

Лекція 1

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЗОВАНОГО МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1. Основні типи та організаційні форми машинобудівного виробництва

Слово “технологія” (утворене з двох грецьких слів: *techne* – мистецтво, майстерність, вміння, і *logos* – слово, навчання) означає науку, яка систематизує сукупність прийомів і способів обробки (переробки) сировини, матеріалів, напівфабрикатів відповідними знаряддями виробництва з метою одержання готової продукції. До складу технології включається і технічний контроль виробництва.

Найважливіші показники, що характеризують техніко-економічну ефективність технологічних процесів (ТП), наступні:

- витрати сировини, напівфабрикатів та енергії на одиницю продукції;
- кількість та якість одержуваної готової продукції, виробів;
- рівень продуктивності праці;
- інтенсивність процесів;
- витрати на виробництво;
- собівартість продукції, виробів.

Предметом дослідження і розробки в технології машинобудування є:

- види обробки;
- вибір заготовок;
- якість поверхонь, що обробляються;
- точність обробки і припуски на неї;
- базування заготовок;
- способи механічної обробки елементарних поверхонь (плоских, циліндричних, складнопрофільних тощо);
- методи виготовлення типових деталей: корпусів, валів, зубчастих коліс тощо;
- процеси складання (характер з'єднання деталей і вузлів, принципи механізації та автоматизації складальних робіт);
- конструювання пристосувань;
- вибір основного та допоміжного технологічного обладнання тощо.

Виробництво товарної продукції відноситься до основного виробництва.

Для забезпечення нормального функціонування основного виробництва передбачається допоміжне виробництво.

Різне технологічне оснащення, що використовується в процесі основного виробництва, виготовляється в інструментальному виробництві.

Обсяг випуску продукції характеризується числом виробів визначених найменувань, типорозмірів і виконань, які виготовляються чи ремонтуються підприємством або його підрозділом протягом запланованого періоду часу.

Програма випуску – це встановлений для даного підприємства перелік виробів, які виготовлені чи ремонтуються, із вказанням обсягу випуску для кожного найменування за запланований період.

Виробничу партію складають предмети праці одного найменування та типорозміру, що запускаються в обробку протягом визначеного інтервалу часу, при тому самому підготовчо-заключному часі на операції.

Інтервал часу від початку до закінчення виробничого процесу виготовлення чи ремонту виробу називається виробничим циклом.

Обсяг серії – це загальна кількість виробів визначеного найменування, типорозміру і виконання, які виготовляються чи ремонтуються за незмінною конструкторською документацією.

Виробництво з переважним застосуванням методів технології машинобудування при випуску виробів називається машинобудівним.

Структурною основою машинобудівного заводу є цех, який представляє собою сукупність виробничих ділянок.

Виробнича ділянка поєднує групу робочих місць, організованих за предметним, технологічним або предметно-технологічним принципами.

Робоче місце – елементарна одиниця структури підприємства, де розміщуються на обмежений час виконавці роботи, технологічне обладнання, що обслуговується ними, частина конвеєра, оснащення і предмети праці.

В цілому виробничий процес є сукупністю дій людей і знарядь праці, необхідних на даному підприємстві для виготовлення і ремонту продукції.

Технологічний процес (ТП) – це частина виробничого процесу, яка включає цілеспрямовані дії щодо зміни стану предмета праці.

Закінчена частина ТП, що виконується на одному робочому місці, називається технологічною операцією.

Технологічний перехід – це закінчена частина технологічної операції, що виконується незмінними засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах і встановленні.

Частина технологічної операції, що виконується при незмінному закріпленні заготовки або складальної одиниці, яка обробляється або складається, називається встановленням.

Позиція – це фіксоване положення, що займається незмінно закріпленою оброблюваною заготовкою або складальною одиницею (СО) сумісно із пристосуванням відносно інструмента або нерухомої частини устаткування при виконанні визначеної частини операції.

В залежності від широти номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску продукції розрізняють три типи виробництва: одиничне, серійне, масове.

Тип виробництва є головним критерієм характеру ТП і структури його побудови.

Виробництво можна віднести до того чи іншого типу умовно за кількістю, складністю та якістю оброблюваних у рік деталей, користуючись табл. 1.1, або за кількістю оброблюваних деталей та їх масою (табл. 1.2).

У свою чергу, серійне виробництво в залежності від маси деталей і річного обсягу їх випуску поділяється на дрібносерійне, серійне і великосерійне (див. табл. 1.3).

Однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій – відношення числа всіх різних технологічних операцій, які виконані чи підлягають виконанню протягом місяця, до числа робочих місць:

$$K_{30} = \frac{O}{P}, \quad (1.1)$$

де O – число різних операцій;

P – число робочих місць, на яких виконуються різні операції.

