

онування системи управління якістю / Ф. Грищенко, Т. Лісніченко // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2014. - №5. – С. 23-32.

5. Хмель В. Упровадження та сертифікація систем управління. Показники моніторингу/ В.Хмель, Л. Бараболя // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2013. - №2. – С. 49-52.

6. Севастьянов А. Міжнародні стандарти систем управління для вирішення проблем безпеки й сталого розвитку / А. Севастьянов // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2012. - №4. – С. 41-49.

7. Лук'яненко В. Упровадження інтегрованих систем менеджменту на підприємствах України / В. Лук'яненко, І. Галич, О.Жиліна // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2012. - №1. - С. 58-61.

8. Віткін Л. Еволюція систем управління якістю вищого навчального закладу / Л. Віткін, З. Борисенко, О. Глухова, К. Карандєєв // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2012. - №3. - С. 40-45.

9. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. (ISO 9000:2005, IDT): ДСТУ ISO 9000 : 2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 29 с. – (Національний стандарт України).

10. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT): ДСТУ ISO 9001 : 2009. – [Чинний від 2009-09-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 26 с. – (Національний стандарт України).

11. Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю (ISO 9004: 2009, IDT) : ДСТУ ISO 9004:2012. – [Чинний від 2012-11-28] – К. : Держспоживстандарт України, 2012. – 29 с. – ( Національний стандарт України).

12. ISO /DIS 9001:2015 (DraftInternationalStandard)// Офіційний веб-сайт ISO.- Режим доступу: [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_ics.htm](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics.htm) .

### **Руденко В.П. Требования и различия новой версии международных стандартов качества**

*Проведено сравнительный анализ новой пятой версии международных стандартов качества серии ISO 9000. Установлено и систематизированы изменения и различия требований стандартов согласно ISO / DIS 9001: 2015. Доказана целесообразность и условия применения новых требований международных стандартов качества на предприятиях агропромышленного комплекса.*

**Ключевые слова:** качество, требования, продукция и услуги, международные стандарты, системы управления качеством, риски, безопасность, агропромышленное производство.

### **Rudenko V. Requirements and differences the new version of the international quality standards**

*A comparative analysis of the new fifth version of international quality standards ISO 9000. Series was established and systematized changes and differences in accordance with the standards ISO / DIS 9001: 2015. The expediency and conditions of use of the new requirements of international quality standards for agricultural enterprises.*

**Keywords:** quality requirements, products and services, international standards of quality management system, risk, security, agricultural production.

Стаття надійшла в редакцію: 22.04.2015р.

Рецензент: д.т.н., проф.Кочмола М.М.

УДК 621.914.1

### **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТОКІВ ПРИ СКЛАДАННІ ПРЯМОБІЧНИХ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬВ АВТОМАТИЧНОМУ РЕЖИМІ**

**С. Г. Бондарев**, к.т.н., доцент

**О. В. Рясна**

Сумський національний аграрний університет

*При виконанні математичних розрахунків теплообміну був використаний метод математичного моделювання теплових потоків при складанні шліцьових з'єднань з базуванням по ширині шліців для усього спектру типорозмірів. Завдяки запропонованій моделі можливо достатньо точно визначити температуру нагрівання охоплюючої втулки, що забезпечує ймовірність складання біля 100 відсотків.*

*Залишається проблемою складання шліцьових з'єднань з посадкою по ширині шліців Р10/к7для вирішення поставленої мети були проаналізовані теплові потоки, які мають місце при термічному складанні шліцьових з'єднань. Для вирішення проблеми з нагріванням охоплюючої шліцьової втулки, так як її перегрівання спричиняє різку витрату часу, людських ресурсів та електричної енергії, а недостатнє нагрівання спричиняє передчасне схоплення втулки, яка ще не зайняла необхідне по-*

ложення відносно охоплюючої поверхні.

**Ключові слова:** прямобічні шліцьові з'єднання, натяг по ширині шліців.

**Постановка проблеми.** У загальному вигляді прямобічних шліцьових з'єднань з центруванням по бічним поверхнями, для перехідної посадки Р10/к7, яка містить максимальний натяг рис. 1.

