

А.М. Михайлов, д.т.н., проф.
І.П. Навка, к.і.н., проф.
(ДонІТУ, м. Донецьк)

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ І РОЗВИТКУ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИНОБУДУВАННЯ

Розроблено новий теоретичний підхід на сталій методологічній основі об'єктно-орієнтованого проектування нетрадиційних прогресивних технологій.

Безупинний процес науково-технічного прогресу постійно вимагає удосконалення сучасних технологій, у тому числі і технологій машинобудування. При цьому вони у своєму розвитку терплять багатогранні перетворення, звичайно значно ускладнюються і здобувають нові властивості та можливості. Цьому сприяють дослідження фундаментального і прикладного характерів. Разом з тим, в основі їхнього розвитку лежать загальні тенденції розвитку техніки, а також нові принципи, що випливають завдяки прогресу науки і техніки.

До нових і перспективних тенденцій прогресивного розвитку технологій машинобудування [1] можна віднести наступні:

- підвищення концентрації і паралелізму технологічних зон обробки, що забезпечують поліпшення продуктивності і нових можливостей технологічних систем [2];
- створення нетрадиційних прогресивних просторових структур технологічних зон обробки (створення багатомірних циклічних структур, підвищення розмірності об'єктів у кожній різноманітності структури), що реалізують підвищення технологічних можливостей простору і середовища [2];
- забезпечення компоновання технологічних зон обробки в лінійні, поверхневі й об'ємні структури (рис. 1); забезпечення компоновання цих структур у виробничі осередки (поточно-просторові технологічні модулі) (рис. 2); забезпечення компоновання виробничих осередків у просторові структури і заповнення ними всього простору виробничого цеху з можливістю зміни розташування (рис. 2);
- підвищення ступеня компоновання структури за рахунок збільшення щільності (лінійної, поверхневої, об'ємної) технологічних зон обробки;
- створення нових класів технологічних машин [2], розробка і функціонування яких базується на основі нових принципів;
- організація потоковості функціонування технологічних зон обробки на основі багатомірних замкнутих рекурентних груп, які виконують на їх базі складні транспортні рухи і підвищують інтенсивність;
- забезпечення одночасності або паралельності виконання функцій технологічних систем;
- підвищення безперервності і стійкості функціонування технологічних систем відповідно до заданого алгоритму;
- підвищення інформаційності технологій, зниження маси технологічних систем і підвищення їхньої енергооснащеності;
- створення технологій і технологічних систем з використанням принципів мехатроніки й адаптроніки;
- спрощення функціональної структури за рахунок поєднання різних функцій технологічних систем, виконання технологічних функцій за допомогою транспортних функцій і павпаки.

Аналізуючи ці тенденції, можна відзначити, що в даний час перспективним є перехід від лінійних компоновань до поверхневих і об'ємних. На рис. 1 позначено: *a* – лінійне компоновання технологічних зон; *b* – поверхневе компоновання; *v* – об'ємне компоновання; 1 – вхідні потоки виробів; 2 – потік одиничних технологічних зон; 3 – одинична технологічна зона; 4 – виріб (предмет обробки); 5 – просторова технологічна зона; 6 – вихідні потоки виробів. v_{Tij} – транспортна швидкість виробів; h_i – крок виробів.

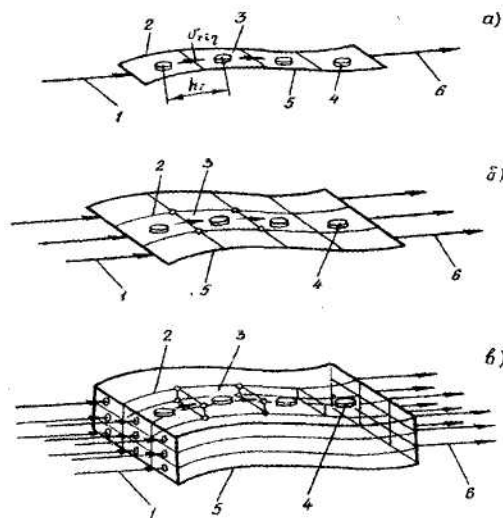


Рис. 1. Моделі просторових технологічних зон:
а – лінійна; б – поверхнева; в – об’ємна

На основі цих тенденцій розроблені принципово нові технологічні системи [2] з якісно новими властивостями. Теоретична продуктивність їх визначається за наступними залежностями:

