

ТЕМА 1. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

- 1.1. Основні поняття і визначення.
- 1.2. Виробничий і технологічний процеси.
- 1.3. Типи і види виробництва.
- 1.4. Основні переваги автоматизації виробництва.
- 1.5. Класифікація автоматичного обладнання і виробничих підрозділів.
- 1.6. Класифікація технологічних процесів і обладнання машинобудівного і приладобудівного виробництв.
- 1.7. Основні положення теорії продуктивності.

1.1. Основні поняття і визначення

Слово “автоматизація” походить від грецького слова “автоматос”, що означає “саморухаючий”. Ми розуміємо термін “автоматизація” не як дослівний переклад грецького слова “автоматос”, а як таку операцію виробничого процесу, у якій усі дії, необхідні для її виконання, включаючи і керування проходженням процесу, відбуваються без посередньої участі людини (робітника). Людина тільки налагоджує пристрої і контролює їхню роботу.

Автоматизація виробничих процесів – це сукупність заходів з розробки технологічних процесів, створення і впровадження високопродуктивних автоматично діючих засобів виробництва, які забезпечують неперервне зростання продуктивності праці.

Під механізацією технологічних процесів розуміють застосування енергії неживої природи в технологічному процесі чи його складових частинах, цілком керованих людьми, здійснюване з метою скорочення трудових затрат, покращення умов виробництва, підвищення обсягу випуску і якості продукції. Таким чином, механізація дозволяє цілком чи частково замінити працю людини машинною у тій частині процесу, де безпосередньо змінюється форма, розміри, шорсткість поверхні, фізико-механічний стан поверхні, здійснюється складання, при збереженні участі робітника в керуванні машиною, контролі за її роботою, налагодженням машини на виконання операцій.

Під автоматизацією технологічних процесів розуміють застосування енергії неживої природи в технологічному процесі чи його складових частинах для виконання і керування ними без посередньої участі людей, здійснюване з метою скорочення трудових затрат, покращення умов виробництва, підвищення об'єму випуску і якості продукції. Функції робітника – контроль за роботою машини, усунення відхилень від заданого процесу (підналагодження), налагодження автоматизованої машини на обробку іншого виробу. При цьому робітник не повинен брати участі у виготовленні кожного виробу, а в звільнений час на нього покладаються функції обслуговування ряду автоматів. Робітник одержує велику кваліфікацію, він стає налагоджувальником, стирається грань між робочим та інженерно-технічним працівником.

В автоматично працюючої машини розрізняють робочі і холості ходи. Останні складаються з допоміжних переходів і допоміжних ходів. При робочих ходах рух частин машини приводить до безпосередньої обробки, наприклад, зняття стружки, накатування поверхні тощо. При допоміжних переходах рух частин машин служить для подачі, встановлення і закріплення заготовки, розкріплення і зняття готової деталі, переключення швидкостей і подач, включення і вимикання верстата тощо. При допоміжних ходах рухи частин машин служать для підведення і відведення оброблюваного інструмента.

У приладобудуванні широко використовують напіваавтомати й автомати. У напіваавтоматах цикл роботи машини автоматичний, тобто здійснюється автоматизоване підведення інструментів із прискореною подачею, перемикання прискореної подачі на робочу, виконання операції на робочій подачі до виходу інструмента (перебіг), перемикання з робочої подачі на прискорену зворотну, зупинка супорта (стола) наприкінці зворотного ходу. Цикл може бути повторений (виконане розвантаження готової деталі, завантаження і закріплення нової заготовки, включення подачі верстата) тільки при впливі робітника. У більшості автоматів усі робочі і допоміжні переходи і ходи здійснюються без участі робітника. У них не автоматизовані допоміжні переходи пов'язані з контролем, підналагодженням (регулюванням) і налагодженням автоматів.

У ГОСТах Єдиної системи технологічної підготовки виробництва передбачається якісна і кількісна оцінка стану автоматизації технологічних

процесів. Якісну оцінку проводять за трьома показниками: видом, ступенем, категорією.

За видом, де розрізняють часткову, повну, одиничну, комплексну, первинну і вторинну автоматизацію.

Під частковою автоматизацією розуміють автоматизацію технологічних процесів чи їхніх систем, при якій частина затрат енергії людей замінена затратами енергії неживої природи, включаючи керування.

Під повною автоматизацією розуміють автоматизацію технологічних процесів і їх систем, при якій усі затрати людей замінені затратами енергії неживої природи, включаючи керування.

Під одиничною автоматизацією розуміють часткову чи повну автоматизацію однієї первинної складової частини технологічних процесів чи системи технологічних процесів, включаючи керування. Наприклад, у токарній операції автоматизоване завантаження чи розвантаження деталей; автоматизована одна з п'яти операцій обробки деталей тощо.

Під комплексною автоматизацією розуміють часткову чи повну автоматизацію двох чи більше первинних складових частин технологічного процесу чи системи технологічних процесів, включаючи керування. У випадку автоматизації усіх без винятку первинних складових частин одержують повнокомплексну автоматизацію. Наприклад, усі п'ять операцій технологічного процесу механізовані чи автоматизовані.

При автоматизації не всіх первинних частин одержують часткову автоматизацію. Наприклад, три з п'яти операцій механізовані чи автоматизовані. Варто прагнути до комплексної механізації і автоматизації.

Автоматизація проводиться часто в декілька етапів. Під первинною автоматизацією розуміють автоматизацію технологічних процесів чи їх систем, у яких до проведення автоматизації використовувалася тільки енергія людей. Під вторинною автоматизацією розуміють автоматизацію технологічних процесів або їхніх систем, у яких до її проведення використовувалася енергія людей, а також неживої природи. Наприклад, замінені автоматичні контрольні пристрої, встановлені на верстаті на більш сучасні, що забезпечують більшу точність і продуктивність, при більш тривалому терміні експлуатації пристрою.

