

ПРО ГНУЧКІСТЬ МЕХАНО-СКЛАДАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ МЕХАНІЗМІВ З КІНЕМАТИКОЮ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Ковалевський С. В., Трускін Є. Ю.

Представлены основные пути решения проблемы низкой продуктивности и гибкости традиционных производственных систем. Показаны достоинства использования мобильных станков роботов на основе механизмов с кинематикой параллельной структуры в условиях многономенклатурного реконфигурируемого производства. Показано, что алгоритм имитационного моделирования в условиях реконфигурируемого производства позволяет решать проблему обеспечения оптимальной структуры, числа оборудования и его компоновки, а также состав технологического оборудования для обеспечения высокой гибкости и производительности. Показано, что в процессе проектирования компоновки и процесса обработки должна обеспечиваться непрерывность многономенклатурных материальных потоков.

Представлені основні шляхи вирішення проблеми низької продуктивності та гнучкості традиційних виробничих систем. Показані переваги використання мобільних верстатів роботів на основі механізмів з кінематикою паралельної структури в умовах багатноменклатурного реконфігурованого виробництва. Показано, що алгоритм імітаційного моделювання в умовах реконфігурованого виробництва дозволяє вирішувати проблему забезпечення оптимальної структури, числа обладнання і його компонування, а також склад технологічного обладнання для забезпечення високої гнучкості та продуктивності. Показано, що в процесі проектування компонування та процесу обробки повинна забезпечуватись неперервність багатноменклатурних матеріальних потоків.

The main ways of solving the problem of low productivity and flexibility of traditional production systems are presented. The advantages of using mobile robot machines on the basis of mechanisms with kinematics of a parallel structure in the conditions of multi-nomenclature reconfigurable production are shown. It is shown that the algorithm of simulation modeling under the conditions of reconfigurable production allows to solve the problem of providing an optimal structure, the number of equipment and its layout, and also the composition of technological equipment for providing high flexibility and productivity. The continuity of the multi-nomenclature material flows should be ensured in the process of designing the layout and processing.

Ковалевський С. В.

д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМ ДДМА
kovalevskii@dgma.donetsk.ua

Трускін Є. Ю.

студент каф. ТМ ДДМА
truskin95@gmail.com

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

УДК 621.9

Ковалевський С. В., Трускін Є. Ю.

ПРО ГНУЧКІСТЬ МЕХАНО-СКЛАДАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ МЕХАНІЗМІВ З КІНЕМАТИКОЮ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Сучасні підприємства важкого машинобудування мають виробничі потужності, які повинні забезпечити випуск різноманітних вузлів та машин. В той час деталі, які входять до цих вузлів та машин мають різні типорозміри та унікальні конструктивні особливості. Це обумовлює потребу використання досить гнучкого обладнання для забезпечення випуску широкої номенклатури продукції та забезпечення мінімальної собівартості продукції [1, 2].

Одним з факторів, який впливає на зростання витрат є створення складу технологічного обладнання, що може забезпечити багатомоделний випуск продукції. Потребу в придбанні та подальшому його використанні обумовлюються особливостями номенклатури, яка має широкий діапазон розмірів та вимог до них, що диктується вимогами ринку до різноманітності та мінливості виробів.

Типове підприємство важкого машинобудування має диференціацію виробничих цехів по типу виробництва (заготівельний, механічний, механоскладальний, інструментальний тощо), що обумовлює зростання витрат на вантажно-розвантажувальні та логістичні операції. Також це призводить до витрат у зв'язку зі збільшенням витрат від простою основного технологічного обладнання [3].

Аналіз стану питання. Одним з варіантів вирішення проблеми підвищення гнучкості виробничих систем є впровадження гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ). В свою чергу, проблема підвищення продуктивності, вирішується створенням автоматизованих ліній (АЛ).

