

УДК 621.01

©Коваленко І.В., Мовчан А.О.

## **КОМПОЗОВАНІ РІШЕННЯ В РЕАЛІЗАЦІЇ ГРУПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ**

У гнучких автоматизованих виробництвах реалізуються основні напрямки науково-технічного прогресу в промисловості: інтеграція керування, проектування й виготовлення виробів на основі високого рівня автоматизації; удосконалювання організації виробництва і його підготовок; впровадження ЕОМ для рішення проектних і виробничих завдань. При розробці нових автоматизованих виробництв і реконструкції існуючих, на перший план висувається обґрунтування доцільності капіталовкладень, вибір устаткування, ефективність проектування за умови, що обґрунтовано номенклатуру виробів підметів виготовленню в умовах гнучкої виробничої системи (ГВС), визначені технологічні маршрути, час обробки, контроль.

У більшості випадків ГВС формуються на базі верстатів зі ЧПУ, що в значній мірі сприяє впровадженню групових методів обробки. Використання дорогого встаткування з ЧПУ, промислових роботів і групових методів у серійному й дрібносерійному виробництві повинне передбачати моделювання й побудову оптимального руху потоків предметів праці по робочих позиціях. Результати такого

моделювання надалі повинні використатися як при побудові окремих роботизированих ланок виробничого процесу, так і при проектуванні роботизированного виробництва в цілому. Знайдена в результаті моделювання оптимальна схема потоків предметів праці залежно від того, як було сформульоване вихідне завдання, дозволяє визначити або оптимальну структуру гнучкого виробництва, що забезпечує високий ступінь використання основних фондів, або знайти варіант, що забезпечує максимальне завантаження встаткування в умовах існуючої структури виробництва.

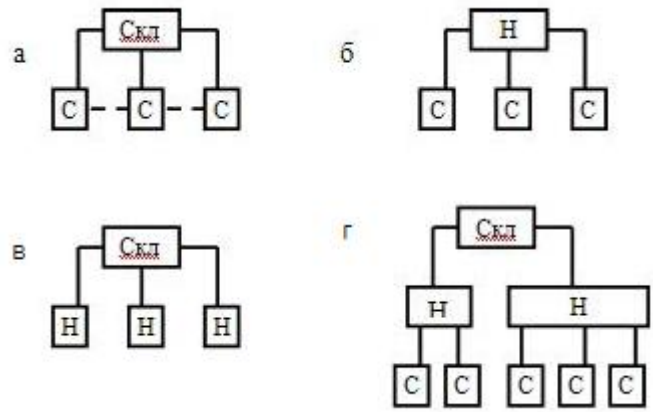
Під компоновочним рішенням (КР) розуміється принципова схема взаєморозташування й взаємозв'язку основного (верстатного) і допоміжного устаткування, трас руху межопераційного транспорту, а також, якщо необхідно, що забезпечують служб ГВС.

Компоновочні структури (схеми) ГВС залежать від серійності виробництва, для якого створюється ГВС [3]. Типові компоновочні структури наступні:

1. Залежно від типів організації матеріальних потоків: із централізованим складом; із проміжним накопичувачем; з комбінованою структурою.

Варіанти розміщення із централізованою структурою застосовують в одиничному й дрібносерійному виробництві деталей з великою верстатоемкістю, а також великогабаритних деталей. Реалізуються вони за схемою склад-верстат-склад (Скл-В-Скл) на ГВС із верхнім рівнем керування АТСС (мал. 1, а) і за схемою дільничний накопичувач-верстат-

дільничний накопичувач (Н-В-Н) - на ГВС, де потрібна мала місткість нагромадження й невисокий рівень керування АТСС (див. рис. 1, б). Варіанти розміщення із проміжним нагромадженням реалізуються за схемою скл-н-в-н-скл-н-в-н-скл і скл-Н-в-н-в-н-скл у виробництві, що вимагає частих переналагоджень (див. рис. 1, в і 1, г), і є найпоширенішими.



