

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Біловол Ганна Володимирівна

УДК 621.9.05-52

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНИХ
МЕХАНООБРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ НА ОСНОВІ СИНТЕЗУ
СТРУКТУР ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

Спеціальність 05.02.08 – технологія машинобудування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Державному підприємстві Інститут машин і систем Міністерства промислової політики України і Національної академії наук України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Тернюк Микола Емануїлович,
Державне підприємство Інститут
машин і систем, м. Харків, директор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Шелковий Олександр Миколайович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
професор кафедри технології машинобудування
та металорізальних верстатів

кандидат технічних наук, доцент
Баранов Олег Олегович,
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний
інститут», доцент кафедри робототехнічних
систем і комплексів

Захист відбудеться 26 травня 2011 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Автореферат розісланий «22» квітня 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

О.А. Пермяков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Існуючий стан машинобудування в Україні не достатньо забезпечує необхідні показники конкурентоспроможності, продуктивності та якості техніки. Особливо це стосується багатомономенклатурних виробництв, які є сучасною об'єктивною формою організації виробничої діяльності. Одним із напрямків підвищення ефективності таких виробництв є створення механообробних технологічних систем (ТС), що сполучають в собі суперечливі властивості високої продуктивності та гнучкості. Але створення багатомономенклатурних механообробних виробництв високої продуктивності, що викликають фундаментальні зміни в технології та організації виробництва, поки теоретично не достатньо обґрунтовано.

Найявні фундаментальні дослідження з теорії продуктивності ТС дозволяють вирішувати багато питань підвищення продуктивності конкретних ТС за рахунок вдосконалення металорізального обладнання, інструментів, застосування більш точних заготовок. Систематизовані принципи забезпечення необхідної точності обробки, якості поверхні та інших характеристик виробів. Вирішені основні проблеми створення механообробних виробництв на базі верстатів з ЧПК та інших сучасних засобів автоматизації. В той же час питання забезпечення продуктивності багатомономенклатурних механообробних виробництв та встановлення зв'язків і закономірностей синтезу ТС для таких виробництв вирішені не в повній мірі. На сьогодні рівень формалізації технологічних знань вказаних систем перебуває в початковій стадії. Тому виявлення технологічних способів підвищення продуктивності, створення на цій основі відповідного методу синтезу багатомономенклатурних механообробних виробництв як систем високої продуктивності є актуальною науково-практичною задачею та визначило напрямок дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано відповідно до наукових планів Державного підприємства Інститут машин і систем Мінпромполітики і НАН України в межах НДР Міністерства промислової політики України «Розробка державної програми розвитку машинобудування України на 2006-2011рр.» (ДР №0104U004906) і «Розробка програмного та організаційного забезпечення системи прискореного інноваційного розвитку промисловості на основі сучасних інформаційних технологій» (ДР №0102U006926), в яких здобувач була виконавцем окремих етапів.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування та розроблення системи синтезу багатомономенклатурних механообробних виробництв шляхом виявлення і застосування множини технологічних способів підвищення їх продуктивності.

Для досягнення поставленої мети визначені наступні задачі:

- виконати аналіз існуючих методів проектування механообробних ТС, а також дослідити особливості структурного синтезу багатомономенклатурних систем обробки металів різанням (ОМР) та існуючих підходів до підвищення їх продуктивності;
- розробити ієрархічні моделі структур циклів, функцій і процесів, характерних для багатомономенклатурних механообробних ТС;
- теоретично обґрунтувати та виявити повну (в межах прийнятої класифікації) множину технологічних способів підвищення продуктивності ТС і визначити умови їх застосування з урахуванням виявленої ієрархії циклів;

- розробити моделі структур повнофункціональних елементарних ТС, які реалізують виявлені способи підвищення продуктивності;
- теоретично обґрунтувати, розробити і експериментально перевірити метод спрямованого синтезу багатоміністерних механообробних ТС високої продуктивності.

Об'єкт дослідження - процеси технологічної підготовки і виготовлення виробів у багатоміністерних системах ОМР.

Предмет дослідження – зв'язки і закономірності синтезу багатоміністерних механообробних ТС високої продуктивності.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є системний підхід. Теоретичні дослідження базуються на основних положеннях технології машинобудування, математичної логіки, функціональному аналізі. Методи систематики і класифікації залучались при систематизації технологічних способів підвищення продуктивності ТС та геометро-кінематичних схем методів механічної обробки. Математичне моделювання об'єктів типу «об'єкт» і типу «процес» здійснювалось за допомогою графових і предикатних моделей. Методи конкретизації та параметризації структур застосовувались для послідовного системного перероблення інформації при проектуванні ТС. Розроблення системи синтезу структур багатоміністерних виробництв здійснювалось з використанням методу комплексної оптимізації ТС. Достовірність теоретичних розробок підтверджено результатами експериментальних досліджень, виконаних у виробничих умовах шляхом хронометражу.

Наукова новизна одержаних результатів. На теоретичних засадах технології машинобудування *вперше* виявлена множина технологічних способів підвищення продуктивності механообробних ТС та на її основі розроблено систему синтезу структур багатоміністерних виробництв, що базується:

- на розробленій узагальненій моделі структур повнофункціональних елементарних технологічних систем та встановленій закономірності зміни цих структур в залежності від рівня технізації основних, допоміжних та управлінських функцій;
- на виявленій лінійній залежності між рівнем технізації і кількістю структурних елементів в технологічній системі за умови її модульної побудови, що дозволяє на ранніх стадіях проектування оцінювати рівень складності та потенційної надійності системи;
- на вдосконалених моделях структур циклів, функцій та процесів, характерних для багатоміністерних ТС шляхом включення до їх складу ізохронного циклу та підготовчих циклів ранніх періодів, врахування яких створює можливості для подолання протиріччя між гнучкістю та продуктивністю;
- на вдосконаленому методі спрямованого синтезу багатоміністерних механообробних ТС високої продуктивності, що відрізняється способом визначення загальних і конкретизованих структур та параметрів системи за допомогою регулярних алгоритмічних процедур.

Практичне значення одержаних результатів для машинобудівної галузі:

- запропонована повна (в рамках прийнятої класифікації) множина технологічних способів підвищення продуктивності ТС, що дозволяє виявляти резерви та розробляти заходи з підвищення продуктивності багатоміністерних механообробних виробництв;

- розроблено методику застосування виявленої множини технологічних способів підвищення продуктивності багатомономенклатурних механообробних ТС на ранніх стадіях проектування відповідних технічних засобів для таких систем;

- розроблено алгоритм вирішення задачі забезпечення продуктивності багатомономенклатурних механообробних виробництв для проектування конкурентоспроможних ТС.

Результати роботи впроваджені на:

- ДП «110-ий Харківський автомобільний ремонтний завод» при розробці проекту багатомономенклатурної автоматичної лінії (АЛ) високої продуктивності на базі модернізованих верстатів з ЧПК для обробки заготовок деталей типу «тіла обертання».

- Науково-технічній виробничій корпорації «Модернізація і розвиток» при проектуванні виробничої системи для механічної обробки гайок, що самозатягуються, для об'єднання «Укрметиз» (м. Димитров Донецької обл.), при впровадженні якої досягнуто зменшення тривалості допоміжних функцій до 12 разів та підвищення продуктивності системи до 4-х разів.

Особистий внесок здобувача. Положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем самостійно. Серед них: виконання аналітичних та експериментальних досліджень, обробка та узагальнення отриманих результатів, участь у виробничому впровадженні. Постановка задач, аналіз і обговорення наукових результатів виконувались з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи доповідались на XIIⁱⁱⁱ та XVⁱⁱⁱ Міжнародних конференціях «Нові технології в машинобудуванні» (Харків, Рибаче, 2003, 2005 рр.); IXⁱⁱⁱ, Xⁱⁱⁱ та XIⁱⁱⁱ Міжнародних НТК «Фізичні та комп'ютерні технології» (м. Харків, 2003, 2004, 2005рр.); II^{mv} Міжнародному з'їзді з ТММ (м. Харків, 2005р.), Міжнародному семінарі «Великі системи: теорія і практика» (Харків, 2007, 2008, 2010 рр.). У повному обсязі робота доповідалась на засіданні вченої ради ДП Інститут машин і систем і на науковому семінарі кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів НТУ «ХП».