Проте існуючі автоматизовані системи обладнання і технології не задовольняють повною мірою сучасне виробництво. Необхідно таке автоматизоване обладнання, яке задовольняло б темпам розвитку виробництва, як мінімум з параметрами продуктивності обладнання масового виробництва і гнучкості серійного виробництва, аж до індивідуального. Жоден з типів сучасних систем машин нині не дозволяє вирішити дану проблему протиріччя між завданнями виробництва і технологічними можливостями обладнання. Для різних типів виробництв техніко-експлуатаційного параметру g_i системи машин відповідає різне значення швидкості і частоти зміни $vg = gi(t)$, гнучкості по змінюваному параметру gi . В роботі [4] зазначають сталу десятиліттями закономірність, коли для існуючих систем машин зі збільшенням швидкості $gi(t)$ зміни номенклатури оброблюваних виробів (гнучкості) значення параметра gi (продуктивності) зменшується. Не існує універсальних верстатів, які мали б продуктивність, рівну сучасним автоматичним лініям, немає і автоматичних ліній, що мають гнучкість універсальних верстатів. Основною проблемою залишається подолання суперечності між продуктивністю gi і гнучкістю $gi(t)$ [5].

В силу великої маси конструктивних елементів, яка обумовлена забезпеченням достатньої жорсткості для існуючих компоновок автоматизованих систем машин, вони мають обмежені можливості одночасного розширення номенклатури оброблюваних деталей, істотного збільшення продуктивності і експлуатаційної надійності. Верстатні системи машин гнучкого виробництва, такі, як обробні центри (ОЦ), гнучкі виробничі модулі (ГВМ), гнучкі виробничі системи (ГВС) мають на стадії, від виготовлення до утилізації, стаціонарно-компонований стан, перш за все залишаються стаціонарними системами за своєю структурою і компонованням при наявному діапазоні зміни і регулювання режимів функціонування, технологічного процесу і є малопродуктивними [4].

Також одною з проблем гнучких виробничих комплексів є висока вартість основного технологічного обладнання, що обумовлює зниження конкурентоспроможності продукції, яка випускається.

Темпи розвитку сучасного виробництва визначені тим, що циклічність оновлення технології і зміна стратегії розвитку виробництва повинні охоплювати дуже короткий часовий період. В умовах жорсткої конкуренції йде боротьба за час на ринках збуту і в реалізації ринкової продукції. Нестійкість попиту на продукцію машинобудування і індивідуалізація вимог замовника загострила комплекс виробничих протиріч і створила проблему істотного підвищення ефективності виробництва [6, 7].

Тому, необхідно наряду з підвищенням ефективності виробництва забезпечити технологічну гнучкість устаткування в умовах багатомономенклатурного виробництва з визначенням особливостей компоновки реконфігурованого основного обладнання в механоскладальному виробництві.

Метою роботи є аналіз та оптимізація реконфігурованих виробничих систем на базі машин кінематики паралельної структури за допомогою імітаційного моделювання.

Основна частина. Реконфігуровані виробничі системи – це виробничий підхід, що не тільки комбінує високу пропускну здатність спеціалізованих ліній із гнучкістю ГВС, але також у стані реагувати на зміни швидко й ефективно. Це досягнуто через конфігурацію системи і її машин, що пристосовує структури, які допускають системну масштабованість у відповідь на запити ринку й системної адаптації до нових продуктів. Структура може бути відкоригована на системному рівні та машинному рівні (зміна машинних апаратних засобів і програмного забезпечення керування; наприклад, додаючи шпинделі, або змінний магазин інструментів) [8]. Функціональні можливості і вартість – визначають відмінність, між реконфігурованими виробничими системами, традиційним автоматичними лініями і ГВС. У той час, як автоматичні лінії й ГВС постійні в своїх функціональних можливостях, РВС змінює функціональні можливості протягом довгого часу, оскільки система постійно реагує на обставини ринку, що також змінюються [9].

Особливі перспективи розвитку технологічного обладнання механоскладальних цехів відкривають мобільні верстати роботи на основі механізмів з кінематикою паралельної структури [10, 11]. Їх конструкції відрізняються жорсткістю, низькою металоємністю в порівнянні з традиційними верстатами аналогічного робочого простору; здатністю до великих навантажень через фермених елементів; точністю переміщень виконавчих механізмів і їх позиціонування; можливістю масштабування конструкцій в розмірному ряду; простотою елементів верстата і їх остаточного складання [12].