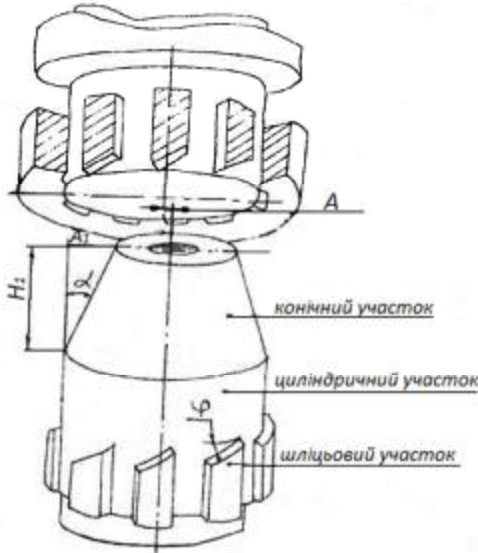


Рис.1.Шліцьова пара під час складання [1].

Вільне, без заїдання, чи заклинювання переміщення шліцьової втулки, відносно шліцьового вала, для перехідних посадок, можливе при  $\Delta b \gg 0$ , де  $\Delta b$  - зазор між поверхнями базування шліцьового з'єднання, і раціонально забезпечується лише за рахунок температурних деформацій деталей з'єднання. Разом з тим, зміна температури деталей пов'язана з додатковими витратами, та найчастіше сприяє погіршенню якості виробу.

**Аналіз останніх досягнень.** У зв'язку з незначними розмірами деталей припустимо, що температурне поле в них рівномірне, оскільки при цьому температурна деформація деталей також рівномірна, а збільшення відстані між двома протилежними площинами шліця дорівнює:

$$\Delta b_{em} = ab(T - T_0),$$

де  $\Delta b_{em}$  збільшення ширини шліця  $b$  втулки, утворене в результаті її нагрівання від  $T_0$  до  $T$ ;

$a$  - коефіцієнт лінійного розширення матеріалу.

При посадці з натягом ширина зуба:

$$b_e \geq b_{em}, b_e = b + \Delta b_e,$$

$$b_{em} = b + \Delta b_{em}, |\Delta b_e| \ll b, |\Delta b_{em}| \ll b,$$

де  $b_e$  - ширина шліця вала;

$b_{em}$  - ширина шліцьового паза втулки;

$b$  - номінальний розмір шліця;

$\Delta b_e$  - збільшення ширини шліця  $b$  втулки, утворене в результаті її охолодження від  $T_0$  до  $T$ ;

$\Delta b_{em}$  - збільшення ширини шліця  $b$  втулки, утворене в разі її нагрівання, від  $T_0$  до  $+T$ ;

$\Delta b_{min}$  - мінімальний складальний зазор між

поверхнями базування.

**Постановка задачі.** Розробка математичної моделі теплообміну між приєднувальною шліцьовою втулкою та валом упродовж відносного руху до закінчення процесу складання.

**Методи рішення.** Для того, щоб шліцьова втулка безперешкодно зайняла своє місце на валу, необхідно забезпечити умови;  $b_e < b_{em}$ , або  $b_{em} - b_e = \Delta b_{min} > 0$ . Величина  $\Delta b_{min}$  визначається температурними деформаціями деталей у кінцевий момент часу складання і температурою:

$$\Delta b_{min} = \Delta b_{em} - \Delta b_{e\text{вала}} + b(\alpha_{em} T_{em} - \alpha_e T_e + T_0(\alpha_e - \alpha_{em})) \quad (1)$$

Якщо шліцьовий вал та втулка виготовлені з одного матеріалу, тоді

$$\alpha_{em} = \alpha_e = \alpha \text{ і рівність (1) прийме вид:}$$

$$\Delta b_{min} = \Delta b_{em} - \Delta b_e + b\alpha(T_{em} - T_e). \quad (2)$$

У цьому випадку задача полягає у визначенні таких температур вала  $T_{e1}$  та втулки  $T_{em1}$  на початку, які б під час складання, при кімнатній температурі  $T_e$  забезпечували при завершенні технологічної операції, відповідну температуру  $T_{e.3}$  та  $T_{em.3}$ , що гарантує зазор між базовими поверхнями  $\Delta b_k = \Delta b_{min} > 0$ .

