

НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ І РОЗРАХУНКУ ПОСАДОК У МАШИНОБУДУВАННІ

В.А. Куценко

Проведені експериментальні та наукові дослідження з розрахунку та впровадження різноманітних посадок у гладких з'єднаннях у навчальний процес та виробництво. Математично обґрунтовано необхідність застосування посадок із зазором, перехідних та з натягом у кожному окремому випадку. Проведено та розроблено рекомендації з вибору квалітетів точності на час інженерних розрахунків у машинобудуванні.

Ключові слова: посадка, зазор, натяг, посадка перехідна, квалітет.

НАУЧНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ И РАСЧЕТУ ПОСАДОК В МАШИНОСТРОЕНИИ

В.А. Куценко

Проведены экспериментальные и научные исследования по расчету и внедрению разнообразных посадок в гладких соединениях в учебный процесс и производство. Математически обоснована необходимость применения посадок с зазором, переходных и с натягом в каждом отдельном случае. Проведен анализ и разработаны рекомендации по выбору квалітетов точности при инженерных расчетах в машиностроении.

Ключевые слова: посадка, зазор, натяг, посадка переходная, квалітет.

THE SCIENTIFIC APPROACH TO CHOOSING AND CALCULATING FITTINGS IN MECHANICAL ENGINEERING

V. Kutsenko

Experimental and scientific researches of calculation and implementation of various fits in smooth connections in educational and production processes were conducted. The necessity of the use of fits with clearance, transitional and with tension in each individual case was mathematically grounded. Recommendations of accuracy workmanships choosing during engineering calculations in mechanical engineering were analyzed and elaborated.

In the first place it is necessary to choose the type of fit (with tension, transition or with clearance) which depends on the functions of a particular

assembly and the reciprocal position of parts during their operation. After the type of fit choosing it is necessary to define limiting declinations of clearance values S_{min} and S_{max} or tension values N_{min} and N_{max} and at the same time workmanship accuracies of connecting parts.

Design is common method for determining of fits, black belts and production accuracy, it is similar to use of previous years mechanical engineering experience.

It should be known: the materials from which the parts are made; types and nature of oils are used during the operation; surfaces roughness, which can be achieved in production process; accuracy of machine tools for parts production; lifetime to repair work; accuracy of finished mechanism work.

How are the fits chosen? Various fits for moving and fixed connections are chosen on the base of previous scientific calculations, experimental studies and with taking into account of similar well known connections.

The calculations of the choice of moving fits, such as bearings, are done on the base of hydraulic friction theory and based on the defining of the necessary clearance for fluid friction providing. In other cases, the clearances can be calculated in terms of shapes deflection compensation and surfaces position for providing easy assembly of parts.

Keywords: fit, clearance, tension, transition fit, workmanship.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Розробка і впровадження в навчальний процес та, можливо, в конструкційні розробки в галузі машинобудування оптимальних варіантів посадок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізовані та досліджені існуючі види різноманітних посадок у галузі машинобудування [1–2].

Метою статті є викладення концепції прогнозування рівня якості продукції машинобудування та навчального процесу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вибір полів допусків, посадок і величин допусків для гладких з'єднань є надто відповідальною, науково обгрунтованою операцією. Від їхнього правильного математичного визначення залежить функціонування механізму з найкращим виконанням технічних вимог, що передбачені у технічному завданні чи стандарті за певний період часу до ремонту механізму, тобто з певною довговічністю. Одночасно необхідно враховувати вартість виготовлення механізму та експлуатаційних витрат. Наприклад, величини допусків мають бути з великою ймовірністю оптимальними, тобто не можуть бути занадто малими, оскільки значно збільшиться вартість виготовлення деталей, і не можуть бути надто великими, тому що значно зменшаться довговічність і зносостійкість механізму, збільшиться його маса, а відповідно точність його роботи. Слід доповнити, що зростуть експлуатаційні витрати, це легко обчислюється науково-математичними викладками.

Як показують аналітичні дослідження, у першу чергу необхідно науково-дослідним шляхом визначитися з типом посадки (натяг, перехідна чи зазор), який залежить від функцій конкретного вузла, агрегату, машини тощо та взаємного розташування деталей під час їхньої роботи. Після вибору типу посадки визначають граничні відхилення величин зазорів S_{max} і S_{min} чи натягів N_{max} і N_{min} та одночасно квалітети точності деталей, що з'єднуються в процесі збирання. Виго товляються декілька експериментальних взірців, після чого вони проходять стендові дослідження. З'ясовуються слабкі місця, після чого експериментальні взірці підлягають удосконаленню. Далі конкретна машина чи вузол, чи агрегат буде виго товлятися серійно.