В результаті аналізу «життєвого циклу» існуючих виробничих систем, була складена схема (рис. 1), яка відображає зміну стану РВС протягом певного відрізка часу, у порівнянні з традиційним виробництвом та ГВС. Тож можна зробити висновки, що РВС має переваги перед ГВС у продуктивності при відносно однаковій гнучкості. Постає питання як забезпечити більшу гнучкість РВС та зберегти високу продуктивність комплексу.

В силу того, що реконфігуроване виробництво не має прикладів реального застосування, для забезпечення потрібної продуктивності та гнучкості РВС використано синтез оптимальної структури, числа обладнання та його компонування за допомогою імітаційного моделювання. Під структурою розуміють виробничо-технологічну організацію реконфігурованої системи. Вона реалізується набором різних елементів: технологічного устаткування, транспортних засобів, засобів керування та іншим, що забезпечує працездатність РВС у цілому. Ці елементи, об'єднані між собою рядом функцій, які забезпечують виконання виробничого завдання [13].

Імітаційне модулювання дає змогу описати поведінку складної виробничо-економічної системи в продовж заданого періоду часу при умовах [14]:

– якщо ще немає закінченої постановки задачі дослідження та модель є засобом вивчення явища;

– коли реальний об'єкт недоступний для спостереження, то імітація – єдиний спосіб дослідження і перевірки стратегії поведінки;

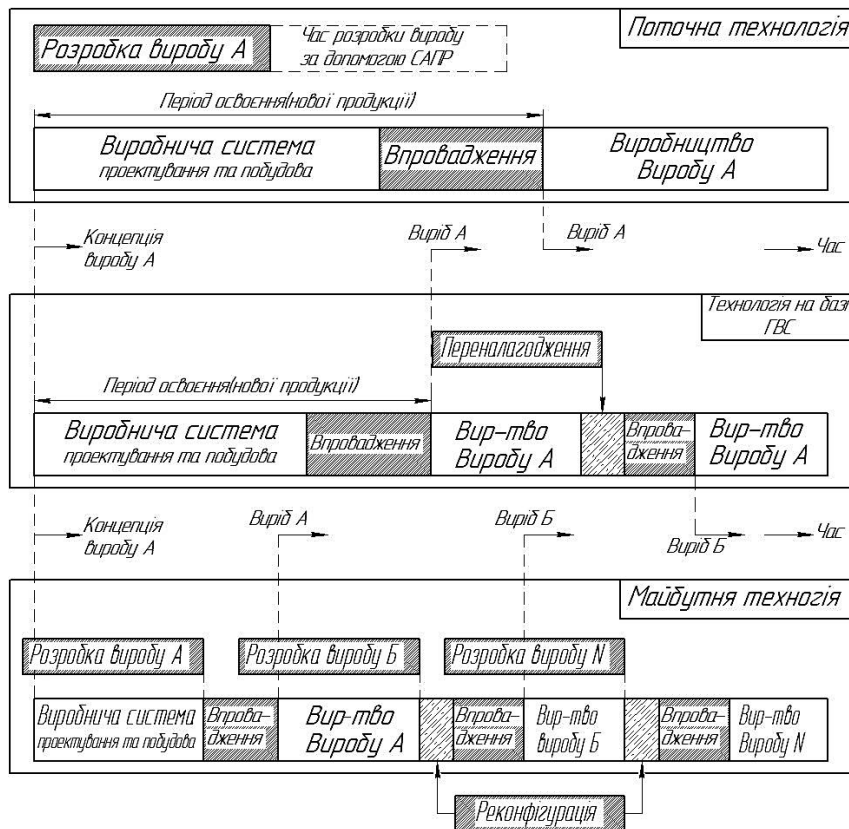


Рис. 1. Змінення стану РВС протягом часу у порівнянні з ГВС

Також імітаційне модулювання дозволяє [14]:

– прискорити протікання процесів в моделі в порівнянні з реальними умовами і за короткий час «програти» безліч варіантів;

– перевірити різні варіанти порядку запуску партій деталей, величини партій, кількості партій, виробничу структуру ділянок, пріоритетність обробки, проведення операцій технічного контролю.

