10	40	100	20	50	80	120	30	60	150
Остання цифра залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Характер шпонкового з'єднання	вільне			нормальне				щільне		

Задача №6. Шліцьові з'єднання (вихідні дані наведені в таблиці 14.7)

1. Визначити, використовуючи вихідні дані таблиці 14.7, величини граничних відхилень і допусків розмірів: зовнішнього і

внутрішнього діаметрів, ширини западини і товщини зубів заданого шліцевого з'єднання (втулка - вал).

2. Побудувати схеми полів допусків розмірів; зовнішнього і внутрішнього діаметрів, ширини западин і товщини зубів заданого шліцевого з'єднання із зазначенням: номінального розміру відповідного елемента з'єднань; граничних відхилень і допусків відповідних елементів шліцевих втулки і валу; умовних позначень полів допусків відповідних елементів шліцевих втулки і валу.

3. Написати умовне позначення точності шліцевого з'єднання.

4. Виконати ескізи шліцевого з'єднання отвору і валу із зазначенням умовного позначення допусків.

Таблиця 14.7 - Вихідні дані до задачі № 6

Передостання цифра залікової книжки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	6x26x30x6	8x32x36x6	8x62x72x12	10x72x78x12	10x82x92x12	6x28x32x7	10x32x40x5	10x26x32x7	5x23x27x5	8x52x58x10
Остання цифра залікової книжки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Поверхня центрування	D	d	b	D	d	b	D	d	b	D
Умовне позначення посадок поверхонь шліцевих втулок і валів	$\frac{H7}{f7} (D)$ $\frac{F8}{f7} (b)$	$\frac{H7}{g6} (d)$ $\frac{F8}{h7} (b)$ $\frac{H12}{a11} (D)$	$\frac{H12}{a11} (D)$ $\frac{F8}{d8} (b)$	$\frac{H7}{js6} (D)$ $\frac{F8}{js6} (b)$	$\frac{H7}{f7} (d)$ $\frac{H12}{a11} (D)$ $\frac{F8}{f8} (b)$	$\frac{H12}{a11} (D)$ $\frac{D10}{d9} (b)$	$\frac{H7}{g6} (D)$ $\frac{F10}{e9} (b)$	$\frac{H7}{h7} (d)$ $\frac{H12}{a11} (D)$ $\frac{D9}{h8} (b)$	$\frac{H12}{a11} (D)$ $\frac{D9}{e8} (b)$	$\frac{H7}{g6} (D)$ $\frac{F7}{f7} (b)$

Задача №7. Зубчасті колеса (вихідні дані наведені в таблиці 14.8)


1. Відповідно до завдання за допомогою ГОСТ 1643-81 розшифрувати умовне позначення циліндричного зубчастого колеса і вибрати комплекс показників, що характеризують зазначені норми точності.

2. Привести числові значення показників.

3. Написати умовне позначення точності заданого, зубчастого колеса.

4. Накреслити на форматі А4 креслення заданого зубчастого колеса із зазначенням всіх необхідних параметрів для його виготовлення.

Таблиця 14.8 - Вихідні дані до задачі № 7

Основні параметри зубчастого колеса	Передостання цифра залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль m , мм	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12
Число зубів	25	32	40	50	50	45	43	35	32	30
Профіль зубів	Евольвентний									
Коефіцієнт зміщення X	←  →									
Діаметр ділильного кола d_g , мм	50	80	120	175	200	225	258	280	320	360
Ширина зубчастого вінцю, мм	40	50	60	75	90	110	120	140	180	200
Довжина посадочного отвору, мм	50	60	70	85	100	120	130	160	200	240
Діаметр посадочного отвору, мм	30	40	50	55	70	90	100	130	160	190

Продовження таблиці 14.8										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Міжосьова відстань a_w , мм	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450
Марка сталі	Сталь 45									
Параметри точності зубчатого колеса	Остання цифра залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ступінь норми кінематичної точності	6	8	9	9	7	6	8	9	8	6
Ступінь норми плавності	7	8	8	9	8	7	8	8	7	7
Ступінь норми контакту	7	7	8	8	8	6	7	8	8	6
Вид спряження	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>
Вид допуску на боковий зазор	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>x</i>	<i>z</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>y</i>	<i>b</i>	<i>h</i>

Задача №8. Розмірний ланцюг (вихідні дані наведені в таблиці 14.9)

1. Викреслити рисунок 14.1 (в довільному масштабі).

2. Скласти відповідно до рисунку 1 векторну схему заданого розмірної ланцюга, виявивши збільшуючі і зменшуючі ланки, і проставити номінальні розміри їх у відповідних до вихідних даних (таблиця 14.9).

3. Вирішити пряму задачу методом мінімуму-максимуму, використовуючи вихідні дані, наведені у таблиці 14.9 (цей пункт виконують студенти, номери залікових книжок яких закінчуються цифрами від 1 до 5).

4. Вирішити зворотну задачу методом мінімуму-максимуму, використовуючи вихідні дані, наведені в таблиці 14.9 (цей пункт виконується студентами номера залікових книжок, яких закінчуються цифрами від 6 до 0).

5. При вирішенні оберненої задачі слід застосовувати спосіб одного квалітету.

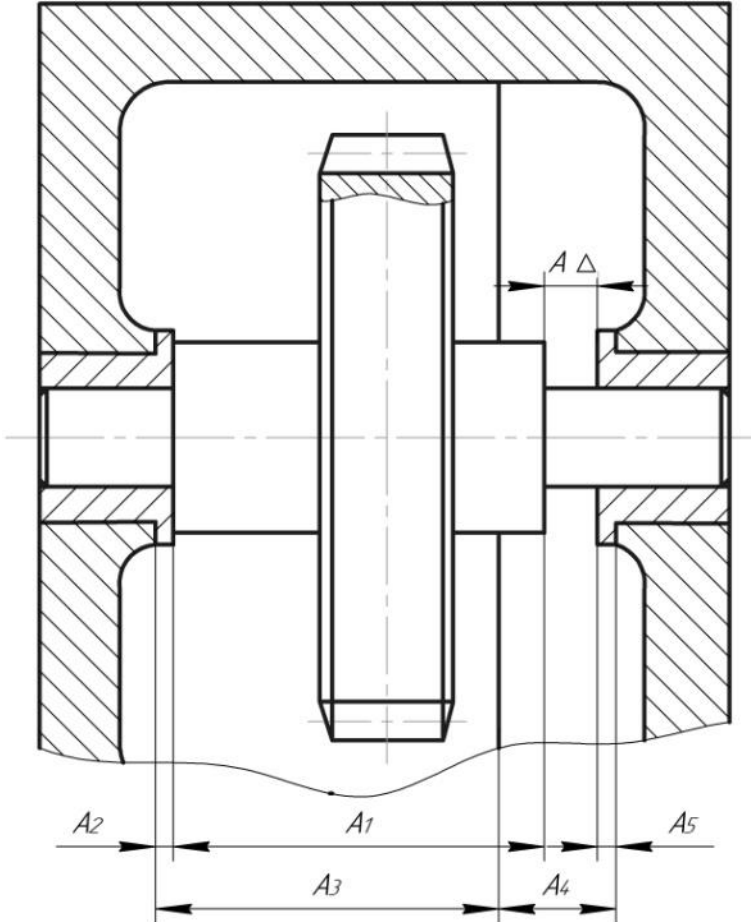


Рисунок 14.1 – Ескіз вузла редуктора

Таблиця 14.9 - Вихідні дані до задачі № 8

Позначення ланок	Номінальні розміри ланок, мм											
	Передостання цифра залікової книжки											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-	
A_3	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	-	
A_4	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	-	
$A_2=A_5$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	-	
A_I	55	80	105	130	155	180	205	230	255	280	-	
A_{Δ}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-	
Замикаюча ланка A_{Δ}				Остання цифра залікової книжки								
				1	2	3	4	5				
Граничні відхилення A_{Δ} , мкм		верхнє	+140	+250	+265	+320	+375					
		нижнє	- 140	- 250	- 265	- 320	- 375					
Складаючі ланки				Остання цифра залікової книжки								
				6	7	8	9	0				
Граничні відхилення A_i , мкм		A_3	верхнє	+100	+140	+180	+220	+260				
			нижнє	0	0	0	0	0				
		A_4	верхнє	+80	+120	+160	+180	+200				
			нижнє	0	0	0	0	0				
		$A_2=A_5$	верхнє	0	0	0	0	0				
			нижнє	- 25	- 45	- 65	- 85	- 105				
		A_I	верхнє	0	0	0	0	0				
			нижнє	- 65	- 95	- 125	- 165	- 185				

14.3 Методичні рекомендації до виконання контрольних завдань

Задача №1 – Гладкі циліндричні з'єднання.

