

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ЗПО «ДПТК»
31.08.2026 р.
ПОГОДЖЕНО
Заступник директора з навчально-методичної
роботи ЗПО «ДПТК»
31.08.2026 р.

Олександр СТРИЛЕЦЬ

Сергій ГОРДІЄНКО

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ ТА ПРОГРАМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ»

ВСТУП

Сучасне машинобудівне виробництво неможливо уявити без автоматизованих систем керування. Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), промислові роботи, гнучкі виробничі модулі та автоматичні лінії — усе це працює за програмами, які розробляються фахівцями з алгоритмізації та програмування. Саме тому дисципліна «Основи алгоритмізації та програмування автоматизованих систем» є важливою складовою професійної підготовки майбутніх фахових молодших бакалаврів з галузевого машинобудування.

Мета дисципліни — формування у здобувачів освіти теоретичних знань та практичних навичок з основ алгоритмізації, програмування та керування автоматизованими системами в галузі машинобудування, зокрема верстатами з ЧПК.

Основні завдання дисципліни:

Опанування базових понять алгоритмізації та методів побудови алгоритмів.

Вивчення принципів функціонування систем програмного керування (СПК, ЦПК, ЧПК, АПК).

Набуття навичок розробки керуючих програм для верстатів з ЧПК.

Формування вмінь застосовувати CAD/CAM-системи для підготовки керуючих програм.

Розвиток навичок налагодження та контролю точності обробки на верстатах з ЧПК.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ Й ТЕРМІНИ В АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Роль автоматизації виробництва в технічному прогресі

Під виробничим процесом сучасного виробництва розуміють такий комплекс заходів, за допомогою яких здійснюється виробництво тих або інших машин, вузлів, апаратів та інших виробів.

Основним завданням промисловості є освоєння нових конструкцій машин, обладнання, засобів механізації й автоматизації, нових технологій. Для кожного напрямку різних галузей народного господарства характерна своя специфіка, яка залежить від типу виробництва, призначення, розмірів і точності машин, рівня виробництва і технічної оснащеності.

У загальному плані автоматизація виробництва – це етап машинного виробництва, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій управління виробничими процесами та передаванням цих функцій технічним засобам – автоматичним пристроям і системам.

Керування – це цілеспрямована дія на об'єкт, яка забезпечує оптимальний чи заданий режим його роботи.

Незалежно від мети, призначення, структури об'єкта процес керування передбачає виконання таких операцій:

отримання та попереднє опрацювання інформації про фактичний стан об'єкта, системи і навколишнього середовища;

аналіз отриманої інформації, порівняння існуючої виробничої ситуації з даною;

прийняття рішення про дію на об'єкт у певному напрямку та оцінювання можливості реалізації такої дії;

реалізація управління, тобто формування дії за допомогою відповідних технічних засобів.

При здійсненні процесу керування часто доводиться спочатку відшукувати потрібний режим роботи, а потім його підтримувати. В окремих випадках для простих об'єктів значення технологічних параметрів задають наперед, тоді системи називають системами автоматичного регулювання (САР). Сучасні автоматичні та автоматизовані системи є за своєю структурою розподіленими і базуються на мережевих технологіях із використанням мікропроцесорних засобів.

Сучасні системи автоматизації об'єднуються у складні комп'ютерно-інтегровані системи. Розглядаючи їх, слід передусім наголосити на тому, що сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів у них призначена для досягнення певних цілей, сукупність елементів системи та характер зв'язків між ними визначаються структурою останньої. При створенні й аналізі систем автоматизації виділяють структури:

функціональну – сукупність частин для виконання окремих функцій: отримання інформації, її опрацювання, передавання та інші;

алгоритмічну – сукупність частин для виконання певних алгоритмів опрацювання інформації;

технічну – сукупність необхідних технічних засобів як відображення функціональної та алгоритмічної структур.

Основні переваги автоматизації полягають у можливостях забезпечити:

- зростання продуктивності та поліпшення умов праці;
- виконання робіт у важкодоступних та взагалі недоступних для людини сферах (радіоактивні зони, космос, окремі види металургійного та інших виробництв);

підвищення точності, якості технологічних процесів і відповідних виробів;

- зростання надійності, техніко-економічних показників, загальної культури виробництва та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Автоматизація виробництва проводиться за допомогою автоматичних пристроїв, які можна класифікувати за різними ознаками. Однією з

найпоширеніших є класифікація за функціональним призначенням пристроїв:

- автоматичного контролю та сигналізації;
- автоматичного захисту;
- обчислювання;
- автоматичного керування.

Пристрої автоматичного контролю та сигналізації забезпечують контроль за перебігом технологічних процесів, станом приміщень та відповідно сигналізацією. За нормальних умов процесів використовується оптична сигналізація, а при появі відхилень від цих умов – оптична та акустична.

Пристрої автоматичного захисту забезпечують захист об'єктів при появі загрози для обладнання, продукції або обслуговуючого персоналу.

Блокуючі пристрої мають призначення не допускати виконання хибних команд.

Обчислювально-лічильні пристрої самостійно виконують складні розрахунки найвигідніших технологічних режимів роботи, експрес-аналізу та ін.

Вирішення проблем автоматизації потребує принципово нових технологічних підходів до обладнання, уніфікованих технологічних процесів, вибору систем керування. А також потребує розв'язання таких проблем, як максимальна концентрація операцій, упровадження багатоопераційних, багатоінструментальних машин, верстатів, застосування складальних і контрольних автоматів, автооператорів, завантажувальних пристроїв, ПР, створення автоматичних ліній та гнучких систем та ін.

Набули поширення автоматичні лінії з верстатів-автоматів із числовим програмним керуванням. Це устаткування легко під'єднати до керуючих і обчислювальних електронних машин, що за здалегідь складеними програмами забезпечують роботу всієї лінії.

При автоматизації велику роль відіграє процес створення роторних автоматичних ліній. Їхнє застосування дозволить на одній лінії конструктивно подібних машин проводити різнохарактерні операції: штампування і різання,

нанесення покриття і контроль, маркування і пакування.

Автоматизація – вища, нова форма виробництва. Це – складний процес, який охоплює багато співвідношень: технічних, наукових, економічних. Сюди входить також автоматика, яка здійснює керування, контроль, переробку інформації та ін. Вона вивчає умови функціонування і алгоритми управління для різних ТП з ціллю розроблення систем автоматичного керування.