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 10 науковий працях, з яких 7 праць у наукових фахових виданнях ВАК України.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатку. Повний обсяг дисертації становить 194 сторінки, з них 27 рисунків по тексту, 15 рисунків на 11 окремих сторінках, 9 таблиць по тексту, 8 таблиць на 8 сторінках, додаток на 6 сторінках та список використаних джерел із 146 найменувань на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі дисертаційної роботи, визначені об'єкт і предмет дослідження, висвітлено наукову новизну, а також подано інформацію про апробацію та публікацію результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

У *розділі 1* проведено аналіз наукових публікацій щодо шляхів забезпечення продуктивності машинобудівних виробництв та рівнів їх гнучкості. Показано, що вирішення задачі підвищення ефективності виробництва пов'язане з багатомономенклатурними механообробними ТС високої продуктивності.

Теоретичною основою дисертаційного дослідження є наукові розробки Артоболевського І.І., Васильєва В.М., Дашенка А.І., Капустіна М.М., Карпуся В.Є., Клїра Дж., Колеснікова Л.А., Костюка Г.І., Кошкіна Л.М., Митрофанова С.П., Михайлова О.М., Месаровича М., Соломенцева Ю.М., Сулова А.Г., Такахари Я., Тернюка М.Е., Тимофієва Ю.В., Цветкова В.Д., Черпакова Б.І., Шаумяна Г.А., Шелкового О.М., Щедровицького Г.П. та інших. Досліджені різні аспекти вирішення задач підвищення продуктивності механообробних виробництв та забезпечення їх гнучкості, розглянуті загальносистемні питання моделювання, аналізу та синтезу технологічних об'єктів техносфери, сформульовані теоретико-методологічні основи сучасної технології машинобудування.

На основі аналізу публікацій з питань створення високопродуктивних ТС механообробки можна зробити висновок, що найменш дослідженою є методологія формалізованого синтезу як виробництв у цілому, так і їхніх структурних елементів. Головною складністю створення таких виробництв визначається проблема подолання протиріччя між продуктивністю і гнучкістю. Для створення відповідної методології та вирішення вказаної проблеми необхідно провести додаткові дослідження по моделюванню способів, засобів та умов створення нових ТС, здатних забезпечувати необхідну гнучкість при заданій продуктивності, а також по розвитку методів проектування багатомономенклатурних механообробних виробництв.

В якості загального підходу до вирішення поставлених задач обґрунтовано застосування системного підходу з використанням методу комплексної оптимізації ТС в межах всієї області можливих рішень по функціях, структурах та часу (рис. 1).

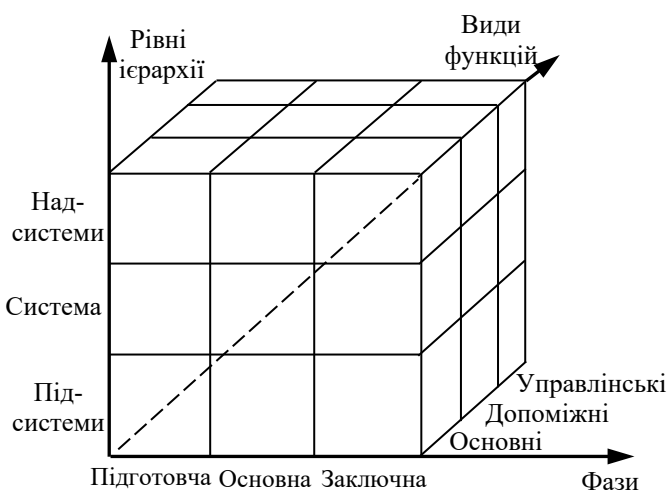


Рис. 1. Структурне представлення області можливих рішень та оптимізації ТС

щення продуктивності та проектному, що вимагає досягнення оптимального обраного критерію при обмеженні на продуктивність (серед інших обмежень).

У розділі 2 розроблені загальні структурно-процесні моделі способів підвищення продуктивності ТС, системно представлені базові поняття і моделі структур циклів, функцій та процесів, характерних для багатомономенклатурних виробництв, які визначають послідовність функціонування та розвитку ТС у часі.

З врахуванням того, що основні витрати часу в багатомономенклатурних системах пов'язані з підготуванням виробничих циклів, в пошуках ефективного рішення щодо мінімізації підготовчих циклів були досліджені цикли ранніх періодів.

Реалізація принципу комплексності вимагає врахування взаємозв'язків і взаємодії прийнятих рішень в усіх 27-ми блоках, зображеної на рис. 1 області. Повнота множини можливих рішень є однією з умов забезпечення високої ефективності системи. Ці аспекти зумовили потребу в теоретичному дослідженні з наступною експериментальною перевіркою отриманих результатів.

В дисертації задача забезпечення продуктивності багатомономенклатурних ТС вирішувалась у двох аспектах: пошуковому, який передбачає

Встановлено, що в системах високої продуктивності підготовчі цикли необхідно організувати за поточним принципом. Загальну модель структури циклів функціонування та розвитку ТС представлено на рис. 2. Індекси p, o, z відповідають підготовчому, основному та заключному етапам циклів на кожному ієрархічному рівні відповідно. Таке об'ємне представлення циклів є однією з умов отримання повної множини можливих рішень, необхідних для комплексної оптимізації при проектуванні ТС.

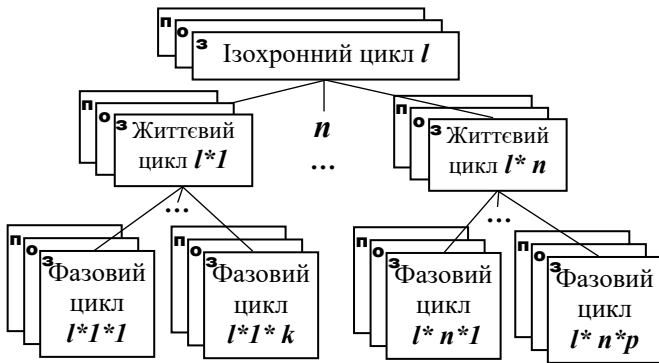


Рис.2. Загальна модель структури циклів функціонування та розвитку ТС

Включення в модель циклів більш високого рівня, ніж життєвий, потрібно для того, щоб врахувати можливі резерви підвищення продуктивності за рахунок появи в межах ізохронного циклу нових типів ТС. Відповідно до рис. 2 та існуючої системи атрибутів ТС в роботі враховано, що типи ТС можуть відрізнятися між собою видами фізичних ефектів (принципів дії) та структурними ознаками, що визначають рівень автоматизації системи.

В роботі запропоновані логіко-математичні моделі циклів. Для машинобудування типовими є життєвий та фазові цикли, в яких реалізуються функції, пов'язані із: науковими дослідженнями та маркетингом Д, проектуванням П, виготовленням В, сертифікацією С, збутом З, налагодженням та навчанням Н, функціонуванням Ф, а також обслуговуванням О, ремонтом Р, модернізацією М та утилізацією Л. Цільовим фазовим циклом є цикл Ф, загальна схема якого представлена моделлю

$$\Phi = (PE \square OE \square ZE) \square ZB \square Y, \tag{1}$$

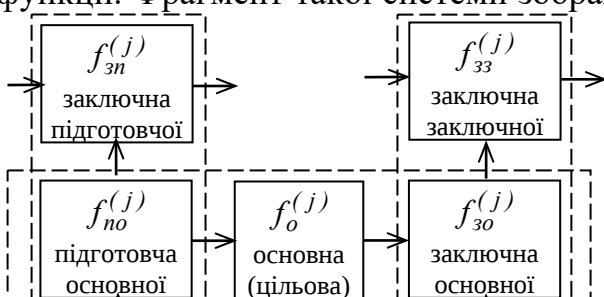
де PE, OE, ZE - початковий, основний та заключний етапи циклу; ZB, Y - забезпечуючий та управлінський фазові цикли відповідно. Знак \square означає послідовне, а знак \square - паралельне виконання циклів (етапів).