– лінійно-просторова технологічна зона:

$$\Pi_i^L = \frac{L_i}{T_o h_i} = v_{T\eta} P_{Li} = N_{Li}; \quad (1)$$

– поверхнево-просторова технологічна зона:

$$\Pi_i^S = \frac{S_i}{T_o S_{Si}} = b_{oi} v_{T\eta} P_{Si} = b_{oi} N_{Si}; \quad (2)$$

– об’ємно-просторова технологічна зона:

$$\Pi_i^V = \frac{V_i}{T_o V_{Ei}} = s_{oi} v_{T\eta} P_{Vi} = s_{oi} N_{Vi}, \quad (3)$$

де $\Pi_i^L, \Pi_i^S, \Pi_i^V$ – теоретична продуктивність технологічної системи з лінійною, поверхневою й об’ємною зонами відповідно;

L_i, S_i, V_i – довжина, площа, об’єм технологічних зон відповідно;

h_i, S_{Ei}, V_{Ei} – довжина (крок), площа, об’єм одиначної технологічної зони відповідно;

T_o – тривалість основного часу технологічного впливу знарядь і засобів обробки на виріб;

b_{oi}, s_{oi} – ширина, площа поперечного перерізу технологічної зони відповідно;

P_{Li}, P_{Si}, P_{Vi} – лінійна, поверхнева, об’ємна щільності виробів у відповідних технологічних зонах;

N_{Li}, N_{Si}, N_{Vi} – інтенсивність потоків виробів відповідно в лінійній, поверхневій та об’ємній просторових технологічних зонах.

Тут:

$$P_{Li} = \frac{1}{h_i}, \quad P_{Si} = \frac{1}{S_{Ei}}, \quad P_{Vi} = \frac{1}{V_{Ei}}.$$

На підставі виразів (1), (2) і (3) встановлена залежність відносної продуктивності Π / Π_o технологічних модулів безперервної дії, де Π_o – теоретична продуктивність базового варіанта, від їхніх геометричних параметрів ε просторових технологічних зон (рис. 2). Аналіз цих залежностей показав, що збільшення габаритних розмірів технологічного модуля веде до збільшення його продуктивності за наступними законами: з лінійною технологічною зоною (графік 1) – по прямій пропорційній залежності, з поверхневою технологічною зоною (графік 2) – по квадратичній залежності, з об’ємною технологічною зоною (графік 3) – по кубічній

залежності. Тому технологічним системам з поверхневою та об'ємною технологічними зонами властиві якісно нові, більш високі техніко-економічні показники в порівнянні з технологічними системами з лінійним компонуванням, на базі яких створюються сучасні автоматичні лінії.

Важливим моментом при проектуванні технологічних систем є збільшення коефіцієнта використання технологічного простору на всіх ієрархічних рівнях:

$$K_R = \frac{V_k}{V_{OR}},$$

де K_R – коефіцієнт використання технологічного простору на R рівні;

V_k – об'єм простору, в якому розташовується технологічне устаткування (технологічні елементи);

V_{OR} – загальний об'єм простору, що обмежує функціональну одиницю.

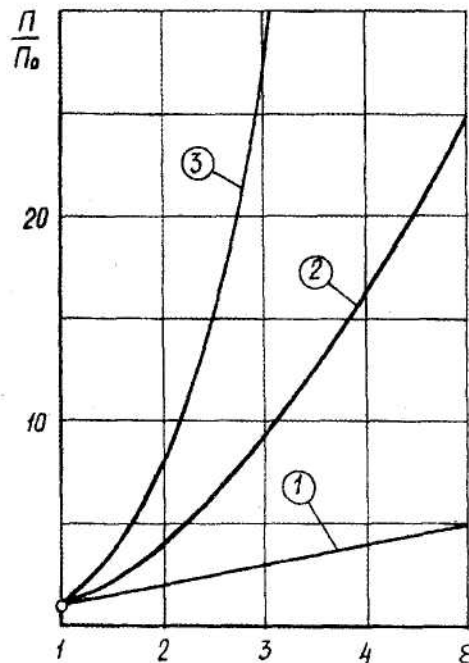


Рис. 2. Залежність відносної продуктивності технологічної системи від габаритних розмірів просторової технологічної зони