Перехід від ручної або механізованої праці до автоматизованого виробництва можна здійснити тільки після спеціальної підготовки, в якій основними положеннями переходу представлені певні умови.

Першою умовою автоматизованого виробництва на сьогодні є покращення його організації. Покращення організації виробництва – це продукт високоякісної організації потокового виробництва, яке характеризується розміщенням обладнання за технологічним процесом. Зайвим тут є міжопераційні склади, багатократне завантаження, розвантаження, транспортування. Використовуються спеціалізовані або спеціальні верстати, автоматичні лінії. Разом з тим, при впровадженні поточкових методів виробництва рекомендується звертати увагу на вдосконалення організації робочих місць, створення нових інструментів і пристроїв, нових методів контролю, транспортування деталей, орієнтації.

Наступною умовою переходу є модернізація існуючої й упровадження нової техніки через заміну автоматизованого обладнання, яка піднімає техніко-економічні показники. Напрямами модернізації є:

- підвищення потужності і швидкохідності процесу обробки;
- підвищення жорсткості і вібростійкості обладнання в цілому за рахунок окремих деталей і вузлів;
- скорочення допоміжного часу за рахунок автоматизації кріплення деталей, заміни інструменту, вимірювання в процесі обробки, автоматизації керування;
- розширення технологічних можливостей і концентрація операцій;
- багатоінструментальна обробка;
- зміна основного технологічного призначення обладнання;

- покращення умов експлуатації і ТБ.

Важливою умовою рентабельності сучасного виробництва є автоматизація транспортних робіт. Основними етапами вирішення проблеми транспортування деталей при автоматизованому виробництві є:

- суміщення кількох операцій з метою скорочення транспортних шляхів;
- організація найкоротших прямолінійних технологічних ліній;
- забезпечення підйому всього вантажопотоку на рівень, який максимально наближений до висоти установчих баз систем, з метою зменшення вертикальних переміщень деталей;
- оснащення верстата або автоматизованого комплексу передавальними і піднімальними пристроями, механізмами повороту стрілок, склізів, жолобів та ін.

Найраціональнішим технологічним транспортом можна вважати різні типи технологічних конвейерів з перевантажними і розподільними автоматичними пристроями, з міжопераційним запасом і різними пристосуваннями для обробки різноманітних за формою деталей.

Найважливішим напрямком автоматизації є розроблення нових ТП та впровадження прогресивної технології на основі останніх досягнень науки і техніки.

1.2. Структура автоматизованих виробничих процесів в умовах різного типу виробництва

Автоматизація виробничих процесів на основі впровадження роботизованих технологічних комплексів і гнучких виробничих модулів, допоміжного обладнання, транспортно-накопичувальних і контрольно-вимірювальних пристроїв, об'єднаних у гнучкі виробничі системи, що керуються від ЕОМ, є однією зі стратегій прискорення науково-технічного прогресу.

Гнучка виробнича система (ГВС) являє собою сукупність у різних

поєднаннях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання і систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, яка характеризується властивістю автоматизованого переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик.

Узгоджена робота всіх елементів ГВС повинна базуватися на організації просторового і часового зв'язку всіх елементів, який дозволить синхронізувати роботу всієї системи в умовах змінної структури і тривалості технологічних процесів. Для виконання цієї умови потрібен аналіз технічного завдання, який вимагає:

1. Зміст технічного завдання на проект (креслення конструктивів та задані умови виробництва, задана програма випуску по виробках).

2. Аналіз конструктивів, деталювання, визначення класифікаційних кодів деталей, визначення основних технологічних операцій необхідних для повного виготовлення конструктивів та їх групування за типами.

3. Попередній вибір заготовчого процесу, обґрунтування вибору-технологічне, економічне, організаційне.

4. Аналіз програми випуску за заданими умовами та визначення типу виробництва по кожному з конструктивів.

5. Попередній аналіз умов та організації виробництва для проектування гнучкої виробничої системи (можливості одночасного багатономенклатурного виробництва, почергове виробництво з переналагоджуванням тощо).

Згідно з отриманим технічним завданням на проектування гнучкої виробничої роботизованої системи на основі агрегатно-модульної побудови можна одночасно використовувати багатономенклатурне виробництво.

Паралельна структура даного виробництва можлива при наборі в групи більшої кількості конструктивів із сумарним випуском, що забезпечує економічно необхідну продуктивність складної лінії.

Проектування ГВС неможливе без якісної технологічної підготовки

виробництва, яка містить:

1. Розроблення структурних варіантів виробничих процесів для виготовлення заданих конструктивів згідно з вибраною організаційною структурою та умовами виробництва.
2. Калькуляцію часу основних технологічних операцій та кінцевий вибір структури за основними технологічними операціями.
3. Попереднє розроблення варіантів структури транспортних і завантажувальних операцій.
4. Вибір типів контролю та їхнього місця в загальній структурі основного обладнання, попередня калькуляція часу операцій контролю.

Технічна підготовка виробництва на базі ГВС характеризується вибором певних організаційних параметрів у встановлених межах значень їх характеристик:

1. Вибір основного та допоміжного технологічного обладнання для виконання основних, допоміжних, транспортних технологічних операцій – згідно з вибраною компоновальною структурою ГВС.
2. Вибір переналагоджуваних засобів (стандартного типу) та інструментів:
 - *Силові механізми. Захоплювальні пристрої роботів-маніпуляторів.*
 - *Транспортні засоби.*
 - *Інструменти.*
3. Групування обладнання за гнучкими виробничими модулями згідно його функціональним призначенням та спроектованою структурою виробничого процесу.
4. Розрахунок організаційних параметрів ГВС.
5. Розрахунок розмірів партій міжопераційного накопичення оброблювальних елементів.
6. Розрахунок незавершеного виробництва необхідного для безперебійного функціонування гнучкої виробничої системи в заданих організаційних умовах.

7. Визначення необхідної кількості основного та допоміжного персоналу для створеної гнучкої виробничої системи.

1.3. Виробничий процес і його елементи

Автоматизація виробничих процесів – це сукупність заходів із розроблення технологічних процесів, створення та впровадження високопродуктивних автоматично діючих засобів виробництва, які забезпечують безперервне зростання продуктивності праці.