Враховуючи, що забезпечуючий та управлінський цикли на кожному із фазових циклів змінюють свій характер, структура життєвого циклу у відповідності з введеними позначеннями представлена моделлю

$$\begin{aligned} \text{ЖЦ} = & (D \blacktriangleright ZB_D \blacktriangleright Y_D) \blacktriangleleft (P \blacktriangleright ZB_P \blacktriangleright Y_P) \blacktriangleleft (B \blacktriangleright ZB_B \blacktriangleright Y_B) \blacktriangleleft (C \blacktriangleright ZB_C \blacktriangleright Y_C) \blacktriangleleft (Z \blacktriangleright ZB_Z \blacktriangleright Y_Z) \\ & \blacktriangleleft (H \blacktriangleright ZB_H \blacktriangleright Y_H) \blacktriangleleft (F \blacktriangleright ZB_F \blacktriangleright Y_F) \blacktriangleleft (O \blacktriangleright ZB_O \blacktriangleright Y_O) \blacktriangleleft \dots \blacktriangleleft (F \blacktriangleright ZB_F \blacktriangleright Y_F) \blacktriangleleft (R \blacktriangleright ZB_R \blacktriangleright Y_R) \\ & \blacktriangleleft (H \blacktriangleright ZB_H \blacktriangleright Y_H) \blacktriangleleft (F \blacktriangleright ZB_F \blacktriangleright Y_F) \blacktriangleleft (O \blacktriangleright ZB_O \blacktriangleright Y_O) \blacktriangleleft \dots \blacktriangleleft (M \blacktriangleright ZB_M \blacktriangleright Y_M) \blacktriangleleft \\ & (H \blacktriangleright ZB_H \blacktriangleright Y_H) \blacktriangleleft (F \blacktriangleright ZB_F \blacktriangleright Y_F) \blacktriangleleft (L \blacktriangleright ZB_L \blacktriangleright Y_L). \end{aligned} \tag{2}$$

Символом ... позначені можливі повторення цілісних фрагментів життєвого циклу, наприклад, типу $R \blacktriangleleft H \blacktriangleleft F$.

У відповідності із залежністю (1) структура системи функцій будується з тріадних ланцюгів, які включають по три складові: підготовчі, основні та заключні функції. Фрагмент такої системи зображено на рис. 3. Пунктирними лініями виділені зв'язані між собою умовою



безперервності циклів тріадні ланцюги для основної функції $f_o^{(j)}$, яка належить j -му ієрархічному рівню.

Побудова ієрархічних моделей, що включають ізохронні цикли розвитку техніки з врахуванням функцій, які

є окремими випадками. Фрагмент загальної функціональної структури механообробних ТС представлено на рис. 4. Верхні індекси $j \in \{n, c, n\}$ відображають належність функції до надсистеми, системи та підсистеми відповідно, а нижні індекси $(o), (\partial), (y)$ – до основних, допоміжних та інформаційно-управлінських функцій відповідно.

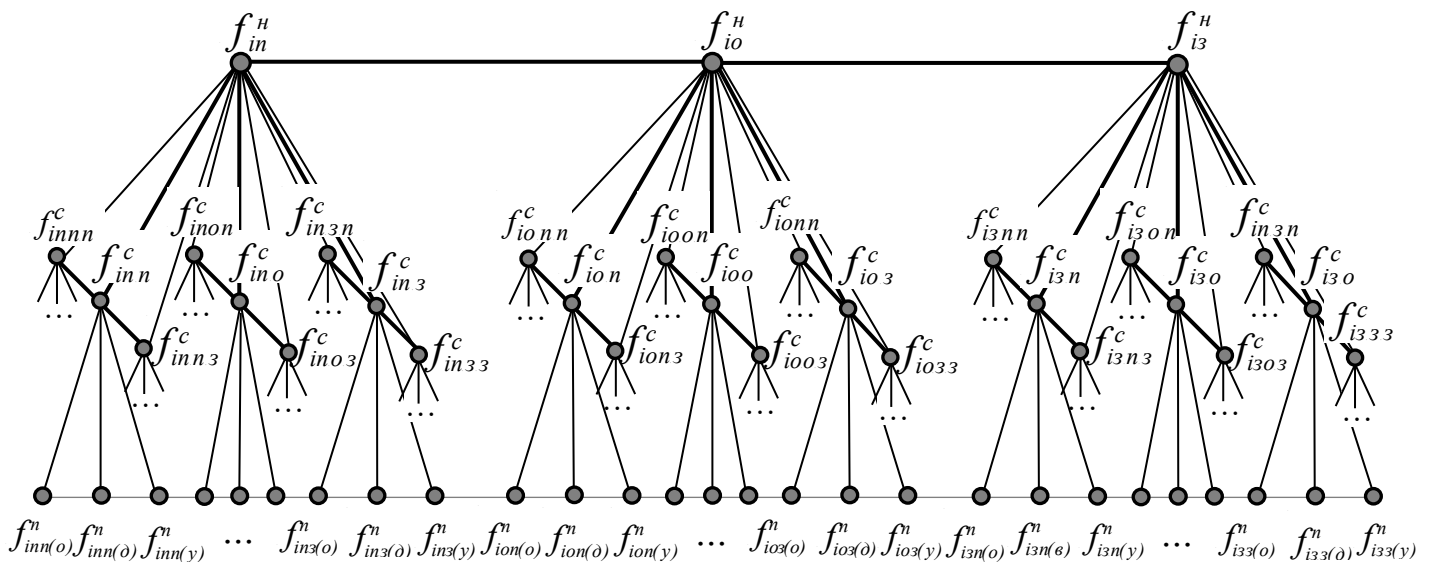


Рис.4. Фрагмент загальної моделі функціональної структури ТС

Аналіз представленої моделі показав, що для проектування ТС багатомономенклатурних виробництв потрібно конкретизувати кожну із підсистем з урахуванням потоку засобів технологічного оснащення та інформаційно-управлінського потоку. Наявність таких потоків є головною структурною ознакою механообробних ТС для багатомономенклатурного виробництва. Ці потоки матеріалізуються підсистемами (технічними засобами), що їх реалізують з високою швидкістю в межах підготовчих циклів ранніх періодів. Внаслідок цього створюються умови для подолання протиріччя між продуктивністю та гнучкістю ТС.

Із отриманої функціональної структури визначаються структури елементів багатомономенклатурних механообробних виробництв шляхом постановки у відповідність кожній функції елемента, що її реалізує, з відповідним рівнем технізації (механізації, автоматизації, інтелектуалізації) та створені предикатні моделі для розрахунку показників продуктивності.

Використовуючи відомі залежності Г.А. Шаумяна щодо продуктивності автоматизованого виробництва та враховуючи ізохронний і фазові цикли (1)-(2) в

роботі отримана параметрична модель для розрахунку продуктивності Q у багатомономенклатурних виробництвах

$$Q = \frac{m}{\sum_{i=1}^4 \left(\frac{1}{\lambda_i} \left(\frac{1}{\lambda_{Pi}} + \frac{1}{\lambda_{Oi}} + \frac{1}{\lambda_{3i}} \right) t_i \right)}, \text{ шт./хв}, \quad (3)$$

де $i \in \{n, o, y, p\}$, t_{Σ} - сумарні витрати часу на реалізацію підготовчо-заклучних, основних, управлінських, налагоджувально-ремонтних функцій відповідно, хв; індекси $\Pi, O, 3$ означають приналежність параметра до підготовчої, основної та заключної функції відповідно; m - характеристика об'єкта перетворень, що виконуються протягом робочого циклу, вимірюється у штуках; λ_{\square} - загальний коефіцієнт використання системи. Цей коефіцієнт конкретизовано для кожного значення тривалості відповідного окремого j -го фазового циклу T_{ij} , $j \in \{T, O, H, P\}$. При цьому враховано, величина λ визначається як добуток чотирьох окремих коефіцієнтів

$$\lambda_{\square} = \lambda_T \lambda_O \lambda_H \lambda_P, \quad (4)$$

де λ_T - коефіцієнт технічного використання; λ_O - коефіцієнт організаційного використання; λ_H - коефіцієнт витрат часу на налагодження; λ_P - коефіцієнт витрат часу на ремонт системи (підсистеми). Залежність продуктивності від $\lambda_{\kappa}, \kappa \in \{\Pi, O, 3\}$ вказує на можливість її зменшення при малих значеннях даних коефіцієнтів на підготовчих циклах.

Отримані залежності дозволяють виконувати аналіз можливих резервів підвищення продуктивності системи та розробляти заходи по їх реалізації. Для цього необхідно мати множину технологічних способів підвищення продуктивності багатомономенклатурних механообробних виробництв. Щоб її виявити в роботі виконано аналіз і систематизацію функцій ТС. Виділені основні Од, допоміжні (підготовчі, заключні та забезпечуючі) дії Дд. Між окремими функціями або їх складовими можуть бути прості Пр. Вказані функції та прості утворюють множину об'єктів Моб, які визначають тривалість циклу Тц

$$M_{об} = \{O_{d1}, O_{d2}, \dots, O_{dL}, D_{d1}, D_{d2}, \dots, D_{dM}, P_{p1}, P_{p2}, \dots, P_{pN}\}, \quad (5)$$

де індекси L, M, N - кількість основних, допоміжних функцій та простоїв відповідно.

