

Деталь, способы восстановления, ремонт, качество ремонта.

Imposed the method of calculating rational way of technological equipment's details recovery based on position of materials consumption and economic feasibility of repair parts.

Detail, methods of recovering details, repair, quality of repair.

УДК 621.774.001

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ ВИРОБІВ
В ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ**

***А.П. Мартинов, кандидат технічних наук
Донбаська державна машинобудівна академія***

***Г.О. Іванов, кандидат технічних наук
Миколаївський національний аграрний університет***

***О.М. Бистрий, інженер
Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

Проведено аналіз особливостей формування у майбутніх спеціалістів навиків проектування виробів з обґрунтованим вибором виду взаємозамінності. Пропонується комплекс технічних і організаційних заходів по удосконаленню процесу навчання, методичі нормування точності і технологічності складання виробів.

Спеціаліст, виробництво, виріб, галузь, машинобудування.

Постановка проблеми. В умовах ринкової економіки якість підготовки випускників технічних і аграрних вищих навчальних закладів визначається, головним чином, ступенем формування у майбутніх спеціалістів навиків та вміння виробляти конкурентоспроможну продукцію. Тому вища школа повинна інтегрувати в свої освітні стандарти, в навчальні плани і структуру основних дисциплін, сукупні вимоги виробництва і бізнесу, причому бажано з врахуванням особливостей кадрового забезпечення підприємств регіону.

Навчальний процес по профільюючим дисциплінам спрямований на стимулювання студентів до використання на практиці тих знань і вмінь, які необхідні професійно підготовленому випускнику.

© А.П. Мартинов, Г.О. Іванов, О.М. Бистрий, 2015

Аналіз останніх досліджень. В процесі виготовлення будь-якого виробу всіх типів виробництва машин, в кінцевому рахунку, вирішується задача забезпечення його складання з забезпеченням відповідного виду геометричної взаємозамінності.

Типові технологічні процеси складання машинобудівних виробів і основні підходи до забезпечення технологічності представлені в літературі, наприклад, у [1], а з врахуванням особливостей важкого машинобудування також в [2], де, однак, не має рекомендації за методикою навчання спеціалістів цієї галузі знань.

В процесі виготовлення будь-якого виробу за всіх типів виробництва вирішується завдання забезпечення технологічності складання із забезпеченням відповідного виду взаємозамінності. В спеціальної технічної літературі широко використовується термін «оброблюваність» деталі, під якою розуміють здатність матеріалів піддаватися оброблянню різанням або, інакше, комплекс властивостей матеріалів, що забезпечують при їх обробленні різанням досягнення оптимальних значень основних технологічних показників (швидкість різання, якість поверхні, сили різання тощо) [3].

Проблема забезпечення технологічності складання є комплексною і включає, понад все, питання визначення оптимальних допусків, граничних відхилів і посадок при проектуванні виробу з обґрунтуванням вибором виду взаємозамінності (повна, неповна, групова, з пригонкою або з регулюванням).

Послідовність процесів проектування, виготовлення з'єднань і складання виробів машинобудування показує, що важливою стороною в діяльності вищих і середніх навчальних закладів є здійснення процесу безперервної підготовки студентів з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання» протягом всього періоду навчання.

При проектуванні конструкторської технологічної документації, що пов'язана з вибором необхідної точності поверхонь та їх шорсткості, обґрунтуванням посадок з врахуванням технологічних особливостей обробки і, особливо, з обґрунтованим нормуванням відхилів форми і розташування поверхонь необхідно, враховувати сучасні діючі стандарти на основні норми взаємозамінності, оскільки це в першу чергу формує якісні показники машинобудівних виробів і їх конкурентоспроможність [4].

В процесі навчання перелічені заходи формують та закладають фундамент інженерного мислення в галузі проектування, виготовлення і контролю конкурентоспроможності продукції.