При автоматизації процесів частина штучного часу T_{um} на виконання процесу здійснюється машиною без участі робітника T_m і частина часу – з участю робітника T_p . Відношення машинного часу T_m до загального часу виконання операції процесу T_{um} називають коефіцієнтом автоматизації.

$$K = T_m / (T_m + T_p) = T_m / T_{um} . \quad (1.1)$$

У нього входить час робочих, а іноді і холостих ходів, які не перекриваються ручним часом, наприклад швидке підведення інструмента до деталі (допоміжний хід) на автоматі чи подача прутка в робочу зону і його закріплення на прутковому автоматі (допоміжні переходи). Чим менше часу витрачається на допоміжні переходи і ходи, тим більша продуктивність верстата.

Для підвищення коефіцієнта автоматизації потрібно скорочувати час на заточення, заміну, встановлення і регулювання інструмента, на ремонт і регулювання механізмів машини (верстата), на заправку матеріалу чи заготовки, прибирання відходів, здачу готових деталей, ліквідацію браку внаслідок порушення налагодження верстата, підготовку до здачі і здачу верстатів наприкінці зміни тощо. Чим вище коефіцієнт механізації, тим менша участь робітника в операції.

1.2. Виробничий і технологічний процеси

Під терміном «процес» розуміється упорядкована взаємодія між продуктом природи і працею, спрямована на отримання необхідного результату.

Виробництво має два змістовних значення. Перше співвідноситься з поняттями «підприємство», «завод», «фабрика», «дільниця» та іншими, а друге – з поняттям «процес», наприклад виробничий процес, або процес виробництва. Розглянемо зміст першого поняття.

Виробництво – це техніко-організаційний підрозділ праці, призначеного для отримання продуктів праці. Більш конкретне визначення виробництва залежить від структурного ієрархічного рівня даного підрозділу та його предметної змістовності.

Характеристика виробництва включає в себе наступну інформацію про нього:

- номенклатура продукції (верстат, вузол, деталь тощо);

- обсяг продукції і режим її випуску;
 - вид процесу (механічна обробка, складання, термообробка тощо);
 - елементний склад (цех, ділянка, відділ, служби тощо);
 - функції підрозділів, структура їх взаємодії, ієрархія підпорядкованості та ступінь автономності;
- узгоджена за структурними рівнями і елементами система якісних, кількісних, економічних та інших показників.

Крім того, мають значення відомості про середовище функціонування, ступеня автоматизації, безперервності тощо. Зазвичай виробництво характеризується за основним видом виробленої ним продукції: приладобудівний завод, цех корпусних деталей, ділянка зубчастих коліс, відділення гальванічних покриттів тощо.

Виробничий процес – це сукупність дій, необхідних для випуску готових виробів з напівфабрикатів або пов'язаних з функціонуванням виробничого підрозділу. Будь-яке виробництво має ієрархічну структуру, а отже, і процеси, що відбуваються в ньому, також повинні мати аналогічну структуру. Таким чином, можна говорити про виробничий процес цілого заводу чи його цеху, відділу, служби, дільниці, аж до самої дрібної структурної одиниці у вигляді технологічної системи, верстата, установки.

Технологічний процес – це сукупність дій, пов'язаних із забезпеченням необхідних вихідних параметрів даного процесу.

Технологічний процес є основною частиною виробничого процесу, тому можна говорити про наявність технологічного процесу у будь-якого підрозділу даної виробничої системи незалежно від того, чи виконує він основні або допоміжні функції по відношенню до так званого основного продукту виробництва.

Дійсно, будь-яке виробництво має свою організаційну структуру у вигляді функціональних підрозділів: цехи, відділи, служби, дільниці тощо.

Технологічний процес також має певну структуру елементів. Спочатку ці елементи відносилися до області механічної обробки. В даний час їм необхідно надавати більш загальний сенс, що охоплює весь спектр методів технологічного

впливу: термічну обробку, хімічну обробку, складання, а також транспортування, складування тощо.

Визначимо зміст техніко-організаційних елементів виробничого процесу.

Робочий хід (для технологічних методів впливу, що перетворюють властивості предмета праці) – одноразовий технологічно безперервний вплив, що формує необхідні параметри даної деталі (шорсткість, твердість, якість поверхневого шару тощо). У загальному випадку це деякий елементарний закінчений технологічний цикл з певними (постійними або змінними) параметрами інструментів, кінематики формування поверхні або з'єднання, параметрами технологічних середовищ (нагрівання, охолодження, хімічної обробки тощо).

Аналогічним елементом для складального процесу є з'єднання – технологічно безперервний цикл формування з'єднання двох деталей.

Технологічний перехід – це технологічно безперервний упорядкований комплекс робочих ходів, що утворюють закінчену частину технологічної операції, що формує кінцеві необхідні якісні характеристики даної поверхні деталі або даного з'єднання. Виконується одними і тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах і установці.

Робочі ходи всередині одного переходу технологічно впорядковані. Наприклад, нарізати різьбу в отворі можна тільки після отримання цього отвору.

Прийом – закінчена сукупність дій, спрямованих на виконання технологічного переходу або його частини і об'єднаних одним цільовим призначенням. Наприклад, перехід «Встановити заготовку» складається з наступних прийомів: взяти заготовку з тари, перемістити до пристосування, встановити в пристосування і закріпити.

Установ – процес надання необхідного положення і при необхідності закріплення заготовки (деталі) в пристосуванні або на основному обладнанні. Він відображає варіанти об'єднання різних переходів на даному обладнанні.

Технологічна операція – організаційно відокремлена частина маршруту з усіма супутніми їй допоміжними елементами процесу, реалізована на певному технологічному обладнанні з участю або без участі людей. На операцію зазвичай розробляється вся основна технологічна документація.