Вихідні дані: діаметр з'єднання 10мм.

$$\frac{H9}{e9}; \frac{Js8}{h7}; \frac{H7}{u7}.$$

1. За ГОСТ 25347-82 для кожного з'єднання випикуємо чисельні значення граничних відхилень отворів і валів, мм:

Отвір $\varnothing 10 H9$: ES= +0,036	Вал $\varnothing 10 e9$: es= - 0,025
EI= 0	ei= - 0,061

Отвір $\varnothing 10 Js8$: ES= +0,011	Вал $\varnothing 10 h7$: es= 0
EI= - 0,011	ei= - 0,015

Отвір $\varnothing 10 H7$: ES=+0,015	Вал $\varnothing 10 u7$: es=+0,043
EI=0	ei=+0,028

2. Визначаємо характер з'єднання та до якої системи воно відноситься:

$$\varnothing 10 \frac{H9}{e9} \text{ - зазор, система отвору;}$$

$$\varnothing 10 \frac{Js8}{h7} \text{ - перехідна, система валу;}$$

$$\varnothing 10 \frac{H7}{u7} \text{ - натяг, система отвору.}$$

3. Визначаємо чисельні значення граничних розмірів, зазорів і натягів, виконавчі розміри, величини допусків розмірів і допуску посадки:

$$\varnothing 10 \frac{H9}{e9}$$

$$D_{\max} = D_{\text{НОМ}} + ES = 10 + 0,036 = 10,036 \text{ (мм)}$$

$$D_{\min} = D_{\text{НОМ}} + EI = 10 + 0 = 10 \text{ (мм)}$$

$$d_{\max} = d_{\text{НОМ}} + es = 10 + (-0,025) = 9,975 \text{ (мм)}$$

$$d_{\min} = d_{\text{НОМ}} + ei = 10 + (-0,061) = 9,939 \text{ (мм)}$$

$$TD = ES - EI = 0,036 - 0 = 0,036 \text{ (мм)}$$

$$Td = es - ei = -0,025 - (-0,061) = 0,036 \text{ (мм)}$$

$$D_{\text{вик}} = D_{\min}$$

$$D_{\text{вик}} = 10^{+0,036} (\text{мм})$$

$$d_{\text{вик}} = d_{\text{макс} - Td}$$

$$d_{\text{вик}} = 9,975_{-0,036} (\text{мм})$$

$$S_{\text{макс}} = ES - ei = +0,036 - (-0,061) = 0,097 (\text{мм})$$

$$S_{\text{мин}} = EI - es = 0 - (-0,025) = 0,025 (\text{мм})$$

$$TП = TD + Td = 0,036 + 0,036 = 0,072 (\text{мм})$$

$$TS = S_{\text{макс}} - S_{\text{мин}} = 0,097 - 0,025 = 0,072 (\text{мм})$$

$$\varnothing 10 \frac{Js8}{h7}$$

$$D_{\text{макс}} = D_{\text{НОМ}} + ES = 10 + 0,011 = 10,011 (\text{мм})$$

$$D_{\text{мин}} = D_{\text{НОМ}} + EI = 10 + (-0,011) = 9,989 (\text{мм})$$

$$d_{\text{макс}} = d_{\text{НОМ}} + es = 10 + 0 = 10 (\text{мм})$$

$$d_{\text{мин}} = d_{\text{НОМ}} + ei = 10 + (-0,015) = 9,985 (\text{мм})$$

$$TD = ES - EI = 0,011 - (-0,011) = 0,022 (\text{мм})$$

$$Td = es - ei = 0 - (-0,015) = 0,015 (\text{мм})$$

+TD

$$D_{\text{вик}} = D_{\text{мин}}$$

$$D_{\text{вик}} = 9,989^{+0,022} (\text{мм})$$

$$d_{\text{вик}} = d_{\text{макс} - Td}$$

$$d_{\text{вик}} = 10_{-0,015} (\text{мм})$$

$$S_{\text{макс}} = ES - ei = +0,011 - (-0,015) = 0,026 (\text{мм})$$

$$N_{\text{макс}} = es - EI = 0 - (-0,011) = 0,011 (\text{мм})$$

$$TП = TD + Td = 0,022 + 0,015 = 0,037 (\text{мм})$$

$$TS/TN = S_{\text{макс}} + N_{\text{макс}} = 0,026 + 0,011 = 0,037 (\text{мм})$$

$$\varnothing 10 \frac{H7}{u7}$$

$$D_{\text{макс}} = D_{\text{НОМ}} + ES = 10 + 0,015 = 10,015 (\text{мм})$$

$$D_{\text{мин}} = D_{\text{НОМ}} + EI = 10 + 0 = 10 (\text{мм})$$

$$d_{\text{макс}} = d_{\text{НОМ}} + es = 10 + 0,043 = 10,043 (\text{мм})$$

$$d_{\text{мин}} = d_{\text{НОМ}} + ei = 10 + 0,028 = 10,028 (\text{мм})$$

$$TD = ES - EI = 0,015 - 0 = 0,015 (\text{мм})$$

$$Td = es - ei = +0,043 - 0,028 = 0,015 (\text{мм})$$

+TD

$$D_{\text{вик}} = D_{\text{мин}}$$

$$D_{\text{вик}} = 10^{+0,015} (\text{мм})$$

$$d_{\text{вик}} = d_{\text{max} - T_d}$$

$$d_{\text{вик}} = 10,043_{-0,015} (\text{мм})$$

$$N_{\text{max}} = es - EI = +0,043 - 0 = 0,043 (\text{мм})$$

$$N_{\text{min}} = ei - ES = +0,028 - 0,015 = 0,013 (\text{мм})$$

$$T_{\text{П}} = T_D + T_d = 0,015 + 0,015 = 0,030 (\text{мм})$$

$$T_N = N_{\text{max}} - N_{\text{min}} = 0,043 - 0,013 = 0,030 (\text{мм})$$

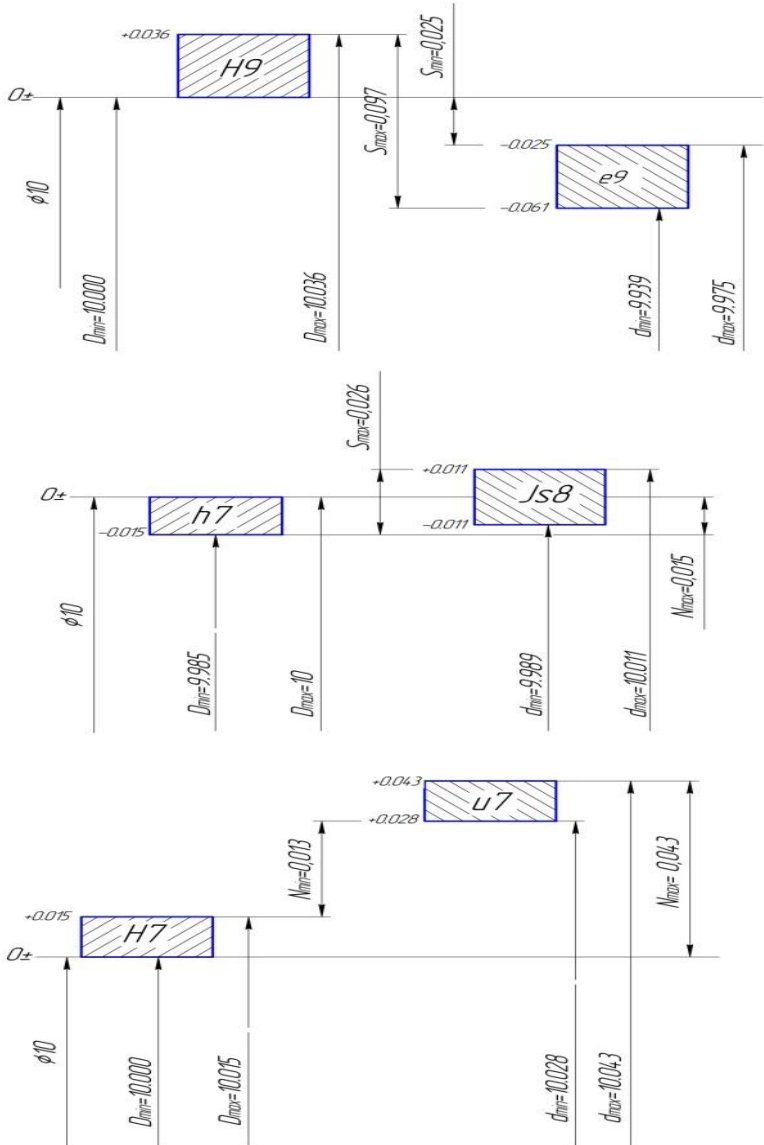


Рисунок 14.2 – Схеми розташування полів допусків посадок з зазором, натягом і перехідної

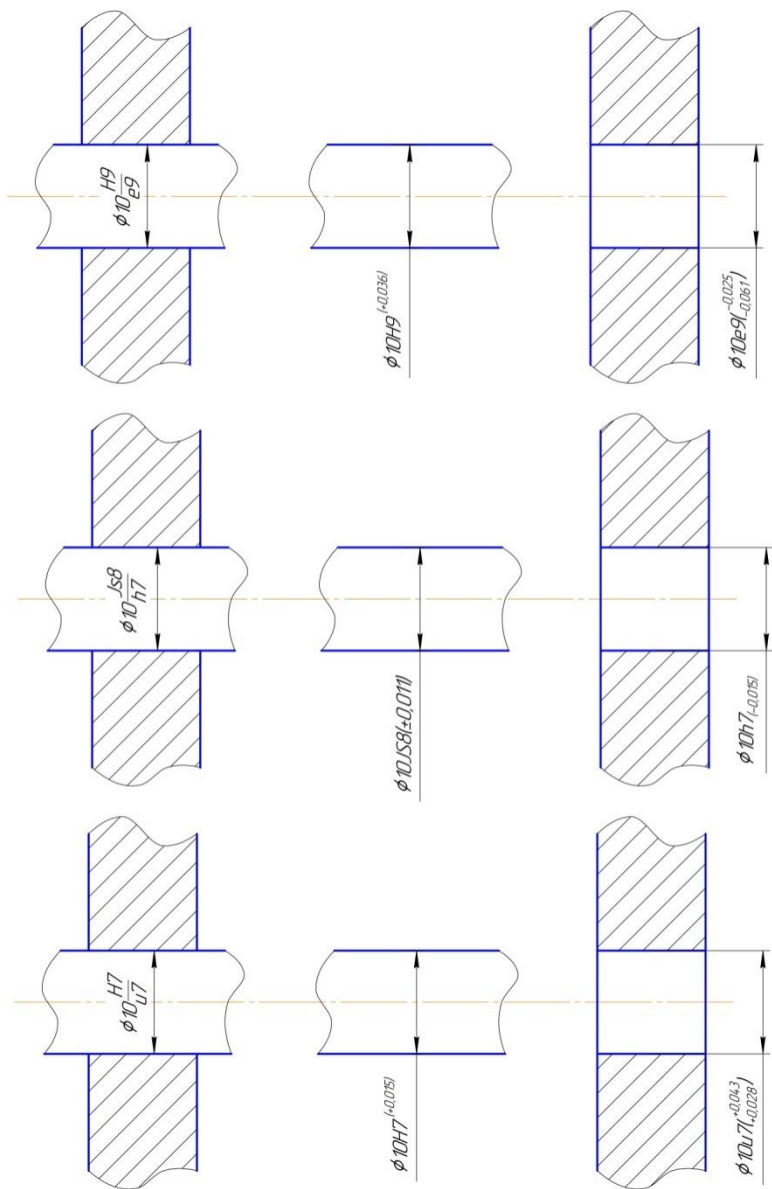


Рисунок 14.3 –Ескізи з'єднання валу та отвора

Задача №2 – Розрахунок калібрів і контркалібрів

Для сполучення $\varnothing 10 \frac{H9}{e9}$ розрахувати граничні і виконавчі

розміри калібрів.