Тому рівень кваліфікації спеціаліста в галузі виготовлення виробів в значній ступені залежить від якості підготовки його по дисципліні «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання».

Складність дисципліни – в органічному зв'язку положень, що розглядаються, і технічних рішень по питанням, що відносяться до виконання виробом службового призначення, технології його виготовлення і складання (частіше всього тут, говорячи мовою філософії, має місце «закон єднання і боротьби протилежностей»), а також до контролю готової продукції, забезпечення її якості – багатьох із цих питань студенти до цього не вивчали.

Тому дуже важливо, щоб в початковій літературі знаходили відбиття сучасні представлення і методики нормування точності, призначення посадок в з'єднаннях, в тому числі, наприклад, в складаних одиницях зі стандартними вальниціями кочення, які є найбільш розповсюдженими в машинобудівних виробках незалежно від їх серійності.

Методики нормування точності вальниць кочення. Незважаючи на те, що складанні одиниці зі стандартними вальниціями кочення (загальні технічні умови – за ДСТУ ГОСТ 520-2003) є найбільш поширеними у машинобудівних виробках незалежно від їх серійності, процес їх з'єднання з деталями досліджено недостатньо – комплексні дослідження проведені лише стосовно радіальних дворядних роликів вальниць типу 3182100 (ГОСТ 7634-75) з конічним отвором, при установці яких радіальний зазор у вальниці регулюється шляхом осевого переміщення внутрішнього кільця відносно конічної шийки шпинделя [5, 6].

Метою досліджень є дослідження загальних факторів, що забезпечують точність складаних одиниць з вальниціями кочення з досягненням при цьому потрібного характеру сполучення кілець з поверхнями вала та отвору.

Результати досліджень. Проблема забезпечення складності є комплексною і включає, передусім, питання призначення оптимальних допусків, граничних відхилів і посадок при проектуванні.

Посадки вальниць кочення на вал і в корпус мають вибиратись з врахуванням типу і розміру вальниці, умов її експлуатації, значення і характеру навантажень, що діють на неї, але, перш за все, як відомо, виду навантаження кілець: місцеве, циркуляційне чи коливальне.

Згідно найбільш поширеного серед практиків довідника [7], а також усіх без винятку підручників і навчальних посібників посадка циркуляційно навантаженого кільця вальниці визначається за так званою інтенсивністю радіального навантаження за формулою:

$$P_R = \frac{R}{(B - 2 \cdot r)} \cdot k_D \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (1)$$

де: P_R – інтенсивність радіального навантаження, кН/м;

R – постійне за напрямком радіальне навантаження, кН;

k_D – динамічний коефіцієнт посадки, що залежить від навантаження (за перевантаження до 150 %, помірних поштовхах і вібрації $k_D = 1$, за перевантаження до 300 %, сильних поштовхах і вібраціях $k_D = 1,8$);

k_1 – коефіцієнт, що враховує ступінь послаблення посадкового натягу за порожнистого вала і тонкостінного корпусу (для вала порожнистого $k_1 = 1-3$; суцільного – $k_1 = 1$, для корпусу $k_1 = 1-1,8$);

k_2 – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження R між рядами роликів у дворядних конічних роликівих вальниціях чи між подвоєними кульковими вальниціями за наявності осьового навантаження на опору ($k_2 = 1-2$; за відсутності осьового навантаження $k_2 = 1$);

B – ширина підшипника, м;

r – радіус закруглення фаски кільця, м.

Для вибору місцево навантажених кілець у згаданих джерелах наводяться рекомендовані поля допусків отворів і валів залежно від типу вальниці, умов роботи і характеру навантаження. Ця методика і величини коефіцієнтів наводяться з посиланням на публікації 1948-1956 років без будь-яких доказів. Якщо динамічний коефіцієнт (k_D) визначити ускладнено, посадку можна визначити за мінімальним натягом між циркуляційно навантаженим кільцем і поверхнею деталі. Послідовність розрахунків.