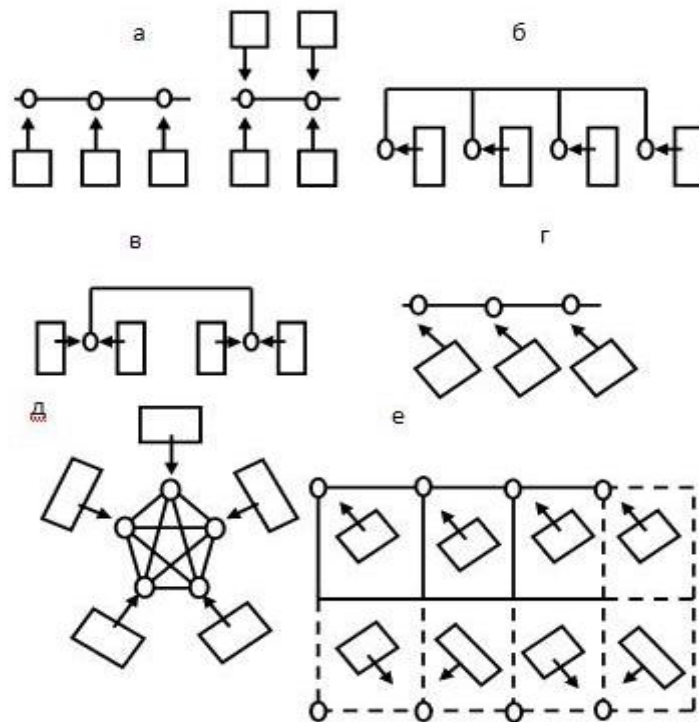
**Рис. 1** - Типи організації матеріальних потоків

2. Типові компоновочні структури залежно від прийнятої технології підрозділяються: по методу групування однотипного встаткування, при якому спрощується проблема максимального завантаження встаткування; по методу групової технології - групування різнотипного встаткування оптимальної продуктивності, але при цьому ускладнюється проблема рівномірного завантаження встаткування; по методу твердої технологічної послідовності операцій.

В інтегрованому виробництві можна застосовувати сполучення зазначених методів.

3. Типові компоновочні структури залежно від взаєморозташування робітників зон і зон обслуговування наступні (див. рис. 2).

Фронтальне, поперечне, дипольне й кутове компонування є лінійними. Найбільш просте лінійне компонування - фронтальна. Вона поширена як у ГВС для виготовлення деталей типу тіл обертання з використанням порталних роботів або маніпуляторів, так і корпусних деталей. Дипольне компонування рекомендується у випадку необхідних перестановок і дають можливість промислового роботові або маніпулятору обслуговувати два верстати. Поперечне компонування застосовне для ГВС, що виготовляють корпусні деталі й деталі типу тіл обертання. У якості приверстатного транспорту може застосовуватися конвеєр або порталний робот.



**Рис. 2** – Рекомендовані схеми розміщення основного технологічного обладнання: а – фронтальна; б – поперечна; в – дипольна; г – кутова; д – кругова; е – комбінована

Умови компоновання ГВС дозволяють скоротити її довжину й доцільні у випадку виготовлення деталей типу тіл обертання. Кругове компоновання застосовують у ГВС для виготовлення різних деталей при використанні в якості транспортного й завантажувального засобу маніпулятора обертального типу. Комбіноване компоновання краще, якщо воно виконується у формі ґрат із квадратними осередками.

4. Типові компоновочні структури залежно від способів реалізації подачі інструмента наступні: з ручним візком, із загальним

автоматичним транспортом для деталей і інструмента; зі спеціальним транспортом для інструмента.

5. Типові компоновочні структури залежно від компоновання АТСС по напрямку довжини складу наступні: уздовж лінії верстатів; перпендикулярно лінії верстатів; без складу.

Склади уздовж лінії верстатів доцільно використати при однорядному розташуванні верстатів; поперечніклади рекомендуються при багаторядному розташуванні верстатів. Планування з поперечним складом займають меншу площу, але потрібен транспорт, що обслуговує верстати.

6. Способи видалення відходів можуть бути наступними: централізований, що забезпечує автоматичне збирання стружки; децентралізований, більше дешевий, потребуючого періодичного обслуговування людиною.

7. При проектуванні компоновочних структур варто прагнути до мінімізації використовуваної виробничої площі, сумарного шляху переміщення транспортних засобів (ТЗ) і суми витрат на створення транспортної системи.