1 Розрахунок калібрів для отвору $\varnothing 10 H9$

За ГОСТ 25347 - 82 визначаємо граничні відхилення отвору:

$$D_{\text{ном}} = 10(\text{мм})$$

$$ES = + 0,036(\text{мм})$$

$$EI = 0 (\text{мм})$$

За ГОСТ 24853 – 81 для $\varnothing 10 H9$ визначаємо дані для розрахунку калібрів:

$H = 0,0025$ (мм) – допуск на виготовлення калібрів для отвору;

$Z = 0,007$ (мм) – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору відносно найменшого граничного розміру;

$Y = 0$ (мм) – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для отвору за границю поля допуску виробу.

Граничні розміри отвору визначені в задачі №1 і складають:

$$D_{A\text{max}} = 10,036(\text{мм})$$

$$D_{A\text{min}} = 10 (\text{мм})$$

Робочий прохідний калібр:

$$P - PP = D_{A\text{min}} + Z \pm \frac{H}{2}$$

$$P - PP_{\text{max}} = D_{A\text{min}} + Z + \frac{H}{2} = 10 + 0,007 + \frac{0,0025}{2} \approx 10,0085(\text{мм})$$

$$P - PP_{\text{min}} = D_{A\text{min}} + Z - \frac{H}{2} = 10 + 0,007 - \frac{0,0025}{2} \approx 10,006(\text{мм})$$

$$P - PP_{\text{зн}} = D_{A\text{min}} - Y = 10 - 0 = 10(\text{мм})$$

Допуск калібру:

$$IT = P - PP_{\text{max}} - P - PP_{\text{min}} = 10,0085 - 10,006 = 0,0025(\text{мм})$$

Виконавчий розмір калібру:

$$P - PP_{\text{вук}} = P - PP_{\text{max-H}} = 10,0085_{-0,0025}(\text{мм})$$

Робочий не прохідний калібр:

$$P - HE = D_{A \max} \pm \frac{H}{2}$$

$$P - HE_{\max} = D_{A \max} + \frac{H}{2} = 10,036 + \frac{0,0025}{2} \approx 10,037(\text{мм})$$

$$P - HE_{\min} = D_{A \max} - \frac{H}{2} = 10,036 - \frac{0,0025}{2} \approx 10,0345(\text{мм})$$

Допуск калибра:

$$IT = P - HE_{\max} - P - HE_{\min} = 10,0037 - 10,0345 = 0,0025(\text{мм})$$

Виконавчий розмір калібру:

$$P - HE_{\text{вук}} = P - HE_{\max - H} = 10,0037_{-0,0025}(\text{мм})$$

2 Розрахунок калібрів для вала $\varnothing 10 e9$

За ГОСТ 25347 - 82 визначаємо граничні відхилення вала:

$$d_{\text{ном}} = 10(\text{мм})$$

$$es = -0,025(\text{мм})$$

$$ei = -0,061(\text{мм})$$

За ГОСТ 24853 - 81 для $\varnothing 10 e9$ визначаємо данні для розрахунку калібрів:

$H_1 = 0,004$ (мм) – допуск на виготовлення калібрів для вала;

$Z_1 = 0,007$ (мм) – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала відносно найбільшого граничного розміру виробу;

$Y_1 = 0$ (мм)– допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для вала за границю поля допуску виробу.

$H_p = 0,0015$ (мм) – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби.

Граничні розміри валу визначені у задачі №1 і складають:

$$d_{B \max} = 9,975(\text{мм})$$

$$d_{B \min} = 9,939(\text{мм})$$

Рабочий прохідний калібр:

$$P - PP = d_{B \max} - Z_1 \pm \frac{H_1}{2}$$

$$P - PP_{\max} = d_{B\max} - Z_1 + \frac{H_1}{2} = 9,975 - 0,007 + \frac{0,004}{2} = 9,970(\text{мм})$$

$$P - PP_{\min} = d_{B\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 9,975 - 0,007 - \frac{0,004}{2} = 9,966(\text{мм})$$

$$P - PP_{\text{зн.}} = d_{B\max} + Y_1 = 9,975 + 0 = 9,975(\text{мм})$$

Допуск калибра:

$$IT = P - PP_{\max} - P - PP_{\min} = 9,970 - 9,966 = 0,004(\text{мм})$$

Виконавчий розмір калібру:

$$P - PP_{\text{вик}} = P - PP_{\min}^{+H_1} = 9,996^{+0,004}(\text{мм})$$

Рабочий непрохідний калібр:

$$P - HE = d_{B\min} \pm \frac{H_1}{2}$$

$$P - HE_{\max} = d_{B\min} + \frac{H_1}{2} = 9,939 + \frac{0,004}{2} = 9,941(\text{мм})$$

$$P - HE_{\min} = d_{B\min} - \frac{H_p}{2} = 9,939 - \frac{0,004}{2} = 9,937(\text{мм})$$

Допуск калибра:

$$IT = P - HE_{\max} - P - HE_{\min} = 9,941 - 9,937 = 0,004(\text{мм})$$

Виконавчий розмір калібру:

$$P - HE_{\text{вик}} = P - HE_{\min}^{+H_1} = 9,937^{+0,004}(\text{мм})$$

Контркалибр робочого прохідного калібру:

$$K - PP = d_{B\max} - Z_1 \pm \frac{H_p}{2}$$

$$K - PP_{\max} = d_{B\max} - Z_1 + \frac{H_p}{2} = 9,975 - 0,007 + \frac{0,0015}{2} \approx 9,969(\text{мм})$$

$$K - PP_{\min} = d_{B\max} - Z_1 - \frac{H_p}{2} = 9,975 - 0,007 - \frac{0,0015}{2} \approx 9,9675(\text{мм})$$

Допуск калибра:

$$IT = K - PP_{\max} - K - PP_{\min} = 9,969 - 9,9675 = 0,0015(\text{мм})$$

Виконавчий розмір контркалибру:

$$K - PI_{\text{внк}} = K - PI_{\text{мак-}H_p} = 9,969_{-0,0015} \text{ (мм)}$$

Контркалибр зносу робочого прохідного калібру:

$$K - I = d_{B \text{мак}} + Y_1 \pm \frac{H_p}{2}$$

$$K - I_{\text{мак}} = d_{B \text{мак}} + Y_1 + \frac{H_p}{2} = 9,975 + 0 + \frac{0,0015}{2} \approx 9,976 \text{ (мм)}$$

$$K - I_{\text{мін}} = d_{B \text{мак}} + Y_1 - \frac{H_p}{2} = 9,975 + 0 - \frac{0,0015}{2} \approx 9,9745 \text{ (мм)}$$

Допуск калібра:

$$IT = K - I_{\text{мак}} - K - I_{\text{мін}} = 9,976 - 9,9745 = 0,0015 \text{ (мм)}$$

Виконавчий розмір контркалибру:

$$K - I_{\text{внк}} = K - I_{\text{мак-}H_p} = 9,976_{-0,0015} \text{ (мм)}$$

Контркалибр робочого непрохідного калібру:

$$K - HE = d_{B \text{мін}} \pm \frac{H_p}{2}$$

$$K - HE_{\text{мак}} = d_{B \text{мін}} + \frac{H_p}{2} = 9,939 + \frac{0,0015}{2} \approx 9,940 \text{ (мм)}$$

$$K - HE_{\text{мін}} = d_{B \text{мін}} - \frac{H_p}{2} = 9,939 - \frac{0,0015}{2} \approx 9,9385 \text{ (мм)}$$

Допуск калібра:

$$IT = K - HE_{\text{мак}} - K - HE_{\text{мін}} = 9,940 - 9,9385 = 0,0015 \text{ (мм)}$$

