

## Взаємодія матеріального, енергетичного та інформаційного потоків у гнучких виробничих системах на основі багатокоординатних верстатів

Розглянуто взаємодію матеріального, енергетичного та інформаційного потоків в гнучких виробничих системах на основі багатокоординатних верстатів.

**багатокоординатний верстат, гнучкі виробничі системи механообробки, матеріальний потік, енергетичний потік, інформаційний потік**

**Вступ.** На сьогоднішній день бурхливий розвиток інформатики і мікропроцесорної техніки підняв на принципово новий рівень вирішення багатьох завдань управління технологічними і виробничими процесами. Тенденція переходу до автоматизованого виробництва зачепила багато сфер господарства, у тому числі і машинобудування, де в основі автоматизації процесів лежить часткове або повне усунення людини від безпосередньої участі у виробничому процесі.

У сучасних умовах прогресивним може бути тільки таке виробництво, яке здатне враховувати зміну попиту замовників і може швидко переходити на випуск нової продукції. В результаті вдається уникнути випуску продукції даремного витрачання ресурсів, що не знаходить попиту. Розвиток автоматизації на ранніх етапах характеризувався відсутністю мобільності, динамічності – створення жорстких автоматичних ліній, призначених для масового виробництва (термін окупності таких ліній складає не менше 8 - 10 років).

**Актуальність проблеми.** Під автоматизацією виробничих процесів розуміють комплекс технічних заходів щодо розробки нових прогресивних технологічних процесів і створення на їх основі високопродуктивного обладнання, що виконує всі основні і допоміжні операції по виготовленню виробів без безпосередньої участі людини. Автоматизація виробничих процесів є комплексом конструктивно-технологічних і економічних завдань для створення принципово нової техніки.

Автоматизації завжди передував процес механізації, а саме часткової (первинної) автоматизації виробничих процесів на базі технологічного обладнання, яким управляє оператор. Крім того, оператор здійснює контроль виробів, регулювання і наладку обладнання, завантаження-вивантаження виробів, тобто допоміжні операції. Механізація може достатньо ефективно поєднуватися з автоматизацією конкретного виробництва, але саме виробничий процес створює можливість забезпечення високої якості продукції при високій продуктивності її виготовлення. Проте одиничне і дрібносерійне виробництво залишалися практично неавтоматизованими. Саме тому виникла принципово нова концепція автоматизованого виробництва - гнучкі виробничі системи (ГВС) механообробки.

До технічних переваг гнучких виробничих систем в порівнянні з аналогічними системами з ручним управлінням відносяться:

- висока швидкодія, що дозволяє підвищувати швидкості протікання процесів, а тому і продуктивність виробничого устаткування;

- вища і стабільніша якість управління процесами, що забезпечує високу якість продукції при економнішому витрачанні матеріалів і енергії;
- можливість роботи автома тов у важких, шкідливих і небезпечних для людини умовах;
- стабільність ритму роботи, а саме можливість тривалої роботи без перерви унаслідок відсутності стомлюваності, що властива людині.

**Основна частина.** Задачі автоматизації проектування гнучких виробничих процесів та систем полягають в наступному:

- 1) дослідження властивостей процесу з метою можливості виконання машинного методу рішення задач проектування при проведенні аналізу існуючої інформації і синтезу структури виробничого процесу;
- 2) визначення можливості математичного моделювання і алгоритмізації функціонування системи і процесу з необхідним ступенем точності і допустимою гнучкістю при зміні умов навколишнього середовища;
- 3) вибір необхідних засобів автоматизації: систему автоматизації проектних робіт систем автоматизованого проектування; математичне і програмне забезпечення; технічні засоби проектування.

Тому загальний комплекс систем автоматизованого проектування (САПР) включає математичні моделі, методи аналізу і синтезу виробничого процесу та гнучкої виробничої системи, засоби методичного, програмного, технічного, інформаційного і організаційного забезпечення. Застосування технічних засобів САПР змінює традиційну технологію проектування, звільняє виконавця від виконання рутинної роботи при розрахунках, оформленні документації і підвищує рівень проектування. Вдосконалення технічних засобів, використання систем числового-програмного управління в проектуванні приводить до прояву таких особливостей:

- інтеграції окремих елементів, частин, підсистем проектування в єдину систему проектування, виконуючу всі етапи розробки матеріалів проекту і виготовлення процесу та системи;
- гнучкості системи проектування, тобто проведення швидкого перенастроювання на виконання нових задач проектування.