Маршрут – впорядкована послідовність якісних перетворень предметів праці в продукт праці. Наприклад, заготовки в деталь або послідовність отримання з комплекту деталей складальної одиниці. Це конкретний варіант поєднання технологічних операцій, який забезпечує отримання якісних характеристик деталі або складальної одиниці.

Розглянуті елементи технологічного і виробничого процесів можуть виконуватися в часі послідовно, паралельно або паралельно-послідовно. Суміщення зазначених елементів є одним з прийомів скорочення тривалості процесу.

При виконанні кожної операції робітник витрачає певну кількість праці. Витрати праці при нормальній інтенсивності вимірюють його тривалістю, тобто часом, протягом якого він витрачається.

Трудомісткість операції – кількість часу, що витрачається робітником необхідної кваліфікації при нормальній інтенсивності праці та умовах на виконання технологічного процесу або його частини. Одиниця виміру – людиногодина.

Для розрахунку зайнятості верстатів і їх числа для виконання даної роботи служить поняття «верстатомісткість». Верстатомісткість – час, протягом якого зайнятий верстат або інше обладнання на виготовлення деталі або виробу. Одиниця виміру – верстатогодина. Для складальних машин використовується показник машиномісткість виконання операції.

Для нормування праці та планування виробничого процесу використовується норма часу – час, встановлений робітникові або групі робітників необхідної кваліфікації, необхідний для виконання будь-якої операції або цілого технологічного процесу в нормальних виробничих умовах з нормальною інтенсивністю. Вона вимірюється в одиницях часу із зазначенням кваліфікації роботи, наприклад 7 год, робота 4-го розряду.

При нормуванні малотрудомістких операцій, які вимірюються частками хвилини, більш відчутне уявлення про витрати часу дає норма виробітку – величина, яка зворотна нормі часу.

Норма виробітку – встановлене число виробів в одиницю часу (год, хв). Одиницею вимірювання є кількість продукції в стандартних мірах (шт., кг та ін.) за

одиницю часу, із зазначенням кваліфікації роботи, наприклад 1000 шт. за 1 год, робота 5-го розряду.

Виробничий цикл – проміжок календарного часу, який визначає тривалість періодично повторюваних процесів виготовлення виробу від запуску у виробництво до отримання готового виробу.

Програма випуску – число штук виробу заданої номенклатури або число стандартних мір деякої продукції, що підлягає виготовленню за встановлену календарну одиницю часу.

Обсяг випуску – число виробів, що підлягають виготовленню за встановлену календарну одиницю часу (рік, квартал, місяць).

Серія – загальне число виробів, що підлягають виготовленню за незмінними кресленнями.

Партія запуску – число штук заготовок або комплектів деталей, одночасно запущених у виробництво.

Такт випуску – проміжок часу, через який періодично здійснюється випуск машин, їх складальних одиниць, деталей або заготовок певного найменування, типорозмірів і виконання. Якщо говорять, що машину виготовляють з тактом 3 хв, то це означає, що через кожні 3 хв завод випускає машину.

Ритм випуску – величина, зворотна такту випуску.

Одним з показників ефективності виробничої діяльності підрозділу заводу (цеху, виробничої ділянки) є продуктивність виробничого процесу, здійснюваного ним. Значення цього показника залежить не тільки від продуктивності устаткування і праці робітників, але і від рівня організації, планування виробничого процесу та управління ним. Дійсно, можливості високопродуктивних верстатів і праця робітників не будуть використані повністю, якщо своєчасно не будуть поставлені заготовки, ріжучий інструмент і необхідна технічна документація, якщо не буде злагодженості в роботі всіх ланок виробничої системи.

Продуктивність виробничого процесу – це інтегральний показник діяльності всього трудового колективу, який безпосередньо бере участь у виготовленні встановленої номенклатури виробів. Цим показником найбільш зручно користуватися при оцінці ефективності автоматизованого виробничого процесу,

при виконанні якого безпосередня участь основних робітників мінімальна, але зростає роль допоміжного персоналу заводу, що забезпечує функціонування технологічних процесів виготовлення продукції.

Продуктивність виробничого процесу оцінюється обсягом продукції, вимірюваним в штуках, тоннах, гривнях, виробленої за одиницю часу.

Підвищення продуктивності виробничого процесу може бути досягнуто трьома способами.

Перший спосіб полягає в інтенсифікації, тобто в збільшенні режимів технологічних процесів і їх суміщення за часом виконання. Наприклад, в процесі обробки заготовки на верстаті проводиться заміна інструменту, підвезення нових заготовок тощо.

Другий спосіб полягає в збільшенні тривалості роботи виробничої системи, природна межа – 24 год за добу, що відповідає тризмінній роботі. Цей напрямок набуває все більшого значення у зв'язку з різким ускладненням і подорожчанням виробничого обладнання.

При цьому слід враховувати серйозні соціальні проблеми, які відносяться до негативних сторін режиму багатозмінної роботи людей. Успішне вирішення цих проблем вбачається в комплексній автоматизації всіх виробничих процесів. Очевидно, що це висуває серйозні наукові і технічні завдання, пов'язані з автономною роботою виробничих систем в автоматичному режимі і питаннями надійності та безвідмовності виробничих систем.

Третій спосіб б полягає в збільшенні виробляючої здатності виробничої системи за рахунок внутрішніх резервів: поліпшення організації її роботи і розширення технологічних можливостей устаткування. Це реалізується шляхом модернізації існуючого обладнання або придбання нового обладнання, підвищення продуктивності праці виробничого персоналу за рахунок використання досконалих методів і способів скорочення циклу виготовлення виробу. Наприклад, оптимізація розкрою деталей з листового матеріалу, вишукування прийомів підвищення точності обробки призводять до скорочення числа робочих ходів і навіть усунення подальшої обробки виробів на іншому верстаті.