В основу синтезу структур способів підвищення продуктивності покладено підхід, що ґрунтується на встановленні топологічних зв'язків між структурами способів та елементами цих множин. Для цього проведено структурування множини прийомів M_{np} , які впливають на тривалість часу реалізації об'єктів множини $M_{об}$: виключення B_{κ} , зменшення Z_m та суміщення C_m

$$M_{np} = \{B_{\kappa}, Z_m, C_m\}. \quad (6)$$

Застосовуючи цю множину прийомів до множини об'єктів (5), отримана множина структур способів M_{cn} підвищення продуктивності ТС

$$M_{cn} = M_{np} \rightarrow M_{об} = \{B_{\kappa} \rightarrow O_{d1}, B_{\kappa} \rightarrow O_{d2}, \dots, B_{\kappa} \rightarrow O_{dL}, Z_m \rightarrow O_{d1}, Z_m \rightarrow O_{d2}, \dots, Z_m \rightarrow O_{dL}, C_m \rightarrow O_{d1}, C_m \rightarrow O_{d2}, \dots, C_m \rightarrow O_{dL}, B_{\kappa} \rightarrow D_{d1}, B_{\kappa} \rightarrow D_{d2}, \dots, B_{\kappa} \rightarrow D_{dM}, Z_m \rightarrow D_{d1}, Z_m \rightarrow D_{d2}, \dots, Z_m \rightarrow D_{dM}, C_m \rightarrow D_{d1}, C_m \rightarrow D_{d2}, \dots, C_m \rightarrow D_{dM}, B_{\kappa} \rightarrow P_{p1}, B_{\kappa} \rightarrow P_{p2}, \dots, B_{\kappa} \rightarrow P_{pN}, Z_m \rightarrow P_{p1}, Z_m \rightarrow P_{p2}, \dots, Z_m \rightarrow P_{pN}, C_m \rightarrow P_{p1}, C_m \rightarrow P_{p2}, \dots, C_m \rightarrow P_{pN}\}.$$

(7)






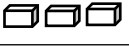
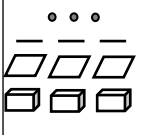
Практична реалізація цих способів визначається умовою непротиріччя, яке полягає в тому, що елементи $B_k \rightarrow O_{d1}, B_k \rightarrow O_{d2}, \dots, B_k \rightarrow O_{dL}$ цієї множини суперечать меті створення системи, оскільки неможливим є виключення основної функції.

В межах прийнятої класифікації, множини M_{np} та M_{ob} є повними і охоплюють всі етапи підготовки та функціонування системи. Цим забезпечується повнота виявленої множини технологічних способів підвищення продуктивності ТС.

У роботі проведена систематизація та класифікація структур отриманих способів. Виділені одно-, дво- і багатоелементні способи, серед яких: комбіновані та об'єднані способи. Визначені способи, які призводять до зміни видів і типів технологій механообробки, а також ті, що до таких змін не призводять.

Таблиця 1

Множина структурних геометро-кінематичних схем методів механічної обробки в автоматизованих виробництвах

Геометричні схеми технологічної дії		Рівень концентрації технологічної дії	Управління кінематикою при здійсненні метода	Застосування у виробництвах
За Л.М. Кошкіним	Запропоновані			
•	•	Точка	I	O
	•••	Група точок	$\frac{I}{D}$	$\frac{O}{B}$
—	—	Лінія	I	O
	— — —	Група ліній	$\frac{I}{D}$	$\frac{O}{B}$
		Поверхня	I	O
		Група поверхонь	$\frac{I}{D}$	$\frac{O}{B}$
		Об'єм	I	O
		Група об'ємів	$\frac{I}{D}$	$\frac{O}{B}$
...
		Комбінування точок, ліній, поверхонь та об'ємів	$\frac{I}{D}$	$\frac{O}{B}$

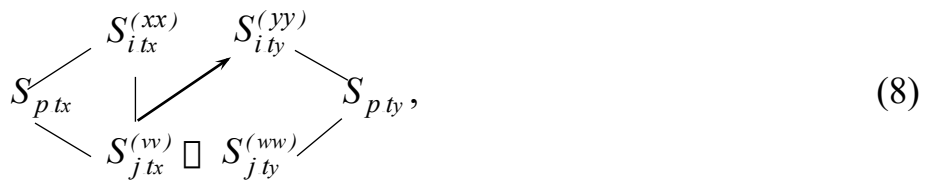
Зокрема, встановлено, що нові види і типи технологій механообробки виникають при застосуванні способу $C_m \times O_d$. Для синтезу методів механічної обробки, починаючи з нижчого ієрархічного рівня з врахуванням можливих рівнів концентрації технологічної дії, введених Кошкіним Л.М., розроблена впорядкована множина структурних схем таких методів (таблиця 1). При цьому виділені методи, які мають інтегроване (I) та диференційоване (D) управління кінематикою елементів, що забезпечує технологічну дію в одно- (O) та багатомономенклатурних (B) виробництвах відповідно.

Для кожного способу множини (7) розроблені свої заходи та умови, що забезпечують їх реалізацію на різних ієрархічних рівнях ТС: робоче місце, підрозділ (схеми) та інші.

Отримані способи підвищення продуктивності можуть бути застосовані при вирішенні таких задач як оптимізація ТС по критерію продуктивності, аналіз резервів підвищення їх продуктивності, оцінка ступеня досконалості по критерію швидкодії виконавчих механізмів ТС та інших.

В 3-му розділі розроблені структурно-об'єктні моделі ТС та описані способи забезпечення заданих функціональних і структурних властивостей багатомономенклатурних механообробних виробництв. Це основні підготовчі моделі для загальної задачі синтезу таких виробництв.

В основу моделей покладено універсальний моделюючий блок, який відображає цільові та вимушені перетворення в системі з урахуванням впливу середовища



де: $S_{\square t_m}^{(kk)}$, $\blacktriangle \uparrow \{i, j\}$ - \blacktriangle -а система (підсистема) в момент часу t_m , $m \uparrow \{x, y\}$, стан якої відповідає верхньому індексу (kk), $kk \uparrow \{xx, yy, vv, ww\}$, S_p – середовище; подвійною горизонтальною стрілкою позначено цільове перетворення, а одинарною ламаною - вимушене, яке виникає внаслідок зміни ресурсу перетворюючої системи S_i при її дії на систему S_j , що перетворюється; одинарні похилі прямі відображають взаємодію системи (підсистеми) із середовищем. Модель (8) відображає загальну структуру взаємодіючих систем (підсистем) протягом двох фаз: початкової (індекси підсистем xx та vv), та кінцевої (індекси підсистем yy та ww). Ця модель отримана шляхом підстановки у відповідність кожній функції свого елемента, який її реалізує, з врахуванням знаходження у середовищі, виходячи із визначення ТС.,

В якості елементарних структур, які не підлягають подальшому поділу і є універсальними складовими ТС обрані повнофункціональні елементарні системи як системи з мінімально необхідною кількістю елементів для різних рівнів технізації.

Вимога функціональної повноти підсистем зумовила включення до складу елементарних ТС людей-операторів і технічних засобів. Міра участі людей-операторів у виконанні речовинно-енерго-інформаційних перетворень визначає рівень технізації. Чим менша участь людей-операторів, тим вищий рівень технізації.

Для визначення залежності між рівнем технізації підсистем та кількістю технічних елементів в системах досліджені первинні елементи підсистем. Первинними технічними елементами технологічних структур є функціональні перетворювачі. Кількість видів таких елементів обмежена. Об'єднуючись певним чином між собою, вони утворюють усі види повнофункціональних ТС. Найпростішою структурою такої системи, яка має один технічний елемент у своєму складі, є система з перетворювачем - робочим органом (РО). Наступний крок - це система, де кількість технічних засобів збільшена на один перетворювач (ПРО), який розширює та посилює можливості РО.

