

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ТЕОРІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ МОДУЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

**М.Ю. Думанчук**, ст. викладач, Сумський національний аграрний університет

*У статті розглядаються аспекти модульного методу проектування технологічних процесів. Модульний підхід дозволяє проектувати індивідуальний технологічний процес за допомогою з'єднання типових елементів, які використовуються в обробці частини деталі, - модуля поверхонь. Модуль поверхонь визначають єдністю функцій, які вони виконують і їх різноманітність обмежена. Це робить можливим обмеження різноманітності технологічних рішень, використовуюваного устаткування і засобів технічного оснащення. Це дозволяє скоротити термін технологічної підготовки виробництва, скоротити виробничі витрати.*

### **Постановка проблеми в загальному вигляді.**

Розвиток і вдосконалення промислового потенціалу України в першу чергу пов'язаний з розробкою науково обґрунтованих методів проектування новітніх технологій машинобудування. Це відноситься передусім до розробки нових принципів проектування і вдосконалення машинобудівного виробництва на основі модульної технології, що є найбільш прогресивною формою організації технологічного забезпечення підприємств машинобудування. Підприємство, здійснивши технологічне забезпечення механо-складального виробництва на принципах модульної технології отримує високу гнучкість і мобільність, стає конкурентоздатним і відрізняється високою ефективністю виготовлення машин і що чутливо реагує на зміну вимог ринку.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

З метою вивчення ефективності і наукового обґрунтування модульної побудови технологічних засобів механо-складального виробництва в справжній роботі на базі відомих робіт Інституту машинознавства ім. А. А. Благонравова РАН, виконаних під керівництвом д.т.н. Б.М.Базрова [1-9], проведена систематизація і визначені шляхи технічної реалізації методологічних підходів до організації, вдосконалення і розвитку принципу проектування модульних технологій виготовлення деталей.

Сучасна технологія виготовлення деталей на верстатах будується за принципом обробки окремих поверхонь заготовлі, з яких складається деталь. Це стосується як одиничних, так типових і групових процесів.

Така побудова технологічних процесів має той істотний недолік, що поверхні деталі, призначені для спільного виконання тих або інших функцій, обробляються на різних операціях. Це призводить до накопичення погрешностей їх відносного положення і необхідності введення додаткових операцій по їх усуненню, на яких за базу приймають одну з цих поверхонь. В результаті подовжується цикл виготовлення деталі, знижується точність обробки.

Іншими недоліками є багатоваріантність проектного технологічного процесу, що має різні маршрути, близькі по своїй ефективності. Ці

недоліки викликають зростання трудомісткості як безпосередньо технологічного процесу, так і технологічної підготовки виробництва в цілому, перешкоджають розвитку типізації, стандартизації технологічних процесів, оснащення і верстатного устаткування і тим самим істотно знижують ефективність виробництва деталей.

### **Формулювання цілей статті (постановка завдання).**

В умовах сучасного машинобудівного виробництва до технології пред'являються вимоги не лише по підвищенню продуктивності і якості, але і по забезпеченню гнучкості виробництва. Останнє стає особливо актуальним у зв'язку з широким розвитком робіт із створення гнучких автоматизованих виробництв. Для подальшого розвитку як самої технології виготовлення деталей, так і методів її проектування пропонується модульна технологія.

### **Виклад основного матеріалу досліджень.**

У основу модульної технології покладений принцип обробки поєднання поверхонь, що спільно виконують ті або інші функції деталі. Усі поверхні деталей можна розділити на сумлінні і зв'язуючі. Перші, у свою чергу, підрозділяють на базуючі і робочі поверхні [2]. Для повного базування деталі, як відомо, потрібний комплект з трьох поверхонь. Робочі поверхні теж виконують свої функції комплектом. Особливу роль грають зв'язуючі поверхні. У їх завдання входить об'єднання старанних поверхонь в єдине просторове тіло-деталь і надання останньої відповідних конструктивних форм і розмірів. Проте на форму, розміри, розташування зв'язуючих поверхонь можуть накладатися різного роду обмеження з тим, щоб вони не чинили істотного впливу на якість виконання деталлю її призначення. З викладеного виходить, що деталь виконує свої функції не окремими поверхнями, а поєднаннями поверхонь.

У зв'язку з цим вводиться поняття "Модуль поверхонь", під яким розуміється комплект або поєднання поверхонь, об'єднаних спільним виконанням закінчених функцій деталі. Класифікація, в якій даним об'єктом є модуль поверхонь, була розроблена Базровим Б. М. [6].