Поширеним методом визначення посадок, полів допусків і точності виго товлення є проектування за аналогією, коли використовується досвід, накопичений науковцями під час проектування в попередні роки.

Так, у першу чергу визначають: які функції виконує механізм; чи будуть деталі переміщуватися одна відносно іншої; чи вони будуть нерухомими завжди і при цьому передавати деякі зусилля, величину яких необхідно знати; чи деталі не завжди будуть нерухомими, але можлива їхня заміна з більшою або меншою періодичністю, чи вони будуть працювати за низьких або високих температурних режимів, чи вони будуть працювати в агресивних середовищах.

Необхідно знати: матеріали, з яких виго товляються деталі (металеві, гумові, з пластмаси тощо); види та характер мастил, які будуть застосовуватися у процесі експлуатації (штучні чи природні); шорсткість поверхонь, яку можна досягти в умовах виробництва; точність обладнання, на якому буде виго товлятися продукція; необхідний строк роботи до ремонту; точність роботи готового механізму тощо, кваліфікація робітника.

Знаючи ці дані, обирають характер посадки, систему (отвору чи вала) і точність виго товлення деталей (квалітет).

Розрізняють посадки в системі вала (СВ) і системі отвору (СА). Система отвору за рядом технологічних причин використовується частіше. Найго ловнішою з них є зменшення потреби виробництв у розмірному інструменті для обробки отворів (свердло, зенкер, протяжка тощо).

Вибір квалітетів спряжених розмірів з'єднання під час конструювання визначається, з одного боку, якістю роботи з'єднання, з іншого – кошторисом і кількістю виго товлення деталей за одиницю часу. До цього конструктор має підходити диференційовано. Вибір квалітетів залежить від: а) точності об'єкта виробництва (машини, механізму або приладу), що витікає з його експлуатаційного

призначення; б) характеру необхідних з'єднань (посадок), щоб воно надійно працювало в умовах експлуатації. Необхідно аналітично підходити до врахування стану обладнання та оснащення виробництва. За досягнення визнаної межі точності затрати на обробку деталей збільшуються швидше, ніж їх точність. Питання про вибір посадок оптимальної точності обробки – вельми важка техніко-економічна задача. Під час її розв'язання необхідно враховувати не тільки кошторис обробки, а й витрати на збирання, які знижуються з підвищенням точності обробки, а також вплив точності на експлуатаційні характеристики і економічні показники машини.

Квалітет точності можна вибирати двома шляхами: а) розрахунковим, для цього необхідно знати розрахункові або отримані практично на стендах значення граничних зазорів чи натягів; б) методом прецеденту, враховуючи досвід використання sprяжень, робота яких конструктору добре відома і дає позитивний результат.

Розрахунки, пов'язані з вибором рухомих посадок, наприклад, підшипників ковзання, виконуються на основі гідравлічної теорії тертя і потребують визначення необхідного зазору для забезпечення рідинного тертя. В інших випадках зазори можуть розраховуватися за умовами компенсації відхилення форм та розташування поверхонь для забезпечення безперешкодного збирання деталей. При цьому підлягають аналізу з точки зору опору матеріалів витривалість на міцність усіх деталей з'єднання. Можливі також розрахунки за умови забезпечення необхідної точності переміщення деталей або фіксації їх взаємного розташування, теоретичні розрахунки зазорів для компенсації температурних деформацій деталей тощо.

Розрахунки, пов'язані з вибором посадок у нерухомих з'єднаннях, зводяться до визначення міцності з'єднань, напружень і деформацій sprяжених деталей, а також до визначення зусиль запресування та розпресування. У результаті тих чи інших розрахунків необхідно отримати допустимі найбільші та найменші значення зазорів (S_{max} , S_{min}) і натягів (N_{max} , N_{min}). Необхідно в процесі розрахунків брати до уваги вплив шорсткості sprяжених поверхонь, середовище, в якому будуть експлуатуватися вироби.

