

Переналагодження модульних складальних технологічних процесів

Н. Григор'єва, д.т.н., доцент

Луцький національний технічний університет, 43018. Луцьк, Львівська, 75

Abstract. Methods of modules construction for readjustment of technological processes of different types of details and articles assembly are described in this article. Features consist in the creation of an available common database that installs groups of objects that will be assembled in modular technological process. Depending on the task, readjustment can have technological, organizational, construction or economic related areas. The assembling process is closely related to mutable objects of assembly, the individual elements of the modular assembly operations, as well as with technological environment and must be economically justified.

Keywords: assembly, modules, technological processes, readjustment.

Постановка завдання.

Модульні складальні технологічні процеси виготовлення різних виробів вимагають переналагодження, чим забезпечують їх ефективність. В такій технології суміщаються як складальні процеси, так і модульні. В зв'язку з цим вимагається новий підхід до їх побудови і розробки. Основою побудови таких процесів є комплексна автоматизація всіх функцій, комп'ютеризація, впровадження групової технології, забезпечення високої гнучкості виробництва. Гнучкість виробництва забезпечується переналагоджуваністю обладнання та оснащення. Виробничо-технологічна структура модульних складальних систем складається з двох компонентів: технологічної структури (номенклатура складованих деталей, їх властивості, складальні операції, організація процесу, рівень переналагодження, супутні витрати і інше) та виробничої структури (виробничі підрозділи, технологічні модулі, дільниці, робочі місця, відділення, тощо).

Центральним в модульно-технологічних процесах є переналагодження, яке складає основу їх ефективності. Тому розпрацювання питань переналагодження є важливим і актуальним.

Огляд літератури.

В історичному аспекті переналагодження використовувалось давно. Необхідність комплексного підходу до вирішення проблеми переналагодження відмічалась в ряді робіт, але справжнім поштовхом були роботи Митрофанова С.П. по груповій технології [1]. Роботи, в яких розглядаються окремі часткові проблеми переналагодження, різноманітні, але їх можна згрупувати за напрямками: конструкційним, технологічним, організаційним і техніко-економічним.

В останній час появилась досить широка технічна література по переналагоджуваності різних виробництв, а також модульних технологіях. В першій групі описуються основи переналагодження гнучких виробничих систем [2,3], в другій підстави нового

модульного виробництва [4,5]. До їх недоліків можна віднести: по-перше, їх незв'язаність, а по-друге – недостатнє приділення уваги технологічним процесам і їх переналагоджуваності. При проектуванні переналагодження необхідно враховувати модульну структуру технологічних процесів складання.

До основних перешкод проблеми переналагодження можна віднести відсутність теоретичних основ гнучкого виробництва в частині переналагодження як технології, так і конструкції обладнання та оснащення. Тому проблема має велике народногосподарське значення.

Мета. Мета статті полягає в розкритті механізму переналагодження технологічних модулів та опису завдань досягнення оптимальних рішень.

Основний матеріал.

Під гнучкістю складальних технологічних процесів при зміні конструкційних властивостей деталей розуміється здатність технологічної модульної системи чи їх сукупностей кількісно та якісно переналагоджуватися в мінімальні терміни при мінімальних витратах. Розрізняється технічна гнучкість, що включає поняття технічно можливої гнучкості модульної системи (технічно допустимі можливості переналагодження за окремими робочими параметрами) та необхідної гнучкості системи (значення змінюємих параметрів відповідних значенням властивостей різних деталей). Тимчасова гнучкість характеризується величиною, оберненій часу, що витрачається на переналагодження системи для зміни параметру в відповідних межах. Тимчасова гнучкість характеризує середню швидкість здійснення переналагодження.