Відповідно до типу виробництва коефіцієнт K_{30} приймає наступні наближені значення:

- $1 \leq K_{30} \leq 10$ – масове чи великосерійне виробництво;
- $10 \leq K_{30} \leq 20$ – серійне виробництво;
- $20 \leq K_{30} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво;
- K_{30} не регламентується – одиничне виробництво.

Необхідно зазначити, що на одному підприємстві і навіть в одному цеху можна зустріти поєднання різних типів виробництва. Тому тип виробництва заводу чи цеху в цілому визначається за ознакою переважного характеру ТП.

Масове виробництво характеризується вузькою номенклатурою та великим обсягом випуску виробів, що безперервно виготовляються чи ремонтуються протягом тривалого часу.

Для масового виробництва:

– $K_{30} = 1$, тобто на кожному робочому місці закріплюється виконання однієї постійно повторюваної операції;

– використовується спеціальне високопродуктивне устаткування, що розставляється за потоковим принципом (тобто за ходом ТП) і в багатьох випадках зв'язується транспортуючими пристроями і конвеєрами з пунктами проміжного автоматичного контролю, а також проміжними складами – накопичувачами заготовок, разом з автоматичними перевантажувачами (роботами, маніпуляторами), які забезпечують зміну заготовок на окремих робочих місцях і пунктах контролю;

– використовуються високопродуктивні багатошпиндельні автомати і напівавтомати, складні верстати з ЧПУ та обробні центри;

– широко застосовуються також автоматизовані виробничі системи, що управляються ЕОМ;

– значне використання знаходить високопродуктивне технологічне оснащення, інструменти із синтетичних надтвердих матеріалів і алмазів та фасонні різальні інструменти усіх видів;

– широко використовуються точні індивідуальні вихідні заготовки з мінімальними припусками на механічну обробку (лиття під тиском і точне лиття, гаряче об'ємне штампування та пресування, калібрування та карбування тощо);

– необхідна точність досягається методами автоматичного одержання розмірів на настроєних верстатах при забезпеченні взаємозамінності оброблюваних заготовок і вузлів, що складаються; тільки в окремих випадках застосовується селективне складання, що забезпечує групову взаємозамінність;

– середня кваліфікація робітників у масовому виробництві нижча, ніж в одиничному. На настроєних верстатах і автоматах працюють робітники-оператори порівняно низької кваліфікації. Одночасно в цехах працюють висококваліфіковані

наладники верстатів, фахівці з електронної техніки та пневмогідроавтоматики.

Подальший розвиток автоматизації призводить до зменшення загальної кількості робітників за рахунок скорочення малокваліфікованих фахівців, і в перспективі повністю автоматизовані виробництва будуть обслуговуватись мінімальним числом висококваліфікованих фахівців-наладників складного устаткування;

– технологічна документація розробляється детально;

– технічні норми ретельно розраховуються і експериментально перевіряються.

Найбільш досконалою формою організації масового виробництва є потокове виробництво, що характеризується розташуванням технологічного обладнання в послідовності виконання операцій ТП і визначеним інтервалом випуску виробів.

Для організації потокового виробництва характерною є однакова або кратна продуктивності на всіх технологічних операціях.

На лінії потокового виробництва оброблені заготовки або зібрані вузли випускаються через строго визначений інтервал часу, який називається тактом випуску.

Такт, або регламентований проміжок часу із врахуванням часу випуску потоковою лінією одиниці продукції (хв/шт.), визначається за формулою:

$$\tau = 60 \cdot \frac{\Phi_d}{N}, \quad (1.2)$$

де Φ_d – дійсний фонд часу за певний період (рік, місяць, доба, зміна, година); дійсний фонд часу Φ_d роботи устаткування менший номінального Φ_n або календарного на величину втрат часу на ремонт устаткування, тобто:

$$\Phi_d = \Phi_n \cdot \eta;$$

тут Φ_n – номінальний річний фонд часу роботи обладнання (рік, місяць, доба, зміна, година):

– $\Phi_n = 2070$ год – при однозмінній роботі;

– $\Phi_n = 4140$ год – при двозмінній роботі;

– $\Phi_n = 6210$ год – при тризмінній роботі;

N – виробнича програма за цей же період, шт.;

η – коефіцієнт втрат часу, який для металорізальних верстатів складає $\eta = 0,96-0,98$.

Величина, обернена такту, називається ритмом R :

$$R = \frac{1}{\tau} = \frac{N}{60 \cdot \Phi_d}. \quad (1.3)$$

Тривалість циклу при потоковому методі, хв (с):

$$T_{\text{ц}} = \tau \cdot (O + Z), \quad (1.4)$$

де τ – такт потокової лінії, хв (с);

O – кількість операцій у ТП;

Z – число заготовок, шт.