Визначаємо найменший натяг циркуляційно навантаженого кільця за формулою:

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

де: N_{min} – найменший розрахунковий натяг, що забезпечує необхідну міцність з'єднання циркуляційно навантаженого кільця вальниці з валом, мм;

R – радіальне навантаження на вальницю, кН;

k – конструктивний коефіцієнт, що залежить від серії вальниці ($k = 3,5$ – особливо легка серія; $k = 2,8$ – легка серія; $k = 2,3$ – середня серія; $k = 2,0$ – важка серія).

Вибираємо необхідну стандартну посадку, що відповідає умові:

$$N_{min.cm} \geq N_{min}. \quad (3)$$

де: $N_{min.cm}$ – найменший натяг стандартної посадки.

Натомість, як відомо, чинним в Україні є ГОСТ 3325-85, де наведені не тільки методологічні основи призначення посадок кілець вальниць, а також докладні таблиці для їх вибору з врахуванням, перш за все, режиму її роботи (залежно від співвідношення діючого радіального навантаження та динамічної вантажопідйомності вальниці), виду розглянутого вище навантаження, типу та діаметру валь-

ниці і навіть з численними прикладами машин і складаних одиниць. До речі, з посиланням на цей стандарт в [7] наведено укладену таблицю з простим переліком рекомендованих полів допусків і посадок кілець різних типів вальниць залежно тільки від виду навантаження, але без прикладів обґрунтованого підбору посадок.

Порівняльний аналіз обох методик призначення розглядуваних посадок чи полів допусків показує наступні їх відмінності.

В таблицях для вибору посадок кілець з циркуляційним навантаженням за методикою [7] відсутні деякі поля допусків валів, а саме $r6$, $r6$, $r7$, що рекомендуються ГОСТ 3325-85 для численного класу машин та агрегатів, працюючих в важких умовах та полів допусків з основним відхилом h , передбачених стандартом для прецизійних машин (гідромотори, малогабаритні електромашини, внутрішліфувальні шпинделі та ін.) і вальниць на закріплювальних втулках (ГОСТ 8545-75).

Для місцево навантажених кілець зазвичай потрібні посадки з зазором або перехідні з більшою ймовірністю зазору - за такою посадкою кільце під дією пускового моменту, поштовхів і вібрацій час від часу прокручується відносно сполученої поверхні, завдяки чому забезпечується рівномірне спрацювання доріжки кочення і можливість осьового переміщення з компенсацією таким чином температурних деформацій.

Для вибору посадок таких кілець ГОСТ 3325-85, на відміну від матеріалів в [7], наведені конкретні посадки, звичайно, з врахуванням потрібного класу точності вальниці і режиму роботи відповідної машини.

Але недоліком у методиці вибору згідно праці [7] і інших вищенаведених джерел є те, що вони не враховують особливості виготовлення складаних одиниць з рознімними корпусами. Як свідчить досвід машинобудування, номінальна (розрахункова) довговічність з'єднань з вальницями кочення в реальних умовах може набагато знижуватися через деформації кілець вальниць, недостатню площу прилягання їх до поверхонь (менше 70...75 %) через необґрунтоване призначення технічних вимог до точності з'єднань і поверхонь з'єднаних деталей, а також деформації обох частин корпусу після оброблення площин роз'єму та отворів (тут після попереднього їх складання). Останнє зумовлене технологічною спадковістю, пов'язаною з деформаціями, які виникають при обробці деталей [8, 11], особливо отворів нежорстких (якими є корпусні деталі), через перерозподіл внутрішніх залишкових напружень в товщі металу [9].

Для мінімізації цього явища при виготовленні і складанні рознімних корпусів виконують ряд заходів, спрямованих на забезпечення якості складаних одиниць, що розглядаються. Так, наприклад, змі-

щення е осі отвору відносно площини роз'єму обмежують допусками (рис. 1,а), а перед установкою крупних вальниць в напів отвори припасовують його посадкові поверхні на ділянках, прилеглих до площини роз'єму, виконуючи так званий розвал, розміри якого регламентовані спеціальним нормативним документом залежно від габаритів отвору (рис. 1,б).