Виконавчий розмір контркалибру:

$$K - HE_{\text{внк}} = K - HE_{\text{мак-}H_p} = 9,940_{-0,0015} \text{ (мм)}$$

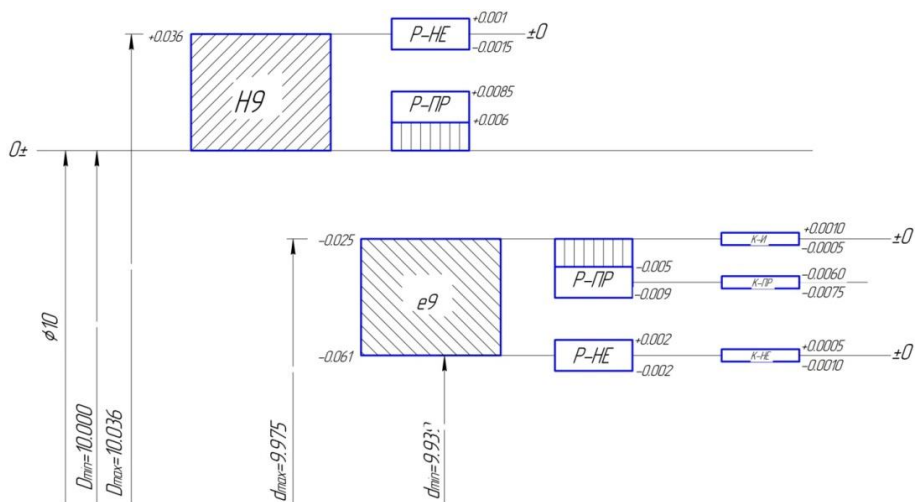
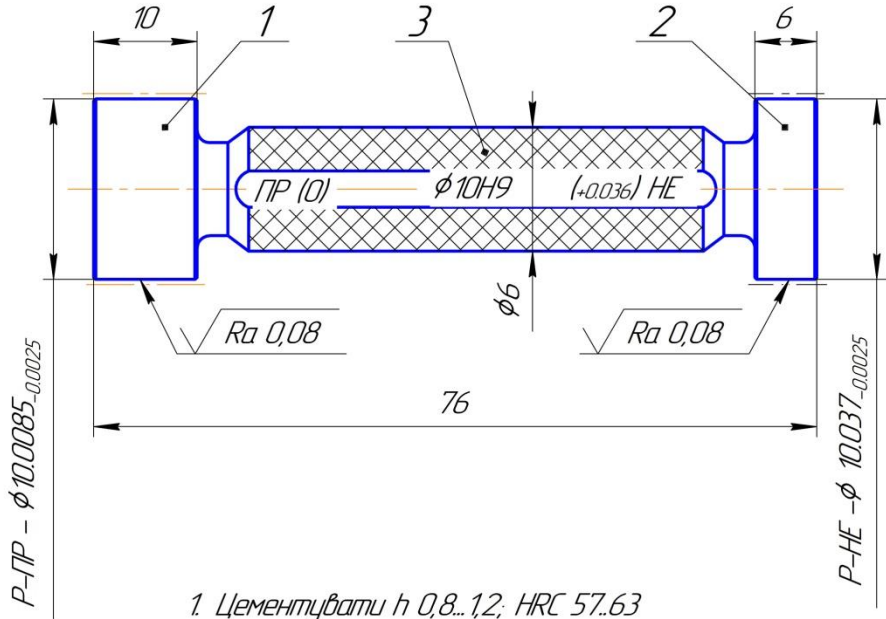
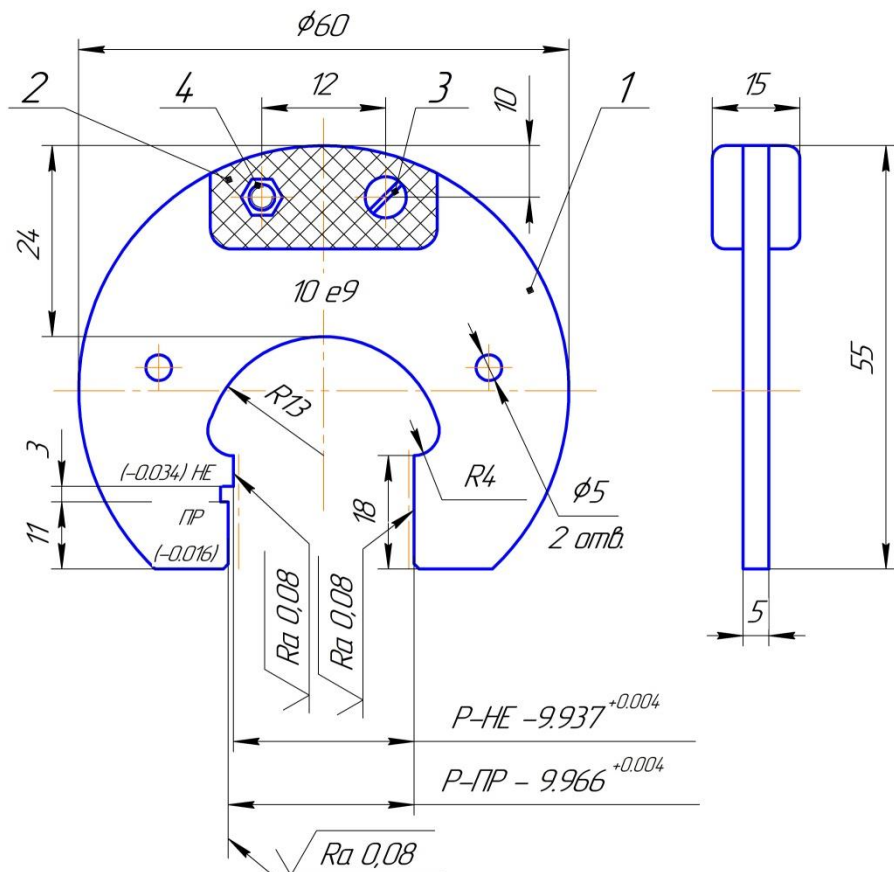


Рисунок 14.4 – Схема розташування полів допусків калібрів і контркалібрів



1. Цементувати $h 0,8...1,2$; HRC 57..63
2. Інші ТВ за ГОСТ 2015-69
3. Повний знос: $P-ПР_{эН} = 10.0$

Рисунок 14.5 – Калібр-пробка 8133-0922 H9 ГОСТ 14810-69



1. Цементувати h 0,8...1,2; HRC 57..63
2. Інші ТВ за ГОСТ 2015-69.
3. Повний знос: $P-ПР_{зн} = 9,975$.

Рисунок 14.6 – Калібр-скоба 8113-0023 e9 ГОСТ18360-93

Задача №3 - Розрахунок посадок підшипника кочення

З'єднання підшипників кочення з валами і корпусами здійснюється відповідно до ГОСТ33250 - 85. Діаметри зовнішнього і

внутрішнього кільця підшипника прийняті відповідно за діаметри основного вала і основного отвору. Отже, посадки зовнішнього кільця з корпусом здійснюються по системі вала, посадки внутрішнього кільця з валом – по системі отвору.

При призначенні полів допусків на вал і отвір корпусу відповідно під внутрішнє і зовнішнє кільця підшипника кочення необхідно враховувати наступне: обертається кільце разом з валом або корпусом, або воно нерухомо; величину, напрям і характер діючих на підшипник навантажень; режим роботи; тип, розміри та клас точності підшипника.

Якщо кільце підшипника сприймає результуюче радіальне навантаження лише обмеженою ділянкою кола на доріжці кочення і передає її відповідній обмеженій ділянці посадкової поверхні вала або корпусу, що має місце, коли кільце не обертається, то такий характер навантаження називається місцевим. У цьому випадку посадка призначається з зазором або перехідна.

Якщо кільце підшипника сприймає результуюче радіальне навантаження послідовно всім колом доріжки кочення і передає її також послідовно всій посадковій поверхні вала або корпусу, що має місце при обертвовому кільці і постійно направленому навантаженні, то такий характер навантаження називається циркуляційним. Посадка призначається з натягом.

При коливальному навантаженні на кільце підшипника діє вектор постійної складової радіальної сили і вектор радіальної сили, що обертається, при цьому сумарний вектор цих сил не здійснює повного оберту, а коливається на певній ділянці нерухомого кільця. Посадка вибирається з числа щільно рухливих (js6, js5 – для внутрішнього кільця; JS7, JS6 – для зовнішнього кільця).

1. Для зовнішнього кільця приймаємо $\varnothing 52 \frac{H7}{16}$

За ГОСТ 23325-85 для даного з'єднання виписуємо чисельні значення граничних відхилень отворів і валів, мм:

Отвір $\varnothing 52 H7$: ES = +0,030
EI = 0

Вал $\varnothing 52 i6$: es = 0
ei = -0,011

Визначаємо чисельні значення граничних розмірів, зазорів і натягів, виконавчі розміри, величини допусків розмірів і допуску посадки:

$$D_{\max} = D_{\text{НОМ}} + ES = 52 + 0,030 = 52,030 \text{ (мм)}$$

$$D_{\min} = D_{\text{НОМ}} + EI = 52 + 0 = 52 \text{ (мм)}$$

$$d_{\max} = d_{\text{НОМ}} + es = 52 + 0 = 52 \text{ (мм)}$$

$$d_{\min} = d_{\text{НОМ}} + ei = 52 + (-0,011) = 51,989 \text{ (мм)}$$

$$TD = ES - EI = 0,030 - 0 = 0,030 \text{ (мм)}$$

$$Td = es - ei = 0 - (-0,011) = 0,011 \text{ (мм)}$$

$$D_{\text{ВИК}} = D_{\min}$$

$$D_{\text{ВИК}} = 52^{+0,030} \text{ (мм)}$$

$$d_{\text{ВИК}} = d_{\max} - Td$$

$$d_{\text{ВИК}} = 52_{-0,011} \text{ (мм)}$$

$$S_{\max} = ES - ei = +0,030 - (-0,011) = 0,041 \text{ (мм)}$$

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

$$ТП = TD + Td = 0,030 + 0,011 = 0,041 \text{ (мм)}$$

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,041 - 0 = 0,041 \text{ (мм)}$$