Побудуємо математичну модель процесу теплообміну між шліцьовою парою. Нехай з'єднання складається зі шліцьового вала масою  $m_e$  з питомою теплоємністю  $C_{e.}$ , та втулкою, з масою  $m_{em}$  і питомою теплоємністю  $C_{em.}$ , причому  $m_e \gg m_{em}$ . Процес складання можливо поділити на два етапи, сумарною тривалістю:

$$T_{\Sigma} = T_{повім.} + T_{e.}, \quad (3)$$

де  $T_{везд.}$  час транспортування деталей від джерела термовпливу на складальну позицію  $T_{вв} = T_1 + T_2 + T_3$  де  $T_{вв}$  сумарний час переміщення шліцьової втулки по:  $T_1$  - забірному конусу,  $T_2$  - циліндричній ділянці;  $T_3$  - шліцьовій ділянці вала до завершення процесу складання рис.1. На кожному етапі, процес теплообміну, як з навколишнім середовищем, так із елементами з'єднання протікає не однаково, тому розглянемо їх окремо.

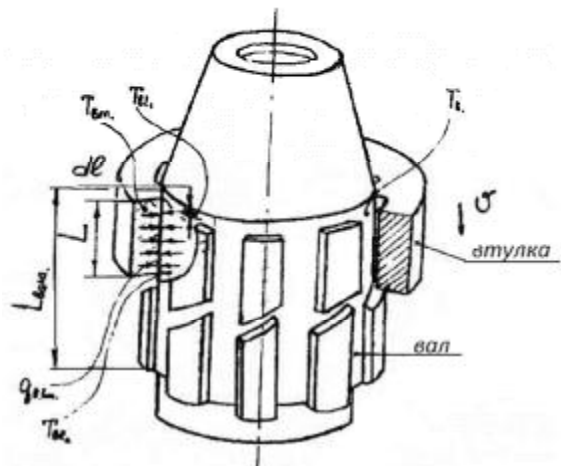


Рис.2. Поширення теплового потоку між шліцьовою втулкою та валом.

**Мета роботи** полягає в математичному моделюванні теплових потоків при автоматичному складанні прямобічних шліцьових з'єднань для усього спектру типорозмірів та посадок включаючи перехідну посадку.

**Результати досліджень. Етап перший.** У разі термовпливу, шліцьовий вал має температуру  $T_{e1}$ , автулка  $T_{em1}$ . При цьому, зміна температури деталей відбувається у разі тепловіддачі в навколишнє середовище зазвичай за допомогою зовнішніх поверхонь. Середній коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_0$ , враховує теплообмін між шліцьовою втулкою, або валом при охолодженні.

Площа розсіювання для втулки:  $S_{em} = S_1 + 2S_2 + S_3$ , де  $S_1 = \pi d_1 L$  площа зовнішньої циліндричної поверхні шліцьової втулки

рис.2;  $S_2 = \frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} - zb \left( \frac{D-d}{2} \right)$  - площа торця

втулки;  $S_3 = (\pi d + z(D-d))L$  - площа внутрішньої поверхні шліцьової втулки.

Площа розсіювання для вала: площа зовнішньої шліцьової поверхні вала -  $S_e = (\pi d + z(D-d))L$ ,

периметр шліцьової поверхні -  $\Pi = \pi d + z(D-d)$ , площа поперечного перетину шліцьового вала

$$- S_{nep} = \frac{\pi d^2}{4} + zb \left( \frac{D-d}{2} \right)$$

Нестационарний теплообмін з навколишнім середовищем можливо описати двома рівняннями, складеними на підставі закону Ньютона - Римана:

$$C_{em} m_{em} dT_{em} = -\alpha_0 S_e (T_{em} - T_0) dt \quad (4)$$

$$\alpha_{e-em} = \frac{\lambda_{nosim}}{S_3} \left( \frac{S_d}{\Delta d_0 + \alpha \cdot d \cdot \Delta T_{e-em}} + \frac{S_D}{\Delta D_0 + \alpha \cdot D \cdot \Delta T_{e-em}} + \frac{S_b}{\Delta b_0 + \alpha \cdot b \cdot \Delta T_{e-em}} \right) \quad (12)$$

Оскільки рішення рівняння з урахуванням залежності  $\alpha_{e-em} = f(\Delta T)$

ускладнено, будемо використовувати в першому наближенні середнє значення  $\alpha_{e-em}$  в інтервалі температур  $(\Delta T_{min}, \Delta T_{min} + \Delta T)$ :

$$\alpha_{e-em} = \frac{\Delta T_{min} + \Delta T}{\Delta T_{min}} \int_{\Delta T_{min}}^{\Delta T_{min} + \Delta T} \alpha_{e-em}(\Delta T_{e-em}) d(\Delta T_{e-em}) \quad (13)$$

де  $\Delta T_{min}$  - мінімальна різниця температур між шліцьовими, валом та втулкою при якій існує мінімальний технологічний зазор по поверхнях базування.