В роботі показано, що подальше збільшення кількості технічних засобів за рахунок включення до складу підсистеми допоміжних перетворювачів одного і того ж виду не призводить до структурної відмінності. Група одновидових перетворювачів також є перетворювачем з тотожним видом. Вказаними двома технічними елементами за участю людини-оператора може забезпечуватися безпосереднє виконання основних (цільових) функцій, тобто в механообробному виробництві реалізовуватиметься функціонально-речовинний цикл. Моделі структур технічних засобів даного циклу задано наступним чином:

$$\begin{aligned} & \text{РО}; \\ & \text{РО} + \text{ПРО}. \end{aligned} \tag{9}$$

Постачальником енергії та інформації для реалізації цього циклу за допомогою зазначених елементів є люди-оператори. Такі підсистеми належать до класу ручних. Перехід на новий рівень організації робіт вимагає введення до їхнього складу структурних новацій, пов'язаних з технізацією енергетичного циклу. Вид, тип та параметри енергії, яка подається на РО та ПРО, повинні бути з ними узгоджені. Це

означає необхідність включення в підсистему елемента-перетворювача (погоджувача) з функціями робочого органу енергетичного циклу, який передає енергію для ПРО і РО. Виходячи із загальних законів збереження субстанцій та управління ними, в цю підсистему включені перетворювач-концентратор енергії, перетворювач-носій енергії та його перетворювач-регулятор. Усі нові технічні елементи: перетворювач з функціями робочого органу енергетичного циклу (РЕ), перетворювач-концентратор (КЕ), перетворювач-носій енергії (НЕ) і перетворювач-регулятор (УЕ), які у сукупності реалізують енергетичний цикл, повинні мати свої перетворювачі (підсилювачі, погоджувачі) ПРЕ, ПКЕ, ПНЕ і ПУЕ відповідно. Моделі структур технічних засобів для реалізації енергетичного циклу ТС задані в порядку зростання складності:

$$\begin{aligned}
 & \text{РЕ}; \\
 & \text{РЕ} + \text{ПРЕ}; \\
 & \text{РЕ} + \text{ПРЕ} + \text{ПКЕ}; \\
 & \text{РЕ} + \text{ПРЕ} + \text{ПКЕ} + \text{КЕ}; \\
 & \text{РЕ} + \text{ПРЕ} + \text{ПКЕ} + \text{КЕ} + \text{ПНЕ}; \\
 & \text{РЕ} + \text{ПРЕ} + \text{ПКЕ} + \text{КЕ} + \text{ПНЕ} + \text{НЕ}; \\
 & \text{РЕ} + \text{ПРЕ} + \text{ПКЕ} + \text{КЕ} + \text{ПНЕ} + \text{НЕ} + \text{ПУЕ}; \\
 & \text{РЕ} + \text{ПРЕ} + \text{ПКЕ} + \text{КЕ} + \text{ПНЕ} + \text{НЕ} + \text{ПУЕ} + \text{УЕ}.
 \end{aligned} \tag{10}$$

В цих структурах врахована спрямованість потоку енергії - від НЕ, що управляється за допомогою УЕ, через ПУЕ до РЕ та ПРЕ.

Аналогічно побудовані моделі структур підсистем, які реалізують інформаційний (інформаційно-управлінський) цикл. При цьому врахована зміна спрямованості руху потоку субстанції, та те, що робочим органом інформаційних процесів є рецептор (датчик) - РІ. Цей елемент має свій перетворювач (по простору, часу, параметрах) - ПРІ. Далі йдуть перетворювач-концентратор КІ та його перетворювач-обчислювач ПКІ. З другого напрямку – від програмоносія НІ з перетворювачем ПНІ надходить інформація (в тому числі для оперативного управління) для об'єднання з інформацією від КІ. Об'єднана інформація, що надійшла з обох напрямків, перетворюючись потрібним чином, завдяки наявності ПКІ подається в елемент-регулятор енергії циклу. Процес подачі інформації узгоджується та управляється елементами ПУІ та УІ. Моделі структур підсистеми інформаційного циклу представлені у виді:

$$\begin{aligned}
 & \text{РІ}; \\
 & \text{РІ} + \text{ПРІ}; \\
 & \text{РІ} + \text{ПРІ} + \text{ПКІ}; \\
 & \text{РІ} + \text{ПРІ} + \text{ПКІ} + \text{КІ}; \\
 & \text{РІ} + \text{ПРІ} + \text{ПКІ} + \text{КІ} + \text{ПНІ}; \\
 & \text{РІ} + \text{ПРІ} + \text{ПКІ} + \text{КІ} + \text{ПНІ} + \text{НІ}; \\
 & \text{РІ} + \text{ПРІ} + \text{ПКІ} + \text{КІ} + \text{ПНІ} + \text{НІ} + \text{ПК}; \\
 & \text{РІ} + \text{ПРІ} + \text{ПКІ} + \text{КІ} + \text{ПНІ} + \text{НІ} + \text{ПК} + \text{ПКІ}.
 \end{aligned} \tag{11}$$

Системи структурних моделей (9)-(11) відображають загальну структуру тотожних (ізоморфних) елементів ТС, які використовуються у складі підсистем ТС, що реалізують основні, забезпечуючі та управлінські функції відповідно.

В таблиці 2 наведені приклади конкретизованих технічних елементів-

перетворювачів, що реалізують речовинний, енергетичний та інформаційний цикли в механообробних ТС.

Таблиця 2

Конкретизовані технічні елементи-перетворювачі для типових об'єктів ТС

Об'єкт (підсистема)	Конкретизовані технічні елементи-перетворювачі (клас елементів)							
	РО, РЕ, РІ	ПРО, ПРЕ, ПРІ	ПКЕ, ПКІ	КЕ, КІ	ПНЕ, ПНІ	НЕ, НІ	УЕ, УІ	ПУЕ, ПУІ
Різець	Ріжуча частина	Державка	-	-	-	-	-	-
Токарно-гвинторізний металорізальний верстат	Різцетримач, кулачки патрона, піноль задньої бабки	Супорт, патрон	Шпиндель, ходовий вал, ходовий гвинт	Електродвигун	Коробки швидкостей та подач	Електромережа	Провідники	Вимикач
Електричний двигун	Хвостовик вала ротора	Вал ротора	Остов ротора	Обмотки ротора	Корпус статора	Обмотки статора	Провідник	Вимикач
АСУ процесом різання	Датчики параметрів у різця	Канали передачі сигналів	Суматор	Обчислювальний прилад	Перетворювач	Програмоносій	Керуваний прилад	Вимикач

Враховуючи адитивність структур щодо складу елементів, в роботі доведено, що залежність між кількістю елементів ТС та рівнем технізації є лінійною, і реалізується при модульній побудові ТС. Нелінійність з'являється від суміщення функцій, які реалізуються одними і тими ж елементами. В цьому випадку породжуються нові види елементів на рівнях надсистем, систем та підсистем.

Для розширення або змінення властивостей ТС в роботі запропоновані способи об'єднання елементарних підсистем в більш складні утворення.

Розроблені моделі структур, внаслідок їх типізації, дозволяють створювати уніфіковані структури ТС на ранніх стадіях проектування і пристосовані для використання у запропонованому методі синтезу технічних засобів.

В *розділі 4* розроблено, досліджено і експериментально перевірено метод спрямованого синтезу багатонаменклатурних механообробних ТС високої продуктивності. Створено алгоритм формалізованого синтезу, який ґрунтується на виявлених у попередніх розділах залежностях між циклами, функціями і процесами та структурами ТС і рівнем їх технізації. Сформульовані принципи застосування способів забезпечення необхідної продуктивності ТС.

Запропонований метод синтезу має в основі загальну послідовність конкретизації моделей систем, що наведена на рис. 5.

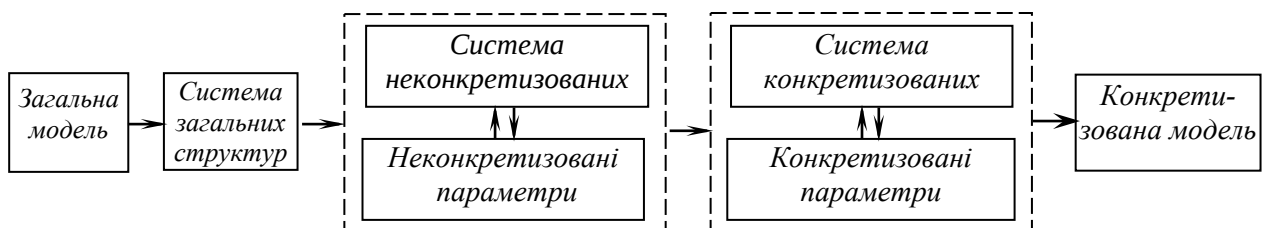


Рис.5. Загальна послідовність конкретизації моделей ТС

Метод передбачає отримання системи загальних структур та їх послідовну конкретизацію. Відповідно до рис. 1, в залежності від об'єктів, що синтезуються, для ТС виділені основні види загальних структур:

- по тріаді розвитку: функції, перетворюючі ефекти та процеси;
- по тріаді ієрархії: надсистеми, системи та підсистеми;
- по тріаді субстанцій, що перетворюються: речовина, енергія та інформація.

При конкретизації структур запропоновано використовувати два види ієрархій. Перший з них передбачає виділення елементів на основі принципу включення, згідно якому кожен елемент нижчого ієрархічного рівня є частиною відповідного елементу вищого ієрархічного рівня (елементна ієрархія). Приклад ієрархії елементів для типових об'єктів (підсистем) ТС наведено в таблиці 2.