Переналагодження проходить в операційній та технологічній перетворюючих системах. Операційна перетворююча система - це сукупність засобів, які є необхідними для перетворення властивостей об'єкту (деталь, вузол, виріб) на даній технологічній операції. Як відомо, такі системи називаються системами ВПД і в їх склад входять необхідні функціональні елементи, наприклад складальні головки, пристрої, тощо. Функціональні елементи виконують функції по перетворенню потрібних властивостей деталей, складальних одиниць і тому їх гнучкість визначатиме можливість переналагодження операційної системи в цілому. Друга система це технологічна перетворююча система, котра представляє собою сукупність всіх засобів, що входять в технологічний процес і які є необхідними для перетворення властивостей деталей, складальних одиниць від початкових до остаточних. В технологічну систему входить також сукупність допоміжних засобів, потрібних для виконання функцій основними. Взаємозв'язок конструкційних пара-

метрів операційних і допоміжних систем з властивостями складаних деталей вимагає необхідність переналагодження твірних засобів при зміні властивостей деталей чи складальних одиниць.

Переналагодження модульного складального обладнання є складною багатогранною проблемою, яка характеризується великим розмаїттям і в залежності від вирішуваних завдань підрозділяється на конструкторський, технологічний, організаційний та економічний взаємопов'язані напрямки. До конструкторського напрямку відноситься проектування як виробу, так і складального обладнання та оснащення з точки зору легкості переналагодження. Такі роботи поки що відсутні. В технологічному напрямку розглядається вплив технологічних чинників на переналагодження складальних процесів (технологічна стандартизація, групування об'єктів складання, переналагоджувані елементи технологічних процесів, тощо). Очевидно, що найбільша увага приділяється вибору та створенню переналагоджуваних елементів складальних процесів. Хоча в літературі наводяться чисельні приклади конкретних переналагоджуваних елементів, прив'язаних до даного технологічного обладнання, вони носять непов'язаний фрагментний характер без теоретичних узаasadнень їх проектування. Методика конструкційно-технологічного формування переналагоджуваних елементів повинна базуватися на основах гнучкого складання, краще гнучкого виробництва, в центрі якого є гнучкий технологічний процес складання різних виробів. Процес переналагодження є тісно пов'язаним як з змінними об'єктами складання, так і з окремими елементами складальної операції та навколишнім технологічним середовищем. Переналагодження повинно бути завжди технічно та економічно обгрунтованим.

Переналагодження складального обладнання та оснащення може здійснюватися одним з наступних способів. Перший випадок охоплює застосування універсального обладнання, наприклад, типу складальної роботи, який має можливість виконувати різноманітні складальні рухи по закладеній програмі. Набір рухів частіше буває обмеженим (економічний чинник), а переналагодження досягається простою заміною програми складання. У другому випадку використовується регулювання окремих елементів технологічного обладнання та оснащення, тобто їх переміщення в потрібне місце при зміні об'єкту складання. Обладнання чи оснащення повинні мати регульовальні механізми. В наступному випадку використовується заміна окремих елементів такого обладнання та оснащення. Якщо конструкція складального обладнання та оснащення є модульною, то завдання значно спрощується до заміни потрібних модулів, наприклад, установочного, складального, тощо. При агрегатно-модульній конструкції складального обладнання та оснащення використовується можливість формування та використання цілком нових складальних спеціалізованих автоматів. В практиці очевидно можливе одночасне використання вказаних випадків в залежності від їх техніко-економічного обгрунтування. Складність кожного переналагодження повністю обумовлюється специфікою виконання елементу складу складальної операції для групи об'єктів складання.

В схемі переналагодження однономенклатурного технологічного модульного процесу при зміні виробу з метою спрощення допоміжні засоби окремо не вказуються, а включаються в операційні системи. Первинні властивості деталей в технологічних системах змінюються до остаточних за рахунок параметрів системи, причому вони представляють кількісні значення параметрів j^{oi} системи, що є необхідними для перетворення деталей виробу. Схема переналагодження багатономенклатурного технологічного процесу дещо складніша.

При переналагодженні на складні істотно відмінні між собою деталі може виникнути необхідність в заміні операційних систем. В таких випадках час переналагодження складається з часу такої заміни і часу опробування роботи нової системи. Можлива також зміна місця розташування операційної системи в технологічному модульному процесі складання. Слід також відмітити, що кожна операційна система відноситься до визначеного способу модульного складання з виконанням його окремих елементів, які передуватимуть у визначенні сутності перетворення властивостей деталей та конструкційно-технологічних особливостей операційних систем і проведення необхідних переналагоджень. Тому такі процеси слід розглядати як ефект взаємодії технологічного обладнання та оснащення з складаними деталями, що характеризуються певними конструкційно-технологічними параметрами. З цього виявляються найбільш характерні властивості, що необхідно враховувати при вирішенні переналагоджуваності технологічних модульних процесів, такі як властивості матеріалу, деталей, способи модульного складання, організаційно-економічні чинники, тощо. Результати розпрацьовань розпорочені по різних тематиках або невідомі.