—

Потокове виробництво є найбільш прогресивним і економічним. За цим принципом будуються автоматичні лінії обробки (складання). Особливість автоматичного виробництва – виконання операцій без особистої участі робітника або під його спостереженням і контролем. Потокове виробництво може бути і неавтоматичним, якщо встановлення заготовок та їх зняття після обробки виконує робітник.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску.

Серійне виробництво є основним типом сучасного машинобудівного виробництва в економічно розвинених країнах. Підприємствами цього типу випускається в даний час 75–80 % всієї продукції машинобудування. За всіма технологічними і виробничими характеристиками серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом.

Розмір партії одночасно оброблюваних деталей із врахуванням безперебійної роботи підприємства визначається за формулою:

$$n = N \cdot \frac{a_3}{\Phi_d}, \quad (1.5)$$

де a_3 – періодичність запуску, днів, що приймає наступні рекомендовані значення:

$a_3 = 3$ – для великих деталей;

$a_3 = 6$ – для середніх деталей;

$a_3 = 12,24$ – для дрібних деталей.

Основними характеристиками серійного типу виробництва є:

– обсяг випуску продукції коливається від десятків і сотень до тисяч регулярно повторюваних виробів;

– використовується універсальне, спеціалізоване і частково спеціальне устаткування;

– широко використовуються верстати з ЧПУ, обробні центри і знаходять застосування гнучкі автоматизовані системи верстатів з ЧПУ, які зв'язані транспортуючими пристроями та керуються від ЕОМ;

– устаткування розставляється по технологічних групах із врахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху по предметно-замкнених ділянках. Однак одночасно використовуються групові потокові лінії і змінно-потокові АЛ;

– технологічне оснащення в основному універсальне, однак у багатьох випадках (особливо у великосерійному виробництві) створюється високопродуктивне спеціальне оснащення; при цьому доцільність його створення повинна бути попередньо обґрунтована техніко-економічними розрахунками;

– широко розповсюдженим є універсально-збірне, переналагоджуване технологічне оснащення, що дозволяє істотно підвищити коефіцієнт оснащеності серійного виробництва;

– як вихідні заготовки використовуються гарячий і холодний прокат, лиття в землю і під тиском, точне лиття, кування та точні штамповки, пресування, доцільність застосування яких також обґрунтовується техніко-економічними розрахунками;

- необхідна точність досягається як методами автоматичного одержання розмірів, так і методами пробних ходів і промірів із частковим застосуванням розмітки;
- середня кваліфікація робітників вища, ніж у масовому виробництві, але нижча, ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, що працюють на складних універсальних верстатах, і наладниками у виробничому процесі задіяні робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах;
- в залежності від обсягу випуску та особливостей виробів забезпечується повна взаємозамінність, неповна, групова взаємозамінність складальних одиниць, однак у ряді випадків на складанні застосовується компенсація розмірів і пригінка за місцем;
- технологічна документація і технічне нормування детально розробляються для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації та дослідно-статистичного нормування обробки найпростіших заготовок.

В залежності від розмірів партій виробів, що випускаються, характер ТП серійного виробництва може змінюватись в широких межах, наближаючись до процесів масового (у великосерійному) чи одиничного (у дрібносерійному) типу виробництва.

Одиничне виробництво характеризується широтою номенклатури виробів, що виготовлені чи ремонтуються, і малим обсягом випуску виробів.

На підприємствах одиничного виробництва:

- кількість виробів, що випускаються, і розміри операційних партій заготовок, тобто кількість заготовок, що надходять на робоче місце для виконання технологічної операції, обчислюється штуками і десятками штук;
- на робочих місцях виконуються різноманітні технологічні операції, що повторюються нерегулярно або не повторюються зовсім;
- використовується універсальне точне устаткування, що розташовується в цехах технологічними групами (ділянки токарних, фрезерних, свердлильних, зуборізальних верстатів тощо);
- спеціальні пристосування та інструменти, як правило, не застосовуються; вони створюються тільки за неможливості виконання операцій без спеціального технологічного оснащення;
- вихідні заготовки найпростіші (лиття в землю, гарячий прокат, кування) з малою точністю та великими припусками;
- необхідна точність досягається методом пробних ходів і промірів з використанням розмітки;
- взаємозамінність деталей і вузлів у багатьох випадках відсутня, широко застосовується пригінка за місцем;
- кваліфікація робітників дуже висока, оскільки від них суттєво залежить якість продукції;
- технологічна документація скорочена і спрощена;
- технічні норми відсутні;
- застосовується дослідно-статистичне нормування праці.