8. Кількість і технічні параметри ТЗ варто вибирати з урахуванням підвищеного коефіцієнта використання верстатного встаткування в складі ГПС і можливості роботи у двох основних режимах: автоматичному - з керуванням від центральної ЕОМ і напіваавтоматичному - з керуванням від оператора.

9. Як основний принцип побудови ГВМ і ТЗ варто використати агрегатно-модульний, що дозволяє на єдиній конструктивній базі реалізовувати різні компоновочні структури й технологічні процеси з урахуванням специфіки конкретних виробничих приміщень.

10. Основні технічні параметри ГВС. При числі верстатів у ГВС від 2 до 50 (переважно 4...8) на них виготовляють виробу необмеженої номенклатури, однак в основному типу тіл обертання й корпусних деталей. Габаритні розміри виготовлених деталей на супутниках становлять 10...5000 мм, але найчастіше 250...800 мм.

Для транспортування заготівель застосовуються найчастіше рейкові візки й індуктивно керовані візки - робокари. Крім того, знаходять застосування електрокари, крани й роботи.

Завантаження-розвантаження верстатів ГВС здійснюються найчастіше на супутниках, рідше роботом або вручну. Разом з тим, зміна інструмента в магазинах верстатів здійснюється головним чином вручну й рідше АСИО на супутниках або касетами.

Актуальність завдання проектування КР обумовлена тим, що саме на цьому етапі ГВС формується як інтегрована система верстатів і автоматизованого транспорту. Раціональність закладених тут рішень дозволить зменшити капітальні витрати на допоміжне устаткування, поліпшити організаційні показники роботи ГВС (зменшити час знаходження деталі в системі, підвищити надійність функціонування й ін.), поліпшити використання виробничих площ. При внесенні завдань проектування КР у контур автоматизованого проектування ефект може

бути отриманий не тільки за рахунок поліпшення якості проекту, але й за рахунок інтенсифікації процесу проектування.

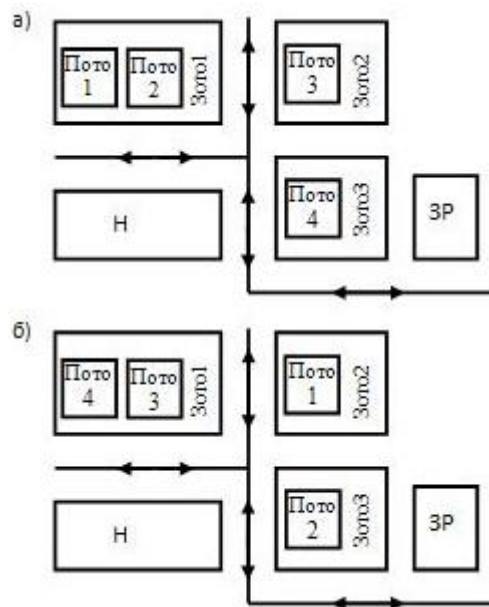
ГВС орієнтується на використання групових методів виробництва, при яких для груп однорідної по тимі або інших конструктивно-технологічних ознаках продукції встановлюються однотипні високопродуктивні методи обробки з використанням однорідних і швидкопереналагоджувальних знарядь виробництва. Представляється можливим використання типових технологічних рішень, узагальнених маршрутів обробки, характерних для певного класу, групи деталей, модифікації виробів і що дозволяють формувати індивідуальні технологічні маршрути залежно від конструктивних і технологічних ознак конкретних деталей. Груповий метод виробництва значною мірою визначає виробничу структуру цехів і ділянок, систему планування й обслуговування.

Моделювання руху потоків предметів праці дає можливість для окремих виробничих процесів, що використовують устаткування зі ЧПУ, зварювальні роботи, автоматизовані складально-зварювальні комплекси, здійснювати групування операцій на окремих позиціях, що забезпечує необхідний ступінь синхронізації роботи встаткування в межах заданого ритму роботи.

У сформованому варіанті розміщення КР у площі ділянки позиції основного встаткування знеособлені, тобто в кожен позицію допускається установка будь-якого верстата системи. Для остаточного визначення принципово-можливих структурно-компоновочних рішень



необхідно розподілити встаткування по позиціях (мал. 3). А оскільки схема розподілу основного технологічного встаткування (ВІД) значно впливає на такі показники якості проектного варіанта КР ГВС як пробіг транспорту, сумарний вантажопотік у системі, час транспортування деталей, то розподіл повинне бути оптимальним.