1.3. Типи і види виробництва

Різниця в програмі випуску виробів привела до умовного розподілу виробництва на три типи: одиничне, серійне і масове.

Одиничне виробництво – виготовлення одиничних неповторних екземплярів продукції або з малим обсягом випуску, що аналогічно ознаці неповторності технологічного циклу в даному виробництві. Продукція одиничного виробництва – це вироби, що не мають широкого застосування (дослідні зразки машин, важкі преси тощо).

Серійне виробництво – періодичне технологічно безперервне виготовлення певної кількості однакової продукції протягом тривалого проміжку календарного часу. Виробництво виробів здійснюється партіями. В залежності від обсягу випуску цей тип виробництва підрозділяють на дрібно-, середньо- і великосерійне. Прикладами продукції серійного виробництва можуть служити металорізальні верстати, насоси, редуктори, що випускаються періодично повторюваними партіями.

Масове виробництво – технологічно та організаційно безперервне виробництво вузької номенклатури виробів у великих обсягах за незмінними кресленнями протягом довгого часу, коли на більшості робочих місць виконується одна і та ж операція. Продукцією масового виробництва є автомобілі, трактори, електродвигуни тощо.

Віднесення виробництва до того чи іншого типу визначається не тільки обсягом випуску, але й особливостями самих виробів. Наприклад, виготовлення дослідних зразків наручних годинників в кількості декількох тисяч штук на рік представлятиме одиничне виробництво. У той же час виготовлення тепловозів при обсязі випуску декількох штук можна вважати серійним виробництвом.

Про умовності поділу виробництв на три типи свідчить і те, що зазвичай на одному і тому ж заводі, а нерідко в одному і тому ж цеху, одні вироби виготовляються одиницями, інші – періодично повторюваними партіями, треті – неперервно.

Для визначення типу виробництва можна використовувати коефіцієнт закріплення операцій

$$k_{з.о.} = n_{он} / M, \quad (1.2)$$

де $P_{оп}$ – число різних технологічних операцій, які виконуються або підлягають виконанню на ділянці або в цеху в протягом місяця; M – число робочих місць відповідно ділянки або цеху.

ГОСТ рекомендує наступні значення коефіцієнтів закріплення операцій залежно від типів виробництва: для одиничного виробництва – більше 40; для дрібносерійного виробництва – більше 20 до 40 включно; для середньосерійного виробництва – більше 10 до 20 включно; для великосерійного виробництва – більше 1 до 10 включно; для масового виробництва – 1.

Наприклад, якщо на виробничій ділянці знаходиться 20 одиниць металорізального обладнання, а число операцій різних технологічних процесів, які виконуються на даній ділянці, дорівнює 60, то коефіцієнт закріплення операцій

$$k_{з.о.} = 60 : 20 = 3,$$

що означає крупносерійний тип виробництва.

Таким чином, тип виробництва з організаційної точки зору характеризується середнім числом операцій, виконуваних на одному робочому місці, а це, у свою чергу, визначає ступінь спеціалізації та особливості використовуваного обладнання.

Орієнтовно тип виробництва можна визначити в залежності від обсягу випуску і маси виготовлених виробів за даними, наведеними в таблиці 1.1.

Таблица 1.1

Орієнтовні дані для визначення типу виробництва

Виробництво	Число оброблюваних деталей одного типорозміру за год		
	Важких (масою більше 100 кг)	Середніх (масою більше 10 кг до 100 кг)	Легких (масою до 10 кг)
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5 ... 100	10 ... 200	100 ... 500
Середньосерійне	100 ... 300	200 ... 500	500 ... 5000
Великосерійне	300 ... 1000	500 ... 5000	5000 ... 50000
Масове	Більше 1000	Більше 5000	Більше 50000

Залежно від галузі використання виробництво поділяється на два види: поточное і непотокове.

Потокове виробництво характеризується його безперервністю і рівномірністю. У поточному виробництві заготовка після завершення першої операції без затримки передається на другу операцію, потім на третю і т.д., а виготовлена деталь відразу ж надходить на складання. Таким чином, виготовлення деталей і складання виробів знаходяться в постійному русі, причому швидкість цього руху підпорядкована такту випуску в певний проміжок часу.

Непотокове виробництво характеризується нерівномірним рухом напівфабрикату в процесі виготовлення виробу, тобто технологічний процес виготовлення виробу переривається внаслідок різної тривалості виконання операцій, а напівфабрикати накопичуються біля робочих місць і на складах. Складання виробів починають лише при наявності на складах повних комплектів деталей. У непотоковому виробництві відсутній такт випуску, а виробничий процес регулюється графіком, складеним з урахуванням планових термінів і трудомісткості виготовлення виробів.

Кожен вид виробництва має свою область використання. Потоковий вид організації виробництва зустрічається в масовому виробництві, а непотоковий в одиничному і серійному виробництві.

1.4. Основні переваги автоматизації виробництва

Під автоматизацією виробничих процесів (АВП) розуміють комплекс технічних заходів з розробки нових прогресивних технологічних процесів і створенню на їх основі високопродуктивного обладнання, що виконує всі основні та допоміжні операції з виготовлення виробів без безпосередньої участі людини. АВП є комплексним конструктивно-технологічним і економічним завданням створення принципово нової техніки.

Автоматизації завжди передував процес механізації – частковою (первинної) автоматизації виробничих процесів на базі такого технологічного обладнання, яким керує оператор. Крім того, він здійснює контроль виробів, регулювання і налагодження обладнання, завантаження-вивантаження виробів,

тобто допоміжні операції. Механізація може досить ефективно поєднуватися з автоматизацією конкретного виробництва, але саме АВП створює можливість забезпечення високої якості продукції при високій продуктивності її виготовлення.

