

# ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ УМІНЬ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ ФАКУЛЬТЕТІВ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКІВ ПОСАДОК ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

УДК 626.422.4

**Ігор Бочар**, кандидат технічних наук, доцент кафедри трудового навчання  
**Ігор Гевко**, кандидат педагогічних наук, асистент кафедри трудового навчання  
Тернопільського національного педагогічного університету  
імені Володимира Гнатюка

## ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ УМІНЬ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ ФАКУЛЬТЕТІВ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКІВ ПОСАДОК ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

*У статті розглядаються особливості навчального процесу щодо формування практичних умінь під час розрахунків посадок підшипників кочення студентами інженерно-педагогічного факультету.*

**Ключові слова:** посадка, підшипник, розрахунок.

*В статье рассматриваются особенности учебного процесса относительно формирования практических умений во время расчетов посадок подшипников качения студентами инженерно-педагогического факультета.*

**Ключевые слова:** посадка, подшипник, расчет.

*In the article the features of educational process are examined in relation to forming of practical abilities during the calculations of landings of bearings of engineer-pedagogical faculty students.*

**Key words:** landing, bearing, calculation.

**П**остановка проблеми. Стандарт освітньої галузі “Технології” приділяє значну увагу питанням формування в майбутніх випускників інженерно-педагогічних спеціальностей технологічного мислення, розвитку самостійності під час розроблення, проектування та розраховування технологічних процесів виготовлення деталей і виробів [1, 125].

У Наказі Міністерства освіти і науки України “Про порядок розробки складових нормативного та навчально-методичного забезпечення фахівців із вищою освітою” передбачається вдосконалення навчального процесу на інженерно-педагогічних факультетах педагогічних університетів, що базується на таких засадах [1, 125]:

- оволодіння всіма учасниками процесу навчання системою технологічного мислення;
- усвідомлення того, що головною ланкою педагогічної освіти є суб’єкт учіння, і саме учіння на всіх його етапах повинно супроводжуватися методичними засобами у вигляді конструкторсько-технологічних завдань.

Згідно таких вимог актуальною є проблема формування практичних умінь студентів під час розрахунків посадок підшипників кочення в процесі вивчення курсу “Основи взаємозамінності та технічні вимірювання”. Також для студентів розроблено і запропоновано алгоритм вибору посадок підшипників кочення, методика розрахунку і вибору посадок підшипників кочення, методика виконання навчально-дослідного завдання.

**Мета статті** – розкрити особливості формування в студентів інженерно-педагогічних

факультетів практичних умінь для проведення розрахунків допусків і посадок підшипників кочення та обґрунтування їх вибору під час вивчення курсу “Основи взаємозамінності та технічні вимірювання”.

**Виклад основного матеріалу.** Підшипники кочення – це стандартні складальні одиниці, які використовуються в усіх галузях сучасного промислового виробництва. З’єднання підшипників кочення з деталями машин і приладів є одним з випадків гладких циліндричних з’єднань, дуже розповсюдженим, але таким, що має свої специфічні особливості. Ці особливості визначаються централізованим виготовленням підшипників кочення, яке вимагає уніфікації та стандартизації їх приєднувальних розмірів, і особливим впливом посадки підшипників на умови їх монтування і роботи.

Багатоваріантність умов монтування та роботи підшипників кочення в різних машинах і приладах визначає необхідність призначення різних посадок. Потрібний характер посадки забезпечується вибором відповідного поля допуску вала або отвору корпусу при незмінних полях допусків кілець підшипників.

Завдання стандартизації в процесі вибору посадок підшипників кочення полягають у встановленні граничних відхилень посадкових поверхонь кілець підшипників і виборі полів допусків для валів та отворів корпусів, які з’єднуються із підшипниками.

Принципово найкращим способом розв’язання даних задач було б використання єдиної системи допусків та посадок ДСТУ для гладких циліндричних з’єднань [3, 18; 6, 52]. Практично в

## ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ УМІНЬ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ ФАКУЛЬТЕТІВ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКІВ ПОСАДОК ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

сучасних стандартах України цей принцип здійснено лише для валів та корпусів під підшипники. Безпосередньо для самих підшипників передбачена спеціальна система допусків і граничних відхилень. У силу цього посадки підшипників кочення відрізняються від аналогічних стандартних посадок загального призначення величинами граничних натягів та зазорів.