2. Для внутрішнього кільця приймаємо $20 \frac{L6}{k6}$

За ГОСТ 23325-85 для данного з'єднання виписуємо чисельні значення граничних відхилень отворів і валів, мм:

$$\text{Отвір } \varnothing 20 L6: ES = 0$$

$$EI = -0,008$$

$$\text{Вал } \varnothing 20 k6: es = +0,015$$

$$ei = +0,002$$

Визначаємо чисельні значення граничних розмірів, зазорів і натягів, виконавчі розміри, величини допусків розмірів і допуску посадки:

$$D_{\max} = D_{\text{НОМ}} + ES = 20 + 0 = 20 \text{ (мм)}$$

$$D_{\min} = D_{\text{НОМ}} + EI = 20 + (-0,008) = 19,992 \text{ (мм)}$$

$$d_{\max} = d_{\text{НОМ}} + es = 20 + 0,015 = 20,015 \text{ (мм)}$$

$$d_{\min} = d_{\text{НОМ}} + ei = 20 + 0,002 = 20,002 \text{ (мм)}$$

$$TD = ES - EI = 0 - (-0,008) = 0,008 \text{ (мм)}$$

$$Td = es - ei = 0,015 - 0,002 = 0,013 \text{ (мм)}$$

$$+TD$$

$$D_{\text{ВИК}} = D_{\min}$$

$$D_{\text{ВИК}} = 19,992^{+0,008} \text{ (мм)}$$

$$d_{\text{вик}} = d_{\text{max}} - T_d$$

$$d_{\text{вик}} = 20,015_{-0,013} \text{ (ММ)}$$

$$N_{\text{max}} = es - EI = 0,015 - (-0,008) = 0,023 \text{ (ММ)}$$

$$N_{\text{min}} = ei - ES = 0,002 - 0 = 0,002 \text{ (ММ)}$$

$$T_P = T_D + T_d = 0,008 + 0,013 = 0,021 \text{ (ММ)}$$

$$T_N = N_{\text{max}} - N_{\text{min}} = 0,023 - 0,002 = 0,021 \text{ (ММ)}$$

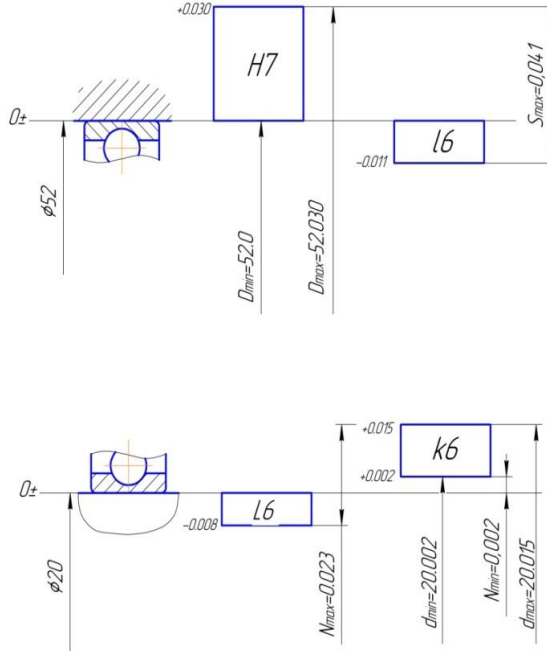


Рисунок 14.7 – Схема розташування полів допусків підшипникового з'єднання

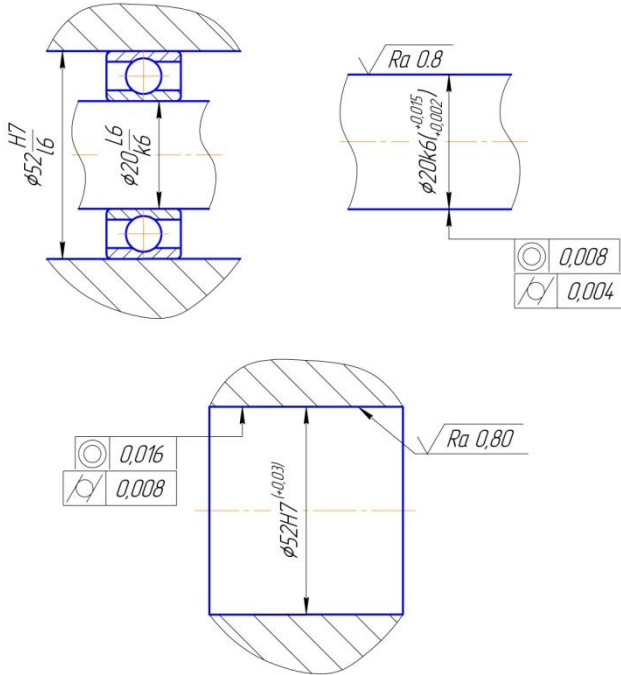


Рисунок 14.8 – Ескізи підшипникового вузла, корпусу і вала

Задача №4 - Розрахунок посадок нарізного з'єднання

Метрична різь застосовується головним чином в якості кріпильної для нарізних з'єднань. Це пояснюється тим, що в порівнянні з іншими різями, метричні різі мають найбільш високий наведений коефіцієнт тертя f_n .

Різі з великим кроком застосовуються в основному для з'єднання деталей, що не піддаються змінному навантаженню, поштовхів, струсів і вібрацій, а різі з дрібним кроком - для з'єднань, що піддаються навантаженню такого характеру.

Для заданої різі $M8 - \frac{5H}{6h}$ за ГОСТ24705-81 визначаємо

параметри:

$P = 1,25$ (мм) – шаг різі;

$D = d = 8$ (мм) – зовнішній діаметр різі;

$D_2 = d_2 = 7,188$ (мм) – середній діаметр різі;

$D_1 = d_1 = 6,647$ (мм) – внутрішній діаметр різі.

Розрахунок розмірів різі для гайки М 8 – 5Н.

За ГОСТ 16093-81 визначаємо відхилення для діаметрів різі:

$$ES_{D_2} = +0,125(\text{мм})$$

$$ES_{D_1} = +0,212(\text{мм})$$

$$EI_D = EI_{D_1} = EI_{D_2} = 0$$

Граничні розміри:

$$D_{\min} = D + EI_D = 8 + 0 = 8,0 \text{ (мм)}$$

$$D_{2\max} = D_2 + ES_{D_2} = 7,188 + 0,125 = 7,313 \text{ (мм)}$$

$$D_{2\min} = D_2 + EI_{D_2} = 7,188 + 0 = 7,188 \text{ (мм)}$$

$$D_{1\max} = D_1 + ES_{D_1} = 6,647 + 0,212 = 6,859 \text{ (мм)}$$

$$D_{1\min} = D_1 + EI_{D_1} = 6,647 + 0 = 6,647 \text{ (мм)}$$

Допуски на розміри:

$$TD_2 = ES_{D_2} - EI_{D_2} = 0,125 - 0 = 0,125 \text{ (мм)}$$

$$TD_1 = ES_{D_1} - EI_{D_1} = 0,212 - 0 = 0,212 \text{ (мм)}$$

Виконавчі розміри:

$$D_{2ucn} = D_{2\min}^{+TD_2}$$

$$D_{2ucn} = 7,188^{+0,125} \text{ (мм)}$$

$$D_{1ucn} = D_{1\min}^{+TD_1}$$

$$D_{1ucn} = 6,647^{+0,212} \text{ (мм)}$$

Розрахунок розмірів різі для болта М 8 – 6h.

За ГОСТ 16093-81 визначаємо відхилення для діаметрів різі:

$$es_d = es_{d_2} = es_{d_1} = 0(\text{мм})$$

$$ei_{d_2} = -0,212(\text{мм})$$

$$ei_d = -0,118 \text{ (мм)}$$

Граничні розміри:

$$d_{\max} = d + es_d = 8 + 0 = 8,0(\text{мм})$$

$$d_{\min} = d + ei_d = 8 + (-0,118) = 7,882(\text{мм})$$

$$d_{2\max} = d_2 + es_{d_2} = 7,188 + 0 = 7,188 (\text{мм})$$

$$d_{2\min} = d_2 + ei_{d_2} = 7,188 + (-0,212) = 6,976 (\text{мм})$$

$$d_{1\max} = d_1 + es_{d_1} = 6,647 + 0 = 6,647(\text{мм})$$

Допуски на розміри:

$$Td = es_d - ei_d = 0 - (-0,118) = 0,118 (\text{мм})$$

$$Td_2 = es_{d_2} - ei_{d_2} = 0 - (-0,212) = 0,212 (\text{мм})$$

Виконавчі розміри:

$$d_{\text{вик}} = d_{\max - Td}$$

$$d_{\text{вик}} = 8,0_{-0,118} (\text{мм})$$

$$d_{2\text{вик}} = d_{2\max - Td_2}$$

$$d_{2\text{вик}} = 7,188_{-0,212}(\text{мм})$$

Граничні значення зазору:

$$S_{\max 2} = ES_{D_2} - ei_{d_2} = 0,125 - (-0,212) = 0,337(\text{мм})$$

$$S_{\min 2} = EI_{D_2} - es_{d_2} = 0 - 0 = 0 (\text{мм})$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 14.10.