Передбачається якісна і кількісна оцінки стану механізації та автоматизації виробничих процесів. Найважливіший якісний показник – рівень автоматизації α . Він визначається відношенням числа автоматизованих операцій (переходів) $n_{авт}$ до загального числа операцій (переходів), що виконуються на автоматі, лінії, ділянці $n_{заг}$:

$$\alpha = n_{авт} / n_{заг} . \quad (1.3)$$

Величина α залежить від типу виробництва. Якщо в одиничному виробництві α не перевищує 0,1 ... 0,2, то в масовому вона становить 0,8 ... 0,9.

Автомат (від гр. automatos – самодіючий) – самостійно діючий пристрій або сукупність пристроїв, які виконують за заданою програмою без безпосередньої участі людини процеси отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів та інформації.

Послідовність виконуваних автоматом запрограмованих дій називають робочим циклом. Якщо для відновлення робочого циклу потрібне втручання робітника, то такий пристрій називають напіваавтоматом.

Процес, обладнання або виробництво, яке не потребує присутності людини протягом певного проміжку часу для виконання ряду повторюваних робочих циклів, називають автоматичним. Якщо частина процесу виконується автоматично, а інша частина вимагає присутності оператора, то такий процес називають автоматизованим.

Ступінь автоматизації виробничого процесу визначається необхідною часткою участі оператора в керуванні цим процесом. При повній автоматизації присутності людини протягом певного періоду часу взагалі не вимагається. Чим більший цей час, тим вища ступінь автоматизації.

Під безлюдним режимом роботи розуміють таку ступінь автоматизації, при якій верстат, виробнича ділянка, цех або весь завод може працювати автоматично протягом принаймні однієї виробничої зміни (8 год) за відсутності людини.

Технічні переваги автоматично керованих виробничих систем у порівнянні з аналогічними системами з ручним керуванням наступні: більш висока швидкодія, що дозволяє підвищувати швидкості протікання процесів, а отже, і продуктивність виробничого обладнання; більш висока і стабільна якість керування процесами, що забезпечує високу якість продукції при більше економному витрачанні матеріалів та енергії; можливість роботи автоматів у важких, шкідливих і небезпечних для людини умовах; стабільність ритму роботи, можливість тривалої роботи без перерв внаслідок відсутності стомлюваності, яка властива людині.

Економічні переваги, що досягаються при використанні автоматичних систем у виробництві, є наслідком технічних переваг. До них можна віднести можливість значного підвищення продуктивності праці; більш економічне використання ресурсів (праці, матеріалів, енергії); більш висока і стабільна якість продукції; скорочення періоду часу від початку проектування до отримання виробу; можливість розширення виробництва без збільшення трудових ресурсів.

Автоматизація виробництва дозволяє більш економічно використовувати працю, матеріали, енергію. Автоматичне планування і оперативне керування виробництвом забезпечують оптимальні організаційні рішення, скорочують запаси незавершеного виробництва. Автоматичне регулювання процесу попереджує втрати внаслідок поломок інструментів і вимушених простоїв обладнання. Автоматизація проектування і виготовлення продукції з використанням ЕОМ дозволяє значно скоротити число паперових документів (креслень, схем, графіків, опису тощо), необхідних в неавтоматизованому виробництві, складання, зберігання, передання і використання яких займає багато часу.

Автоматизоване виробництво потребує більш кваліфікованого, технічно грамотного обслуговування. При цьому значно змінюється сам характер праці, пов'язаної з налагодженням, ремонтом, програмуванням і організацією робіт в автоматизованому виробництві. Ця робота вимагає більш глибоких і різносторонніх знань, більш різноманітна і цікава.

Від рівня розвитку виробництва залежить прогрес усіх галузей промисловості. Тому підвищенню ефективності виробництва і рівня автоматизації виробництва повинна відводитися пріоритетна роль.

1.5. Класифікація автоматичного обладнання і виробничих підрозділів

Напівавтомат – це така одиниця обладнання, на якому без особистої участі людини, тобто автоматично, здійснюється виконання всіх операцій через безпосередній вплив на предмети праці (оброблювані заготовки). Повторення операцій обробки (складання) вимагає втручання людини для установки заготовки (деталі), зняття її і пуску обладнання. Основним недоліком напівавтоматичного обладнання є порушення людиною безперервності технологічного процесу.

Автомат – це така одиниця обладнання, на якій без особистої участі людини, тобто автоматично, виконуються всі роботи, для яких вона призначена. В автоматах людина заповнює завантажувальні пристрої заготовками (деталлями), налагоджує автомат, контролює обробку і здійснює підналагодження, а також зміну інструмента і видалення відходів. На деяких автоматах контроль обробки, підналагодження автомата за результатами контролю, а також зміна інструментів і видалення відходів здійснюються автоматично.

Із наведеного визначення автомата випливає, що в цьому типі обладнання людина вилучена зі сфери виробництва, її безпосередній зв'язок з обладнанням порушений, виробничий процес йде беззупинно, зупиняючись тільки для періодичного завантаження, контролю, підналагодження обладнання, а іноді тільки одного налагодження.

Потокова лінія – це виробнича дільниця, на якій постійно чи періодично виготовляється один або декілька видів виробів, при цьому робочі місця (верстати, робочі машини, стенди тощо) спеціалізовані на виконання однієї чи декількох однотипних операцій і розташовані за ходом технологічного процесу (у лінію). Будь-яка потокова лінія у всіх випадках характеризується прямопоточністю. У механізованих поточкових лініях велика частина операцій виробничого процесу виконується механізмами, машинами й іншими видами обладнання і, крім того, механізовані процеси переміщення предмета праці (заготовок, деталей, вихідного матеріалу) від одного робочого місця до іншого. При цьому в окремих випадках допускається переміщення предмета праці вручну. У комплексно-механізованих поточкових лініях всі операції виробничого процесу виконуються механізмами, машинами й іншими видами обладнання з

рівною чи кратною продуктивністю і, крім того, механізовані процеси переміщення предмета праці від одного робочого місця до іншого.