Першою класифікаційною ознакою є призначення модуля поверхні, внаслідок чого усі модулі

поверхонь ділять на три класи: модулі базуючих поверхонь (МПБ), модулі робочих поверхонь (МНР) - старанні поверхні, і модулі зв'язуючих поверхонь (МПС). Подальшу класифікацію здійснюють за конструктивними і геометричними озна-

ками, коли кожен клас модулів поверхонь ділиться на підкласи модулів по однотипності поверхонь, що поєднуються, і далі на групи і підгрупи. Приклади модулів поверхонь наведені на рис. 1.

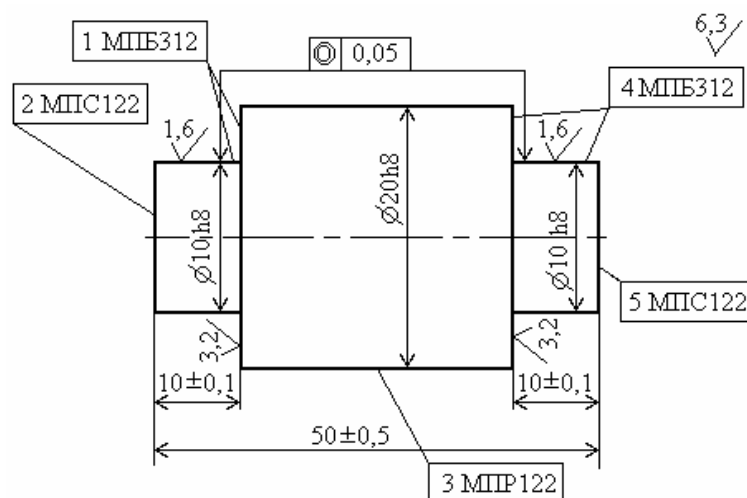


Рисунок 1 – Деталь як сукупність модулів поверхонь.

Як впливає з приведеної класифікації, номенклатура модулів порівняно обмежена. За допомогою цієї номенклатури можна сформувати будь-яку деталь або будь-яку деталь розчленувати на модулі поверхонь згідно цієї класифікації.

Дослідження показали [2], що практично усі деталі містять з'єднуючі і базуючі модулі і тільки незначна частина номенклатури деталей має робочі поверхні. До них в першу чергу відносяться деталі, що виконують роль кінематичних ланок (зубчасті колеса, черв'яки, рейки, гвинти і т. п.), різного роду інструменти (різальний, мірильний, слюсарний), копії, шаблони та ін.

Побудова модульного техпроцесу включає наступні основні етапи:

- класифікацію поверхонь деталі на модулі поверхонь;
- аналіз модулів поверхонь на технологічність;
- вибір технологічних баз і послідовності обробки модулів поверхонь;
- формування маршруту обробки;
- проектування операцій.

Розглянемо детальніше кожного з перерахованих етапів.

Класифікація поверхонь деталі на модулі поверхонь. Початковими даними для класифікації є креслення деталі і складальної одиниці, в яку вона входить, і класифікатор. Спочатку виявляють робочі модулі на основі аналізу призначення деталі. Базуючі модулі порівняно просто визначаються при аналізі креслень складальної одиниці. Якщо при базуванні необхідно деталь позбавити усіх мір рухливості, то модуль базуючих поверхонь є комплектом з трьох (рідше з двох) поверхонь, що утворюють прямокутну систему коорди-

нат. Якщо ж необхідно залишити деталі одну або декілька ступенів свободи, то використовується неповний комплект баз, а, отже, МПБ також буде неповним. Оскільки у єднальних поверхонь відсутні службові функції, то МПС є окремими поверхнями.

Класифікація повинна закінчуватися побудовою схеми конструкторських розмірних зв'язків модулів поверхонь деталі, яка будується за ієрархічною схемою. Як правило, на першому рівні розташований модуль поверхонь, комплект основних баз деталі, що є. На наступному рівні - модулі поверхонь, положення який заданий відносно комплекту основних баз, на наступному рівні - модулі поверхонь, задані відносно модулів поверхонь попереднього рівня, і т. д. до тих пір, поки усі модулі поверхонь не увійдуть до цієї схеми.