Виробничий процес у машинобудуванні складається з трьох основних фаз: заготівельна, оброблювальна і складальна.

Аналіз гнучкого виробництва свідчить, що сучасний завод має розвинену систему вантажних потоків, які зв'язують не тільки внутрішні робочі місця, але й цехи, дільниці (рис 1.1).

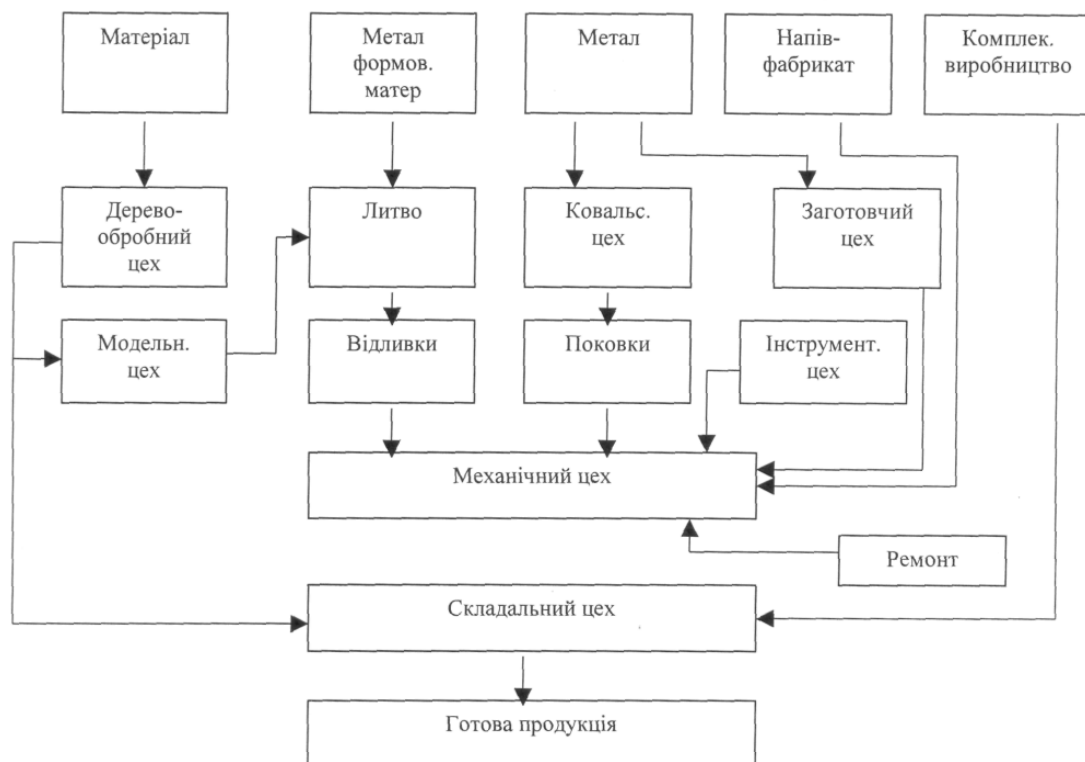


Рисунок 1.1. Структурна система транспортування

Великі перспективи автоматизація має в заготівельних цехах, де зменшення величини припуску на мехобробку дає великий економічний ефект, особливо:

1. У виробництві заготовок:

- литво по моделях під тиском; у кокіль, відцентрове литво;
- точне штампування на механічних пресах, відтискування, віброштампування, висаджування на електровисадних машинах, чеканка, калібровка, холодна висадка, об'ємне штампування;
- виробництво зварних конструкцій;
- виготовлення деталей із пластмас.

2. У виробництві деталей:

- виготовлення деталей із сучасних матеріалів, нові технології: електроіскрова, імпульсна, лазерна обробка та інше, що знижує розхід металу, скорочує затрати, розширює можливості автоматизації.

3. У слюсарно-складальному виробництві:

- механізовані пневматичні й електричні інструменти, дрібні настільні, переносні, вмонтовані в конвейери свердлильні верстати, зварювальні апарати та ін.

4. Використання гальванотехнології, лако й емальпокриттів з метою підвищення антикорозійної стійкості.

1.4. Послідовність автоматизації виробничого процесу

Аналізуючи історію і тенденцію розвитку автоматизації виробничих процесів, можна виділити три етапи:

- автоматизація робочого циклу, створення напіваавтоматів і машин-автоматів;
- автоматизація системи машин, створення автоматичних ліній;
- комплексна автоматизація виробничих процесів, створення автоматичних цехів і заводів.

Перший етап автоматизації – теоретичне вирішення поставлених завдань із використанням задач фізики, математики, математичного моделювання та залученням обчислювальних машин. Результат вирішення цього завдання - автоматична модель майбутнього об'єкта, наприклад, токарного верстата-автомата.

Після розроблення моделі визначають техніко-економічні показники й оцінюють їх ефективність у порівнянні з існуючими моделями верстатів. Ціль оцінювання: визначення здатності моделі виконувати задані функції; досягнення максимальної продуктивності праці; високої якості продукції, що випускається, максимального використання палива, устаткування і сировини, максимального обсягу реалізації продукції.

Після економічного оцінювання за допомогою інженерного методу оптимізують здійснення розробленого рішення. Під оптимізацією в даному випадку розуміють простий, надійний і ефективний метод перетворення в дійсність поставленого завдання і розроблення конкретної конструкції.

Залежно від призначення вузли системи розбивають на групи за функціональними ознаками, наприклад, транспортні й завантажувальні пристрої, виконавчі й регулюючі пристрої автоматики. Усі засоби групують за близькими ознаками в уніфіковані блоки, із яких складають комплекси засобів автоматизації.

Сукупність блоків можна розділити, у свою чергу, на ряд цільових механізмів, кожен із яких виконує визначену операцію робочого циклу. Кількість і призначення цільових механізмів визначені технологічним призначенням і схемою роботи комплексу в цілому.

Таким чином, на першому етапі автоматизують технологічний процес, автоматизація охоплює, як правило, лише окремі операції обробки.

Якісне і кількісне оцінювання стану технологічного процесу (ГОСТ 14.309-74) виконують за трьома видами показників: виду, ступеня та категорії.