Автоматична лінія є групою верстатів-автоматів, об'єднаних загальними транспортними пристроями з єдиним темпом і загальною системою керування, що здійснюють без участі людини у визначеній технологічній послідовності комплекс операцій частини виробничого процесу. В автоматичних лініях людина виконує тільки налагодження, спостереження і регулювання, а в деяких випадках – контроль обробки і підналагодження, зміну інструмента при спрацюванні (затупленні), а також початкові завантажувальні чи кінцеві розвантажувальні операції.

Комплексно-механізований завод (цех, дільниця) – це завод (цех, дільниця), у якому всі технологічні процеси основного і допоміжного виробництва, а саме транспортні, завантажувально-розвантажувальні і складські роботи (внутрішньозаводські, внутрішньоцехові); видалення відходів виробництва; прибирання приміщень і територій; підготовку і керування виробництвом (підготовка технічної документації, планування, диспетчерування, облік тощо) виконують працівники заводу, використовуючи машини, механізми, прилади, апарати й інші засоби механізації. При цьому в окремих підрозділах допускається ручна праця.

Автоматизований завод (цех, дільниця) – це завод (цех, дільниця), у якому технологічні процеси основного виробництва здійснюються за допомогою автоматів, автоматичних ліній та інших засобів автоматизації, а допоміжні роботи і процеси (роботи з інструментального виробництва, транспортні, завантажувально-розвантажувальні, складські); прибирання приміщень і територій; підготовку і керування виробництвом виконують працівники різних служб за допомогою машин, механізмів, приладів, апаратів й інших засобів механізації з елементами автоматизації окремих робіт. При цьому праця на окремих операціях, процесах і в окремих підрозділах може бути механізованою і ручною.

Комплексно-автоматизований завод (цех, дільниця) – це завод (цех, дільниця), у якому виконання всіх технологічних процесів основного і допоміжного виробництва здійснюється за допомогою автоматичного обладнання і пристроїв,

а людина виконує тільки функції централізованого спостереження, регулювання і керування ходом заданого технологічного процесу. При комплексно-автоматизованому виробництві допускається на окремих процесах і в підрозділах механізована і ручна праця. Це можливо там, де механізація й автоматизація на даному етапі за техніко-економічними поняттями недоцільна.

1.6. Класифікація технологічних процесів і обладнання машинобудівного і приладобудівного виробництв

Технологічний процес полягає у здійсненні визначеної взаємодії між предметом праці (заготовками, деталями) і знаряддям праці (інструментом) чи робочим середовищем (хімічне середовище, нагріте повітря чи газ тощо).

З погляду придатності технологічного процесу до автоматизації і складності її здійснення всі застосовувані у машинобудівному і приладобудівному виробництвах процеси можна розбити на два основних і два перехідних класи.

До першого основного класу відносяться процеси, що вимагають орієнтації заготовки (деталі) і характеризуються наявністю оброблювального інструмента. До другого основного класу відносяться процеси, що не вимагають орієнтації заготовки (деталі), у них замість оброблювального інструмента використовують робоче середовище. До першого перехідного класу відносяться процеси, що вимагають орієнтації заготовки (деталі), але інструмент відсутній, і його роль виконує робоче середовище. До другого перехідного класу відносяться процеси, що не вимагають орієнтації заготовки (деталі), але в них бере участь оброблювальний інструмент.

До процесів першого основного класу відносяться обробка різанням, тиском, а також складання, контроль (замість обробного інструмента в цьому випадку використовують інструмент для складання чи вимірювальний інструмент); до процесів першого перехідного класу – нанесення місцевих покриттів, контроль твердості намагнічуванням тощо. До процесів другого основного класу відносяться термічна обробка, галтовка, мийка, сушіння тощо, а другого перехідного класу – виробництво деталей із преспорошків, виробництво металокерамічних і керамічних деталей тощо. Процеси, що відносяться до

другого основного і перехідного класів, автоматизувати простіше, ніж процеси першого основного і перехідного класів.

Робочі машини автоматизованого виробництва за ступенем безперервності розбивають на три класи: дискретні, неперервні і квазінеперервні.

Машини дискретної дії (рис. 1.1, а) вимагають зупинки предмета праці на робочій позиції на період виконання робочого процесу. Продуктивність таких машин

$$Q = \frac{1}{T_{\text{ц}}} = \frac{1}{t_{\text{м}} + t_{\text{х}} + t_{\text{з}} + t_{\text{о}} + t_{\text{мп}}}, \quad (1.4)$$

де $T_{\text{ц}}$ – час циклу; $t_{\text{м}}$ – машинний час; $t_{\text{х}}$ – час холостого ходу; $t_{\text{з}}$ – час фіксації і затискання; $t_{\text{о}}$ – час звільнення (розтискання і розфіксації); $t_{\text{мп}}$ – час транспортування.

Машини неперервної дії (рис. 1.1, б) характеризуються тим, що знаряддя праці займають задані їм положення, а предмет праці безупинно рухається у процесі обробки. Продуктивність машин цього класу

$$Q = \frac{v_{\text{т}}}{h} = \frac{v_{\text{т}}}{l + a}, \quad (1.5)$$

де $v_{\text{т}}$ – швидкість технологічного руху; l – розмір заготовки (деталі), виміряний у напрямку її руху; a – відстань між двома заготовками (деталлями).

Машини квазінеперервної дії (рис. 1.1, в) характеризуються тим, що предмет і знаряддя безупинно переміщаються. Продуктивність машин цього класу

$$Q = \frac{v_{\text{мп}}}{h} = \frac{v_{\text{мп}}}{l + a}, \quad (1.6)$$

де $v_{\text{мп}}$ – швидкість транспортного руху. Значення розмірів l і a приведені раніше.