Таблиця 14.10 – Результати розрахунку нарізного з'єднання

Деталь	Елемент різі	Розміри, мм			Допуск, мм
		номінальний	максимальний	мінімальний	
Гайка	D	8	–	8	–
	D ₂	7,188	7,313	7,188	0,125
	D ₁	6,647	6,859	6,647	0,212
Болт	d	8	8	7,882	0,118
	d ₂	7,188	7,188	6,976	0,212
	d ₁	6,647	6,647	–	–

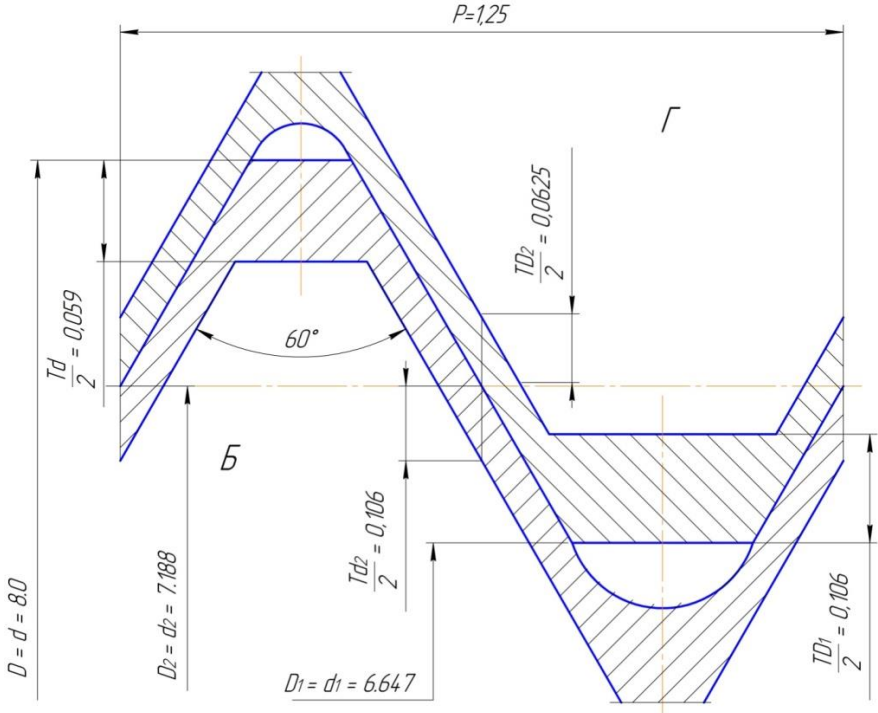


Рисунок 14.9 – Теоретичний профіль нарізного з'єднання

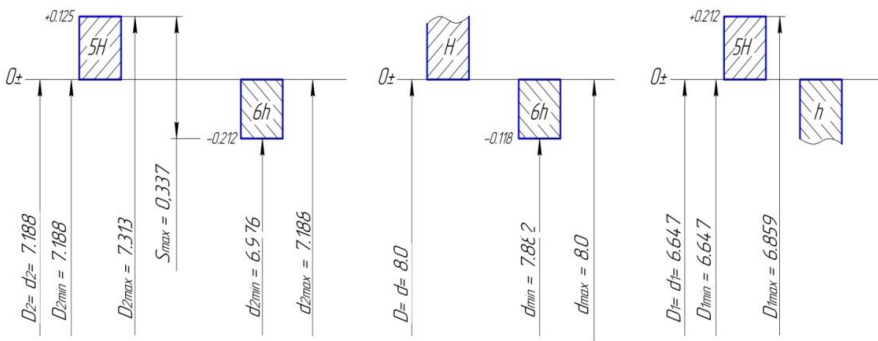


Рисунок 14.10 – Схеми розташування полів допусків нарізного з'єднання

Задача №5 - Розрахунок шпонкового з'єднання

Розрахувати шпонкове з'єднання Ø50мм з призматичною шпонкою, характер з'єднання - вільний.

Шпонкові з'єднання призначені для з'єднання між собою валів за допомогою спеціальних пристроїв (муфт), а також для з'єднання з валами, осями різних тіл обертання (зубчастих коліс, шківів, маховиків).

За ГОСТ23360-78 визначаємо розміри шпонки. Призначаємо допуски і за ГОСТ25347 - 82 виписуємо чисельні значення граничних відхилень. Результати заносимо в таблицю 14.11.

Таблиця 14.11 - Параметри шпонкового з'єднання.

Назва елемента з'єднання	Номинальний розмір та позначення допуска	Граничні відхилення, мм		Граничні розміри, мм		Допуск, мм
		верхнє	нижнє	найбільший	найменший	
Ширина шпонки	14h9	0	-0.043	14	13.957	0.043
Висота шпонки	9h11	0	-0.090	9	8.910	0.090
Ширина паза вала	14H9	+0.043	0	14.043	18	0.043
Ширина паза втулки	14D10	+0.120	+0.050	14.120	14.050	0.070
Глибина паза вала	5.5H12	+0.120	0	5.620	5.5	0.120
Глибина паза втулки	3.8H12	+0.120	0	3.920	3.8	0.120
Довжина шпонки	70h14	0	-0.740	70	69.260	0.740
Довжина паза вала	70H15	+1.2	0	71.2	70	1.2

Визначаємо параметри посадки:

-- для посадки шпонки в паз вала:

$$S_{\max} = ES - ei = + 0,043 - (-0,043) = 0,086 \text{ (мм)}$$

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

-- для посадки шпонки в паз втулки:

$$S_{\max} = ES - ei = +0,120 - (-0,043) = 0,163 \text{ (мм)}$$

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

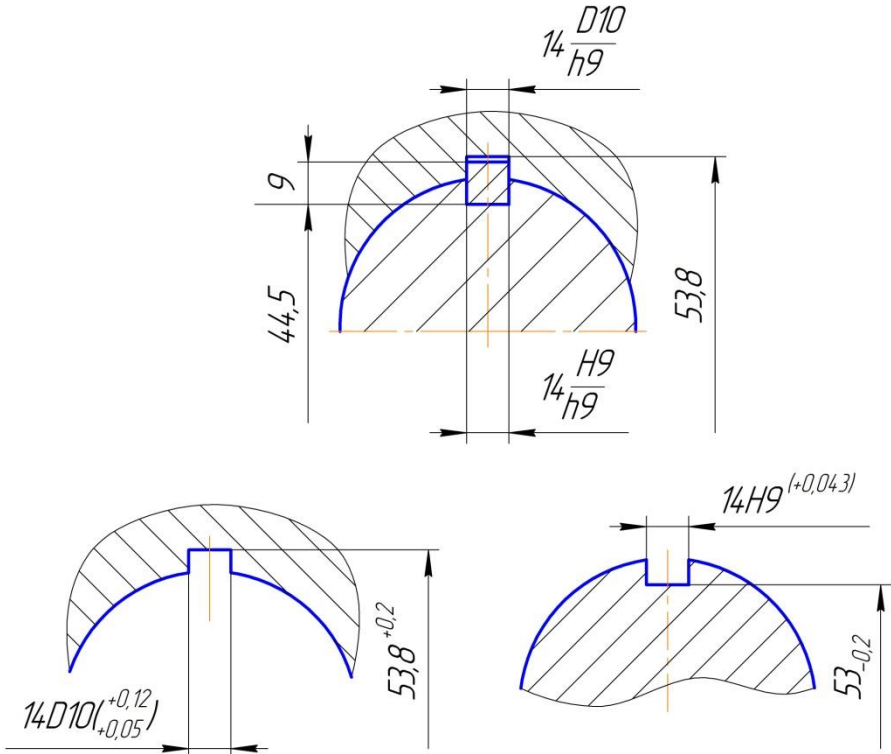


Рисунок 14.11 – Ескізи шпонкового з'єднання, отвору і валу

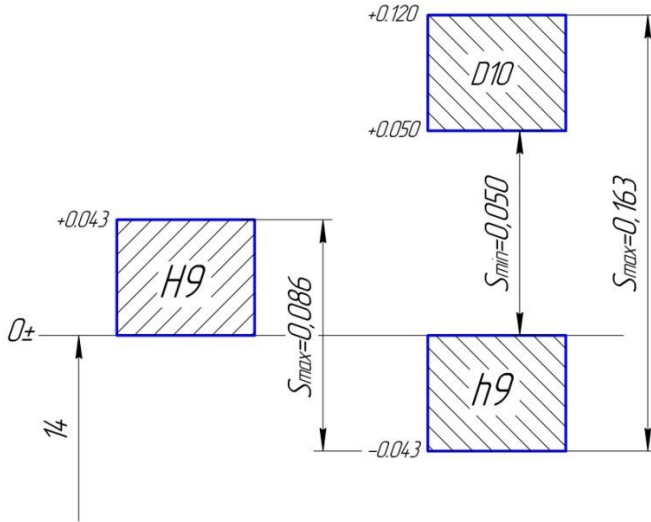


Рисунок 14.12 – Схема розташування полів допусків шпонкового з'єднання

Задача №6 - Розрахунок посадки шліцевого з'єднання

Параметри з'єднання:

- кількість шліць $z = 6$;
- ширина шліць $b = 6 \text{ мм}$;
- внутрішній діаметр $d = 26 \text{ мм}$;
- зовнішній діаметр $D = 30 \text{ мм}$.

$$D - 6 \times 26 \times 30 \frac{H7}{js6} \times 6 \frac{F8}{js6}$$

- для втулки $D - 6 \times 26 H11 \times 30 H7 \times 6 F8$;
- для вала $D - 6 \times 26 \times 30 js6 \times 6 js6$.

Викреслює схему шліцевого з'єднання, схему розташування полів допусків і розраховуємо граничні розміри отвору і валу, граничні значення зазорів і натягів.