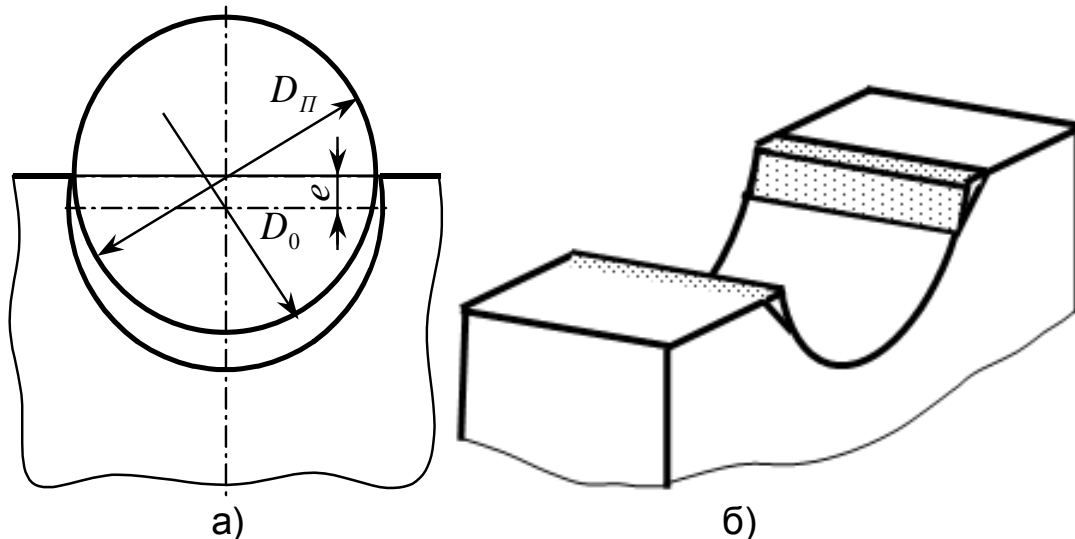


Рис. 1. Схема установки зовнішнього кільця вальниці в напівотвір корпусу (а) та припасування поверхонь (б).

Неважко побачити з рис. 1,а, що умову складання зовнішнього кільця вальниці з напівотвором можна виразити умовою:

$$2\sqrt{\frac{D_0^2}{4} - e^2} \geq D_{II}, \quad (4)$$

де: D_{II} і D_0 – дійсні діаметри зовнішнього кільця відповідно вальниці і отвору корпусу відповідно.

Після нескладних розрахунків отримаємо, що теоретично складання забезпечується за умови [9], що:

$$e \leq \frac{1}{2}\sqrt{D(ES_0 - \Delta D_m)}. \quad (5)$$

Тут D – номінальний діаметр з'єднання; ΔD_m і ES_0 – відповідно нижній відхил зовнішнього діаметра кільця вальниці і верхній відхил отвору корпусу.

Розрахунки з врахуванням ГОСТ 25346-82 (приймалися 6 і 7 квалітети для отворів) і ГОСТ 3325-85 показали, що, наприклад, для діапазону діаметрів 100...500 мм, найбільш поширеного у крупних редукторах, допустима величина зміщення осі отвору відносно площини роз'єму корпусу складає 1...4 мм [8], що з урахуванням економічно досяжної точності вивірювання борштанги розточувальних верс-

татів практично не обмежує складаності складанної одиниці вальниці. Щоб гарантувати зазор у з'єднаннях зовнішніх місцево навантажених кілець вальниці в отворах роз'ємних корпусів відповідно до ГОСТ 3325-85 рекомендується призначати поля допусків $H6$, $H7$, $G6$, $G7$ незалежно від типу вальниці, габаритів і умов експлуатації. Схема розташування полів допусків з'єднань зовнішнього кільця вальниці згідно рекомендованих варіантів наведена на рис. 2.