Аналіз модулів поверхонь на технологічність. Метою аналізу є коригування модулів поверхонь з позиції зручності їх обробки, зведення до мінімуму їх різноманітності. У класифікації розглядаються конструкторські (т. е. утворені при конструюванні деталі) модулі поверхонь, які не завжди відповідають вимогам технологічності їх виготовлення або зборки складальної одиниці. За технічними, технологічними або організаційними умовами часто конструкторський модуль поверхонь доцільно обробляти з іншим (іншими) модулем поверхонь. Для цього виконується об'єднання декількох МП в один, названий інтегральним, в якому за базовий береться той МП, до якого приєднують інші. Тоді інтегральному модулю поверхонь привласнюватимуть шифр базового МП з додаванням літери «И».

При формуванні модулів з окремих робітників або єднальних поверхонь слід брати до уваги

можливість отримання конструктивної подібності інтегрального модуля якому-небудь стандартному, формування сукупності поверхонь одним інструментом і використання відпрацьованих практикою ефективних техпроцесів, наявного устаткування.

Вибір технологічних баз і послідовності обробки модулів поверхонь. Вибір технологічних баз слід починати з аналізу конструкторських розмірних зв'язків модулів поверхонь деталі, із спроби реалізувати принцип єдності баз. З цією метою проводять пошук у деталі такого модуля поверхонь, відносно якого можна обробити усе або більшість модулів поверхонь із заданою точністю їх відносного положення. Схема конструкторських розмірних зв'язків модулів поверхонь деталі допомагає пошуку такого модуля.

Далі переходять до визначення послідовності обробки модулів поверхні. Спочатку рекомендується обробляти найбільш відповідальні модулі поверхонь, до якості обробки яких пред'являють підвищені вимоги, а також модулі, що включають поверхні, в яких можуть бути виявлені аварійні прототики і т. д. [6].

Формування маршруту обробки. Маршрут обробки заготовлі повинен забезпечити задану якість найкоротшим шляхом при найвищій продуктивності і з найменшими витратами. Основою для розробки маршруту служить послідовність обробки модулів поверхонь і номенклатура верстатного устаткування.

Основним принципом побудови маршруту модульного технологічного процесу є формування операцій по обробці не окремих поверхонь, а модулів поверхонь. На одній операції можна обробляти один або декілька МП одного або декількох найменувань. На об'єднання модулів поверхонь в операції важливий вплив чинять вимоги до якості обробки, тип виробництва, маса і габарити заготовлі, її конструктивні особливості.

Як відомо, в масовому і великосерійному виробництві рекомендується висока диференціація технологічного процесу на операції при високій концентрації технологічних переходів на одній операції. У цих умовах доцільно будувати маршрути з операцій, на яких обробляють модулі поверхонь одного найменування, і підвищувати концентрацію операції внаслідок обробки декількох модулів цього найменування.

У одиничному і дрібносерійному виробництві може виявитися доцільною обробка на одній операції модулів різного найменування. Це понизить число транспортних операцій.

Проектування операцій. В результаті проектування операції має бути вибрана схема базування заготовлі, певна послідовність обробки модулів поверхонь, розраховані витрати штучно-калькуляційного часу і складена технологічна карта. Проектування операції припускає, що відомі МП, які необхідно обробляти, і є технологія виго-

товлення кожного модуля поверхонь.

Під виготовлення конкретного МПІ розробляється відповідний технологічний модуль, що є частиною технологічного процесу і названий технологічним блоком (ТБ). Технологічний блок містить перелік і послідовність переходів, обумовлених конструктивним оформленням МПІ деталі, його розмірами, вимогами до якості, а також загальним модулем (МПІз), який визначає величини припусків, що підлягають зніманню з кожної поверхні МПІ. По суті ТБ є планом обробки МПІз для отримання заданого МПІ. Технологічні блоки для виготовлення конкретного МПІ розробляються як типові елементи технологічного процесу.

Сьогодні рівень розвитку технології не може запропонувати один технологічний процес виготовлення МПІ, однаково ефективний для одиничного, серійного і масового виробництва. Тому під кожного МПІ має бути розроблені декілька варіантів типових ТБ, що враховують різницю в серійності. Під кожного типовий ТБ створюється типове технологічне оснащення у вигляді модулів устаткування (МО), модулів пристосувань (МПр), інструментальних модулів (МИ) і модулів контрольно-вимірювальних засобів (МКИ).

Створення банку типових МПІ, ТБ, МО, МПр, МИ і МКИ дозволить проектувати модульні технологічні процеси за наступною схемою. Спочатку деталь представляють сукупністю МП, потім з МП утворюють МПІ. Далі визначають послідовність виготовлення МПІ і технологічні бази. Після цього будується маршрут і проектується операції з типових ТБ, МО, МПр, МИ і МКИ.