Другий вид ієрархії (ієрархія класів) засновано на ранжуванні класів об'єктів. Ієрархічний рівень класу визначається на основі принципу інформаційної співвідпорядкованості, а об'єкти є складовими елементами виділених класів.

Загальна схема конкретизації структур (рис. 6) передбачає послідовне переведення неконкретизованої структури в конкретизовану шляхом використання ієрархії класів.

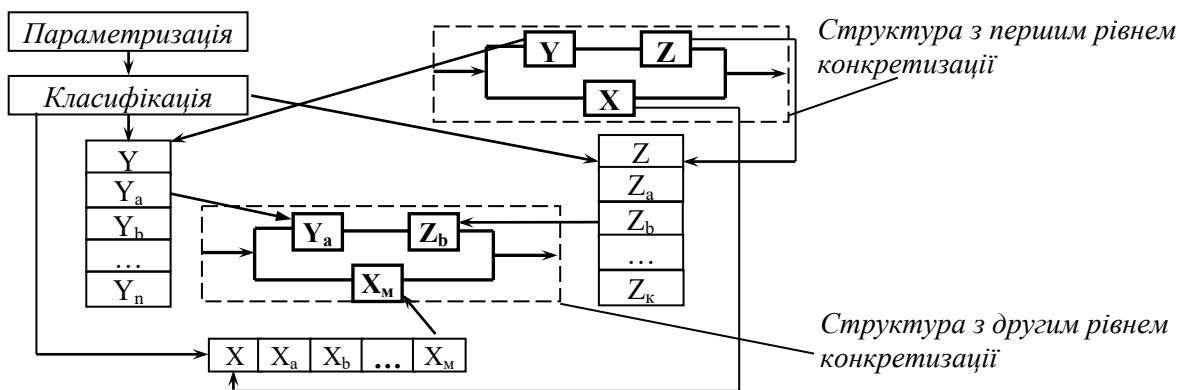


Рис. 6. Загальна схема конкретизації структур

Така процедура повторюється до досягнення необхідного рівня конкретизації. Цим створюється основа для формалізованої реалізації типових етапів синтезу технічних засобів ТС, що забезпечують їх високу продуктивність. Конкретизовані структури об'єктів параметризуються шляхом створення математичних моделей, що відбивають будову та умови взаємодії підсистем між собою та із середовищем згідно із залежністю (8). Параметри, в свою чергу, конкретизуються з урахуванням інформації про обмеження і критерії оптимальності.

На базі вказаних досліджень створено метод спрямованого синтезу багатоміністерних механообробних ТС високої продуктивності. При цьому використана загальна постановка задачі комплексної оптимізації систем. Метод конкретизується розробленим алгоритмом оптимізаційного забезпечення продуктивності багатоміністерних механообробних виробництв. Враховуються як виявлені у попередніх розділах залежності між структурами елементарних підсистем і рівнем їх технізації, так і сформульовані теоретичні принципи

забезпечення необхідної продуктивності.

Схема загального алгоритму передбачає: визначення області застосування та призначення системи – визначення структури функцій системи (дивергенцію функцій) – вибір структури реалізуючих ефектів – проектування структури процесів – постановка у відповідність кожній функції (операції) структури елементарної повнофункціональної підсистеми з необхідним рівнем технізації – об'єднання цих структур в загальну структуру (конвергенція структур) – конкретизація структури - параметризація - конкретизація параметрів – перевірка можливості та доцільності застосування структури за обмеженнями та обраними критеріями. Схема реалізується ітеративно, спочатку для основних функцій, потім для допоміжних, далі - для управлінських. На основі діючих обмежень та принципів виключаються недопустимі варіанти рішень. В результаті отримується перший варіант загальної неконкретизованої структури, який у подальшому підлягає конкретизації. Але процедурі конкретизації передують виділення суттєвих ознак елементів та їх параметризація. Далі встановлюються показники характеристик вимушених перетворень при реалізації цільових функцій, які витікають із взаємодії підсистем між собою та з навколишнім середовищем згідно із залежністю (8). За цими показниками перетворення поділяються на допустимі та недопустимі. Цикл повторюється до отримання допустимих рішень.

Процедура синтезу і подальшого проектування є багатоваріантною у зв'язку з багатоваріантністю процедури функціональної диференціації, можливістю отримання одних і тих же перетворень функцій при застосуванні різних фізичних ефектів, що породжує нові типи техніки, та внаслідок можливості використання підсистем з різним рівнем технізації. Потрібний варіант структури вибирається на основі порівняння за критеріями оптимізації. При цьому враховуються також можливі стратегії виконання управлінських дій.

Наведена послідовність етапів проектування ТС дозволяє генерувати рішення для усіх 27-ми блоків області оптимізації ТС, наведених на рис. 1, які відповідають критерію повноти.

Для експериментальної перевірки адекватності отриманих моделей, основних положень методу і результативності алгоритму проведено синтез та впровадження механообробних автоматизованих ТС. Зокрема, отримані теоретичні результати застосовано для проектування структури багатоменклатурної АЛ механічної обробки заготовок деталей типу «тіла обертання». Ця лінія повинна створюватись шляхом модернізації базової поточної лінії з універсального обладнання. Відповідно до запропонованого алгоритму здійснено:

1. Аналіз номенклатури деталей-типопредставників, що підлягають обробці в багатоменклатурній АЛ і запропоновано застосування способу $Z_m \rightarrow O_0$ шляхом підвищення точності форми і розмірів заготовки.

2. Визначення особливостей постановки та вирішення задачі модернізації багатоменклатурної лінії механообробки.

Критерій оптимальності: $C \rightarrow \min$, де C – собівартість обробки деталей.

Основні обмеження: зростання продуктивності не менше ніж в 10 разів, а також забезпечення заданої якості деталей, використання наявних виробничих площ та існуючого на виробництві обладнання.

3. Синтез функціональної структури модернізованої АЛ. Розроблено два варіанти лінії. Перший забезпечує автоматичне переналагодження верстатів та

токарну обробку деталей, а другий – додатково забезпечує реалізацію елементів самоодернізації АЛ за рахунок виготовлення, установки та використання змінних елементів установочних затискних пристроїв токарних верстатів для забезпечення обробки зовнішніх поверхонь деталей типу «диск» з різними діаметрами базових внутрішніх поверхонь. Синтез проведено шляхом конкретизації загальної моделі з врахуванням наявних обмежень.

4. Синтез структурної моделі модернізованої багатономенклатурної АЛ. Етап виконується шляхом постановки у відповідність кожному фазовому циклу функціональної структури відповідного елементу, який його реалізує.

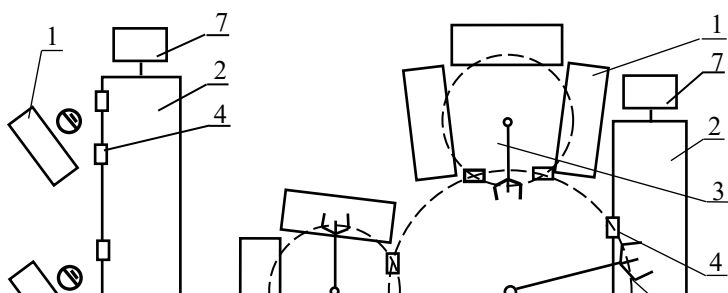
5. Використання елементів множини технологічних способів підвищення продуктивності для забезпечення необхідного рівня зростання продуктивності, що реалізовувалось спочатку на рівні лінії, а потім на рівні окремих складових технологічного обладнання. Характеристики використаних способів та отриманих результатів наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Характеристики елементів АЛ та технологічних способів підвищення продуктивності

Базовий варіант	Запропонований варіант	Використаний спосіб підвищення продуктивності	Зростання продуктивності, рази
Організація потоку у двовимірному просторі	Організація потоку у тривимірному просторі	$Z_m \rightarrow P_p$	1,1 \blacktriangleright 1,3
Одноінструментна обробка (•)	Багатоінструментальна обробка (•••)	$C_m \rightarrow O_d$	2,3 \blacktriangleright 3,6
Круговий кроковий двигун та передача гвинт-гайка	Лінійний кроковий двигун	$C_m \rightarrow D_d$	2,1 \blacktriangleright 3,4
Шпиндель на механічних опорах	Шпиндель на гідродинамічних опорах	$Z_m \rightarrow O_d$	2,4 \blacktriangleright 4,2
Інструмент для звичайних швидкостей різання	Інструмент для високих швидкостей різання		
Типові нормативні траєкторії	Просторові траєкторії	$Z_m \rightarrow D_d$	1,0 \blacktriangleright 1,2
Однопотокова система керування	Багатопотокова система керування	$Z_m \rightarrow (D_d + P_p)$	1,0 \blacktriangleright 1,1
Привод с асинхронним двигуном та багатоступінчастою коробкою подач	Асинхронний двигун з механічним варіатором з системою керування	$Z_m \rightarrow (O_d + D_d)$	1,1 \blacktriangleright 1,3
УСЬОГО:			11 \blacktriangleright 16,1

6. Розроблення компоновочної схеми модернізованої багатономенклатурної АЛ із верстатів з ЧПК. Схеми базової потокової лінії та запропонованої АЛ представлені на рис. 7, де позначено: 1 – токарно-гвинторізний верстат; 2- конвеєр; 3 – мані-



пулятор груповий; 4 – вбудовані завантажувально-розвантажувальні позиції (пристрої); 5 – маніпулятор міжгруповий; 6 – склад заготовок; 7- склад готових деталей; 8 – склад заготовок-пристосувань, що модернізуються; - робоче місце.