У квазінеперервних машинах швидкості транспортного і технологічного рухів незалежні один від одного. Найбільшу точність обробки дають машини дискретної дії, а найменшу – квазінеперервні.

За ступенем участі людини автоматичні робочі машини можуть бути розділені на циклічні, рефлексорні, самоналаштовувані.

Циклічні автоматичні машини і системи машин – виконується жорстко задана програма виробничого циклу без контролю у процесі її виконання. За людиною в цих машинах залишаються функції контролю, спостереження,

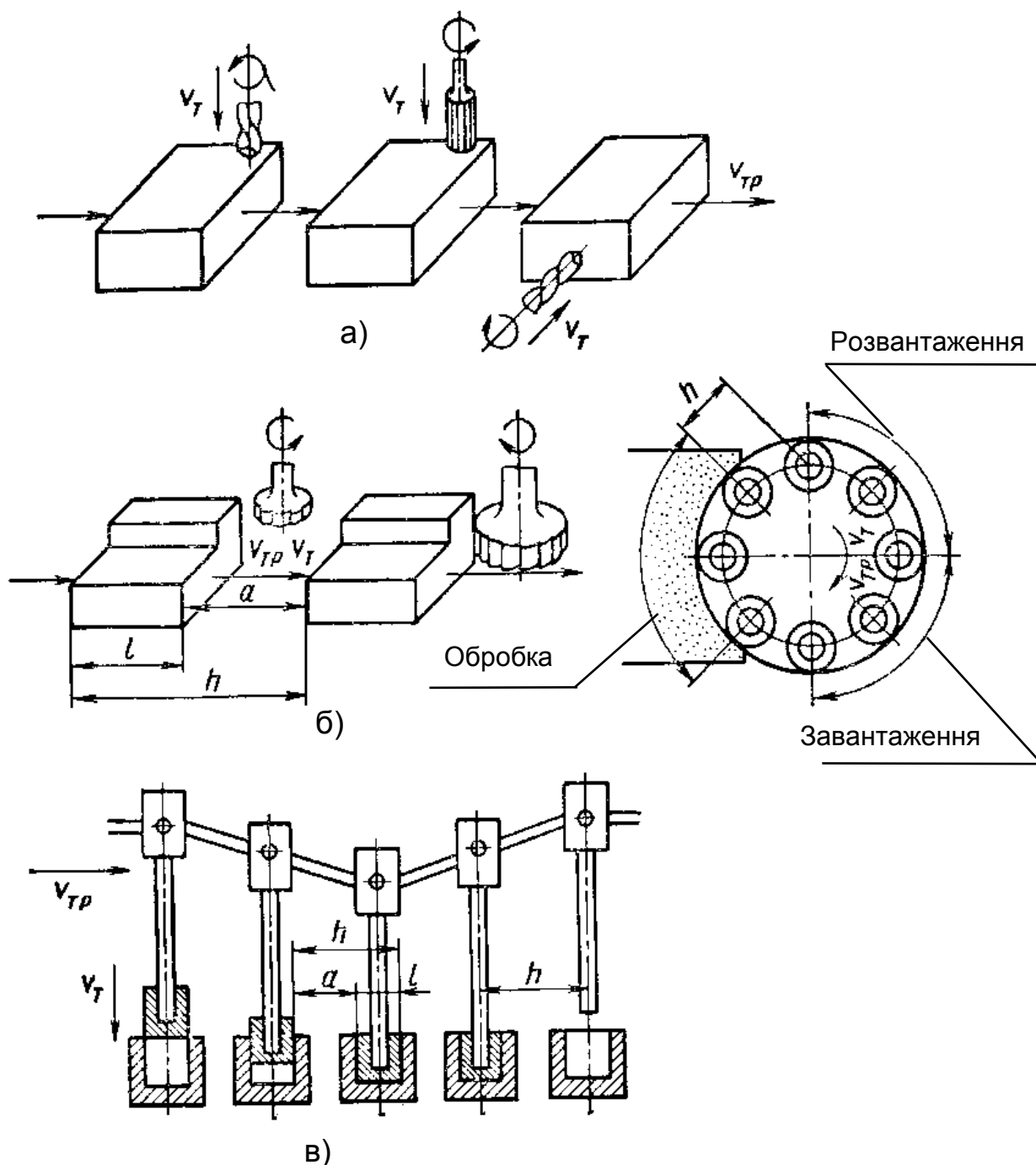


Рис. 1.1. Схеми дискретних (а), неперервних (б) і квазінеперервних (в) технологічних машин

регулювання і програмування виробничого процесу. Цей тип машин характеризується жорстким ритмом процесу.

Рефлекторні автоматичні машини і системи машин – керування і контроль за ходом виробничого процесу здійснюється відповідно до заданої постійної програми. При цьому людина звільняється як від функції керування, так і від контролю за якістю продукції. Зміна програми чи умов її виконання здійснюється людиною.

Самоналаштовувані автоматичні машини і системи машин – за заданими кінцевими параметрами виробничого процесу й залежно від сукупності умов автоматично вишукується і виробляється необхідне (чи навіть оптимальне) керування процесом, тобто людина звільняється (цілком чи частково) і від програмування. Робота цих машин пов'язана із застосуванням тих чи інших лічильно-вирішальних пристроїв і пристроїв для керування і контролю.

1.7. Основні положення теорії продуктивності

Основні положення теорії продуктивності праці дозволяють не тільки виявити вплив окремих техніко-економічних показників на збільшення продуктивності праці, але і показати напрямки розвитку автоматизації, за якими повинна удосконалюватися техніка. Головні з них такі.