За видом розрізняють одиничну і комплексну автоматизацію. Установлено десять ступенів використання автоматизації виробничих процесів (від одиничних операцій до організації технології на рівні всієї промисловості).

Прийнято умовне позначення ступенів автоматизації:

1 – одинична технологічна операція; 2 – закінчений технологічний процес; 3 – система технологічних процесів, виконуваних на виробничій дільниці; 4 – система технологічних процесів у межах цеху; 5 – система технологічних

процесів у межах технологічно однорідних цехів; 6 – система технологічних процесів у межах підприємств; 7 – система технологічних процесів у межах виробничих фірм при науково-виробничих об'єднаннях; 8 – у межах окремих об'єднань; 9 – у межах однієї галузі промисловості; 10 – система технологічних процесів, які виконуються на рівні ряду галузей промисловості країни.

Залежно від рівня і впливу виду автоматизації технологічного процесу встановлено вісім категорій автоматизації: нульова, нижча, мала, середня, велика, підвищена, висока і з кількісною оцінкою від 0 до 1.

Припустимо, у цеху взагалі немає засобів механізації й автоматизації— цех із нульовою категорією.

Другий етап автоматизації – автоматизація системи машин, створення автоматичних ліній, що поєднують у собі виконання різноманітних операцій обробки, контролю, складання й пакування.

Автоматична лінія – система машин, розташованих у технологічній послідовності, об'єднаних засобами транспортування, керування, що автоматично виконують комплекс операцій, крім налагодження.

Процес обробки синхронізується з роботою інших механізмів (поворотних столів, механізмів видалення стружки і т.п.). Вища форма автоматизації на другому етапі – комплексні поточкові лінії з напіваавтоматів і автоматів.

Третій етап автоматизації- комплексна автоматизація виробничих процесів, створення автоматичних цехів і заводів.

Автоматичний цех або завод – це підприємство, в якому основні виробничі процеси здійснюються на автоматичних лініях із використанням автоматичних систем керування, обчислювальної техніки, системи керування якістю і т.п.

Сучасний автоматичний завод являє собою складний багатоланковий об'єкт керування, всі елементи якого в постійній динамічній взаємодії один з одним. Встановлення оптимальних взаємозв'язків між елементами об'єкта керування для досягнення найкращих економічних показників роботи

автоматизованого підприємства визначає виконання функцій автоматичних систем. Використання ЕОМ дозволяє вирішувати не тільки завдання керування виробництвом, але й гнучкого керування технологічними процесами і технологічним комплексом устаткування.

Аналіз розвитку гнучких автоматизованих виробничих систем (ГВС) і гнучких автоматизованих технологічних комплексів показує, що «виробнича гнучкість» виявляється за будь-якого рівня виробництва.

Крок у забезпеченні «виробничої гнучкості» — автоматичний пошук і заміна інструменту або пристосувань; автоматизація завантаження заготовок і розвантаження готових деталей, їхнього транспортування; автоматизація обліку; автоматизація допоміжних операцій і т.д.

Технічні засоби для такої автоматизації — центри обробки, промислові роботи, автоматичні транспортні засоби, автоматизовані склади. До ГВС входить і система керування з використанням обчислювальної техніки.

Гнучку автоматизовану виробничу систему узагальнено можна представити як сукупність технологічного устаткування, здатного автоматично перебудовуватися на випуск нового виробу.

1.5. Основні поняття про виробничі системи, їх класифікація і структура

Розвиток автоматизації процесів виробництва пов'язаний зі створенням виробничих систем (ВС).

Система може бути визначена як сукупність елементів, настільки тісно пов'язаних між собою, що вона виступає відносно інших систем і навколишнього середовища як дещо єдине. Зв'язок між елементами системи повинен бути міцніший, ніж зв'язок кожного з цих елементів з частинами інших систем.

Виробнича система – складна багаторівнева ієрархічна система, що перетворює вихідні напівфабрикати сировини або матеріалів у кінцевий

продукт, що відповідає суспільному замовленню.

Ефективність використання ВС визначає низка факторів:

- раціональність розробленого технологічного процесу (ТП);
- структурно-компонувальна схема модулів і ВС у цілому, їх надійність, точність, вартість;
- можливості розробленої (обраної) системи керування, що забезпечує раціональну експлуатацію автоматизованого обладнання, задану програму випуску і якість продукції.

Основою будь-якого виробництва є технологічний процес – певна взаємодія знарядь і предметів праці, обслуговуючої і транспортної систем, у результаті чого випускається продукція, що відповідає критерію якості.

Переміщення предметів праці від однієї стадії обробки до іншої можна визначити як матеріальний потік у виробничому просторі. Для забезпечення роботи ВС слід організувати ще інформаційний та енергетичний потоки.

Виробничий процес можна представити як систему, що перетворює потоки енергії, матеріалів та інформації (рис. 1.2).

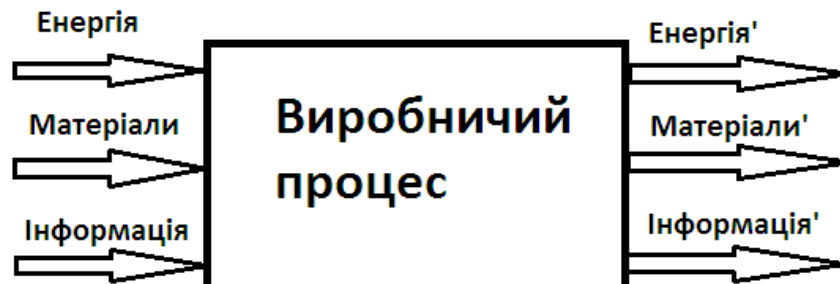


Рисунок 1.2. Представлення виробничого процесу

З позиції автоматизації за характером матеріального потоку технологічні процеси можна розділити на два типи – безперервні й дискретні.

У безперервних ТП матеріальний потік та інформація, що його відображає, безперервні. Матеріальний потік, що проходить через технологічне обладнання і зазнає там у кожен момент часу зміни своїх властивостей, є неперервним.

До безперервних відносять виробництва, у яких вимагається регулювати витрату, тиск, температуру, напругу, переміщення рухомих елементів та інші величини в усьому діапазоні їх змін. Це – різноманітні хімічні реактори, процеси приготування харчових продуктів, металургія, постачання теплом, водою й електроенергією.