Граничні розміри для внутрішнього діаметра $\varnothing 26 H11$:

Номинальні розміри і відхилення:

$$D_{\text{НОМ}} = d_{\text{НОМ}} = 26 (\text{мм})$$

$$ES = + 0,130(\text{мм})$$

$$EI = 0 (\text{мм})$$

Граничні розміри:

$$D_{\max} = D_{\text{ном}} + ES = 26 + 0,130 = 26,130 (\text{мм})$$

$$D_{\min} = D_{\text{ном}} + EI = 26 + 0 = 26 (\text{мм})$$

Допуск розміру:

$$TD = ES - EI = 0,130 - 0 = 0,130 (\text{мм})$$

Виконавчий розмір:

$$D_{\text{вик}} = D_{\min}^{+TD}$$

$$D_{\text{вик}} = 26^{+0,130} (\text{мм})$$

Посадка для зовнішнього діаметра $\varnothing 30 \frac{H7}{js6}$:

Номінальні розміри і відхилення:

$$D_{\text{ном}} = d_{\text{ном}} = 30(\text{мм})$$

$$ES = + 0,021 (\text{мм})$$

$$EI = 0 (\text{мм})$$

$$es = +0,0065(\text{мм})$$

$$ei = - 0,0065(\text{мм})$$

Граничні розміри:

$$D_{\max} = D_{\text{ном}} + ES = 30 + 0,021 = 30,021 (\text{мм})$$

$$D_{\min} = D_{\text{ном}} + EI = 30 + 0 = 30 (\text{мм})$$

$$d_{\max} = d_{\text{ном}} + es = 30 + 0,0065 = 30,0065 (\text{мм})$$

$$d_{\min} = d_{\text{ном}} + ei = 30 + (- 0,0065) = 29,9935 (\text{мм})$$

Допуски розмірів:

$$TD = ES - EI = 0,021 - 0 = 0,021 (\text{мм})$$

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

Виконавчі розміри:

$$D_{\text{вик}} = D_{\min}^{+TD}$$

$$D_{\text{вик}} = 30^{+0,021} (\text{мм})$$

$$d_{\text{вик}} = d_{\max} - Td$$

$$d_{\text{вик}} = 30,0065_{-0,013} (\text{мм})$$

Граничні значення зазору і натягу:

$$S_{\max} = ES - ei = 0,021 - (- 0,0065) = 0,0275(\text{мм})$$

$$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0,0065) = 0,0065 (\text{мм})$$

Допуски посадки:

$$IT = TD + Td = 0,021 + 0,013 = 0,034 \text{ (мм)}$$

$$TS/TN = S_{\max} + N_{\max} = 0,0275 + 0,0065 = 0,034 \text{ (мм)}$$

Посадка для ширинишліцаб $\frac{F8}{js6}$:

Номинальні розміри і відхилення:

$$B_{\text{ном}} = b_{\text{ном}} = 6 \text{ (мм)}$$

$$ES = +0,028 \text{ (мм)}$$

$$EI = +0,010 \text{ (мм)}$$

$$es = +0,004 \text{ (мм)}$$

$$ei = -0,004 \text{ (мм)}$$

Граничні розміри:

$$B_{\max} = B_{\text{ном}} + ES = 6 + 0,028 = 6,028 \text{ (мм)}$$

$$B_{\min} = B_{\text{ном}} + EI = 6 + 0,010 = 6,010 \text{ (мм)}$$

$$b_{\max} = b_{\text{ном}} + es = 6 + 0,004 = 6,004 \text{ (мм)}$$

$$b_{\min} = b_{\text{ном}} + ei = 6 + (-0,004) = 5,996 \text{ (мм)}$$

Допуски розмірів:

$$TB = ES - EI = 0,028 - 0,010 = 0,018 \text{ (мм)}$$

$$Tb = es - ei = +0,0040 - (-0,004) = 0,008 \text{ (мм)}$$

Виконавчі розміри:

$$B_{\text{вик}} = B_{\min}^{+TB}$$

$$B_{\text{вик}} = 6,010^{+0,018} \text{ (мм)}$$

$$b_{\text{вик}} = b_{\max} - Tb$$

$$b_{\text{вик}} = 6,004_{-0,008} \text{ (мм)}$$

Граничні значення зазору:

$$S_{\max} = ES - ei = 0,028 - (-0,004) = 0,032 \text{ (мм)}$$

$$S_{\min} = EI - es = 0,010 - 0,004 = 0,006 \text{ (мм)}$$

Допуски посадки:

$$IT = TB + Tb = 0,018 + 0,008 = 0,026 \text{ (мм)}$$

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,032 - 0,006 = 0,026 \text{ (мм)}$$

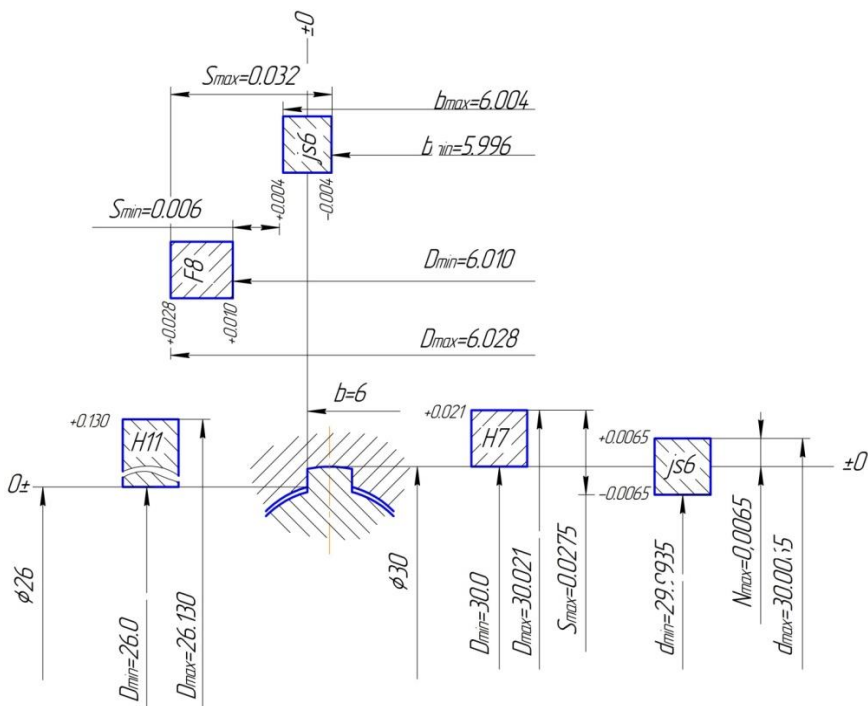


Рисунок 14.13 – Схема розташування полів допусків шліцьового з'єднання

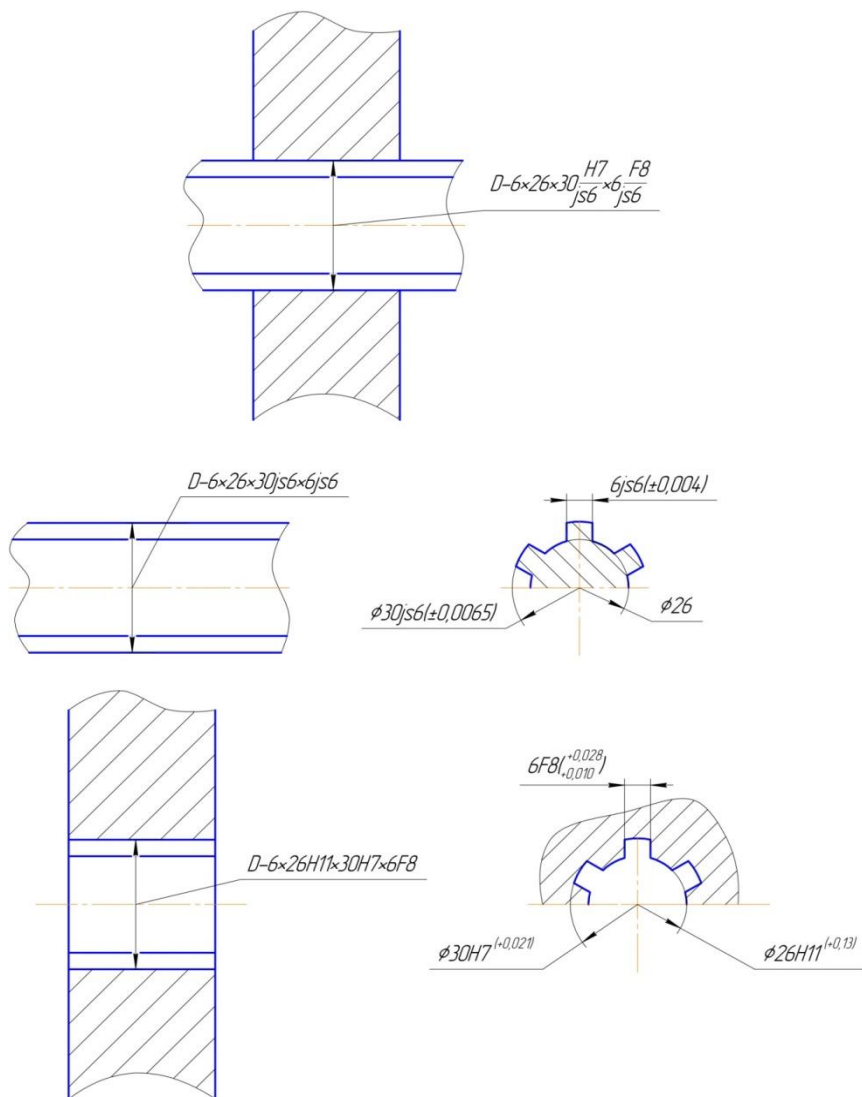


Рисунок 14.14 – Ескіз шліцевого з'єднання, втулки і валу

Задача №7 – Визначення параметрів точності зубчастого колеса

Допуски циліндричних, евольвентних зубчастих коліс і передач встановлені ГОСТ 1643 - 81. Стандартами регламентовані допуски евольвентних циліндричних зубчастих передач з колесами зовнішнього і внутрішнього зачеплення з вихідним контуром за ГОСТ 13755 - 81.