При цьому необхідно прагнути до підвищення щільності технологічних елементів просторової технологічної зони й інтенсивності функціонування поточно-просторових технологічних модулів. Крім того, при проектуванні технологічних систем, які складаються з n поточно-просторових модулів, необхідно просторово їх компонувати у виробничі осередки (рис. 3) і потім осередки просторово компонувати по всьому об'єму виробничого цеху. Причому тут також варто вести їхнє розміщення з розрахунку підвищення щільності поточно-просторових технологічних модулів у виробничих осередках і осередків у виробничому цеху. На рис. 3 показано формалізований об'ємно-просторовий виробничий осередок. Тут 1 – технологічна система, 2 – поточно-просторовий технологічний модуль, 3 – зв'язок між технологічними модулями, 4 – межа виробничого осередку, 5 – межа поточно-просторового технологічного модуля. Модульність побудови поточно-просторових технологічних систем дозволяє реалізувати основні принципи автоматизованих виробництв. Це, насамперед, гнучкість, безперервність і високі техніко-економічні показники виготовлення виробів. Однак процес створення таких технологій – складний процес, що вимагає тривалих досліджень фундаментального і прикладного характеру.

Для виявлення повної множини нетрадиційних варіантів нових прогресивних технологій розроблений загальний теоретичний підхід до їхнього створення [1, 3, 4]. В основі цього підходу лежить поле, утворене на перетині таких об'єктів (рис. 4): механотроніка, автоматизація і

просторова композиція. Зазначене поле нетрадиційних варіантів нових прогресивних технологій визначається за допомогою наступного виразу:

$$S \equiv A \cap B \cap C,$$

де S – безліч кортежів, що утворюють якісно нові властивості створюваних технологій;

A – безліч, утворена на перетині об'єктів (принципів) мехатроніки;

B – безліч, утворена на перетині принципів автоматизації;

C – безліч, утворена на призупиненні принципів просторової композиції.

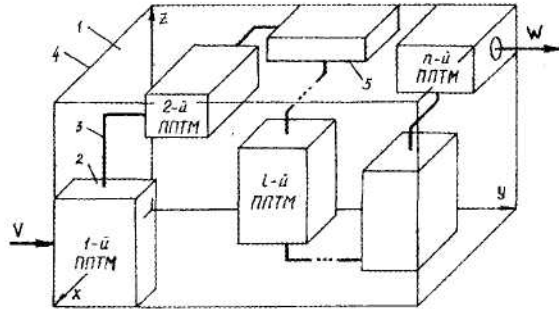


Рис. 3. Формалізований об'ємно-просторовий виробничий осередок

Використання такого підходу [3] дозволяє розробити прогресивні технології нового покоління, основні характеристики яких можуть бути оцінені на базі схеми, представленої на рис. 5 [1]. Вона має ієрархічну структуру і містить: основні ознаки, особливості і забезпечення прогресивних технологій.

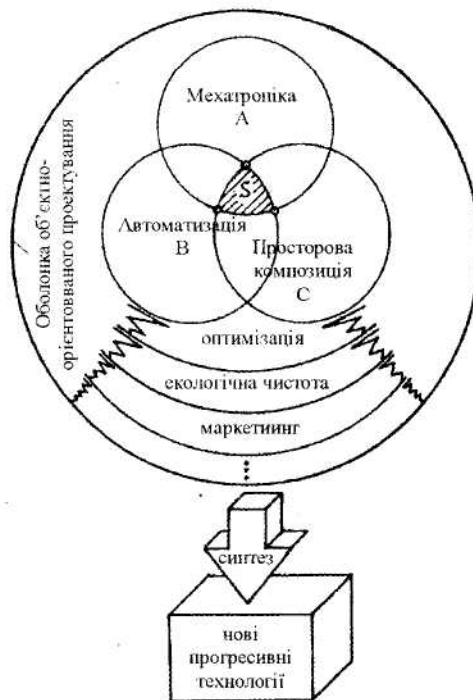


Рис. 4. Граф взаємодії об'єктів системи проектування нових прогресивних технологій

Аналіз процесу розвитку прогресивних технологій показує, що їхнє створення повинне здійснюватися комплексно як мінімум у двох напрямках: «всередину» і «вшир» [5]. Тут розвиток технологій «всередину» можна трактувати як забезпечення високого ступеня точності устаткування інструмента й оснащення. У цьому випадку необхідний визначений спеціальний характер системи діагностики, контролю, робочого технологічного середовища і т.п. Розвиток технологій «вшир» – це вдосконалення технічного забезпечення, спрямоване на автоматизацію й інтенсифікацію процесу одержання заданої множини виробів за рахунок

підвищення продуктивності, надійності й оптимального використання всіх ресурсів. Такий комплексний підхід у розвитку технологій дозволяє створити технології нового покоління (рис. 6), що згодом – у перспективі – перетворяться в технології майбутнього і будуть мати такі особливості:

- якісно нову сукупність властивостей виробів;
- якісно нову міру корисності виробів.