У безперервних виробництвах зайнято мало людей, тому за рахунок автоматизації можна знизити витрати матеріалів та енергії або стабілізувати технологічний процес, виключивши його залежність від суб'єктивних чинників. Для управління таким виробництвом вимагається узгодження динамічних характеристик об'єкта управління і системи автоматичного регулювання в усьому інтервалі зміни регульованих величин.

Для дискретних ТП характерна вихідна продукція у вигляді виробів, що обчислюються в штуках. Початкові компоненти перетворюються циклічно і готова продукція випускається партіями.

До дискретних відносять виробництва з кінцевим числом станів змінних, наприклад із увімкненням і вимкненням клапанів, засувов, пускачів за сигналами двопозиційних датчиків.

Автоматизація дискретного виробництва розвинена менше внаслідок більшої різноманітності виробів і операцій, підвищених вимог до точності операцій. Тут зайнята значна кількість робітників ручної праці. Для дискретного виробництва характерне величезне число варіантів автоматизації, операцій, що відрізняються послідовністю, затратами й ефективністю. Їх зіставлення вимагає формального опису алгоритмів управління устаткуванням і розробки моделей організації виробництва.

У реальних задачах найчастіше спостерігається поєднання обох видів виробництв, що називають безперервно-дискретним виробництвом. Крім того, методи автоматизації дискретного виробництва все частіше застосовують до автоматизації безперервного виробництва.

За принципом керування виробничі системи можна поділити на прості, складні і інтелектуальні. Розрізнити їх можна за видом алгоритму

функціонування і принципом прийняття в них рішень. В алгоритмах функціонування простих систем використовуються тільки виконавчі блоки, а в алгоритмах роботи складних систем – також блоки прийняття рішень. Для інтелектуальних систем характерне існування дерева прийняття рішень.

При формуванні конфігурації конкретної виробничої системи слід планувати процес проектування зверху вниз і створювати систему знизу вгору. Основними факторами при проектуванні ВС є матеріальні й інформаційні потоки.

Сукупності функцій в автоматизованих виробничих системах утворюють системні комплекси, у котрих найважливішими є:

- технологічні функції (зміни фізичного стану об'єктів виробництва), носіями котрих є технологічні системи;
- функції маніпуляції і транспортні функції (положення та місцезнаходження об'єктів виробництва й оснастки), носіями котрих є засоби маніпуляції й транспортні засоби і вони об'єднані в системи матеріальних потоків;
- функції керування, координації та синхронізації роботи елементів і систем, і їх взаємодія на базі розподілу й передавання сигналів команд та інтеграція в інформаційні потоки, носіями котрих є інформаційна техніка і засоби керування.

Поняття про виробничий процес.

Процес функціонування деякої системи – це послідовна зміна станів системи в часі.

Будь-яке кількісне вивчення процесу можливе лише у випадку, коли визначені його величини, що характеризують процес із кількісної точки зору. У загальному вигляді кожному фіксованому моменту часу відповідає миттєве значення системи, котре можна описати, наприклад, набором чисел: $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, що описують основні властивості системи з потрібною точністю. Якщо розглядати процес як послідовну зміну станів системи у часі, то величини $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ виявляються функціями часу $a_1(t), a_2(t), a_3(t), \dots, a_n(t)$. Ці функції

називають характеристиками процесу і відносять до сигналів, що перетворюються системою. Конструктивні властивості системи характеризуються її параметрами, а величини, що визначають її початковий стан, називають початковими умовами.

Складність управління виробництвом залежить від повноти перерахування технологічних ситуацій S , необхідних і достатніх для вироблення управлінських рішень. Кожну ситуацію задають набором значень ознак, що характеризують зовнішню ситуацію і стан об'єкта керування. Значення ознак можуть бути безперервними або бінарними. У першому випадку для управління важлива, наприклад, величина швидкості руху, в другому – відсутність або наявність факту перевищення заданої швидкості. Для завдань керування часто потрібні тільки факти змін у технологічному середовищі, і так безперервні ознаки зводять до бінарних. Це дозволяє значно скоротити число ситуацій, в яких приймається керуюче рішення. Проте навіть при бінарних ознаках введення кожної додаткової ознаки збільшує число комбінацій ознак або описуваних ними ситуацій у два рази. Для п'яти бінарних ознак середовища число описуваних ситуацій $S = 2^5 = 32$, а після введення ще однієї ознаки вимагається описати вже $S = 2^6 = 64$ ситуації. З іншого боку, деякі ситуації, описані комбінаціями ознак, неможливі за технологічними умовами. Наприклад, неможливі ситуації, в яких однакові значення ознак руху вперед і назад.

Залежно від числа n датчиків, що сприймають зовнішню обстановку і стан об'єкта, технологічне середовище може бути повністю визначеним, організованим або неорганізованим (рис. 1.3).

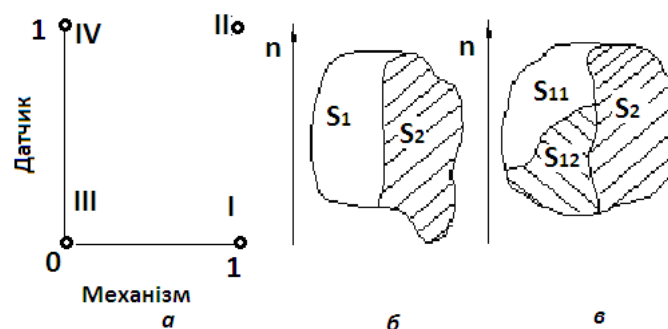


Рисунок 1.3. Типи технологічного середовища:

а – повністю визначене; б – організоване; в – неорганізоване

У повністю визначеному середовищі керування задане для усіх комбінацій ознак середовища. Наприклад, вмикається і вимикається деякий механізм з датчиком аварії. Стан середовища характеризується наявністю або відсутністю сигналу з датчика аварії, а стан об'єкта – роботою або зупинкою механізму. Для двох бінарних ознак можливі тільки $2^2 = 4$ ситуації (рис. 1.3а) : I – механізм працює, аварії немає; II – механізм працює, аварія є; III – механізм не працює, аварії немає; IV – механізм не працює, аварія є. У кожній ситуації може бути прийнято одне з трьох рішень: для I і IV – нічого не робити; для II – вимкнути механізм; для III – увімкнути механізм. Керування такого типу реалізоване в програмних роботах і системах захисту механізмів від перевантаження.