Операція модульного техпроцесу формуватиметься з технологічних блоків виготовлення модулів, кожен з яких містить декілька технологічних переходів по обробці поверхонь.

Проектування операції починається з вибору схеми базування заготовлі. Вона повинна забезпечити необхідну точність обробки при найвищій продуктивності, зручну установку і зняття заготовлі, доступ до усіх оброблюваних на цій операції поверхонь.

Потім необхідно вибрати послідовність обробки як самих МПІ, так і деяких МП, що входять в МПІ. Критерієм вибору є досягнення найвищої продуктивності обробки при заданій точності.

Після закінчення механічної обробки деталей виробляється їх зборка в складальні одиниці і після цього зборка виробу в цілому. Аналіз техпроцесів зборки різних виробів показав [7], що зборка будь-якого виробу зводиться, в основному, до з'єднання деталей за допомогою поєднання відповідної пари тих, що базують МП. Таких пар базуючих модулів, як випливає з класифікації, може бути не більше семи. Названо таке з'єднання модулем з'єднань (МС). Під типові модулі з'єднань з уніфікованими характеристиками розробляється технологічне забезпечення, що вклю-

чає типові складальні технологічні блоки (СТБ) і технологічні засоби їх здійснення. Тоді модульний техпроцес складки виробу проектується як і процес виготовлення деталі з типових складальних технологічних блоків.

Для впровадження модульної технології має бути створене нове прогресивне верстатне устаткування. Верстати повинні обробляти не окремі поверхні, а модулі поверхонь. Вони повинні створюватися збірно-розбірними, регульованими, такими, що складаються з типових і уніфікованих елементів, і збиратися безпосередньо в цеху на робочому місці під конкретний технологічний процес [9]. При зміні технологічного процесу виробляється і зміна технологічних засобів шляхом розбирання старих і зборки нових. Невживані елементи верстатного устаткування зберігаються на складі і використовуються у міру потреби.

Як показують результати проведених досліджень, техніко-економічні розрахунки і досвід впровадження [2, 6, 7], застосування модульної технології на підприємствах одиничного і дрібно-серійного виробництва дозволяє:

- підвищити якість продукції, що виготовляється, гнучкість виробництва;
- перейти до найбільш прогресивної потокової форми організації виробництва на підприємствах з одиничним і серійним типом виробництва;
- у 5-10 разів скоротити об'єм і терміни технологічної підготовки виробництва;
- підвищити продуктивність праці внаслідок однотипності виконуваних робіт в
- умовах багатонаменклатурного одиничного і дрібносерійного виробництва;
- збільшити завантаження устаткування;
- автоматизувати технологічну підготовку виробництва, розробити типові рішення автоматизації виробничих процесів на основі ГАП.

Таким чином модульний технологічний процес об'єднує в собі позитивні риси одиничного, типового і групового процесів.

Разом з викладеними раніше перевагами, викладена концепція проектування має також ряд недоліків і протиріч. Існуюча класифікація поверхонь не дозволяє однозначно класифікувати деякі модулі. Виникають труднощі при віднесенні до певного класу таких комплектів поверхонь, як паз шпони, шліцьові поверхні. Так поверхні паза шпони на валу призначені одночасно і для базування шпонки і для передачі зусилля за допомогою шпонки від валу до маточини або у зворотному напрямі. Таким чином, його можна представити, як сукупність МПБ і МПС, МПР і МПС, або ж включити одну його поверхню в МПБ 312, а інші класифікувати як єднальні. Проте у будь-якому випадку, усі його поверхні оброблятимуться спільно окремим технологічним переходом або блоком з використанням відповідних технологічних засобів. Тому представляється доцільним виділити в окремі групи такі модулі поверхонь як паз

шпони і шліци. Широке використання зубчастого зачеплення, наявність високоефективних технологічних процесів обробки зубів, спеціального устаткування, інструменту дозволяє виділити в окремі модулі також і поверхні зубів зубчастих коліс.