Під час  $0 \leq \tau \leq \tau_2$ , втулка пересувається по циліндричній ділянці вала. Якщо справедливо  $q_D$  і  $q_b \rightarrow 0$  тоді:

$$\alpha_{e-em} = k_{02} \ln \left( \frac{\Delta T_{min} + \Delta T + T_d}{\Delta T_{min} + T_d} \right), \quad (14)$$

$$\text{де } k_{02} = \frac{\lambda_{nosim} S_d}{\alpha \cdot d \cdot S_3}, T_d = \frac{\Delta d_0}{d} \frac{1}{\alpha}, \Delta T_{min} = T_{em3} - T_{e3}$$

У період часу  $\tau_2 \leq \tau \leq \tau_2 + \tau_3$  втулка переміща-

$$C_{em} m_{em} dT_{em} = -\alpha_0 S_{em} (T_{em} - T_0) dt \quad (5)$$

Рішення цих рівнянь дає:

$$T_{e2} = (T_{e1} - T_0) e^{\frac{\alpha_0 S_e \tau}{C_{em} m_{em}}} + T_0 \quad (6)$$

$$T_{em2} = (T_{em1} - T_0) e^{\frac{\alpha_0 S_{eem}}{C_{em} m_{em}}} + T_0 \quad (7)$$

де  $T_{e2}$  і  $T_{em2}$  відповідно температура шліцьового вала, та втулки наприкінці першого етапу

**Етап другий.** На цьому етапі теплообмін відбувається між поверхнями контактування. Теплообмін між ними розглядається виходячи з рівності теплового

потoku по поверхнях контакту вала, втулки та зазору, по відповідних поверхнях  $\Delta_D, \Delta_d, \Delta_b$ , які дорівнюють:

$$q = \lambda_{nosim} (T_{em} - T_e) \frac{1}{\Delta D} \quad (8)$$

$$q_d = \lambda_{nosim} (T_{em} - T_e) \frac{1}{\Delta d} \quad (9)$$

$$q_b = \lambda_{nosimp} (T_{em} - T_e) \frac{1}{\Delta b} \quad (10)$$

По всіх інших поверхнях, теплообмін відбувається з навколишнім середовищем. Звідси можливо розрахувати еквівалентний коефіцієнт теплообміну між валом та втулкою  $\alpha_{e-em}$ . Введемо обмеження, що до кількості тепла, яке проходить через реальну поверхню теплообміну, та повинне дорівнювати кількості тепла, що проходить через еквівалентну поверхню. Якщо:

$$q_{\Sigma} S_{\Sigma} = q_D S_D + q_d S_d + q_b S_b, \quad (11)$$

$$\text{де } q_{\Sigma} S_{\Sigma} = \alpha_{e-em} S_3 (\Delta T_3 - \Delta T_{em}).$$

Тоді з обліком (9):

ється по ділянці вала зі шліцями.

Якщо справедливо  $q_d \ll q_b$ , тоді

$$\alpha_{e-em} = k_{03} \ln \left( \frac{\Delta T_{min} + \Delta T + T_b}{\Delta T_{min} + T_b} \right), \quad (15)$$

$$\text{де } k_{03} = \frac{\lambda_{nosim} S_d}{\alpha \cdot b \cdot S_3}, T_d = \frac{\Delta b_0}{b} \frac{1}{\alpha}, \Delta T_{min} = -\frac{\Delta b_{msn}}{b} \frac{1}{\alpha}$$

Зневажаємо теплообміном між перетинами вала, та вважаємо, що довжина вала

рис.2  $L_B \gg L_{em}$ , де  $L_{em}$  довжина втулки. Ви-

значаємо зміну температури перетину

вала, що виникає в разі пересування по ньому шліцьової втулки. Теплообмін через лінійний металевий контакт не значний:

$$T_{el_2} = T_{em} + e^{-KL_{em}} (T_{el_1} - T_{em}), \quad (16)$$

де  $T_{el_2}$  - температура вала, після виходу з

втулки;

$\Pi$  - периметр внутрішньої поверхні втулки,  $\Pi = Z(b + D - d)$ ;

$V$  - швидкість переміщення втулки по валу-

$$V = \frac{L_e}{\tau_{2,3}}; K = \frac{\Pi}{\rho C_m S_{сеч}} \frac{\alpha_{e-ем}}{V}$$