Вихідні параметри зубчастого колеса:

Модуль зуба $m = 3,5\text{мм}$;

Кількість зубів $z = 50$;

Профіль зубів – евольвентний;

Діаметр ділительного кола $d = 175\text{мм}$;

Ширина зубчастого вінця $b = 75\text{мм}$;

Довжина посадочного отвору – 85мм ;

Діаметр посадочного отвору – 55мм ;

Міжосьова відстань $a_w = 175\text{мм}$;

Матеріал – Сталь 45.

Згідно ГОСТ 1643 – 81 для зубчастого колеса призначені:

8 – ступінь по нормам кінематичної точності;

8 – ступінь по нормам плавності;

7 – ступінь по нормам контакту;

V – вид спряження ;

b – вид допуску бокового зазора.

Згідно ГОСТ 1643 – 81 підбираємо норми точності для даного зубчастого колеса:

1) Показники кінематичної точності:

$F_r = 0,063(\text{мм})$ – допуск на радіальне биття зубчастого вінця;

$F_{vw} = 0,050(\text{мм})$ – допуск на коливання довжини загальної нормалі;

2) Показники плавності роботи:

$f_{pt} = \pm 0,022(\text{мм})$ – граничні відхилення кроку;

$f_f = 0,018(\text{мм})$ – допуск на похибку профілю зуба;

3) Показник норми контакту зубів:

$F_\beta = 0,016(\text{мм})$ – допуск напрямку зуба;

4) Показники норми бічного зазору:

$E_{wms} = -0,158(\text{мм})$ – найменше відхилення середньої довжини загальної нормалі;

$T_{wm} = 0,100(\text{мм})$ – допуск середньої довжини загальної нормалі.

Довжина загальної нормалі визначається за формулою:

$$W = W_1 \cdot m = 16.9370 \cdot 3.5 = 59.2795(\text{мм})$$

де W_1 – довжина загальної нормалі для зубчастих коліс з модулем $m = 1$, визначається за таблицею [3, табл.5.30].

Повний запас довжини загальної нормалі визначається за формулою:

$$W = W_{-E_{wms}-T_{wm}}^{E_{wms}}$$

$$W = 59.279_{-0,258}^{-0,158}$$

Товщина зубу на ділянці постійної хорди з визначається за формулою:

$$S_c = 1.387 \cdot m$$

$$S_c = 1.387 \cdot 3.5 = 4.854(\text{мм})$$

Висота до постійної хорди визначається за формулою:

$$h_c = 0.7476 \cdot m$$

$$h_c = 0.7476 \cdot 3.5 = 2.616(\text{мм})$$

Визначаємо биття базового торця:

$$F_T = F_T' \cdot \frac{d}{100}$$

де $F_T' = 0,024$ мм – торцеве биття при діаметрі ділильного кола $d = 100$ мм за [3, стр. 355, табл.5.27].

$$F_T = 0,024 \cdot \frac{175}{100} = 0,042(\text{мм}).$$

Для контролю кінематичної точності застосовують прилад для комплексного однопрофільного контролю з проміжним колесом БВ - 5058.

Радіальне биття контролюємо на биттяміру БВ - 5060.

Для контролю кроку зачеплення застосовуємо крокомір БВ - 5070, а для контролю похибки профілю зуба - евольвентоміри БВ - 5062.

Завдання №8 – Розрахунок розмірного ланцюга

Вихідні дані:

$$A_1=105\text{мм}, A_2=A_5=6\text{мм}, A_3=80\text{мм}, A_4=40\text{мм}, A_{\Delta}=3\pm 0,320\text{мм}.$$

Розмір замикаючої ланки A_{Δ} збільшується при збільшенні розмірів A_3 і A_4 , тому ці ланки збільшуючі, і зменшиться при збільшенні розмірів A_1 , A_2 та A_5 тому ці ланки зменшуючі.

Граничні відхилення призначаємо виходячи з принципу: що на охоплюючи розміри поле допуску призначаємо в «+» (збільшуючи лаки 3 та 4), а ті що охоплюються – в «-» (зменшуючі 1,2,5 та замикаюча).

Розрахуємо граничні значення і допуск замикаючої ланки:

$$A_{\Delta\text{max}} = A_{\Delta} + Es(A_{\Delta}) = 3 + 0.64 = 3.64$$

$$A_{\Delta\text{min}} = A_{\Delta} + Ei(A_{\Delta}) = 3 + 0 = 3$$

$$T_{\Delta} = A_{\Delta\text{max}} - A_{\Delta\text{min}} = 3.64 - 3 = 0.64$$

Відповідно до методу одного квалітету, припускаємо, щовсі ланки виготовлені по одному квалітету, і, отже, мають однакове число одиниць допуску.

Тому допуски розмірного ланцюга описує рівність:

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1} T_i$$

Після вираження допуску через одиницю допуску і число одиниць допуску:

$$T_{\Delta} = \sum a_k \cdot i_k$$

Вираз набуде вигляду

$$T_{\Delta} = a \cdot \sum i_k = a \cdot \sum_{k=1}^5 (0.45\sqrt[3]{D_k} + 0.001 \cdot D_k)$$

Звідси число одиниць допуску ланок:

$$a = \frac{T_{\Delta}}{\sum_{k=1}^5 (0,45\sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot D_k)}$$

$$a = \frac{640}{(0,45\sqrt[3]{105} + 0,001 \cdot 105) + (0,45\sqrt[3]{6} + 0,001 \cdot 6) + (0,45\sqrt[3]{6} + 0,001 \cdot 6) + (0,45\sqrt[3]{80} + 0,001 \cdot 80) + (0,45\sqrt[3]{40} + 0,001 \cdot 40)} = 85,64$$

Розрахуємо допуски складових ланок і виберемо найближче стандартне значення за ГОСТ, результати розрахунку зводимо в таблицю 14.12.

Таблиця 14.12 – Результати розрахунку розмірного ланцюга методом одного квалітету

№ ланки	Одиниця допуску, i_k	Розрахунок значення допуску, T мм	Найближче стандартне значення, T , мм	Квалітет	ES (es)	EI (ei)	A_{\max}	A_{\min}
3	2,0189	0,1729	0,19	11	0,19	0	80,19	80
4	1,5789	0,1352	0,16	11	0,16	0	40,16	40
2	0,8237	0,0750	0,075	11	0	-0,075	6	5,925
5	0,8237	0,0750	0,075	11	0	-0,075	6	5,925
1	0,6520	0,1907	0,14	10	0	-0,14	105	104,86

Сума допусків в точності дорівнює допуску замикаючої ланки:

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1} T_i = 0,19 + 0,16 + 0,075 + 0,075 + 0,14 = 0,64$$

Допуск першої ланки довелося скорегувати, найближче значення допуску 0,22 11-го квалітету, давало в сумі значення перевищують 0,64.

Перевірка:

$$A_{\Delta \max} = \sum_k A_{k, \text{yв. max}} - \sum_k A_{k, \text{yм. min}}$$

$$A_{\Delta\max} = (80.19 + 40.16) - (5.925 + 5.925 + 104.86) = 3.64$$

$$A_{\Delta\min} = \sum_k A_{k,\text{yв.}\min} - \sum_k A_{k,\text{ym.}\max}$$

$$A_{\Delta\min} = (80 + 40) - (6 + 6 + 105) = 3$$

Умови виконуються. Розмірний ланцюг розраховано вірно.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость и технические измерения. [Текст] 5-е изд. - М.: Машиностроение, 1986. - 352с.
2. Івщенко Л.І. та ін. Взаємозамінність, стандартизація та метрологічне забезпечення технічних вимірювань: навч. посібник [для вищих навчальних закладів]/Івщенко Л.І., Петрикін В.В., Дядя С.І., Левченко Б.М.; під заг. ред. Л.Й. Івценка - Запоріжжя, Вид. комплекс ВАТ «Мотор Січ», 2010 - 451с.
3. Іванов Г.О., Шебанін В.С., Бабенко Д.В., Пастушенко С.І. Взаємозамінність, стандартизація, метрологія та технічні вимірювання. Підручник для студентів вищих навчальних закладів – К.: Видавництво «Аграрна освіта», 2010 – 577 с.
4. Іванов Г.О., Шебанін В.С., Бабенко Д.В., Пастушенко С.І. та ін. Практикум з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація, метрологія та технічні вимірювання». Підручник для студентів вищих навчальних закладів – К.: Видавництво «Аграрна освіта», 2008 – 648 с.
5. Бойко Т. Г. Основы стандартизации / Т. Г. Бойко – Львів : Львівська політехніка, 2004. – 250 с.
6. Державна система стандартизації України. Основні положення: ДСТУ 1.0 – 93. – [чинний від 2003.07.01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2003. – 20 с. – (Національний стандарт України). 3. Кирилюк Ю. Е. Допуски і посадки / Ю. Е. Кирилюк, З. Н. Ломаченко. – Київ : Вища школа, 1989. – 133 с.
7. Зябрева Н.Н., Перельман Е.И., Шегал М.Я. Пособие к решению примеров по курсу «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», изд-во Высшая школа, - М.: 1978. - 122с.
8. Болдин Л.А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации. - М.: Машиностроение, 1984. - 186с.
9. Марков Н.Н. Взаимозаменяемость и технические измерения. - М.: Изд-во стандартов, 1973. - 253с.
10. Коротков В.П., Тайс Б.А. Основы метрологии и теории точности измерительных устройств. - М.: Изд-во стандартов, 1978. - 198с.
11. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х т. В.Д. Мягков и др. - 5 изд., перераб. и доп.-Л.: Машиностроение, 1982.
12. Журнал «Стандарты и качество»
13. Стандарты.