Посадки із зазором передбачені для рухомих і нерухомих з'єднань. У рухомих з'єднаннях зазор передбачений для забезпечення довільного переміщення деталей, розміщення шару змащення, компенсації температурних деформацій, відхилення форми та розташування поверхонь, похибки збирання, кваліфікації робітника тощо. У нерухомих з'єднаннях посадки із зазором використовують для забезпечення безперешкодного збирання. Їх відносна нерухомість забезпечується до датковим кріпленням шпонками, гвинтами, болтами,

штифтами тощо. Під час вибору посадки для рухомих з'єднань слід враховувати відхилення форми та розташування поверхонь, запас на регулювання розташування деталей, їх центрування, вільний вхід однієї деталі в іншу, температурні фактори тощо.

Перехідні посадки використовуються в нерухомих роз'ємних з'єднаннях для центрування деталей, які за необхідності можуть зсуватися вздовж вала. Ці посадки характеризуються малими зазорами та натягами, що дозволяє з'єднувати деталі вручну або з невеликими зусиллями. Як показують аналітичні дослідження, для гарантії нерухомості однієї деталі відносно іншої їх додатково закріплюють шпонками, гвинтами та іншими кріпильними засобами. Сполучення високої точності центрування з відносною легкою збирання і розбирання з'єднань можливе лише при невеликих змінах натягу й зазору. Унаслідок цього перехідні посадки передбачені тільки в 4–8 квалітетах точності. Теоретичні обчислення показали, що в них точність вала на один квалітет має бути менше отвору (зменшується кошторис виготовлення). Легкість збирання та розбирання з'єднань із перехідними посадками, як і характер посадки, визначає математична ймовірність отримання зазору чи натягу. Чим більші вимоги до центрування, тим із більшим середнім натягом назначаються посадки, чим частіше розбирання, тим із меншим натягом необхідно вибрати перехідні посадки.

Посадки з натягом передбачені для нерухомих нероз'ємних з'єднань, або тих, які розбираються в окремих випадках для ремонту. Відносна нерухомість деталей при таких посадках досягається за рахунок напружень, які виникають у матеріалах спряжених деталей внаслідок дії деформації їх контактних поверхонь. Науково-дослідним шляхом встановлено співвідношення товщини деталей, що з'єднуються для запобігання їх деформацій. За інших рівних умов напруження пропорційне натягу.

На відміну від інших засобів забезпечення нерухомості деталей у з'єднанні при передачі навантажень посадки з натягом дозволяють спростити конструкцію і збирання деталей та забезпечують високу ступінь їх центрування. Інколи застосовують додаткове кріплення, наприклад, болтами.

У статті подано лише аналітичний матеріал. Опрацювання цієї теми продовжується, тому в наступних матеріалах будуть подані підсумки.

Висновки. Матеріали дослідження дають можливість підвищити під час практичних та лабораторних занять кваліфікацію майбутніх інженерів для нашої держави.

Список джерел інформації / References

1. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : підручник / Г. К. Якимчук, Ю. С. Кирилук, Г. А. Саранча, за ред. Г. К. Якимчука. – К. : Основа, 2006. – 560 с.

Yakymchuk H. K., Kyrylyuk Yu. Ye., Sarancha H. A., (2006), *Interchangeability, standardization and technical measurements [Vzayemozaminnist, standartyzatsiya ta tekhnichni vymiry]*, Osнова, Kyiv, 560 p.

2. Саранча Г. А. Метрологія, стандартизація та управління якістю / Г. А. Саранча., – К. : Либідь, 1993. – 256 с.

Sarantsa H. A. (1993), *Metrology, standardization and quality management [Metrolohiya, standartyzatsiya ta upravlinnya yakisty]*, Lybid, Kyiv, 256 p.

Куценко Віктор Анатолійович, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)337-86-35, 0983064977; e-mail: httpm@gmail.com.

Куценко Віктор Анатоліевич, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)337-86-35, 0983064977; e-mail: httpm@gmail.com.

Kutsenko Viktor, Cand. of Techn. Sc., Associate Professor, the Faculty of Equipment and Technical Service, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)337-86-35, 0983064977; e-mail: httpm@gmail.com.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.04.2017. ХДУХТ, Харків.*

УДК 621.565.93.95

ВИКОРИСТАННЯ CO₂ У СИСТЕМАХ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

О.В. Петренко, Д.П. Семенюк, І.Р. Діц

Розглянуто інженерні рішення холодильних схем, що найчастіше застосовуються під час проектування централізованих систем холодопостачання на CO₂. Досліджено переваги, недоліки та шляхи підвищення ефективності систем холодопостачання торговельних підприємств із застосуванням CO₂.

Ключові слова: холодоагент, CO₂, система холодопостачання, холодильна централь, субкритична каскадна, транскритична бустерна.