В організованому середовищі деякі з ситуацій неможливі за технологічними умовами, тому можна задати керування тільки для підмножини S_1 із S можливих ситуацій ($S_1 \subseteq S$), вважаючи, що інші ситуації ніколи не виникнуть (за винятком відмов датчиків). В цьому випадку множину комбінацій ознак середовища розбивають на підмножини можливих S_1 і неможливих $S_2 = \overline{S_1}$ ситуацій (рис. 1.3, б). Перерахувати можливі ситуації S_1 і задати для них керування можна, якщо число ознак ситуацій не перевищує 5 – 6. До такого типу відноситься керування стаціонарними установками і адаптивними роботами.

У неорганізованому середовищі через велике число ознак середовища не вдається повністю перерахувати множину можливих ситуацій S_1 . Це називають "прокляттям розмірності", коли введення кожної q – значної ознаки збільшує число ситуацій в q разів. Знання про середовище доводиться формувати шляхом навчання розпізнаванню образів. Спостерігаючи деякий час за процесом, складають навчальну вибірку з частини можливих ситуацій ($S_{12} \subseteq S_1$) (рис. 1.3, в). Потім відшуковують вирішальні функції, що ділять навчальну

вибірку S_{11} на підмножини за числом рішень. Ці функції використовують для розпізнавання нових ситуацій з $S_{12} \subseteq S_1$, що не зустрічалися в навчальній вибірці S_{11} . Звичайно, нова ситуація з S_{12} розпізнається з деякою вірогідністю помилки, залежної від об'єму навчальної вибірки і правильності побудови вирішальних функцій. Для роботи в таких середовищах потрібне управління з елементами штучного інтелекту. В процесі навчання формують набір ознак середовища, необхідний і достатній для розпізнавання усіх ситуацій з S_1 .

Оцінювання стану кожної ознаки середовища окремим датчиком вимагає великих витрат на створення інформаційної системи. Виникає завдання розпізнавання станів n ознак середовища $m < n$ датчиками мінімальної вартості. Складаються два підходи до його вирішення:

- установка мінімального набору доступних датчиків для частини ознак середовища m й отримання інших ознак $(n - m)$ шляхом логічної обробки сигналів датчиків;
- застосування багатофункціонального інформаційного датчика у вигляді телекамери або широкосмугового мікрофона, який сполучений із системою розпізнавання оптичних чи звукових образів.

При першому підході в навчальній вибірці відшуковують стійкі логічні зв'язки ознак і вибирають набори ознак середовища зв'язним чином вартості. Шляхом логічної обробки аналогового сигналу датчика швидкості колісно-рейкового робота-тягача можна визначити 11 ознак середовища: швидкість, напрям руху, прискорення, уповільнення, перевищення заданої швидкості, стискування і розтягування складу, сходження з рейок, буксування, відмова електродинамічного гальмування, облік спроб рухання з місця. Звичайний контроль ознак вимагав би 11 різних датчиків з відповідним збільшенням вартості системи.

Другий підхід універсальний, але вимагає складних алгоритмів обробки отриманого спостереження образу і порівняння його з еталоном. Для введення зорового, звукового або мультисенсорного образу в ЕОМ вимагається його кодування.

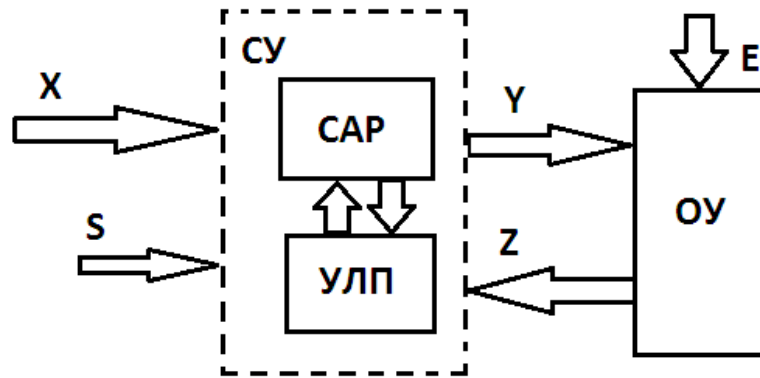


Рисунок 1.4. Взаємодія системи керування СУ та об'єкта керування ОУ

Процес керування об'єктом представимо як взаємодію системи керування (СУ) і об'єкту керування (ОУ) (рис. 1.4). Система керування відповідно до заданої програми X , стану S технологічного середовища та інформації Z з датчиків на об'єкті виробляє сигнали Y керування механізмами об'єкта. При цьому на об'єкт діють випадкові дії E з боку технологічного середовища, що змінюють стан об'єкта.

Відповідно до поділу об'єктів керування на безперервні і дискретні розділимо систему керування на систему автоматичного регулювання (САР) і керуючий логічний пристрій (УЛП). Система автоматичного регулювання забезпечує стеження вихідної величини за зміною вхідної величини при випадкових діях (E) середовища на об'єкт. Керуючий логічний пристрій перемикає виконавчі пристрої об'єкта за заданим алгоритмом та сигналами датчиків.

При проектуванні виробничої системи завданням інженера є вибір її структури (певним чином пов'язаної сукупності деталей) і параметрів системи. Крім того, характеристиками системи є ті критерії, якими оцінюється система. Ці критерії (продуктивність, надійність, собівартість і т.п., або критерії якості) не є сигналами, але їх слід знати та уміти визначати для того, щоб віддати перевагу тому чи іншому конструктивному варіанту. Тут слід відзначити два суттєвих моменти. Для того, щоб визначити характеристики, що не впливають прямо з ходу роботи системи, треба будувати систему з аналітично й логічно

пов'язаних залежностей, іншими словами, розглядати математичну модель процесу, що об'єднувала б фізичну модель процесу та залежності, пов'язані з визначенням критеріїв якості. Другим суттєвим моментом є те, що виробничий процес слід розглядати як різновид випадкового процесу, бо в результаті впливу багатьох випадкових факторів вироби будуть мати різні характеристики у загальному випадку. Без такого підходу ми не в змозі керувати розсіюванням параметрів виробу, а звідси й забезпечити його якісне виконання.

