

тому що значення параметра  $U$  змінюється.

Тому, розробляючи вимірювальні системи, необхідно, щоб підналагоджувальні імпульси малої величини вироблялися безперервно, протягом усього часу поки розмір деталей лежить в межах допуску. Сигнал на припинення підналагодження повинен надходити в систему тоді, коли розмір деталі вийде за нижню налагоджувальну межу. В цьому випадку підналагодження повинно припинитися, а функціональна зміна положення ріжучої кромки шліфувального круга призводить до поступового збільшення розміру деталей. Як тільки розміри деталей стануть більше, ніж нижня налагоджувальна межа, підналагодження включається знову.

Через зношення круга його різальна кромка опускається вниз, і відповідно збільшується розмір кілець. Прийемо, що круги зношуються рівномірно, тоді

$$U_1 = k_1 \cdot t; \quad U_2 = k_2 \cdot t, \quad (3)$$

де  $U_1$  – зношення розмірного круга;

$U_2$  – зношення базового круга;

$k_1$  і  $k_2$  – швидкості зношення розмірного і базового кругів.

Процес зміни положення базового круга залежить від:  $A_1$  – величини імпульсу підналагодження розмірного круга;  $A_2$  – величини імпульсу підналагодження базового круга;  $n_1$  – числа імпульсів підналагодження розмірного круга за цикл ( $n_1 + n_2$ ) імпульсів;  $n_2$  – числа імпульсів підналагодження базового круга за цикл ( $n_1 + n_2$ ) імпульсів;  $t_i$  – час одного імпульсу.

Розглянуті чинники та похибки, що впливають на точність формування торцевих поверхонь кілець підшипників дозволили визначити величину підналагоджувального імпульсу для компенсації зношення шліфувальних кругів. Розроблена система управління процесом шліфування підвищила точність вимірювання висоти кілець підшипників і дозволила з високою точністю управляти технологічним процесом при торцешліфуванні, компенсуючи при цьому похибки, що виникають внаслідок нерівномірного зношення різальних поверхонь шліфувальних кругів.

#### Список посилань

1. Денисюк В. Ю. Метрологічне забезпечення точності приладів активного контролю в процесі обробки. / Денисюк В. Ю., Симонюк В. П., Лапченко Ю. С., Новосад Б. І. // «Перспективні технології та прилади»: зб. статей. – 2020. – Вип. 16. – С. 38-47.

2. Денисюк В. Ю. Технологічне забезпечення точності деталей підшипників засобами активного контролю. / Денисюк В. Ю., Симонюк В. П., Лапченко Ю. С. // «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів»: зб. наук. праць VI Міжнар. наук.-техн. конф. м. Луцьк, 2-4 черв. 2020 р. – Луцьк, 2020. – С. 148-149.

УДК 621.798

**Залета О.М., канд. техн. наук, доцент**

Луцький національний технічний університет, [olga\\_zaleta@ukr.net](mailto:olga_zaleta@ukr.net)

### ПРОБЛЕМИ УЗГОДЖЕННЯ РОБОТИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДУЛІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН

В умовах сформованих економічних відносин справедливо висувуються вимоги виробників продукції до максимальної ефективності використання відповідного технологічному процесу технологічного обладнання. До такого обладнання відносяться агрегатно-модульні технологічні машини (ТМ), а також потокові та автоматичні лінії, скомпоновані з них. В основу агрегатно-модульного принципу покладено можливість на основі стандартних, нормалізованих чи уніфікованих вузлів – функціональних модулів

(ФМ) – компонувати технологічне обладнання будь-якого рівня спеціалізації та автоматизації [1, 2].

Між ФМ при цьому існують зв'язки, які поділяють на матеріальні, енергетичні, інформаційні, організаційні. Зі зв'язки повинні забезпечувати злагоджене функціонування технологічної машини для отримання виробів належної якості, а також безпечність експлуатації цієї машини людиною [3, 4].

Наявність зокрема інформаційних зв'язків між ФМ викликає необхідність узгодження результатів їх автономного функціонування.

Для того, щоб процес узгодження був керованим, доцільно використовувати організаційні зв'язки між елементами керування, котрі виконують взаємопов'язані операції і які входять до складу відповідних ФМ. Ці зв'язки в процесі проєктування визначають “канали” організаційного (адміністративного) керування процесом узгодження результатів автономного функціонування ФМ, причини розузгодженості яких визначаються інформаційними зв'язками.

Організаційні структури, в тому числі й технологічні машини, як правило, є деревовидними і взаємодія їх елементів – ФМ – може відбуватися або строго по структурних зв'язках (по підпорядкованості), або по горизонталі, але тільки між елементами, які мають спільну найближчу вершину. Це забезпечує отримання остаточного вирішення проблем узгодженості [5].

Інформаційні та організаційні зв'язки зазвичай не співпадають. Залежно від співвідношення між цими двома видами зв'язку організаційні зв'язки між ФМ можна розділити на дві групи. До першої з них відносяться зв'язки, які співпадають з організаційними зв'язками (т.з. прості зв'язки), а також між ФМ, у яких співпадають найближчі вершини в організаційній структурі. Проблеми узгодження, спричинені наявністю такого роду інформаційних зв'язків, в межах заданої оргструктури допускають їх безпосереднє вирішення.