Оптимальна структура і раціональні методи САПР забезпечують високопродуктивне і якісне виконання проектування. Забезпечення надійного і ефективного виробничого процесу виготовлення якісної продукції при об'єднанні в єдиний комплекс досить різноманітного основного і допоміжного технологічного обладнання в рамках гнучких виробничих модулів, що є основою ГВС, можливо при ретельному опрацюванні всіх видів інтерфейсів їх взаємодії (механічних, інформаційних, енергетичних). Крім того важливе значення має оптимізація алгоритмів роботи як окремих елементів системи, модулів, складських систем, так і всієї системи управління ГВС в цілому.

На (рис. 1) представлена запропонована узагальнена структурна схема гнучкої виробничої системи з її елементами.

Доцільне створення ГВС, побудованих на основі групової, мало операційної, модульної технології і використовуючих багатоцільові верстати, що дозволить досягати високої рентабельності.

**Метою роботи** є дослідження взаємодії матеріального, енергетичного та інформаційного потоків у гнучких виробничих системах на основі багатокординатних верстатів. Слід зазначити, що найбільше застосування отримали свердлильно-фрезерно-розточувальні ГВМ ( ГВМ є основною структурною частиною виробничого комплексу ГВС), що дозволяють в комплексі обробляти будь-які поверхні (площинні, циліндричні, сферичні), комбінації яких дозволяють утворювати складні за обробкою корпусні та

інші деталі. Найбільш поширеними з них є верстати, конструктивні схеми яких представлені на (рис. 2 – 4).

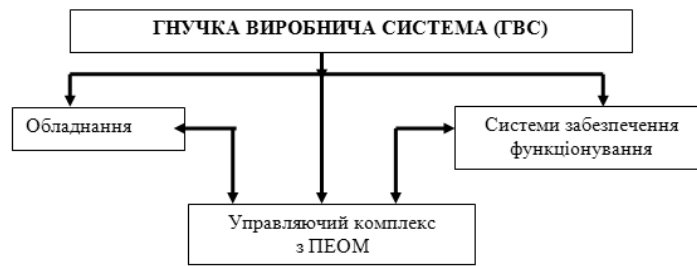


Рисунок 1 – Узагальнена структурна схема гнучкої виробничої системи

На (рис. 2) наведено вертикально-фрезерний консольний верстат із поворотною платформою (столом), п'ятикоординатний оброблювальний центр з поступальними переміщеннями в напрямках  $x, y, z$  та обертання навколо вісей  $B(y), C(z)$ . Верстат призначено для обробки деталей складної форми типу дисків, плит, ричагів, корпусних деталей із різних сталей та сплавів. На верстатах можливо виробляти фрезерування площин та пазів, свердлення, зенкерування, розгортання та попереднє розточування отворів. Обробка проводиться по п'яти координатах за визначеною програмою.

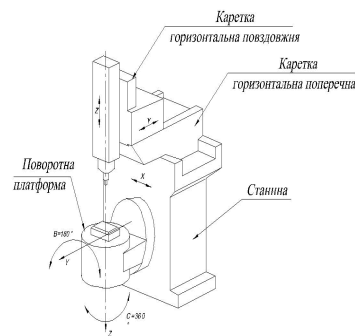


Рисунок 2 – Вертикально-фрезерний консольний верстат із поворотною платформою (столом)

На (рис. 3) – безконсольний вертикально-фрезерний верстат із поворотною головкою та перпендикулярними вісями повороту головки і шпинделя. Верстат виконує комплексну механічну обробку багато-габаритних деталей зі складними аеродинамічними поверхнями із різних сталей та сплавів. Забезпечує фрезерування площин та пазів, відступів, криволінійних контурів, свердлення, зенкерування, розгортання та попереднє розточування отворів, нарізання різьби мечиком. Обробка проводиться по п'яти координатах за визначеною програмою.

На (рис. 4) - безконсольний вертикально-фрезерний верстат із поворотною головкою, вісі повороту якої перетинаються під кутом  $450$ .

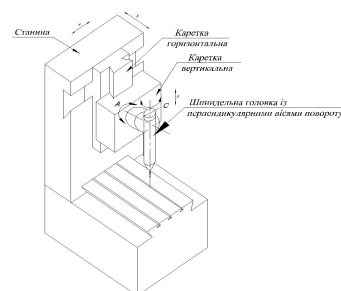


Рисунок 3 – Безконсольний вертикально-фрезерний верстат із поворотною головкою та перпендикулярними вісями повороту головки і шпинделя

Верстат виконує комплексну механічну обробку деталей складних конфігурацій із різних сталей та сплавів. На верстаті можлива обробка опуклих та вогнутих площин подвійної кривизни за допомогою фасонних фрез із шаровим кінцем.