**Рис. 3** – Варіантність розміщення позицій ОТО по зонам типового структурно-компоновочного рішення (на прикладі ГПС "Мурата", Японія) Пото – позиції ОТО; Зото – зони розміщення ОТО; ЗР – загрузка-разгрузка ОТО; Н – накопитель заготовок

Методи рішення завдання відносного розміщення встаткування підрозділяються на графічні й математичні [2].

Графічні методи використають діалоговий графічний екран, наочні й ефективні при використанні разом з математичними.

З математичних методів широке поширення одержали аналітичні, які вирішують завдання в припущенні, що площа кожної одиниці встаткування розміщується на будь-якім можливому місці розташування.

У більшості випадків витрати призначення певного встаткування на дане місце залежать від призначення іншого встаткування на місця, що залишилися. Тобто, витрати переміщення предметів по робочих місцях є функція відносного розміщення встаткування. Така постановка завдання квадратична «завдання про призначення» [1].

Якщо на  $n$  робітників місць потрібно призначити  $n$  одиниць устаткування, то із двох матриць  $A = (a_{ij})$  і  $B = (b_{kl})$  розміром  $n \times n$ , де  $a_{ij}$  – відстань між місцями  $i$  і  $j$  у напрямку  $i \rightarrow j$ ;  $b_{kl}$  – інтенсивність переміщення предметів між устаткуванням  $k$  і  $l$  у напрямку  $k \rightarrow l$  шукається матриця рішень  $X_i = (x_{ik})$ , у якій

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{якщо на місце } i \text{ назначається обладнання } k; \\ 0, & \text{в протилежно му випадку} \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ik} = 1; \quad \sum_{k=1}^n x_{ik} = 1; \quad t \in 1:n!,$$

де  $t$  – призначення й кожне  $t$  позначає єдину перестановку з  $n!$  безлічі всіх перестановок з  $n$ .

У цьому випадку мінімізується величина витрат пов'язана із транспортуванням предметів праці по всій розглянутій системі.

Якщо ГВС із  $n$  верстатів призначена для випуску виробів  $L$  модифікацій реалізацією  $n$  – операцій, то враховуються вагові коефіцієнти  $\alpha^l$  випуску продукції  $l$ -ої модифікації.

При цьому передбачається, що всі одиниці (групи) устаткування пронумеровані, площі для розміщення кожної з них однакові, тобто ділянка розбита на  $n$  рівних частин і між ними виділені транспортні шляхи. Технологічні маршрути виготовлення кожної з  $L$  модифікацій задані матрицями технологічних маршрутів  $C^l$ ,  $l=1, \vec{L}$  розмірністю  $n \times n$ , елементи яких визначені як елементи суміжності або звязности верстатів (груп устаткування). Вагові коефіцієнти  $\alpha^l$ ,  $l=1, \vec{L}$  пропорційні:  $\alpha^1 + \alpha^2 + \dots + \alpha^L = 1$ .

Уводиться матриця відстаней  $D = \{d_{ij}\}$ ,  $i, j = 1, n$ , де  $d_{ij}$  – довжини шляху між  $i$ -ої й  $j$ -ої позиціями.

Визначається довжина шляхів  $S^l$ , пройдені виробами кожної з  $l$  модифікацій

$$S^l = \sum_{i,j,\mu,v=1}^n x_{i\mu} x_{sv} d_{ij} C_{\mu v}^l,$$

де  $x_{ij}$  визначаються як

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i = j; \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i\mu} = 1; \quad \sum_{\mu=1}^n x_{i\mu} = 1$$

З урахуванням вагових коефіцієнтів  $\alpha^l$  оптимізується згортка  $S^l$ ,  $l = 1, \vec{L}$

$$Z = \sum_{l=1}^L \sum_{i,j,\mu,\nu=1}^n \alpha^l x_{i\mu} x_{j\nu} d_{ij} C_{\mu\nu}^l,$$

а з веденням позначень

$$A_{i\mu j\nu} = d_{ij} \sum_{l=1}^n \alpha^l C_{\mu\nu}^l$$

перебуває мінімум функції

$$Z = \sum_{i,j,\mu,\nu=1}^n x_{i\mu} x_{j\nu} A_{i\mu j\nu}$$

Теоретичне число можливих призначень може бути зменшене в результаті розгляду надмірності конкуруючих призначень і обмежень в умовах кожного конкретного розміщення.