Рис. 5. Основные характеристики прогрессивных технологий нового поколения

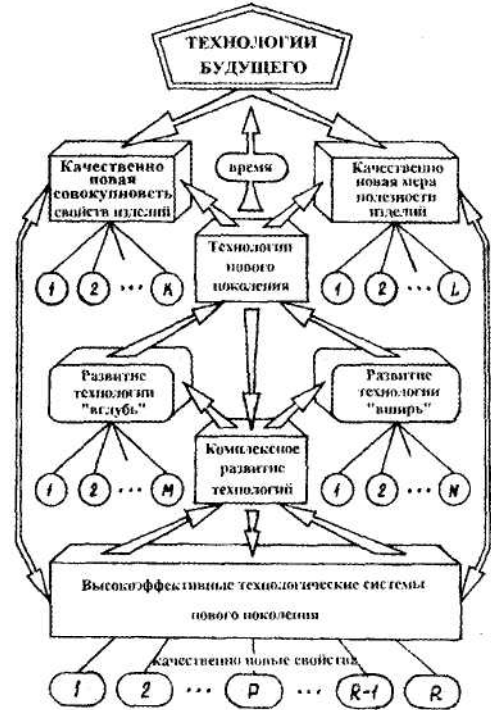


Рис. 6. Структурная схема развития технологий нового поколения

На основе тенденций развития технологий, які пропонуються, і розробленого теоретичного підходу в створенні та функціонуванні високоефективних технологічних систем [1] розроблені якісно нові поточно-просторові технологічні системи безперервної дії [2]. Ці технологічні системи відносяться до нового 5-го класу технологічних машин [6] нового покоління.

Основним при створенні поточно-просторових технологічних систем є перехід від лінійного компонування технологічних елементів до поверхневого і потім до об'ємного компонування технологічних елементів (рис. 7). Тут кожен вид, із трьох запропонованих, має відкриту множину варіантів геометричних форм компонувань, що дає можливість створювати значну кількість варіантів технологічних систем і виявляти найбільш прийнятні для реалізації заданого технологічного процесу.

Для вирішення питань компонування поточно-просторових технологічних систем запропонований метод синтезу принципово-структурних моделей, на базі яких розробляються компоновочні варіанти технологічних систем [4]. В основу цього методу покладена операція декомпозиції просторової структури і складної принципової кінематичної схеми транспортного руху [2].

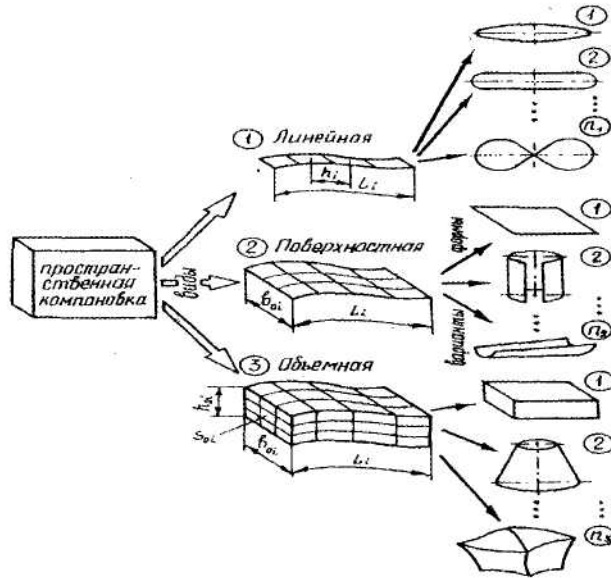


Рис. 7. Види і геометричні форми компонок просторових технологічних зон

На рис. 8 представлена схема синтезу принципово-структурних моделей деяких варіантів поточно-просторових технологічних модулів з підсистемами 2-го класу, а саме: поточно-гвинтового технологічного модуля (ПГТМ), поточно-спіралного технологічного модуля (ПСТМ), поточно-просторового технологічного модуля (ППТМ) і поточно-глобійдного технологічного модуля (ПГЛТМ).