У роботі за допомогою імітаційного моделювання, крім структури РВС, визначаються: 1) кількість технологічного транспортного й ін. устаткування; 2) коефіцієнти завантаження; 3) тривалість виробничого циклу, обсяг незавершеного виробництва і час знаходження деталі в черзі; 4) організація вхідного й вихідного потоків оброблюваних деталей [13].

Методика експериментальних досліджень.

Мета досліджень – побудувати імітаційну модель для синтезу оптимальної структури, числа обладнання та його компонування. Вибір об'єктів моделювання визначається тим, що на відміну від ГВС, РВС потребує моделювання всього циклу виробництва, від отримання заготівлі, до складання вузла, для забезпечення поточного випуску продукції (безперервності багатомономенклатурних матеріальних потоків).

Авторами роботи були проаналізовані особливості багатомономенклатурних матеріальних потоків в умовах РВС, а також структурний склад цього виду виробничої системи, в результаті якого був синтезований алгоритм імітаційного моделювання РВС (рис. 2), який враховує імітацію всіх ланок виробничого процесу.

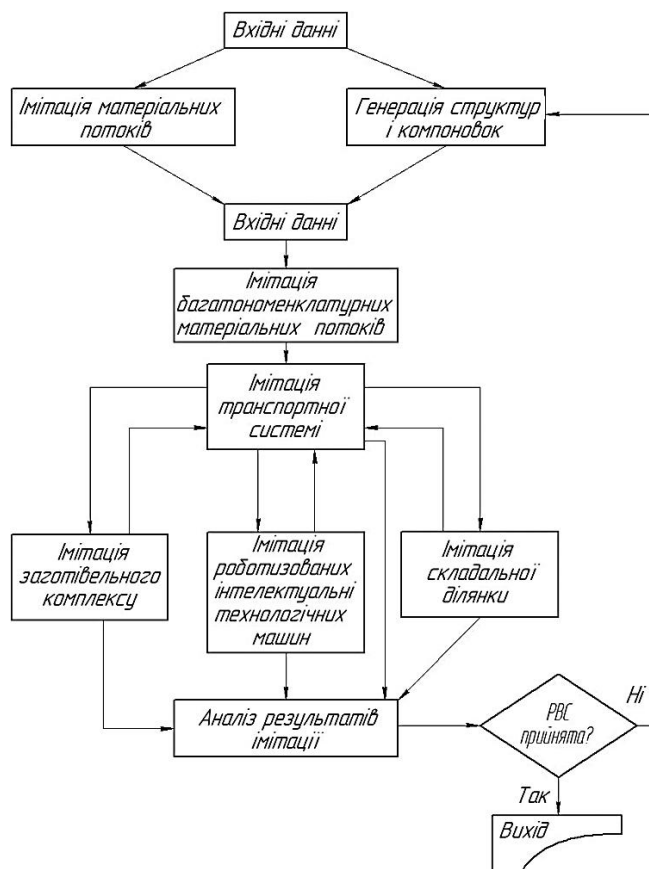


Рис. 2. Алгоритм імітаційного моделювання PBC

Таблиця 1

Основа для імітаційної моделі

T	1	2	...	m
Y0				
W0				
Xn				
...				
X2				
X1				
V0				
Z0				

Для моделювання вхідного потоку необхідно побудувати вісь часу «Т». Вона обмежується періодом моделювання і ділиться на відрізки, які дорівнюють одиниці періоду моделювання.

На осі «Y0» моделюється порядок надходження деталей з заготівельної ділянки до транспортної системи комплексу.

Час знаходження та порядок виходу з транспортної системи до реконфігурованого інтелектуального технологічного модулю моделюється на осі «W0».

На осях «X1, X2...Xn», моделюється процес обробки деталі на роботизованій інтелектуальній технологічній машині.