Рівні комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Комп'ютерно-інтегроване виробництво містить п'ять рівнів автоматизації (рис. 1.5).



Рисунок 1.5. Рівні автоматизації комп'ютерно-інтегрованого виробництва

На рівні зв'язку з устаткуванням I/O (Input/Output – Вхід/Вихід) забезпечується узгодження зовнішніх елементів з пристроєм керування.

На рівні управління Control вбудовані в устаткування пристрої керування за сигналами датчиків стану механізмів виробляють команди керування виконавчими пристроями – приводами, клапанами, світловими і звуковими сигналами.

Одночасно з керуванням інформація про роботу устаткування в

реальному часі передається на рівень узагальненого контролю і збору даних SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). На рівні SCADA ведуть сортування, перетворення і зберігання поточних даних, а також їх відображення на мнемосхемі процесу. Для диспетчера відображається поведінка усіх одиниць устаткування: поточний стан і показники роботи машин, рух матеріальних потоків, узагальнена інформація. Системи SCADA дозволяють спостерігати процес у цілому, відстежувати аварійну інформацію, часові тенденції і статистичні характеристики процесу. За необхідності диспетчер передає узагальнені команди керування устаткуванням.

Рівень планування ресурсів MRP (Manufacturing Resources Planning) іноді неправильно ототожнюють з інформаційною технологією виробництва. Це відомий варіант автоматизації офісної діяльності з метою ведення бухгалтерського обліку, управління фінансами і матеріально-технічним постачанням, організації документообігу. На цьому рівні керівники виробництва аналізують кон'юнктуру стратегію: динаміку ринкових цін на продукцію, що випускається, рівень прибутку за різними видами продукції, прогнозований попит.

До недавня рівні управління об'єктом виробництва I/O, PLS, SCADA і рівень планування ресурсів MRP розвивалися незалежно. Використовуючи відірвані від поточного виробництва офісні програми, менеджери не могли виявляти резерви підвищення продуктивності і зниження собівартості, змінювати номенклатуру продукції, що випускається. При формуванні найприбутковішої стратегії виробництва їм потрібно було знати структуру собівартості кожного з сотень видів продукції, час виконання замовлення, що надійшло, необхідні для виконання замовлення ресурси, доцільність оновлення устаткування. Для вироблення рішень вимагалася поточна інформація про стан кожної одиниці устаткування. Ця інформація могла бути отримана на рівні SCADA, де збиралися усі дані про роботу устаткування. Необхідність виживання підприємства в ринковому середовищі призвела до появи між рівнями диспетчеризації SCADA і планування ресурсів MRP додаткового рівня

виконання завдань MES (Manufacturing Execution System), що пов'язує менеджерів верхнього рівня з поточним виробництвом. Тут інформація від SCADA перетворюється в інформацію для MRP, проводиться оновлення бази даних, контролюється послідовність операцій, формується розклад перевірки і ремонту устаткування залежно від тривалості фактичної експлуатації. Після аналізу цієї інформації з позиції виробничої і кон'юнктурної політики підприємства стратегічні рішення менеджера виконуються на нижчих рівнях. У 90-х роках минулого століття стали з'являтися програмні комплекси, за допомогою яких будь-який співробітник міг спостерігати за роботою будь-якої одиниці устаткування. До них відносяться комплекси Factory Suite (Промисловий набір) фірми "Wonderware" (США) і Genesis (Відродження) фірми "Iconics"(США). Набір Factory Suite об'єднує рівні MES, SCADA і Control.

1.6. Шляхи та засоби розвитку автоматизації на другому етапі

Важливими шляхами й засобами розвитку автоматизації на виробництві є:

- автоматизація універсальних металорізальних верстатів;
- виробництво автоматичних ліній на базі діючого технологічного обладнання;
- виробництво нових спеціальних і спеціалізованих автоматичних ліній;
- застосування роторних автоматичних ліній;
- створення автоматичних заводів-автоматів.

1. Автоматизація універсальних металорізальних верстатів.

Поточні верстатні лінії створювали з універсальних верстатів. Перетворення універсальних і півавтоматичних верстатів в автомати або лінії проводять шляхом комплексної модернізації з оснащенням їх автооператорами, автоматичними подачами, маніпуляторами, магазинними та іншими пристроями. Автооператори застосовуються переважно для верстатів, не потребують корінного переобладнання.

Важливу роль в автоматизації відіграє автоматичний завантажувальний пристрій.

Магазинний автоматичний завантажувальний пристрій – це механізм подавання заготовок, в який завантаження заготовок з визначеною орієнтацією здійснюють вручну, а подачу з магазину на робочу позицію – автоматично.

Найпоширенішими способами подавання заготовок є:

1. *Подавання власною вагою* – найбільш поширений простий спосіб. Заготовки можуть бути різної форми, але вага повинна забезпечити подавання заготовок у живильник і далі на робочу позицію.

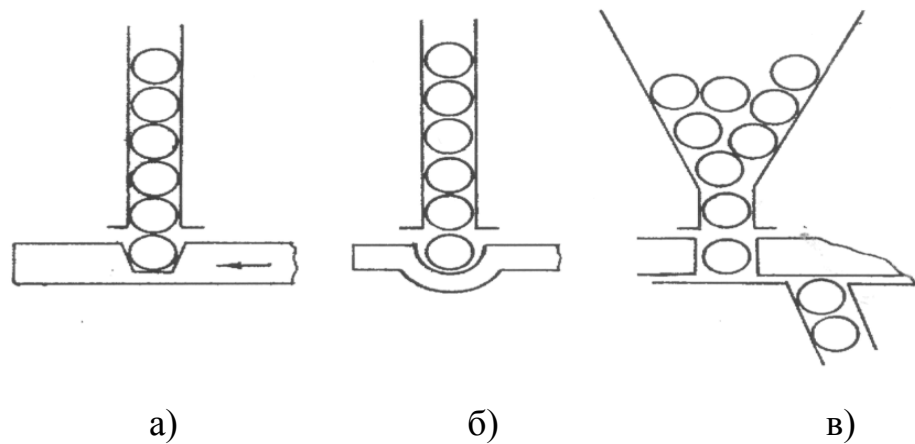


Рисунок 1.6 Способи подачі заготовок

а) – прямолінійний.