Необхідний час переходу на складання конструкційно нових складаних одиниць визначається як [4]

$$T_{n.n.} = T_R + T_T + T_O + T_V, \quad (1)$$

де T_R, T_T, T_O, T_V - час необхідний на виконання робіт по підготовці складального модульного виробництва в конструкційному, технологічному, організаційному та управлінському напрямках.

Збільшення гнучкості модульного складання досягається за рахунок зменшення вказаних складових. Дійсна операційна продуктивність гнучкої модульної системи багатономенклатурного складання

$$Q = 1/t_{ук} = 1/(t_{ум} + t_{n3}/n), \quad (2)$$

де $t_{ук}, t_{ум}, t_{n3}$ - відповідно, штучно-калькуляційний, штучний і підготовчо-заклучний час; n кількість виробів.

Не суміщений t_{n3}^* , що витрачається на підготовку операційної системи до складання партії нових виробів

$$t_{n3}^* = t_{n3} n_b = t_{om} + t_n, \quad (3)$$

де n_b - число виробів в партії; t_{om} - час організаційно-технічної підготовки переналагодження; t_n - час безпосереднього переналагодження.

Час переналагодження складає

$$T_{n.o} = \sum_{i=1}^m t'_{n3_i}, \quad (4)$$

де t'_{n3_i} – підготовчо-заклучний час на підготовку модульної організації системи до складання партії виробів i^{20} найменування, що залежить від часу безпосереднього переналагодження.

Переналагодження операційної складальної системи при зміні властивостей складаного виробу потребує часу

$$t_{nm_i} = \sum_{f=1}^s \sum_{k=1}^p t_n f k, \quad (5)$$

де f – складові елементи; k – властивості деталі. Тоді час переналагодження при складанні m найменувань на j^{iii} операції по всій номенклатурі виробів рівний

$$T_{no_j} = \sum_{i=1}^m \sum_{f=1}^s \sum_{k=1}^p t_n f i k. \quad (6)$$

Вирішити проблему забезпечення гнучкості технологічних процесів можна шляхом комплексу взаємопов'язаних конструкційних, технологічних, організаційних, управлінських та техніко-економічних завдань. Оскільки ці завдання є підставовими, найменш дослідженими, вимагають комплексного дослідження, то була проведена розробка теоретичних основ переналагодження операційних систем, дослідження по створенню та вибору функціональних елементів для переналагодження, структури переналагодження в багатомономенклатурних технологічних процесах з вибором компоновок функціональних елементів, послідовності їх переналагодження.

До технологічних передумов переналагоджувальності відносяться технологічні ознаки, що закладені в основу формування складальних одиниць, що складаються на визначеному обладнанні. Такі ознаки змінюють універсальність технологічного обладнання та спорядження. На шляху розширення такої універсальності стоїть складність і різнохарактерність окремих елементів складальних модульних процесів і складність, а значить надійність та економічність складального модульного обладнання. Зменшується універсальність обладнання при збільшенні степені автоматизації процесу з-за погіршення можливості його переналагодження. При цьому ускладнюється вибір основних ознак групування складальних одиниць: не підходить спільність характеру одного складального руху, більше значення матиме ціла група технологічних ознак. Порушення таких ознак ускладнює умови переналагоджувальності. Від встановлення оптимального ряду типорозмірів складальних одиниць залежить характер і працездатність переналагоджень. Ефективність переналагоджень підвищується з єдністю умов базування під час складання, що важко досягається в зв'язку з множиною конструкцій деталей виробів. Тому висувається необхідність створення типових переналагоджуваних модульних пристроїв з раціональними схемами базування для групи деталей. Аналогічно вирішуватиметься питання про

єдність характеру спряжень деталей. При цьому важливим є єдність фізико-механічних характеристик матеріалу деталей.