1. Збільшення продуктивності засобів виробництва. Це досягається створенням машин неперервної дії, застосуванням нових високопродуктивних технологічних процесів і особливо таких, які неможливі при ручному керуванні, з оптимальною диференціацією і концентрацією технологічних процесів; створенням пристроїв, що автоматизують робочі і холості ходи, інструментів, що дозволяють вести обробку на високих режимах різання; використанням багатоінструментальних налагоджень, пристроїв для автоматичної зміни інструмента, засобів активного контролю, оргтехніки, більш сучасних знарядь виробництва (паяльники, пістолети для оплетування і в'язання джгутів і кабелів, монтажні-координатні столи в складальних операціях, програмні пристрої в контрольно-налагоджувальних операціях) тощо.

2. Зменшення витрат живої праці за рахунок скорочення робітників, що безпосередньо обслуговують машини. Це можливо за рахунок багатостанкового обслуговування при автоматизації робочих, холостих і допоміжних операцій, блокування машин в автоматичні лінії, за рахунок хорошої організації праці тощо. Однак автоматизація, що дозволяє вводити багатостанкове обслуговування, має обмежені можливості, що і відзначалося раніше. Вона виявляється більш ефективною в галузях виробництва з малим значенням коефіцієнтів механізації, де великі затрати живої праці.

3. Зниження вартості засобів виробництва. Цей шлях вимагає неперервного удосконалення технології виробництва засобів виробництва, застосування методів групової технології, стандартизації й уніфікації механізмів, вузлів і деталей машин, що забезпечують зниження їхньої собівартості. Характерним для цього напрямку є агрегатне верстатобудування, потокові методи виробництва, уніфікація засобів автоматизації.

Робота будь-якого технологічного обладнання характеризується періодичним повторенням у заданій послідовності робочих і холостих ходів, тобто повторенням робочого циклу. Період робочого циклу є найважливішим параметром, що визначає продуктивність обладнання.

Циклова продуктивність технологічного обладнання визначається кількістю виготовленої на ньому продукції за одиницю часу:

$$Q_u = \frac{1}{T_u} = \frac{1}{t_p + t_x} \text{ [шт/хв]}, \quad (1.7)$$

Q_u – циклова продуктивність обладнання; T_u – час робочого циклу; t_p – час робочих ходів (формоутворення, складання тощо); t_x – час холостих ходів (підготовчі операції: транспортні, завантажувальні, установлювальні, затискні).

Для машини, у якої відсутні холості ходи чи вони суміщені з робочими, продуктивність визначається тривалістю робочих ходів і називається технологічною:

$$Q_u = \frac{1}{t_p} = k \text{ [шт/хв]}, \quad (1.8)$$

де k – технологічна продуктивність.

Технологічна продуктивність залежить від складності деталі чи складальної одиниці, методу і послідовності обробки (чи складання), режимів обробки, ступеня суміщення операцій тощо. Підвищення технологічної продуктивності є найважливішим засобом збільшення продуктивності машин і досягається шляхом інтенсифікації режимів обробки, диференціюванням і концентруванням технологічних процесів, застосуванням нових високопродуктивних технологічних процесів.

Аналіз формули циклової продуктивності показує, що зростання продуктивності машини межі не має, якщо одночасно зі збільшенням

технологічної продуктивності зменшувати час холостих ходів. Час холостих ходів можна зменшити модернізацією обладнання шляхом оснащення його пристроями, що автоматизують завантажувальні, установочні, транспортні операції тощо.

Якщо простежити за роботою обладнання протягом тривалого періоду часу, можна помітити, що воно не тільки випускає продукцію, але і простоє. Тому при визначенні фактичної продуктивності потрібно враховувати як час робочих і холостих ходів, так і всі простої (утрати), отже,

$$Q_{\phi} = \frac{1}{t_p + t_x + \Sigma t_n} = \frac{1}{t_p + t_x + \Sigma C_i + t_e + t_{o.n} + t_{\phi} + t_{nep}}, \quad (1.9)$$

де Q_{ϕ} – фактична продуктивність машини; Σt_n – сумарні позациклові втрати; t_x – втрати холостих ходів (втрати I виду – циклові); ΣC_i – втрати, які пов'язані з експлуатацією інструмента (II виду); t_e – втрати на ремонт і регулювання механізмів машини (III виду); $t_{o.n}$ – втрати на обслуговування і керування машини (IV виду); t_{ϕ} – втрати, зв'язані із браком (V виду); t_{nep} – втрати, що йдуть на переналагодження машини при переході з випуску одного виробу на інший (VI виду).

Простої технологічних машин розділяють на власні й організаційно-технічні. До власних простоїв відносять простої, які зв'язані з холостими ходами, зі зміною і підналагодженням інструмента, з відмовленнями механізмів (поломки, регулювання, забруднення механічних, гідравлічних, електричних пристроїв тощо). До організаційно-технічних простоїв відносять простої через відсутність заготовок, електроенергії, несвоєчасного приходу чи відходу обслуговуючих робітників, зупинки верстатів для очищення, прибирання стружки тощо. Власні простої супроводжують роботу машин, тому, розкриваючи причини появи, їх можна знизити, а організаційно-технічні простої при належній організації праці можна усунути взагалі чи звести до мінімуму. Таким чином, фактична продуктивність виходить менше циклової, тому що враховує усі позациклові втрати.

Питання для самоконтролю:

1. Дайте визначення виробничого і технологічного процесів.

2. Що розуміють під автоматизацією виробничих процесів?
3. У чому відмінність автоматизації від механізації?
4. Назвіть елементи виробничого процесу.
5. Що розуміється під якістю і продуктивністю виробничого процесу?
6. Вкажіть типи і види виробництв.
7. Чим відрізняється потокове виробництво від непотокового?
8. Якими показниками оцінюється рівень автоматизації?
9. Чим відрізняється автомат від напівавтомата?
10. Чим відрізняється автоматичний виробничий процес від автоматизованого?
11. Які переваги дає автоматизація виробництва?
12. Які особливості проектування технологічних процесів в умовах автоматизованого виробництва?
13. Які основні принципи лежать в основі проектування автоматизованих виробничих систем?