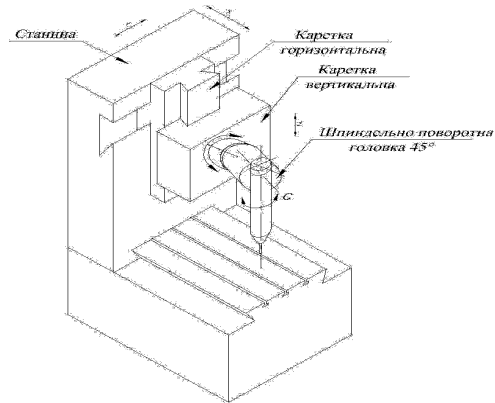


Рисунок 4 – Безконсольний вертикально-фрезерний верстат із поворотною головою, вісі повороту якої перетинаються під кутом 450

Розглянемо багатоцільові верстати, наведені на (рис. 2 – 4, як систему механообробки (рис.5). На вході системи (рис.5) матеріальний потік містить: заготовки; ріжучий інструмент; технологічне оснащення; СОР; масло для комплексу обладнання; нормативні документи.

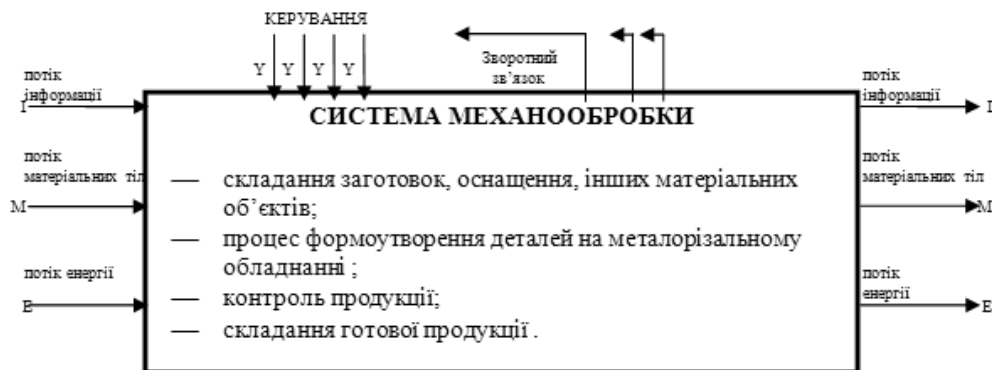


Рисунок 5 – Структурна схема потоків виробничого процесу в системі механообробки

Вхідний інформаційний потік системи, що діє, містить: набір програм управління; інформацію про планове завдання на робочий період, інформацію про ТП виготовлення продукції.

Вхідний енергетичний потік являє собою: електроенергію різного рівня напруги; пневмоенергію, що утворюється компресорами в самій системі; та гідроенергію, що створюється гідростанцією.

На виході матеріальний потік містить: готові деталі; браковані деталі; відходи (стружка, відпрацьовані СОР і масло, відпрацьований ріжучий інструмент); використане технологічне оснащення.

Вихідний інформаційний потік містить: програми управління, для верстата з ЧПУ, які використовувалися при виготовленні продукції; інформацію про кількість і якість виготовленої продукції; інформацію про стан комплексу оснащення системи, про кількість відмов при виробництві продукції; інформацію про готовність системи до обробки нової продукції (принцип асинхронності виробничого процесу). Вихідний

енергетичний потік містить енергію транспортних засобів необхідну для переміщення готових деталей і відходів виробництва.

Ключовим етапом взаємодії потоків є обробка заготовки на верстаті . На (рис. 6) представлено, як приклад автоматизації проектування, взаємодію інформаційного, матеріального та енергетичного потоків на етапі обробки деталі на верстаті.

Матеріальний потік в системи можна представити у вигляді орієнтованого графа, вершинами якого є наступні матеріальні об'єкти (рис. 7): рівні накопичення компонентів матеріального потоку, в ролі яких виступають склад, різного роду приверстатні локальні накопичувачі, револьверні головки верстата, контрольно-вимірювальні станції і ін. Засоби транспортування і орієнтації компонентів матеріального потоків, іншими словами, засоби локального транспортування між рівнями накопичення, які розглядаються як матеріальні тіла. Пункти якісного перетворення компонентів матеріального потоку (робоча зона металоріжучого оснащення).