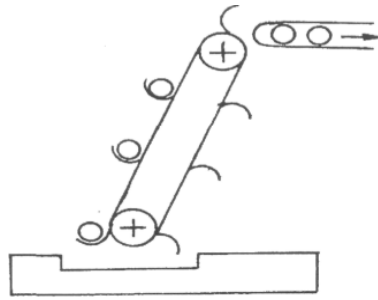
б) – криволінійний.

в) – бункерний.

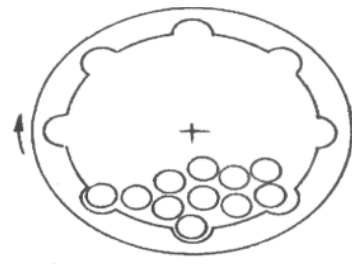
2. Для заготовок з малою вагою застосовують магазинні пристрої з примусовим подаванням. У якості підсилюючого пристрою використовують вантаж або пружину.

3. Магазинні пристрої здійснюють примусове подавання заготовок силами тертя за рахунок руху привода.

4. Ланцюгові магазинні пристрої застосовуються для довгих циліндричних валиків, втулок. Можна також заготовки подавати дисками, які розміщуються вертикально або горизонтально.



а)



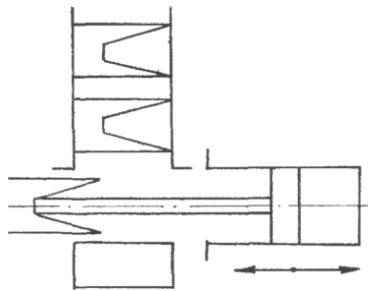
б)

Рисунок 1.7. Ланцюгові магазини:

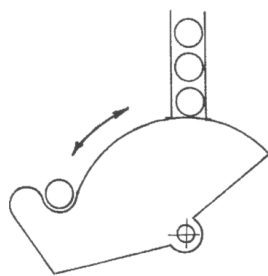
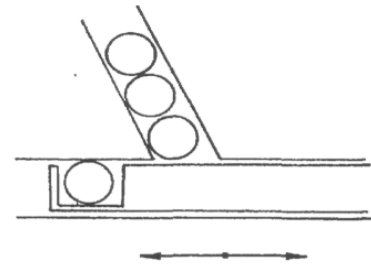
а) – ланцюговий.

б) – дисковий.

5. Найтипівішими є живильники із зворотнопоступальним рухом (рис.1.8), які не займають відносно багато робочого простору, забезпечують високу точність.



а)



б)

Рисунок 1.8: а) живильники з коливним рухом і магазинним пристроєм, обертовим рухом; б) живильники з комбінуючим рухом

2. *Виробництво автоматичних верстатних ліній на базі діючого технологічного обладнання.* Визначена група верстатів автоматично виконує в суворій послідовності весь цикл операцій обробки деталі. Далі, також

автоматично, з готових складаються вузли, агрегати, модулі, з яких і утворюється лінія.

3. Виробництво автоматичних верстатних ліній спеціального і спеціалізованого призначення.

Кількість агрегатів в автоматичній лінії визначаються технологічним процесом обробки і законами агрегування. Для нормальної роботи:

- заготовки повинні бути стійкими для транспортування в якомусь певному положенні, повинні мати бази для вивірки цього положення;
- синхронізовувати час на виконання операцій, тобто час на кожну операцію повинен дорівнювати або бути кратним найменшому часу для виконання однієї з операцій;
- цикл операції налагоджувати без складного або комбінованого інструменту;
- використовувати спеціальні транспортні засоби, пристрої фіксації та кріплення;
- лінія готова обробляти хоча би кілька деталей з незначним підналагодженням.

4. Роторні автоматичні лінії.

Роторні лінії (рис.1.9) забезпечують обробку заготовок у процесі їх транспортування разом з інструментом. Можна також виконувати декілька операцій на різних роторах, які пов'язані між собою транспортними роторами. Роторна лінія складається із роторів, кількість яких дорівнює кількості операцій і відрізняється від автоматичних ліній тим, що її продуктивність не обмежена швидкістю переміщення інструмента відносно заготовки оброблюваного елемента, довжиною операції і часом транспортування. Для збільшення продуктивності праці необхідно збільшувати число інструментів на роторі.

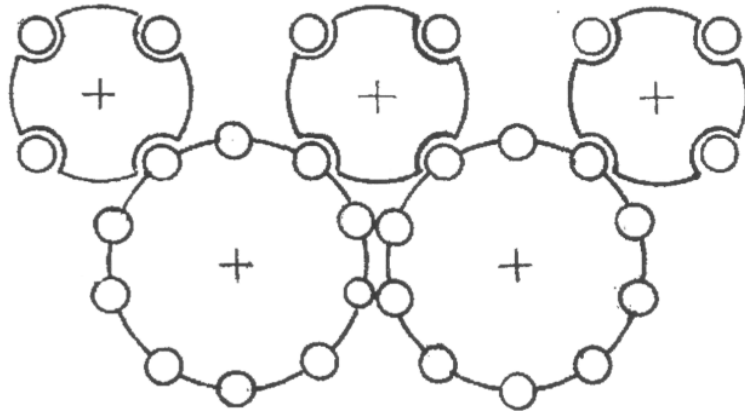


Рисунок 1.9. Роторні автоматичні лінії

5. Створення автоматичних ділянок, цехів, заводів.

Підготовка до проектування комплексно-автоматизованих виробництв складається із декількох етапів:

- виявлення об'єктів (одного або багатьох), які переривають технологічний процес і передавання їх на безперервне функціонування;
- підбір необхідного обладнання, пристроїв, систем керування і визначення техніко-економічної ефективності;
- забезпечення повної автоматизації ТП;
- забезпечення науково-дослідних робіт на розроблення обладнання, апаратури та ін.;
- проведення техніко - економічного обстеження.

Бурхливе упровадження – це великі масштаби виробництва і швидка змінність, що потребують від виробництва високої продуктивності, мобільності, гнучкості. Особливе це протиріччя виникає на виробництві, коли кількість деталей мала і досить часто змінюється, в такому виробництві набули визнання верстати з програмним керуванням і лінії, що з них укомплектовані.

Переваги: мобільність при підготовці виробництва, підготовка програм за межами виробництва.