7. Модернізацію токарно-гвинторізних верстатів з ЧПК, включених до складу багатомономенклатурної АЛ.

На рис. 8 показано варіант схеми модернізації токарно-гвинторізного верстату, в якому передбачена реалізація технологічних способів підвищення продуктивності, зазначених в таблиці 3. На рисунку: БК – блок керування, СК – система керування.

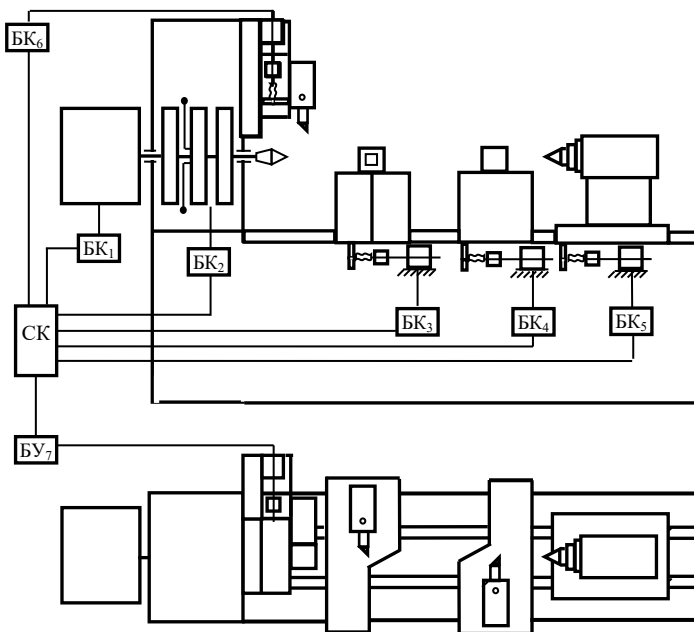


Рис. 8. Варіант схеми модернізації токарно-гвинторізного верстата з ЧПК, як структурного елемента

На замовлення Науково-технічної виробничої корпорації «Модернізація і розвиток» (м. Харків) з використанням отриманих теоретичних положень була розроблена, виготовлена і впроваджена технологічна система для високопродуктивної механічної обробки гайок, що самозатягуються. Згідно із залежністю (3) були виявлені резерви підвищення продуктивності системи. Вони полягали у зменшенні кількості операцій та тривалості підготовчого та заключного фазових циклів. Наявне на підприємстві виробництво на базі верстатів моделі 1Б240П-6К було модернізовано. Для реалізації резервів підвищення продуктивності

Запропонована ТС має об'ємну більш розвинену схему маршрутизації потоків заготовок внаслідок різної висоти зон обробки верстатів. Це забезпечується шляхом використання багатокординатних маніпуляторів.

Застосовані в цьому варіанті способи інтенсифікації та суміщення основних і допоміжних дій, зменшення тривалості простоїв при передачі заготовок між модулями та збільшення швидкодії системи за рахунок автоматизації допоміжних дій забезпечили зростання продуктивності ТС до рівня встановленого технічним завданням. Розроблена система на стадії технічного проекту прийнята до впровадження на ДП «110-ий Харківський автомобільний ремонтний завод».

було застосовано комбінований інструмент, нову коробку подач для встановлення шагу різьби та нові установочно-затискні патрони з універсальними кулачками.

Проведена експериментальна перевірка ефективності застосування способів підвищення продуктивності цієї системи підтвердила можливість скорочення тривалості допоміжних циклів до 12 разів та підвищення проектної продуктивності ТС – до 4-х разів. Система впроваджена в об'єднанні «Укрметиз» (м. Димитров Донецької обл.).

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичної задачі забезпечення продуктивності багатоменклатурних механообробних виробництв на основі синтезу структур технологічних систем.

1. В результаті проведеного аналізу встановлено, що сучасні фундаментальні дослідження в галузі технології машинобудування забезпечують необхідні принципи і методи побудови механообробних виробництв багатьох видів. Разом з тим вони не достатньо пристосовані для проектування вискоелективних багатоменклатурних ТС оскільки не конкретизують можливих резервів підвищення їх продуктивності.

2. Встановлено, що на склад структури та параметрів циклів, функцій і процесів, характерних для багатоменклатурних ТС, крім життєвого, впливають ізохронні цикли, протягом яких створюються нові типи таких систем, а також підготовчі цикли ранніх періодів, що пов'язані з підготовкою основних дій. Врахування таких циклів створює можливості для подолання протиріччя між продуктивністю та гнучкістю у багатоменклатурних ТС.

3. Виявлені нові елементи структури багатоменклатурних механообробних виробництв у складі потоку засобів технологічного оснащення й інформаційно-управляючого потоку, які змінюють вид системи та структуру її підсистем.

4. Показано, що повна (в межах прийнятої класифікації) множина технологічних способів підвищення продуктивності ТС базується на вісьмох простих способах, які можуть об'єднуватись у комбіновані. Це дозволяє виявляти резерви підвищення продуктивності багатоменклатурних виробництв, розробляти заходи з їх реалізації, синтезувати ТС із заданим рівнем продуктивності.

5. Показано, що структури багатоменклатурних механообробних виробництв складаються зі структур елементарних повнофункціональних систем, які можуть бути типовими. Встановлена властивість загальної структурної тотожності технічних елементів дозволяє створювати уніфіковані структури ТС.

6. Виявлено лінійну залежність між рівнем технізації та кількістю елементів у технологічній системі за умови її модульної побудови. Це дозволяє на ранніх стадіях проектування оцінити рівень складності та потенційної надійності системи, а також забезпечувати можливість переналаджування багатоменклатурних механообробних ТС за допомогою структурно відмінних повнофункціональних технологічних систем, що мають різні рівні технізації.

7. Метод спрямованого синтезу багатоменклатурних механообробних ТС

високої продуктивності дозволяє здійснювати проектування таких систем на рівні створення технологічних процесів, кластерів ефектів, а також знаходити рішення за допомогою регулярних детермінованих процедур на рівнях систем і підсистем.

8. Експериментальна перевірка розроблених теоретичних підходів, моделей та методу синтезу виконана при розробленні проекту АЛ високої продуктивності на базі модернізованих верстатів з ЧПК для обробки заготовок деталей типу «тіла обертання». Очікуване підвищення продуктивності в межах 11-16 раз. Проект прийнято до впровадження на ДП «110-ий Харківський автомобільний ремонтний завод». Спроектвана ТС високої продуктивності для механічної обробки гайок, що самозатягуються, яка використовується в об'єднанні «Укрметиз» (м. Димитров Донецької обл.). Впровадження системи підтвердило скорочення тривалості допоміжних циклів до 12 разів та підвищення проектної продуктивності – до 4-х разів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Беловол А.В. Синтез способів управління продуктивністю полифункциональных машин и их систем / А.В. Беловол, Н.Э. Тернюк // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля.– Луганськ, 2003. – № 12. – С. 7–9. *Здобувачем виявлена повна (в межах прийнятої класифікації) множина технологічних способів підвищення продуктивності для багатомономенклатурних механообробних виробництв.*

2. Беловол А.В. Новый подход к проектированию гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности для машиностроения / А.В. Беловол, Н.Э. Тернюк // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків: Національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2003. – № 39/4. – С. 117–121. *Здобувачем розроблено алгоритм спрямованого структурно-параметричного синтезу ТС для умов багатомономенклатурного виробництва, запропоновані удосконалені технологічні методи забезпечення їх високої продуктивності.*

3. Беловол А.В. Общие модели структур циклов, функций и процессов технологических систем / А.В. Беловол, Н.Э. Тернюк, В.А. Кордюк // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Харків: ХНАДУ, 2005. – № 16. – С. 112–116. *Здобувачем розроблені загальні моделі циклів, функцій та процесів, характерних для багатомономенклатурних механообробних виробництв.*

4. Біловол Г.В. Оптимізація множини способів підвищення продуктивності багатофункціональних машинобудівних технологічних систем / Г.В. Біловол // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2005.– № 33.– С.205–209.