Ребрами графа є процеси (траєкторії) локальної і макротранспортування компонентів матеріального потоку.

Інформаційні потоки також представляються у вигляді орієнтованого графа (рис. 8), вершинами якого є: два рівні СУ - підприємством (виробництвом), що визначають оперативний і перспективний план роботи виробництва і що входять в нього системи, а також СУ конкретної системи , що здійснює оперативне управління реалізацією ТП на системи, що формує технологічні команди устаткуванню.

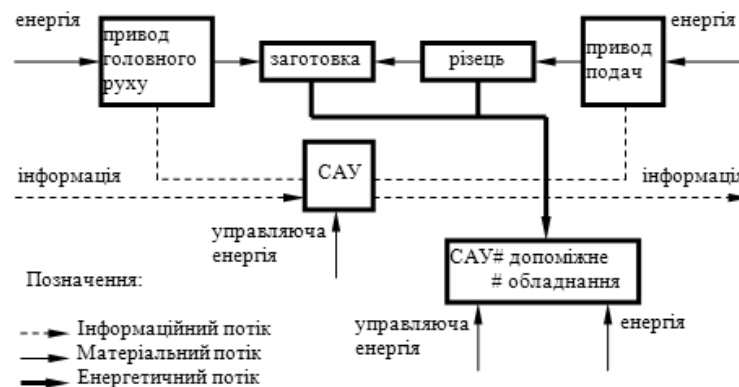


Рисунок 6 – Схема взаємодії потоків на етапі обробки деталі на верстаті

Енергетичний потік це себе сукупність енергії, що споживається системою управління системи. Правильна оцінка параметрів енергетичного потоку на етапі проектування системи і коректне управління цим потоком в процесі її роботи дозволяє мінімізувати частку споживаної енергії в собівартості продукції.

Вершинами графа енергетичного потоку є (рис. 9): технологічне обладнання, обладнання транспортний-складської системи, апаратура системи управління. Ребрами графа є кабелі або інші засоби передачі енергетичного потоку.

Енергія, що підводиться, витрачається на роботу оснащення, яке на графі розташоване на декількох рівнях: крупні підрозділи системи (склад, ГВМ, транспортна система); обладнання ГВМ (верстат, робот).

Управління потоком матеріальних тіл повинне забезпечувати їх проходження через системи в точній відповідності з плановим завданням і науково-обґрунтованими нормами часу їх переміщення в просторі і якісного перетворення (формування деталей на верстатах, оптимальна швидкість транспортування матеріальних тіл між