Обмеження завдання є результатом обліку технологічних і економічних факторів. Наприклад, токарські верстати рекомендують розташовувати уздовж цеху, що приводить до економії виробничих площ і ін.

Завдання розміщення встаткування може вирішуватися із застосуванням методів релаксації, попарних перестановок, галузей і границь і т.д.

Результати моделювання КР ГВС важливі для машинобудування й інших галузей промисловості, економічний ефект від застосування яких забезпечується тим, що:

знайдена в результаті моделювання оптимальна схема потоків

предметів праці дозволяє визначити оптимальну структуру гнучкого виробництва, що забезпечує високий ступінь використання основних фондів, знайти варіант, що забезпечує максимальне завантаження встаткування в умовах існуючої структури виробництва;

моделювання руху потоків предметів праці дає можливість для окремих виробничих процесів здійснювати групування операцій на окремих позиціях, що забезпечує необхідний ступінь синхронізації роботи встаткування в межах заданого ритму роботи;

установлені в результаті моделювання інтенсивності потоків предметів праці між окремими робочими позиціями є основою для рішення питань про компонування встаткування в ГВС і окремих ГВС у цеху, що забезпечує мінімальні витрати на організацію переміщення предметів праці;

при оптимальному розміщенні встаткування на виробничій площі ділянки сумарна довжина транспортних переміщень, прохідних всіма деталями в процесі їхньої обробки є мінімальною; виконання цієї умови зменшує загальну довжину транспортного шляху при межопераційних перевезеннях, що дозволяє скоротити необхідне число транспортних засобів і витрати, пов'язані із транспортними переміщеннями;

поліпшується безпосередньо якість проекту й збільшується інтенсифікація процесу проектування.

### Список використаних джерел

1. Эффективность переналаженных роботизированных производств / В. А. Козловский, Э. А. Козловский, В. М. Макаров. – Л. : Машиностроение, 1985. – 224 с.
2. Автоматизовані системи технологічної підготовки робототехнічного виробництва / Л. С. Ямпольский, О. М. Калин, М. М. Ткач. – К.: Вища шк., 1987. – 271 с.
3. Проектирование металорежущих станков и станочных систем : справочник-учебник в 3-х т. Т. 3: Проектирование станочных систем / под общ ред. А. С. Проникова. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана; Станкин, 2000. – 584 с.
4. Технологическое оборудование ГВС / под общ. ред. А. И. Федотова, О. Н. Миляева. – Л. : Политехника, 1991. – 320 с.

***Коваленко И.В., Мовчан А. А.*** «Компоновочные решения в реализации групповой технологии изготовления изделий»

Рассмотрены типовые компоновочные структуры гибких производственных систем, которые зависят от серийности производства, для которого создаются системы и методы решения задания относительного размещения оборудования».

***Ключевые слова:*** компоновочное решение, технология, серийное производство, материальный поток, оптимальное размещение оборудования.

***Коваленко І.В., Мовчан А.О.*** «Компоновочні рішення в реалізації групової технології виготовлення виробів»

Розглянуті типові компоновальні структури гнучких виробничих систем, які залежать від серійності виробництва, для якого створюються системи та методи рішення завдання відносно розміщення обладнання».

***Ключові слова:*** компоновочне рішення, технологія, серійне виробництво, матеріальний потік, оптимальне розміщення встаткування.

***Kovalenko I.V., Movchan A.A.*** «Arranging decisions in realization of group technology in fabrications of product»

The model layout structures of the flexible production systems, which depend on the rangeability of production which the systems and methods of decision of task of the relative placing of equipment are created for, are considered”.

***Key words:*** arranging decisions; technology; rangeability of production; material flow; relative placing of equipment.

Стаття надійшла до редакції 4 лютого 2009 р.