До конструкційних передумов переналагоджувальності відноситься здатність конструкції технологічного модульного обладнання та оснащення до швидкого переналагодження на складання іншого виробу. Можливості та способи переналагодження закладаються в конструкцію при проектуванні технологічного модульного обладнання та оснащення. При цьому велике значення має застосування агрегатного принципу, тобто степінь розчленування на вузли, що забезпечує швидку їх заміну, але при цьому стараються змінювати не цілий вузол, а тільки ці його елементи, що забезпечують потрібні параметри переналагодження. Використовується і інше переналагодження – регулювання окремих елементів технологічного обладнання та оснащення. Самими „вужькими місцями” при переналагодженні виступають найбільш чутливі елементи до зміни форми складаних деталей. Тому стичні елементи повинні мати обмежені поверхні. Це в першу чергу відноситься до подачі та орієнтування деталей, а також їх спряження. Заміна форми стичних елементів пристрою розширяє переналагоджувальність пристрою. В цьому напрямку особливе значення має застосування касет і палет. Технічно обгрунтовані межі переналагоджувальності встановлюються на підставі конструкційно-технологічного аналізу групи складальних одиниць, що складатимуться на конкретному технологічному модульному обладнанні та оснащенні. Тому ефективність переналагодження обумовлюється:

- єдністю механічних характеристик матеріалу деталей;
- єдністю умов базування складаних деталей;
- раціональним вибором технологічних ознак складальних одиниць, що складатимуться на технологічному модульному обладнанні та оснащенні;
- формуванням техніко-економічно обгрунтованої групи складальних вузлів

Розробка модульного технологічного процесу складання виробів оснований на представленні виробу як структуризованої множини модулів поверхонь і їх спряжень та єдиному підході в розробці таких процесів, модульному технологічному обладнанні та оснащенні при використанні типізації, уніфікації та стандартизації [6]. З'єднання деталей складальних одиниць проходить за допомогою суміщення їх баз, в якості яких є базуючі модулі поверхонь. Причому, при складанні будь-якого виробу спряження його деталей проходить через сім найменувань спряження, що мабуть також є значно обмеженим. Модуль технологічного процесу спряження деталей уявляє собою перелік технологічних і допоміжних переходів, виконаних в заданій послідовності. На вміст таких модулів впливають дві групи чинників: перша – це конструкція, розміри, якісні показники і друга – визначаємі спряжуваними деталями, такими як матеріал деталей, їх розміри і конструкція. Чинники першої групи впливають на вибір способу спряження та перелік необхідних переходів, а другої – на вибір модуля технологічного процесу серед рівнозначних. Такий модуль знаходиться між переходом і операцією. Після розро-

бки модулів технологічного процесу складання виробу вони забезпечуються модулями обладнання, інструменту, оснащення та контрольно-вимірних засобів. У тісному взаємозв'язку з ними розробляється модуль переналагодження, котрий і визначатиме модульний складальний процес в цілому.

Таким чином можна констатувати, що переналагодження є складовою частиною теоретичних положень комплексної науково-технічної проблеми гнучкого виробництва. Необхідність переналагодження модульних технологічних процесів складання в кінцевому рахунку зводяться до причин, пов'язаних зі зміною чотирьох головних елементів, що утворюють виробничий процес, а саме, конструкції деталей, виробів, модульного технологічного процесу, методів і форм організації, управління виробництвом. Головними завданнями переналагоджуваних технологічних процесів є зменшення термінів технологічної підготовки виробництва та скорочення процесу переналагодження. Вихідним чинником переналагодження є взаємозв'язок між властивостями деталей та параметрами технічних засобів. Розпрацьовані теоретичні положення забезпечення гнучкості системи ВПД при зміні властивостей деталей та програми випуску дозволили встановити, що технічну гнучкість її функціональних елементів можна забезпечити:

- розширенням діапазонів зміни робочих параметрів функціональних елементів;
- членуванням системи на змінюемі елементи, піделементи з наступною стандартизацією їх параметрів.