Знайдемо середню температуру шліцьового вала та втулки

$$T_e = \frac{\int_0^L (T_{em} + e^{-KL} (T_{el1} - T_{em})) dL}{L} = \frac{LT_{em} + (T_{el1} - T_{em}) \left( -\frac{1}{K} e^{-KL} \right) \Big|_0^L}{L} = T_{em} + \frac{T_{el1} - T_{em}}{KL} (1 - e^{-KL}) \quad (17)$$

Тоді можливо записати систему рівнянь, що описує теплообмін:

$$\begin{cases} C_{em} m_{em} dT_{em} = -d\tau \left( \alpha_{e-ем} S_3 \left( T_{em} - \left( T_{em} + \frac{(T_{el1} - T_{em})}{KL} (1 - e^{-KL}) \right) \right) + \right. \\ \left. + \alpha_0 (S_{em} - S_3) (T_{em} - T_0) \right) \\ C_e (m_e - \rho S_{сеч} V \tau) dT_{el1} = -d\tau \alpha_0 (S_e - PV \tau) (T_{el1} - T_0) \end{cases} \quad (18)$$

Перше рівняння описує теплообмін між втулкою, валом та навколишнім середовищем, а друга зміну температури за час пересування втулки по валу.

$$T_{em} = UV = T_0 + \frac{C_1}{C_m m_{em}} \frac{T_{e2} - T_0}{\alpha - K_3} e^{-K_3 \tau} + C_0 e^{-\alpha \tau} \quad (19)$$

З урахуванням початкових умов:  $T_{em}(0) = T_{em2}$  одержуємо:

$$T_{em2} = T_0 + \frac{C_1}{C_m m_{em} (\alpha - K_3)} (T_{e2} - T_0) + C_0 \quad (20)$$

де

$$C_0 = (T_{em2} - T_0) - \frac{C_1}{C_m m_e (\alpha - K_3)} (T_{e2} - T_0) + T_0 + (T_{em2} + T_0) e^{-\alpha \tau}$$

Підставляємо значення  $C_0$  в (19) одержуємо температуру втулки на кінцевій стадії складання:

$$T_{em3}(\tau) = \frac{C_1}{C_m m_e} \frac{T_{e2} - T_0}{\alpha - K_3} (e^{-K_3 \tau} - e^{-\alpha \tau}) + T_0 + (T_{e2} - T_0) e^{-\alpha \tau} \quad (21)$$

Таким чином, для одержання гарантованого, мінімального технологічного зазору наприкінці складальної операції, з урахуванням теплових утрат, температуру нагрівання шліцьової втулки  $T_{em3}$  перед складанням, визначають за приведеною методикою.

**Висновки.** Одним зі шляхів виходу країни з промислової кризи є налагодження виробництва з подальшим випуском конкурентоспроможної продукції європейської якості.

Серед пріоритетних напрямів у промисловості є виробництво сучасної сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів та начипного та причіпного технологічного обладнання до них, комбайнів, та іншого сучасного технічного та технологічного оснащення.

Наряду з високими вимогами до технологі-

чних процесів виготовлення продукції існує ще один фактор який неможливо нехтувати. Це висококваліфіковані кадри, яких за останні роки надзвичайно бракує.

Виходом із цієї складної ситуації є перехід промисловості на часткову або повну автоматизацію виробничих процесів.

Прямобічні шліцьові з'єднання за останні 50-60 років набули неабиякої популярності завдяки високій компактності при передачі крутних моментів (включаючи знакозмінні), технологія їх виготовлення за останні роки істотно поліпшилась, але існують деякі проблеми при складанні прямобічних шліцьових з'єднань з базуванням по ширині шліців).

Надзвичайно проблематичною виявилось складання шліцьових з'єднань з посадкою по ширині шліців Р10/к7 для вирішення поставленої мети нами були проаналізовані теплові потоки, які мають місце при термічному складанні шліцьових з'єднань. Велика проблема існує з нагріванням охоплюючої шліцьової втулки, оскільки її перегрівання спричиняє різку витрату часу, людських ресурсів та електричної енергії, а недогрівання спричиняє передчасне схоплення втулки, яка ще не зайняла необхідне положення відносно охоплюваної поверхні.

У даній статті нами була запропонована математична модель теплових потоків при складанні шліцьових з'єднань з базуванням по ширині шліців для усього спектру типорозмірів. Завдяки запропонованій моделі можливо достатньо точно визначити температуру нагрівання охоплюючої втулки, що забезпечує ймовірність складання не менше, ніж 98 відсотків.