Далі деталь передається на ділянку складання, процес якого моделюється на осі «V0».

Вихідний потік «Z0» формується аналогічно вхідному. Ця вісь розташовується після сіток, що моделюють технологічне устаткування.

На основі представлених розробок авторів сформована базова компоновка реконфігурованого багатоменклатурного виробництва, заснованого на принципово новому підході до компонування, зокрема, механо-складального цеху, конкурентоспроможного виробництва із застосуванням мобільних інтелектуальних верстатів з кінематикою паралельної структури.

У передпроектному вигляді ця компоновка передбачає наявність в механоскладальному цеху таких підрозділів, як:

- заготівельну ділянку на основі машини безперервного лиття заготовок в поєднанні з деталепрокатним станом, тощо;
- механообробну ділянку, що представляє собою майданчик для монтажу мобільних верстатів з системою інтелектуального управління;
- дільниця складання-розбирання мобільних верстатів з кінематикою паралельної кінематики,
- дільниця складання основної продукції.

ВИСНОВКИ

Розроблено укрупнений алгоритм імітаційного моделювання в умовах реконфігурованого виробництва, який дозволяє вирішувати проблему забезпечення оптимальної структури, числа обладнання та його компонування, а також складу технологічного обладнання для забезпечення високої гнучкості та продуктивності.

Показано, що в процесі проектування компонування та процесу обробки, повинна забезпечуватись неперервність багатоменклатурних матеріальних потоків, що дасть змогу позбутися простоїв технологічного обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Управление производственными системами и процессами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cfin.ru/management/manufact/manufacturing_sys-01.shtml.
2. Симисин Д. И. Технология машиностроения: учебное пособие / Д. И. Симисин, Г. А. Боярских // Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург : Изд-во УГТУ, 2016. – 326 с.
3. Общая характеристика производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://edulib.pgta.ru/els/_2012/102_12/uchebnik_html/1_2.htm.
4. Царев А. М. Агрегатно-модульные принципы создания перекомпоновываемых производственных систем / А. М. Царев // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2007. – №1. – С. 44–58.
5. Царев А. М. Производительность и гибкость в условиях применения систем машин переменной компоновки и структуры / А. М. Царев // Наука производству. – 2001. – N 9. – С. 42–43.
6. Reconfigurable Manufacturing Systems / Koren Y., Heisel U., Jovane F., Moriwaki T., Pritsehow G., Ulsoy G., Van Brussel H. // Annals of the CIRP № 48. – 1999. – № 2. – P. 527–540.
7. Dashchenko A. I. Reconfigurable Manufacturing Systems and Transformable Factories / A. I. Dashchenko // Springer Series in Advanced Manufacturing. – 2009. – 757 p.
8. Королькова М. М. Реконфігуровані виробничі системи / М. М. Королькова, О. А. Даценко // Технологія машиностроєння. – М., 2009. – № 1. – С. 56–62.
9. Юнин И. Ю. Перекомпоновываемые производственные системы реконфигурируемого производства / И. Ю. Юнин, Л. Н. Феофанов // Технологія машиностроєння. – М., 2008. – № 12. – С. 53–62.
10. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою : навчальний посібник для ВНЗ / Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Валявський І. А., Скляр Р. А. ; під. ред. Ю. М. Кузнецова // Кіровоград, 2004. – 449 с.
11. Yoram Koren The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems / Yoram Koren. – 2010. – 422 p.
12. Ковалевський С. В. Формування реконфігурованої структури ділянок у механо-складальних цехах на основі мобільних верстатів-роботів / С. В. Ковалевський, О. С. Ковалевська // Вісник ДДМА : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2017. – № 1(40). – С. 69–72.
13. Технологічні основи гнучких виробничих систем : лабораторний практикум для студентів спеціальності 7.05050201 денної і заочної форм навчання / В. С. Медведєв. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 56 с.
14. Амелин С. В. Методы моделирования производственных систем: учеб. пособие / С. В. Амелин, Н. М. Подоприхин // ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2009. – 203 с.