Запропонована класифікація не дозволяє розрізнити клас деталі (корпус, вал), якій належить модуль поверхонь, що може привести до помилок при виборі необхідного для обробки устаткування, інструменту і в цілому технологічного блоку. Наявність таких груп модулів поверхонь, як МПБ5, МПБ2, МПС2 (складні поверхні), МПР1, МПС1 (сукупність простих поверхонь) призводить до того, що в ці групи увійдуть МП, що відрізняються як за конструктивними ознаками, так і по вимогах, що пред'являються до них. Це приведе до того, що технологічні блоки виготовлення одного і того ж найменування МП відрізнятимуться не лише по розмірам, точності, серійності, але і складу технологічних переходів, використовуваному устаткуванню, методів обробки, інструменту і т. д., що ускладнить проектування технологічних процесів.

Суперечливим є вибір об'єкту проектування технологічних блоків. У роботах [2, 7] їм прийнятий інтегральний МП. Проте це приведе до різкого збільшення кількості об'єктів проектування технологічних блоків внаслідок різноманітності варіантів поєднання і взаємного розташування модулів, що об'єднуються в МПІ. Розглядається також варіант проектування ТБ під комплексний МПІ, що враховує усю цю різноманітність, проте створення такого МПІ не вважається реальним [6].

Серйозним недоліком модульної технології є відмова від одного з основних принципів побудови технологічних процесів - принципу поетапності. Відповідно до рекомендацій [2] спочатку обробляється найбільш відповідальний модуль, а потім менш відповідальні в порядку послаблення технічних вимог, що пред'являються до них. При цьому не враховується можливість ушкодження, спотворення під впливом теплових, силових полів, стружки, інструменту і інших чинників вже оброблених найбільш відповідальних поверхонь. В результаті підвищиться відсоток браку і, як наслідок, зросте собівартість виробів. Тому представляється доцільним виділити хоч би два етапи: чорновий, коли віддаляється основна частина припусків і напуск, і чистовий, на якому виробляється остаточне формування усіх параметрів оброблюваних поверхонь.

#### **Висновки.**

На закінчення необхідно відмітити, що механо-складальне виробництво будь-якого машинобудівного підприємства України, побудованого на принципах модульної технології стає гнучким, мобільним, конкурентоздатним в найкоротші терміни і з мінімальними витратами переходити на

випуск нових виробів.

**Список використаної літератури:**

1. Базров Б. М. Модульная технология в машиностроении / Базров Б.М. – М.: Машиностроение. – 2001. - 225 с.
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник [для студентов вузов] / Б.М.Базров. - М.: Машиностроение, 2005. - 736 с.
3. Базров Б. М. Унификация в механосборочном производстве на основе модульной технологии./ Базров Б.М. // Стандарты и качество. – 1986. №7. С. 20-25.
4. А. С. 1328160 Способ изготовления деталей. / Базров Б. М. (СССР). Опубл. в БИ, №29, 1987.
5. Базров Б. М. Классификация станочных приспособлений./ Базров Б. М. // Станки и инструмент. 1989. №3. с. 26-31.
6. Базров Б. М. Совершенствование производства деталей на основе модульной технологии. / Базров Б. М. -М.:Информприбор, 1989. Вып. 4. ТС-9. Технология приборостроения. С. 52.
7. Базров Б. М. Модульный принцип построения механосборочного производства. / Базров Б.М. // Вестник машиностроения. 1993. №12. с. 18-23.
8. Базров Б. М. Организация проектирования модульных технологических процессов изготовления деталей./ Базров Б.М. // Вестник машиностроения. 1995. №5. с. 23 - 28.
9. Базров Б. М. Концепция модульного построения технологических средств механосборочного производства./ Базров Б.М. // Вестник машиностроения. 1996. №2. с. 28-32.

*В статье рассматриваются аспекты модульного метода проектирования технологических процессов. Модульный подход позволяет проектировать индивидуальный технологический процесс посредством соединения типовых элементов, которые используются в обработке части детали - модуля поверхностей. Модуль поверхностей определяют единством функций, которые они выполняют и их разнообразие ограничено. Это делает возможным ограничение разнообразия технологических решений, использованного оборудования и средств технического оснащения. Это позволяет сократить срок технологической подготовки производства, сократить производственные затраты.*

*In the article the aspects of the module method of the technological processes projection are considered. The module approach allows to project the individual technological process by means of joining the type elements which are used in the processing of the detail part - module of surfaces. The module of surfaces are determining by the unity of the functions they per-form, and their variety is limited. This makes it possible to limit the variety of technological decisions, of the equipment and attachments which are used, to reduce the term of the technological preparation of production, to reduce production costs.*

Дата надходження в редакцію: 09.04.2012. р.

Рецензент: д.т.н., професор Тарельник В.Б.