Тому зроблена спроба систематизувати інформаційний матеріал про допуски і посадки підшипників кочення, привести його у відповідність із діючими в Україні стандартами станом на 1 січня 2000 року, розробити методику розрахунку і виконання навчально-дослідного завдання для студентів, які вивчають курс "Основи взаємозамінності та технічні вимірювання". Теоретичний та довідковий матеріал може бути використаний у процесі курсового та дипломного проектування з предметів загальнотехнічного циклу.

Режим роботи підшипників впливає на вибір посадок. Розрізняють такі режими роботи: легкий, нормальний, важкий та особливі умови [7, 19]. Під режимом роботи розуміють поєднання умов, при яких працює підшипник: величину і характер навантаження (удари, вібрації), робочу температуру, захищеність від дії зовнішнього середовища, тривалість безперервної роботи.

Вплив режиму роботи підшипників на вибір посадок такий: чим більше навантаження і чим сильніші його поштовхи, тим посадки повинні мати більший натяг, оскільки при цьому збільшуються пружні та залишкові деформації поверхневих шарів вала, отвору корпусу і самих кілець. Чим більша частота обертання, тим посадки повинні бути вільнішими. Існують такі рекомендації щодо вибору посадок з урахуванням типу підшипників. Посадки для роликових підшипників вибирають більш щільними, ніж для кулькових підшипників, оскільки натяги посадки в них можуть суттєво змінити зазори (у радіально-упорних підшипниках зазори усувають при складанні опори та регулюванні).

Кільця підшипників, які повинні при регулюванні зазорів переміщатися на валу або в корпусі, встановлюють по рухомій посадці.

Посадки підшипників великих розмірів у зв'язку з великими навантаженнями призначають більш нерухомими, ніж для середніх і малих. Призначення полів допусків для посадки підшипників кочення слід робити з урахуванням наведених нижче рекомендацій:

а) поля допусків вала для посадки внутрішніх кілець підшипників:

1) при циркуляційному навантаженні (вал обертається);

2) при місцевому навантаженні (вал не обертається);

б) поля допусків отворів у корпусі для посадки зовнішніх кілець підшипників:

1) при циркуляційному навантаженні (корпус обертається);

2) при місцевому навантаженні (корпус не обертається).

Схема "обертається вал" має місце в підшипників валів коробок передач, у роторів електродвигунів, у відцентрових насосах, центрифугах, редукторах і т. п., де внутрішнє кільце обертається разом із валом.

Схема "обертається корпус" лежить в основі роботи підшипників у колесах автомобілів, тракторів, літаків, в роликах конвеєрів, коли при роботі обертається зовнішнє кільце.

При виборі посадок підшипників можна керуватися алгоритмом вибору рисунок 1.

Для розрахунку посадок підшипників кочення використовують різноманітні формули, за якими визначають величини натягів, які викликають деформації поверхонь кочення кілець; зусилля запресування; момент опору повороту кілець відносно посадкових місць.

Найбільш повно теоретично та експериментально дані параметри досліджені в статичному стані. Проаналізуємо методику розрахунку посадок підшипників кочення, яка досліджена найбільш повно в роботах [2, 272; 5, 25; 4, 46].

Отже, посадки з натягом розраховують і вибирають для кілець, що обертаються, тобто циркуляційно навантажених. Гарантований натяг у посадці повинен забезпечувати нерухомість кільця відносно спряженого валу або корпусу при збереженні зазору в самому підшипнику.

Для забезпечення нормальної роботи підшипника потрібно, щоб між кільцями і тілами кочення були осьові та радіальні зазори певної величини. Зазори розділяють на початкові, посадкові та робочі.

Початковий зазор є в підшипнику до його монтажу на робоче місце. Початкові радіальні зазори нормують так, щоб забезпечити раціональний розподіл навантаження між тілами кочення, максимально зменшити вібрації та шум підшипника під час його роботи та обмежити зміщення валу або корпусу в радіальному і осьовому напрямках. Величина початкового зазору в основному залежить від розміру і класу точності підшипника.