5. Общие структурные модели машиностроительных технологических систем / А.В.Беловол, В.А.Кордюк, Н.Э.Тернюк, В.Ф. Хунг // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Харків, 2005. – № 23. – С. 17–24. *Здобувачем створена загальна модель структури повнофункціональної елементарної ТС з якої конкретні моделі впливають як окремі випадки.*

6. Беловол А.В. Структурные отличия жестких, гибких и трансформерных технологических систем / А.В. Беловол, Н.Э. Тернюк, Ф.В. Хунг // Вісті

Академії інженерних наук України. – Харків, 2005. – № 3, Спец. вип.: *Машинобудування та прогресивні технології.* – С. 108–112. *Здобувачем сформульовані структурні відмінності жорстких, гнучких і трансформерних технологічних систем.*

7. Беловол А.В. Система структур технологических комплексов и метод их конкретизации / Н.Э. Тернюк, А.В. Беловол, Ф.В. Хунг // *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* – Харків: ХНАДУ, 2006. – № 18. – С. 91–94. *Здобувачем встановлена залежність структур механообробних систем від рівня їх технізації.*

8. Беловол А.В. Системы структур технологических объектов и метод их конкретизации/ А.В. Беловол, Н.Э. Тернюк, Ф.В. Хунг // *Сборн. науч. трудов II-го Международного съезда по ТММ.* – Харків: ИМиС, 2005.- С. 73-77. *Здобувачем запропоновано метод конкретизації структур технічних засобів.*

9. Беловол А.В. Структура жестких, гибких и трансформерных технологических систем/ А.В. Беловол, Н.Э. Тернюк, Ф.В. Хунг// *Труды XV Международной конференции «Новые технологии в машиностроении»* (3-8 сентября).- Харків – Рыбачье, 2005.- С. 29. *Здобувачем сформульовані залежності між функціональними можливостями та структурою ТС.*

10. Біловол Г.В. Застосування моделей способів підвищення продуктивності при синтезі схем модернізації та нового технологічного обладнання / Г.В. Біловол // *Матеріали X Міжнародної конференції «Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління».* –Харків, 2010.– С.145-146.

АНОТАЦІЇ

Біловол Г.В. Забезпечення продуктивності багатомініклатурних механообробних виробництв на основі синтезу структур технологічних систем. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2011 р.

Дисертаційна робота присвячена питанню забезпечення продуктивності багатомініклатурних механообробних виробництв шляхом виявлення і застосування множини технологічних способів підвищення їх продуктивності та створення на цій основі методу спрямованого синтезу ТС для таких виробництв.

Розроблено ієрархічні моделі структур циклів, функцій та процесів, характерних для багатомініклатурних виробництв. Виявлена множина технологічних способів підвищення продуктивності багатомініклатурних механообробних ТС, яка враховує закономірності функціонування та розвитку ТС у часі. Запропонована система моделей структур технічних засобів, що належать до категорії повнофункціональних елементарних ТС. Виявлена властивість загальної структурної тотожності технічних елементів, яка дозволяє створювати уніфіковані структури ТС і є основою для формалізованої процедури синтезу виробництв. Розроблено метод спрямованого синтезу багатомініклатурних механообробних ТС високої продуктивності, який створює умови для подолання протиріччя між продуктивністю та гнучкістю таких систем на основі формалізованих алгоритмічних процедур. Експериментально підтверджена адаптивність розроблених моделей та доведена ефективність запропонованого методу спрямованого синтезу багатомініклатурних механообробних виробництв.

Ключові слова: технологічна система, багатомноменклатурне механообробне виробництво, продуктивність, моделювання, спрямований синтез.

Беловол А.В. Обеспечение производительности многономенклатурных механообрабатывающих производств на основе синтеза структур технологических систем. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2011 г.

Диссертационная работа посвящена вопросу обеспечения производительности многономенклатурных механообрабатывающих производств путем выявления и применения множества технологических способов повышения их производительности и создания на этой основе метода направленного синтеза технологических систем (ТС) для таких производств.

Разработаны иерархические модели структур циклов, функций и процессов, характерных для многономенклатурных производств, определяющие последовательность функционирования и развития ТС во времени. Отличительная черта предложенных моделей – наличие, кроме жизненного, изохронного цикла, а также подготовительных циклов ранних периодов.

Проведено моделирование и выявлено множество технологических способов повышения производительности ТС. Установлена закономерность формирования их процессной, функциональной и элементной структуры. Предложена методика применения указанных способов при направленном синтезе многономенклатурных механообрабатывающих ТС высокой производительности.

Разработано множество моделей различных уровней конкретизации, отражающих структурно-функциональные и структурно-элементные составы ТС, которые необходимы для формализованной процедуры синтеза многономенклатурных механообрабатывающих производств.

Предложена система моделей структур технических средств, относящихся к категории полнофункциональных элементарных ТС и имеющих разный уровень технизации основных, вспомогательных и управленческих функций. Установлено свойство общего структурного тождества технических элементов, которое позволяет создавать унифицированные структуры ТС, являющиеся основой для формализованной процедуры синтеза производств.

Установлено, что структура механообрабатывающих ТС по уровню сложности (количеству элементов), в случае модульного построения, линейно зависит от уровня технизации подсистем. Линейная зависимость не соблюдается при совмещении выполнения функций одними и теми же подсистемами.

Поскольку структура многономенклатурных механообрабатывающих ТС включает три потока: обрабатываемых изделий, средств технологического оснащения и информационно-управленческий, показано, что материализация указанных потоков должна осуществляться реализующими их техническими средствами высокого быстродействия.

Разработанный комплекс моделей учитывает иерархию (подсистема, система, надсистема), развитие (подготовительные, основные и заключительные этапы) и специализацию функций (основные, вспомогательные и управленческие). Он является основой для решения задач комплексной оптимизации

механообрабатывающих ТС в пределах всей области возможных решений.

Разработан метод направленного синтеза многономенклатурных механообрабатывающих ТС высокой производительности. Основа метода - процедура синтеза общих структур и их последовательной конкретизации, начиная с наиболее общих, путем применения иерархии элементов и иерархии классов. Отличительные черты – направленность и регулярность метода с охватом всех стадий жизненного и более высоких циклов техники, отсутствие потребности в аналогах.

Практическая ценность результатов работы подтверждена промышленным внедрением и экспериментальной проверкой предложенного метода при разработке технического проекта автоматической линии высокой производительности на базе модернизированных станков с ЧПУ, а также при проектировании ТС высокой производительности для механической обработки самозатягивающихся гаек. Внедрение системы подтвердило сокращение длительности вспомогательных циклов до 12 раз и повышение проектной производительности – до 4-х раз.

Ключевые слова: технологическая система, многономенклатурное механообрабатывающее производство, производительность, моделирование, направленный синтез.

Bilovol G.V. Providing efficiency of high-variety mechanical engineering productions on basis structure of synthesis technological system. – Manuscript.

Thesis on cosearching for a teaching degrees of candidate of technical sciences on professions 05.02.08 – machine engineering technology – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, 2011.

The thesis is dedicated to solving an up-to-date task to provide efficiency of high-variety mechanical engineering productions by means of discovering technological means to increase efficiency and to create their directed synthesis technological system (TS) for such production on such foundation.

The hierarchical structures models cycle, facility and process has been developed, typical of high-variety productions. The range of methods to increase efficiency of high-variety mechanical engineering productions has been discovered, that takes into account regularity of producing and functioning of TS. The offered structural models of the systems belonging to the full-function elementary category and possess the different level of technology. Homogenous lines of the systems have been discovered being the basis for the formalized procedure of technological system synthesis for high-variety mechanical engineering productions. The method of directed synthesis of high-variety mechanical engineering TS to provide high efficiency of has been developed, that allows overcoming contradictions between efficiency and flexibility on the grounds of formalized algorithm procedures. Adaptability of developed models has been experimentally confirmed and efficiency of the offered of high-variety mechanical engineering productions synthesis method has been proved.

Keywords: technological system, high-variety mechanical engineering productions, efficiency, model testing, directed synthesis.