#### Список використаної літератури:

1. Бондарев С.Г., Захаров Н.В. «Шліцьове з'єднання і спосіб його складання» Патент №23365 А Україна F16D1/06-Опубл. 31.08.98 Бюл №4.

**Бондарев С.Г., Рясна О.В. Математическое моделирование технологических потоков при составлении прямобочных шлицевых соединений в автоматическом режиме**  
При выполнении математических расчетов теплообмена был использован метод матема-

тичного моделювання теплових потоків при сборці шлицевих з'єдинень з базированим по ширині шлицев для всього спектра типорозмірів. Благодаря запропонованій моделі, можливо достатньо точно визначити температуру нагріву охоплюючої втулки, що забезпечує ймовірність збирання близько 100 відсотків.

Остається проблемою збирання шлицевих з'єдинень з посадкою по ширині шлицев P10/k7, для рішення поставленої мети були проаналізовані теплові потоки, які мають місце при термічній збірці шлицевих з'єдинень. Для рішення проблеми з нагрівом охоплюючої шлицевої втулки, так як її перегрів втягує за собою різку втрату часу, людських ресурсів і електричної енергії, а недостатній нагрів викликає преждевременне схватывание втулки, яка ще не зайняла необхідного положення відносно охоплюваної поверхні.

**Ключові слова:** прямобочні шлицеві з'єдинення, натяження по ширині шлицев.

**Bondarev S., Ryasna O. Mathematical modeling of process flows when compiling sided splines in automatic mode**

**Summary.** When performing mathematical calculations heat transfer method was used mathematical modeling of heat flow in the Assembly splines based on the width of the slots for the full range of sizes. Thanks to the proposed model, it is possible to accurately determine the temperature of the heating of the covering sleeve, which provides the probability of an Assembly of about 100 percent.

Remains the problem of Assembly splined connections with landing the width of the slots P10/K7, to address this goal were analyzed heat fluxes that occur during heat Assembly splines. To solve the heating covering splined bushings, since overheating leads to an abrupt loss of time, human resources and electric power, and insufficient heating causes premature adhesion of the sleeve, which is not yet at the desired position relative to the covered surface.

**Keywords:** sided, slip-joint, the tension across the width of the slots.

Стаття надійшла в редакцію: 03.03.2015р.

Рецензент: д.т.н., проф. Павлюченко А.М.

УДК 621.9

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ СКЛАДАННЯ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ  
МЕТАЛООБРОБКИ РІЗАННЯМ ПРИ РЕІНЖИНІРИНЗІ**

**М. М. Захаров**, к.т.н., доцент

**О. І. Захарова**

Сумський національний аграрний університет

Робота присвячена дослідженню точності складання багатопозиційних технологічних систем металообробки різанням при їх реінжиніринзі. На основі виконаних розробок забезпечена можливість прогнозування кінцевого результату при проектуванні і виготовленні багатопозиційних агрегатних верстатів, що дозволило підвищити точність обробки деталей на цьому устаткуванні.

**Ключові слова:** багатопозиційний, складання, технологія, системи, пристосування.

**Постановка проблеми в загальному вигляді**

Багатопозиційні технологічні системи металообробки різанням, як правило, проектуються в одноваріантному виконанні, складаються по методу індивідуальної підгонки вузлів і деталей, що значною мірою відбивається на можливості реінжиніринга такого устаткування. Після проектування в процесі складання проводяться багаторазові установки і зняття вузлів, підгонка, дообробка, розмітка і так далі. Усе це призводить до підвищення трудомісткості складання багатопозиційних технологічних систем металообробки різанням при їх реінжиніринзі, а також до теоретичної і практичної непередбачуваності кінцевого результату. Процес проектування і виготовлення такого технологічного устаткування не контролюється "скрізною" системою критеріїв оцінки якості

і узгодження отриманих результатів на кожному етапі. Таким чином, нині виникло питання розробки науково обгрунтованої методології проектування і виготовлення багатопозиційних технологічних систем металообробки різанням при їх реінжиніринзі, яка дозволить досягти необхідну точність устаткування при найменшій собівартості, за рахунок узгодження результатів на всіх етапах проектування і виготовлення, а отже, забезпечить передбачуваність кінцевих характеристик при мінімальній собівартості. В цьому випадку можна говорити про керованість процесом проектування і складання при реінжиніринзі складних унікальних технологічних систем, що дозволяє значно підвищити їх конкурентоспроможність, що є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Виконаний аналіз літератури показав, що