Всі інші зв'язки відносяться до другої групи інформаційних зв'язків – комплексних. Особливістю узгодженості результатів роботи ФМ, які знаходяться в комплексній взаємодії, є різнопідпорядкованість. Ця обставина не дозволяє розраховувати на регулярне отримання остаточних результатів вирішення відповідних проблем узгодженості і вимагає зведення комплексних інформаційних зв'язків до сукупності простих. Таке зведення завжди є можливим, в тому числі шляхом перетворення кожного комплексного зв'язку в горизонтальний, який поєднує модулі.

Принципово можливі і інші трансформації комплексних зв'язків в сукупності простих. Стосовно формування ФМ важливим є той факт, що в основу узгодження результатів автономного функціонування ФМ завжди можуть бути покладені задачі, породжені простими інформаційними зв'язками. Ці зв'язки можуть бути двох видів – вертикальні і горизонтальні [6].

Специфіка задач узгодження, які виникають через вертикальні зв'язки, полягають в тому, що:

- результати виконання операцій на вищих рівнях є директивною інформацією для ФМ, що виконують операції нижчих рівнів;
- інформація з нижніх рівнів деталізації носить загальний характер і, як правило, є прогнозною.

Основним змістом такого роду задач – задач вертикальної узгодженості, є ітераційне визначення прогнозованих рішень таким чином, щоб вони відповідали раціональним рішенням операцій наступних рівнів деталізації.

Специфіка задач горизонтальної узгодженості, які виникають через горизонтальні зв'язки, полягають в тому, що:

- пріоритети між завданнями виконання різних ФМ відсутні;

– інформація, що передається від одного ФМ до іншого в процесі узгодження, безпосередньо описує розглядувані при функціонування цих модулів проєктні рішення.

Основний зміст задач горизонтальної узгодженості полягає в пошуках компромісу між результатами функціонування «рівноправних» ФМ з можливістю підключення до цих робіт вищого в організаційній структурі ФМ у випадку неможливості досягнення компромісу [7].

Наведений опис процесу проєктування, що визначає цей процес як автономне виконання роботи інформаційно і організаційно пов'язаних між собою ФМ з наступним узгодженням отриманих при цьому результатів, дозволяє перейти до безпосереднього формування послідовності процесу автоматизованого проєктування технологічної машини на основі її функціонально-модульної будови [8].

#### Список посилань

1. Агрегатно-модульне технологічне обладнання: у 3-х част. Частина 1. Принципи побудови агрегатно-модульного технологічного обладнання. Під ред. Ю.М. Кузнецова. Навч. посібник для ВНЗ.– Кіровоград, 2003. – 422 с.
2. Дашенко А.И. Технологические основы агрегатирования сборочного оборудования / А.И. Дашенко, И.И. Ламин, Ю.М. Золотаревский. – М: Машиностроение, 1990.
3. ДСТУ EN 292-1-2001 “Безпечність машин. Основні поняття, загальні принципи проєктування. Частина 1. Основна термінологія, методологія (EN 291-1:1991, IDT)”.
4. ДСТУ EN 292-1-2001 “Безпечність машин. Основні поняття, загальні принципи проєктування. Частина 2. Технічні принципи та технічні умови (EN 291-1:1991, IDT)”.
5. Божко А.Н. Структурный синтез на элементах с ограниченной сочетаемостью / А.Н. Божко, А.Ч. Толпаров // Инженерное образование. – 2004. – № 5. – С. 18–26.
6. Томашевський В.М. Моделювання систем / В.М. Томашевський. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 352 с.
7. Сергиенко И.В. Задачи дискретной оптимизации. Проблемы, методы решения, исследования: монография / И.В. Сергиенко, В.П. Шило. – К: Наук. думка, 2003.
8. Романенко В.Д. Методи автоматизації прогресивних технологій: Підручник / В.Д. Романенко. – К.: Вища школа, 1995. – 519 с.

УДК 620.136.3

**Зайка О.М., аспірант,  
Рудь В.Д., докт. техн. наук, професор,  
Самчук Л.М., канд. техн. наук, доцент,**

Луцький національний технічний університет, samchuk204@gmail.com

### ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ДЕТАЛЕЙ 3D ДРУКОМ

Підприємство Krombergand Shubert спеціалізується на виготовленні систем електрозабезпечення автомобілів різних моделей. При виготовленні електропроводки в якості допоміжних пристроїв використовують тримачі різних конструктивних елементів. На сьогоднішній день заміна тримачів здійснювалася шляхом замовлення на підприємствах, що спеціалізуються на виготовленні запасних частин для різних підприємств електротехнічної галузі, використовуючи металеві матеріали. Недоліком такої технологічної схеми для Krombergand Shubert є: висока вартість тримачів і значні часові затримки – від замовлення до отримання запчастин проходить 2-3 місяці.

Враховуючи вище наведене було прийнято рішення виготовляти тримачі з полімерних матеріалів використовуючи 3D друк [1, 2]. Для виготовлення прототипу даного тримача використовували матеріал ХТ. Конструкцію тримача модернізовано в програмі Autodesk Inventor, також використовувалися симуляції із прорахунку найбільш вразливих зон в конструкції. Маючи також детальну дефектоскопію із 179 зламаних тримачів, визначено в яких зонах утворюються тріщини в конструкції. З цих причин, додано ребра жорсткості по