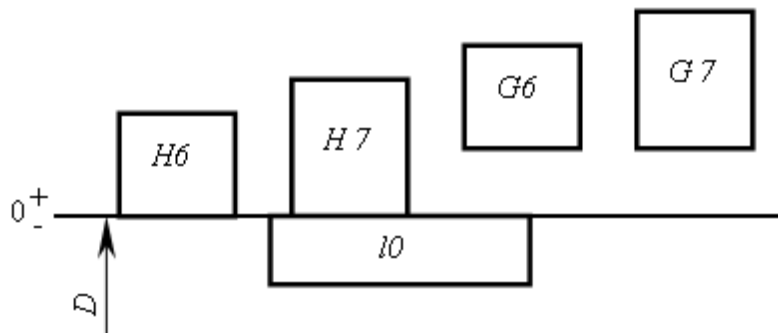


Рис. 2. Схема розташування полів допусків зовнішнього кільця вальниці ($I0$) і отвору ($H6$, $H7$, $G6$, $G7$) в корпусі.

Зауважимо, що поля допусків $JS7$, $K7$ і $M7$, які наведені серед інших в таблицях [7] та інших вищезгаданих джерелах для отворів тут взагалі недопустимі, бо, по перше, з полями допусків кілець $I0$, $I6$ і ін. вони дадуть перехідні (а не з зазором!) посадки, а по друге, не враховують описані виробничі явища технологічної спадковості.

Як показує виробничий досвід, на діаметри отворів роз'ємних корпусів призначаються поля допусків з основним відхилом H . Це, на наш погляд, пояснюється звичним традиційним принципом призначення полів допусків на розміри усіх внутрішніх поверхонь в "тіло" деталі, тобто в даному випадку в "плюс" від нульової лінії, що технологічно раціонально. Незважаючи на це, не завжди якість складання, особливо крупних рознімних корпусів, відповідає необхідним нормам. Виробничі спостереження показали, що частенько для установки вальниць при припасуванні доводиться знімати шар, в 2...3 рази більший за нормований.

Проведені розрахунки середніх зазорів у з'єднаннях у разі використання полів допусків отвору $H6$, $H7$, з одного боку, і полів допусків $G6$, $G7$, з іншого боку (за схемою рис. 2) показали, що в останньому випадку величина зазору в з'єднаннях з номінальними діаметрами 100...500 мм більше в 1,2...1,7 разів [9].

Принадно зауважити, що у разі призначення на отвори таких корпусів полів допусків $H6$, $H7$ та характерної через психологічний чинник оператора від'ємної асиметрії при обробки отвору за методом пробних проходів, зазори в з'єднаннях (особливо з урахуванням

відхилів форми і розташування сполучених поверхонь) взагалі близькі до 0, а в деяких випадках (при несприятливому підсумовуванні відхилів поверхонь в процесі складання) замість необхідних для експлуатації зазорів в таких з'єднаннях фактично може утворюватись навіть натяг.

Висновки

1. При проектуванні складаних одиниць з вальницями кочення посадки циркуляційно навантажених кілець потрібно призначати з врахуванням співвідношення величини навантаження та динамічної вантажопідйомності.

2. На діаметри отворів роз'ємних корпусів під зовнішні кільця з місцевим навантаженням доцільно призначати поля допусків *H6, H7, G6, G7*, а в крупних складаних одиницях - поля допусків *G6, G7*, що дозволить створити зазор в з'єднанні із кільцем, а, значить, можливість періодичного повертання останнього в процесі експлуатації складаної одиниці вальниці і зниження нерівномірності зносу доріжок кочення і пов'язаного з цим підвищення довговічності складаних одиниць з вальницями кочення.