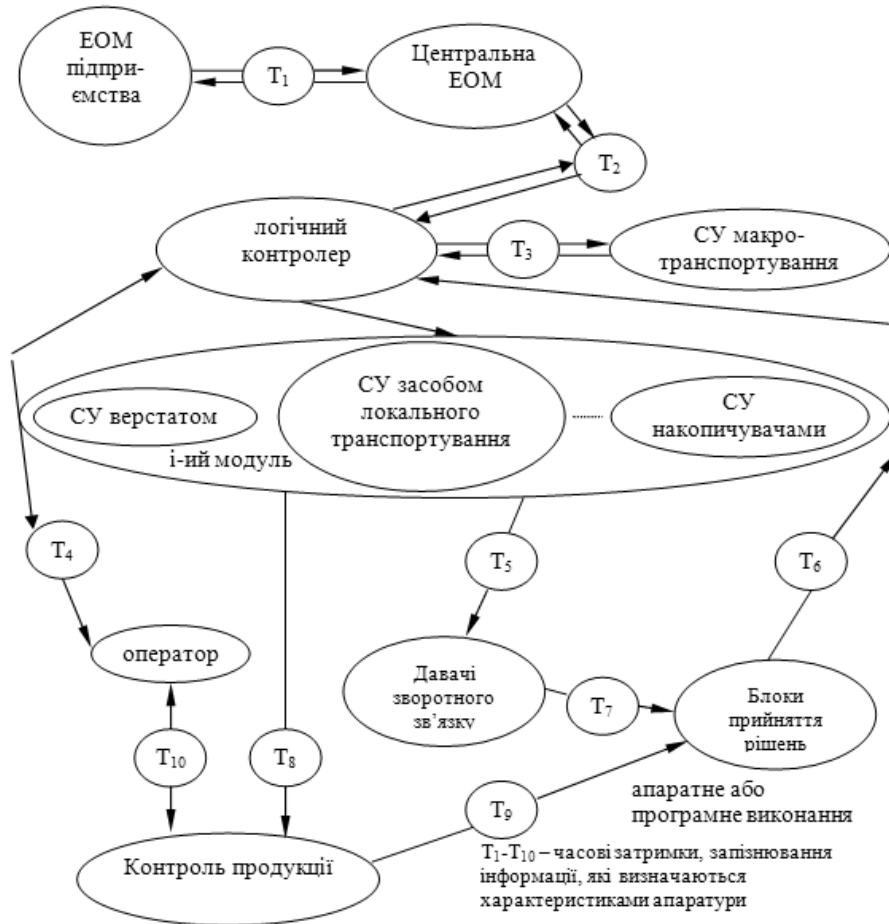


Рисунок 8 – Граф інформаційного потоку



Рисунок 9 – Граф енергетичного потоку

## Висновки

Економічні переваги, що досягаються при використанні гнучких виробничих систем у виробництві, є наслідком технічних переваг. До них можна віднести можливість значного підвищення продуктивності праці; економічніше використання ресурсів (праці, матеріалів, енергії); вища і стабільніша якість продукції; скорочення періоду часу від початку проектування до отримання виробу; можливість розширення виробництва без збільшення трудових ресурсів. Автоматизоване виробництво потребує більш кваліфікованого, технічно грамотного обслуговування. При цьому значно змінюється сам характер праці, пов'язаної з налагодкою, ремонтом, програмуванням і організацією робіт в автоматизованому виробництві, тому від рівня розвитку виробництва залежить прогрес всіх отраслей промисловості. Таким чином підвищенню ефективності і рівня автоматизації гнучкого виробництва повинна відводитися на сучасному етапі пріоритетна роль.

## Список літератури

1. ГОСТ 22487-77. Проектирование автоматизированное: Термины и определения.-Введ. 27.04.77.
2. ГОСТ 26501. 09-79. Системы автоматизированного проектирования: Основные положения.-Введ. 01.01.80.
3. Струтинський В.Б., Веселовська Н.Р., Зелінська О.В. Структурна модель технологічного процесу як динамічної системи.//—Луганськ: Видавництво ВНУ ім. В.Даля, 2007.— С. 158-164.
4. Жук К.Д., Тимченко А.А. Автоматизированное проектирование логико-динамических систем. К.:Наукова думка, —1981.-265с.
5. Кунцевич В.М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации.— К.: Наукова думка.,2006.—260 с.
6. Киселев Г.А. Переналаживаемые технологические процессы в машиностроении. - М.: Стандарт, 1980. -272 с.
7. Киселев Г.А., Гуленков В.Ю. Гибкие производственные системы в машиностроении. - М.: Изд-во стандартов, 1987. - 286 с.
8. Кузнецов М.М. и др. Автоматизация производственных процессов / Под ред. Г.А. Шаумяна. - М.: Высшая школа, 1978. - 431 с.
9. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. М.: Машиностроение, 1983. -359 с.
10. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А. Теорія технічних систем: Навчальний посібник. - Тернопіль: Вид. ТДТУ, 1997. - 310 с.
11. Коновал Д.Г., Косов М.Г., Схиртладзе А.Г. "Задачи проектирования гибких производственных систем механической обработки"М.: МГЦНТИН240-1992. – 6 с.
12. Харченко В.С., Склад В.В., Тарасюк О.М. Методы моделирования и оценки качества и надежности программного обеспечения. – Х.: НЭАУ «Харьковский авиационный институт», 2004.– 158 с.
13. Федорець В.О., Педченко М.Н, Федорець О.О., Струтинський В.Б., Яхно О.М., Єлісеєв Ю.В. Технічна гідромеханіка, гідравліка та гідропневмоприводи: Підручник.- Житомир: ЖІТІ, 1998.- 415 с.
14. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). / Под ред. Д.М. Гвишиани. -М.: Прогресс, 1971. - 340 с.
15. Хартли Дж. ГПС в действии. / Под ред. д-ра техн. наук В.А. Кудинова. - М.: Машиностроение, 1987.-328 с.
16. Челищев Б.Е., Боброва И.В., Гонсалес-Сабатер А. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении. / Под ред. акад. Н.Г. Бруевича. - М.: Машиностроение, 1987.-264 с.
17. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - Искусство и наука. - М.: Мир, 1978. - 420с.

Рассмотрено взаимодействие материального, энергетического и информационного потоков в гибких производственных системах на основе многокоординатных станков.

Co-operation is considered material, power and information streams in the flexible production systems on the basis of multico-ordinate machine-tools.