Тимчасову гнучкість можна забезпечити:

- вдосконаленням конструкції змінюємих елементів, піделементів;
- автоматизацією процесу переналагодження;
- розробкою конструкційних схем елементів, що забезпечують раціональну структуру процесу переналагодження.

При розробці методики побудови системи класифікації гнучких функціональних елементів і математичної моделі класифікатора застосовувався теоретико-множинний підхід до вивчення функціональних елементів, як сукупності складових їх змінюємих піделементів різного конструкційного рішення. Розроблені теоретичні положення переналагоджування є основою для створення теорії структурного розвитку процесів переналагодження. Основні методичні положення вибору раціональної послідовності переналагодження технологічних систем дозволяють скорочувати загальний час переналагодження. Були виявлені типові випадки переналагодження системи ВПД і для деяких з них були розроблені способи раціональної послідовності, розглядуваних в теорії операційних досліджень. Одержані результати теоретичних і експериментальних досліджень по переналагодженні технологічних процесів не є кінцевими і вимагають подальших досліджень в напрямку рішення окремих часткових завдань і загальних наукових основ проблеми переналагодження виробництва в машинобудуванні. Слід зауважити, що в більшості наведений матеріал стосується переналагодження технологічних процесів механічної обробки деталей, може і повинен бути використаним для переналагодження технологіч-

них процесів складання виробів.

Завершальним є встановлення меж економічно доцільного використання переналагоджувального модульного складання при зміні часу складання та кількості модульно складаних виробів. Для цього визначаються впливаючі чинники, кореляційні зв'язки між ними і за методикою та алгоритмом формування [6] встановлюється тип переналагодження: регулювання, змінні наладки, обладнання с ПУ, тощо.

Висновки

Розроблений ітераційно-рекурентний метод проектування реалізуючого модульного переналагоджуваного складального обладнання та оснащення, конструкції яких захищені авторськими свідоцтвами і патентами, що підтверджує їх новизну та ефективність. Метод має підготовчу, виконавчу та оформлювальну стадії і включає ряд етапів. Виконавча стадія охоплює відпрацювання конструкції виробів на технологічність, встановлення способів модульного складання, аналізу та синтезу потрібних складальних рухів, розробку групової технологічної схеми складання, схеми та структури переналагодження, одержання технологічної та конструкційної компоновки, уточнення модулів. Після встановлення технологічних компоновок виявляються типові, формуються конструкційні компоновки з їх коректуванням за прийнятими критеріями і обмеженнями. Така модульна складальна технологія та реалізуюче технологічне обладнання з оснащенням має ряд суттєвих переваг перед відомим, не вимагає високої точності модульного складання. Обладнання є значно дешевшим, ніж традиційне, а його новизна та додатковий ефект підтверджена виробничим впровадженням і патентами.

З наведеного слідує, що одержані розробки є лише першим кроком, хоча їх потенційні можливості величезні. Багато питань залишилось відкритими, наприклад, не досліджена структура переналагоджуваних модулів, їх взаємопов'язання, практично дуже обмежений матеріал про переналагодження як технологій, так і конструкцій.

[1]. Митрофанов С.П. Групповая технология изготовления заготовок серийного производства / С.П. Митрофанов. - Л.: Машиностроение, 1985.-410 с.

[2]. Машиностроение. Энциклопедия. Технология изготовления деталей машин. Т. III-3 / А.М. Дальский и др. / Под общ. ред. А.Г. Сулова. -М.: Машиностроение, 2002. -840 с.

[3]. Гибкие производственные системы сборки / Под общ. ред. А.И. Федотова. -Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989. -349 с.

[4]. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении / Б.М. Базров. -М.: Машиностроение, 2001.-368 с.

[5]. Григорьева Н.С. Малозатратное изготовление конкурентной продукции: [Монография] / Наталия Сергеевна Григорьева, Виктор Антонович Шабайкович. Из-во: *Palmarium academic publishing*, - 2015, 440 с. ISBN 978-3-659-60112-5.

[6]. Григор'єва Н.С. Науково-технологічні основи гнучкого модульного автоматичного складання виробів: [монографія] / Наталія Сергіївна Григор'єва. – Луцьк: Надстир'я, - 2008. – 520 с.: іл.