Посадковий зазор повинен бути в підшипнику



**ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ УМІНЬ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ ФАКУЛЬТЕТІВ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКІВ ПОСАДОК ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ**

$$G_r = G_{re\ m} - \Delta d_1 (\Delta D_1), \text{ де}$$

$G_r$  – посадковий радіальний зазор;

$G_{re\ m} = 0,5 (G_{re\ max} + G_{re\ min})$  – середній початковий радіальний зазор;

$\Delta d_1$  – діаметральна деформація доріжки кочення циркуляційно навантаженого внутрішнього кільця:

$$\Delta d_1 = N_o \cdot (d / d_o);$$

$\Delta D_1$  – діаметральна деформація доріжки кочення циркуляційно навантаженого зовнішнього кільця:

$$\Delta D_1 = N_o \cdot (D_o / D), \text{ де}$$

$N_o$  – дійсний натяг, *мкм*;

$$N_o = 0,85 N_{max}$$

$d_o$  – приведений зовнішній діаметр внутрішнього кільця, *мм*:

$$d_o = d + 0,25(D-d)$$

$D_o$  – приведений внутрішній діаметр зовнішнього кільця, *мм*:

$$D_o = D + 0,25(D-d).$$

Для підшипників, у яких можна здійснювати регулювання зазору, наприклад конічних, перевірку не виконують. При розрахунку посадок підшипників, які працюють в умовах підвищених температур, потрібно враховувати нерівномірне нагрівання внутрішнього кільця підшипника і вала та вибрати посадку з натягом тим більшим, чим вища робоча температура підшипника.

**МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ**

**НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНОГО ЗАВДАННЯ**

У процесі виконання навчально-дослідного завдання потрібно враховувати тип і розміри підшипника, режим роботи, величину, напрям та характер діючих на нього навантажень. При цьому рекомендується дотримуватися наступної послідовності:

1. Вивчити теоретичний матеріал.

2. Виписати вихідні дані з таблиці згідно виконуваного варіанту.

3. Визначити конструктивні розміри підшипника і розшифрувати умовне позначення.

5. Встановити характер навантаження.

Для варіантів з 1 по 10 характер навантаження статичний (перевантаження до 150 %, помірні

поштовхи та вібрації), обертається вал,  $\frac{d_e}{d} = 0,6$ .

Для варіантів з 11 по 20 характер навантаження динамічний (перевантаження до 300 %, сильні

удари і вібрація), обертається корпус,  $\frac{D}{D_K} = 0,8$ .

6. Визначити інтенсивність навантаження кожного кільця підшипника.

7. Вибрати поля допусків і квалітет точності для внутрішнього кільця для зовнішнього кільця

підшипника, дотримуючись умови:  $P_{R\ розрахункове} < P_{R\ табличного}$ .

8. Визначити допуск валу і отвору корпусу, основне відхилення валу, та основне відхилення отвору.

9. Визначити друге граничне відхилення валу та отвору за значенням основного відхилення і допуску:

$$EI (ei) = ES (es) - IT,$$

$$ES (es) = EI (ei) + IT, \text{ де}$$

$ES (es)$  – верхнє відхилення отвору (валу);

$EI (ei)$  – нижнє відхилення отвору (валу);

$IT$  – допуск.

10. Визначити граничні відхилення діаметра отвору внутрішнього кільця підшипника та граничні відхилення зовнішнього діаметра зовнішнього кільця підшипника.

11. Розрахувати граничні натяги (зазори) для з'єднання “внутрішнє кільце підшипника – вал” і “зовнішнє кільце підшипника – отвір корпусу”.

12. Визначити допустимий натяг  $N_{доп}$  для з'єднань, описаних у пункті 10 і перевірити правильність розрахунку посадок, дотримуючись умови:

$$N_{max\ табличне} < N_{доп}$$

13. Перевірити наявність посадкового радіального зазору між кільцями і тілами кочення в розрахованих посадках. При одержанні від'ємного посадкового зазору вибрати нову посадку та здійснити перевірку.

14. Викреслити у вибраному масштабі схеми полів допусків посадок на внутрішнє і зовнішнє кільце підшипника з позначенням номінальних розмірів, граничних відхилень, натягів (зазорів).

15. Викреслити ескізи підшипникового вузла і деталей, які спряжуються підшипником з позначенням посадок, цифрових значень відхилень, допусків форми, сумарних допусків форми і розташування поверхонь та граничних значень параметрів шорсткості.

16. Оформити результати виконання навчально-дослідного завдання у вигляді розрахунково-пояснювальної записки.