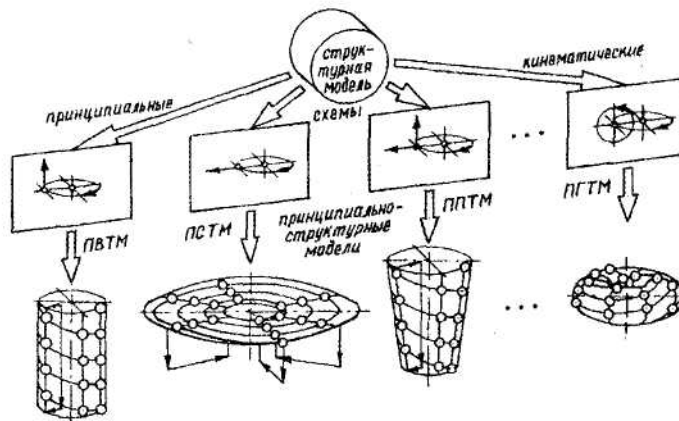


Рис. 8. Схема побудови принципово-структурних моделей технологічних модулів

Для наочності на рис. 9 наведена принципово-структурна модель поточно-просторової технологічної системи [2]. Тут показано: 1 – транспортний ротор, 2 – ПГТМ, 3 – ПСТМ, 4 – транспортний ротор, 5 – ПВТМ, 6 – транспортний ротор, 7 – ППТМ, 8 – транспортний ротор, 9 – ПГЛТМ, 10 – транспортний ротор, 11 – блок технологічного впливу, 12 – виріб, 13 – просторова траєкторія руху блока технологічного впливу, 14 – потік блоків технологічного впливу, 15 – замкнуті рекурентні траєкторії руху блоків технологічного впливу. Надходять вироби в технологічну систему по вхідному потоку V , а вивантажуються по вихідному потоку W . Стрілками позначені рухи блоків технологічного впливу в кожному технологічному модулі.

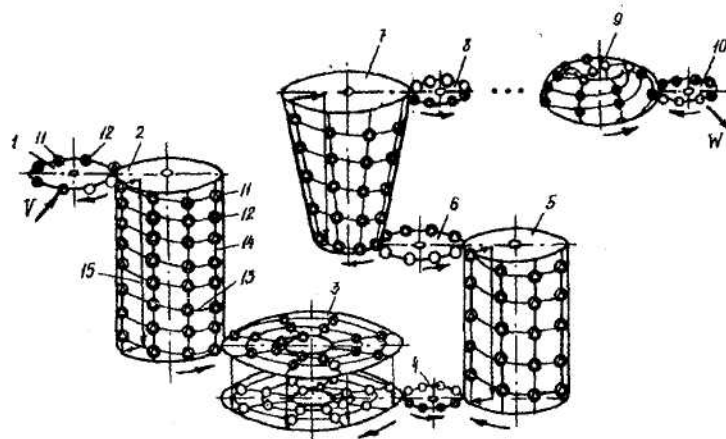


Рис. 9. Принципово-структурна модель поточно-просторової технологічної системи

Таким чином, розроблений новий теоретичний підхід і нові принципи дозволяють на строгій методологічній основі об'єктно-орієнтованого проектування створювати нетрадиційні прогресивні технології. Це дозволяє істотно підвищити техніко-економічні показники виготовлення виробів машинобудування на базі технологій і технологічних систем нового покоління.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Михайлов А.Н. Закономерности эволюционного процесса развития технологий машиностроения // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Сб. науч. статей. – Донецк: ДонГТУ, 1995. Вып. 2. – С. 32–49.
2. Михайлов А.Н. Разработка методов проектирования высокоэффективных поточно-пространственных технологических систем. Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Киев: КПИ, 1992. – 33 с.
3. Михайлов А.Н. Общий теоретический подход создания новых прогрессивных технологий // Прогрессивные технологии машиностроения и современность: Сб. трудов междунар. науч.-техн. конф. – Донецк: ДонГТУ, 1997. – С. 168–171.
4. Михайлов А.Н. Новая концепция развития технологических систем непрерывного действия // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Сб. науч.-техн. тр. – Донецк: ДонГТУ, 1994. Вып. 1. – С. 74–91.
5. Михайлов А.Н. Перспективы развития высоких технологий // Резание и инструмент: Республ. межвед. научно-техн. сб. – Харьков: ХПИ, 1993. Вып. 48. – С. 39–41.
6. Михайлов А.Н. Основы синтеза принципиальных кинематических схем и новых классов технологических систем непрерывного действия // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Сб. научно-техн. тр. – Донецк: ДонГТУ, 1991. Вып. 1. – С. 92–109.

МИХАЙЛОВ Олександр Миколайович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Технологія машинобудування” Донецького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– прогресивні технології машинобудування.

ПАВКА Ілля Павлович – кандидат історичних наук, професор, проректор з міжнародного співробітництва Донецького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– історія розвитку техніки.

Подано 13.03.2001.