Список літератури

1. *Машиностроение*. Энциклопедия. Т.Ш-5 Технология сборки в машиностроении / *А.М. Дальский* [и др.]. – М.: Машиностроение, 2005. – 640 с.
2. *Martynov A.P. Standart Machine Elements, Power Transmissions and Pipelines / A.P. Martynov, A.I. Zhabin // Assembly practice in Machine Building*. – Moscow: Mir Pablishers, 1987. – P. 226–255.
3. *Мартинов А.П.* Складаємість з'єднань в машинобудівних виробках з врахуванням стандартів GPS / *А.П. Мартинов // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем* : зб. наук. пр. – Краматорськ, 2012. – Вип. 30. – С. 279–285.
4. *Мартинов А.П.* Современное состояние стандартов на основные нормы взаимозаменяемости и формирование инженерных навыков выпускников вузов / *А.П. Мартинов, Р.М. Трищ // Современное образование и интеграционные процессы* / Сб. науч. трудов междунар. научно-метод. конференции. – Краматорск, 2012. – С. 242–249.
5. *Блаер И.Л.* Метод устранения перекосов беговой дорожки роликоподшипников / *И.Л. Блаер // Вестник машиностроения*. – 2005. – №11. – С. 8–11.
6. *Мартынов А.П.* Исследования собираемости крупных шпиндельных узлов с подшипниками качения / *А.П. Мартынов, О.Ф. Бабин, И.С. Коваленко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем* : зб. наук. пр. – Краматорськ, 2009. – Вип. 24. – С. 142–152.
7. *Палей М.А.* Допуски и посадки : справочник / *М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский*. – С-Пб.: Политехника, 2001. – 576 с.
8. *Іванов Г.О.* Дослідження процесу високопродуктивного шліфування деталей сільськогосподарських машин / *Г.О. Іванов, В.В. Дитинченко, В.В. Кушнар'єв // Вісник аграрної науки Причорномор'я*. – Миколаїв, 1998. – Вип. 2. – С. 123–129.

9. Гинкул С.П. Оптимальная последовательность операций механической обработки корпусных деталей / С.П. Гинкул // Судостроительная промышленность. Технология и организация производства судового машиностроения. – 1986. – С. 31–37.
10. Мартынов А.П. Конструктивно-технологічні фактори підвищення складанності складаних одиниць з вальницями кочення / А.П. Мартынов, Г.О. Іванов // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв, 2013. – Вип. 2. – С. 186–193.
11. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : підручник / Г.О. Іванов, В.С. Шебанін, Д.В. Бабенко, С.І. Пастушенко ; за ред. Г.О. Іванова і В.С. Шебаніна. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 577 с.

Проведен анализ особенностей формирования у будущих специалистов навыков проектирования изделий с обоснованным выбором вида взаимозаменяемости. Предлагается комплекс технических и организационных мер по усовершенствованию процесса обучения, методике нормирования точности и технологичности составления изделий.

Специалист, производство, изделие, область, машиностроение.

The analysis of features of formation at future experts of skills of design of products with reasonable choice of type of interchangeability is carried out. The complex of technical and organizational measures for training process improvement, technique of rationing of accuracy and technological effectiveness of drawing up products is offered.

Expert, production, product, area, mechanical engineering.

УДК 658.531:631.3

ОСНОВНІ НАПРЯМИ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНИХ НОРМ В РЕМОНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**З.В. Ружило, І.Л. Роговський, кандидати технічних наук
В.І. Мельник, кандидат економічних наук**

Наведено та обґрунтовано напрями розроблення системи технічних норм в ремонтному виробництві агропромислового комплексу.

Напрямы, система, норма, ремонт, виробництво.

Постановка проблеми. За роки незалежності України в агропромисловому комплексі відбулися суттєві зміни кількісного і якісного

© З.В. Ружило, І.Л. Роговський, В.І. Мельник, 2015