**Висновок.** Отже, вміння практично розраховувати посадки підшипників кочення передбачає необхідність володіння основними знаннями з креслення, стандартизації та метрології, матеріалознавства, машинознавства та інших технічних дисциплін, розвиває у студентів інженерно-педагогічних факультетів творчий пошук, системне мислення, а також формування конструкторсько-технологічних знань.

1. Бочар І.Й. *Особливості проектування одиничних технологічних процесів механічної обробки студентами інженерно-педагогічних факультетів* / І.Й. Бочар, Р.М. Горбатюк. –

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ МАТЕМАТИСА ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЗАДАЧ

Наукові записки. – Серія: Педагогіка  
ТНПУ ім. В. Гнатюка. – 2006. – №7. – С. 125 – 131.

2. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х частях. Ч. 2 / под ред. В.Д. Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1983. – С. 272 – 296.

3. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Документація: ДСТУ 3008-95. – К.: Держстандарт України, 1995. – 37 с.

4. Зябрева Н.Н. Посobie к решению задач по курсу “Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения” / Н.Н. Зябрева, Е.И. Перельман, М.Я. Шегал. – М.: Высшая школа, 1977. – 204 с.

5. Карпунин И.М. Посадки приборных и шпиндельных шарикоподшипников: Справочник / И.М. Карпунин. – М.: Машиностроение, 1978. – 246 с.

6. Підшипники кочення та ковзання. Терміни та визначення: ДСТУ 3012-95. – К.: Держстандарт України, 1995. – 75 с.

7. Подшипники качения: Справочник-каталог / под ред. В.Н. Нарышкина, Р.В. Коросташевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.

Стаття надійшла до редакції 05.03.2010

УДК 004:51

**Тарас Кобильник**, кандидат педагогічних наук, викладач кафедри інформатики та обчислювальної математики

**Володимир Грозовський**, викладач кафедри інформатики та обчислювальної математики  
Дрогобицького державного педагогічного університету  
імені Івана Франка

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ МАТЕМАТИСА ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЗАДАЧ

У статті охарактеризовано можливості використання систем комп'ютерної математики Mathematica для розв'язування деяких оптимізаційних задач.

**Ключові слова:** комп'ютерна математика, СКМ, Mathematica, оптимізаційні задачі.

В статті охарактеризовані можливості використання систем комп'ютерної математики Mathematica для розв'язування деяких оптимізаційних задач.

**Ключевые слова:** компьютерная математика, СКМ, Mathematica, оптимизационные задачи.

In the article possibilities of the use of the systems of computer mathematics of Mathematica are described for untiing of some optimization tasks.

**Key words:** computer mathematics, SKM, Mathematica, optimization tasks.

**Постановка проблеми.** Інформатика в процесі свого становлення у своїх теоретичних основах і методах неухильно математизується. І навпаки, методи інформатики, інформаційні технології впливають на стиль, техніку і зміст математичних досліджень. Це, перш за все, стосується використання математичних моделей та інформаційних технологій для дослідження об'єктів реальної дійсності, розв'язування практичних задач, зокрема оптимізаційних, що виникають у всіх сферах діяльності людини. Тому при підготовці фахівців у педагогічних університетах слід приділяти значну увагу побудові математичних моделей та їх дослідженню, зокрема з використанням інформаційних технологій (наприклад, систем комп'ютерної математики (СКМ) [7].

Оптимізаційні задачі застосовуються як в інформатиці так і в інших галузях прикладної математики, зокрема в:

- дослідженні операцій (оптимізація економічних

систем, оптимальне планування, транспортні задачі, керування запасами);

- чисельному аналізі (апроксимація, регресія, розв'язування лінійних і нелінійних систем, варіаційні методи);

- автоматичі (оптимальне керування системами роботи комп'ютерних мереж);

- математичній економіці (макро- і мікроекономічні моделі, моделі підприємницької діяльності, теорія прийняття рішень, теорія ігор).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Різні аспекти використання СКМ як практичні, так і дидактичні розглядаються в працях таких науковців як В.З. Аладьєв, М.Л. Шишаков, В.П. Дьяконов, Т.В. Капустіна, Ю.Ф. Лазарев, Ю.Г. Лотюк, Б.М. Манзон, В.Ф. Очков, Г.В. Прохоров, В.Г. Потьомкін, С.А. Раков, Ю.В. Триус та інших. Вони, як правило, звертали увагу на вивчення та використання СКМ таких як Maple [1], Mathcad [3], Matlab [2], Mathematica [9] та інших.