Правильне визначення характеру ТП, що проєктується, і ступеня його технічної оснащеності, які є найбільш раціональними для умов конкретного серійного

виробництва, є досить складною задачею. Це вимагає від технолога розуміння реальної виробничої ситуації, найближчих перспектив розвитку підприємства, а також вміння проводити серйозні техніко-економічні розрахунки та аналізи.

1.2. Ієрархія рівнів та засобів автоматизованого механообробного виробництва

Для автоматизованих виробництв важливою характеристикою технологічного обладнання, зокрема металорізальних верстатів, є ступінь їх універсальності, що визначає способи, форми і рівень автоматизації.

Під *автоматизацією* розуміється сукупність заходів щодо розробки ТП і створення високопродуктивних автоматично діючих засобів виробництва, які звільняють людину від усіх робіт, пов'язаних з виконанням ТП та оперативного управління ним.

Розрізняють часткову та повну (або комплексну) автоматизацію.

Іноді комплексна автоматизація, що включає повну обробку виробів (від заготовки до готової продукції), може бути здійснена на одній одиниці технологічного обладнання, наприклад, виготовлення з прутка гвинта зі шліцом на одношпиндельному токарно-револьверному автоматі за наявності шліцефрезерного пристрою.

Найчастіше для комплексної автоматизації потрібне створення АЛ, цехів та заводів.

Автоматизацію механоскладального виробництва можна умовно поділити на жорстку і гнучку.

Жорстка автоматизація застосовується винятково в масовому і великосерійному виробництвах і базується на використанні спеціальних і спеціалізованих металорізальних верстатів (МРВ), де перехід на виготовлення іншого виду виробу вимагає великих витрат часу (час, що витрачається на переналагодження всієї технологічної системи ВПІД – верстат, пристосування, інструмент, деталь (заготовка)).

Однак переважна частина продукції випускається невеликими партіями, що пов'язано з безупинним прогресом техніки, зменшенням термінів морального зносу устаткування, швидкою зміною об'єктів виробництва тощо. Так, у США приблизно 90 % виробництва припадає на невеликі партії (до 25 шт.). Досить сказати, що до одиничного і дрібносерійного виробництв відноситься майже все важке машинобудування (виробництво великих і унікальних верстатів, судно-, турбо-, авіа-, ракетобудування тощо).

Автомати і напівавтомати різного технологічного призначення з'явилися давно. Автоматизація руху в таких верстатах здійснюється за допомогою різного роду кулачків, командоапаратів, коноїдів, шарнірів та інших кінематичних елементів, що задають не тільки величину, але й швидкість переміщення робочих органів.

Основні *недоліки* таких МРВ очевидні:

- знос кулачків, що призводить до зниження точності;
- складність та тривалість переналагодження та регулювання.

Однак через високу надійність та простоту вони є потужним засобом автоматизації.

В даний час актуальною є проблема автоматизації одиничного і дрібносерійного виробництв. Її вирішення передбачає поєднання високої продуктивності автоматів і напіваавтоматів із широкими технологічними можливостями верстатів з ЧПУ при їх швидкому переналагодженні. У цьому і полягає зміст *гнучкої автоматизації*.

Характерним прикладом засобів гнучкої автоматизації є копіювальні верстати. Однак автоматизація на основі копіювальних верстатів із слідкуючим приводом ускладнюється великими витратами часу на виготовлення шаблонів і копіїв (декілька місяців). З погляду на всезростаючу потребу у виготовленні фасонних виробів складної та часто змінюваної форми, виникла потреба в більш гнучких та мобільних системах управління, до яких відносяться усім на сьогодні системи числового програмного управління (ЧПУ).

В залежності від виду виробництва для здійснення автоматизації використовуються різні засоби (рис. 1.1).

Якщо в умовах жорсткої автоматизації при масовому і великосерійному виробництві обробка нескладних деталей здійснюється на верстатах-автоматах (наприклад, деталі тіл обертання), більш складних корпусних деталей – на одно- або багатопозиційних агрегатних верстатах, а ще більш складних деталей – на автоматичних лініях (АЛ), то в умовах гнучкої автоматизації при серійному, дрібносерійному та одиничному виробництвах нескладних деталей необхідні верстати із ЧПУ, для обробки більш складних деталей – багатоопераційні верстати, а ще більш складних – гнучкі верстатні системи.

Очевидним є той факт, що схема ієрархії рівнів та засобів автоматизації в різних видах виробництв (рис. 1.1) відтворює основні тенденції сучасного машинобудування щодо розглядуваної проблеми автоматизації.

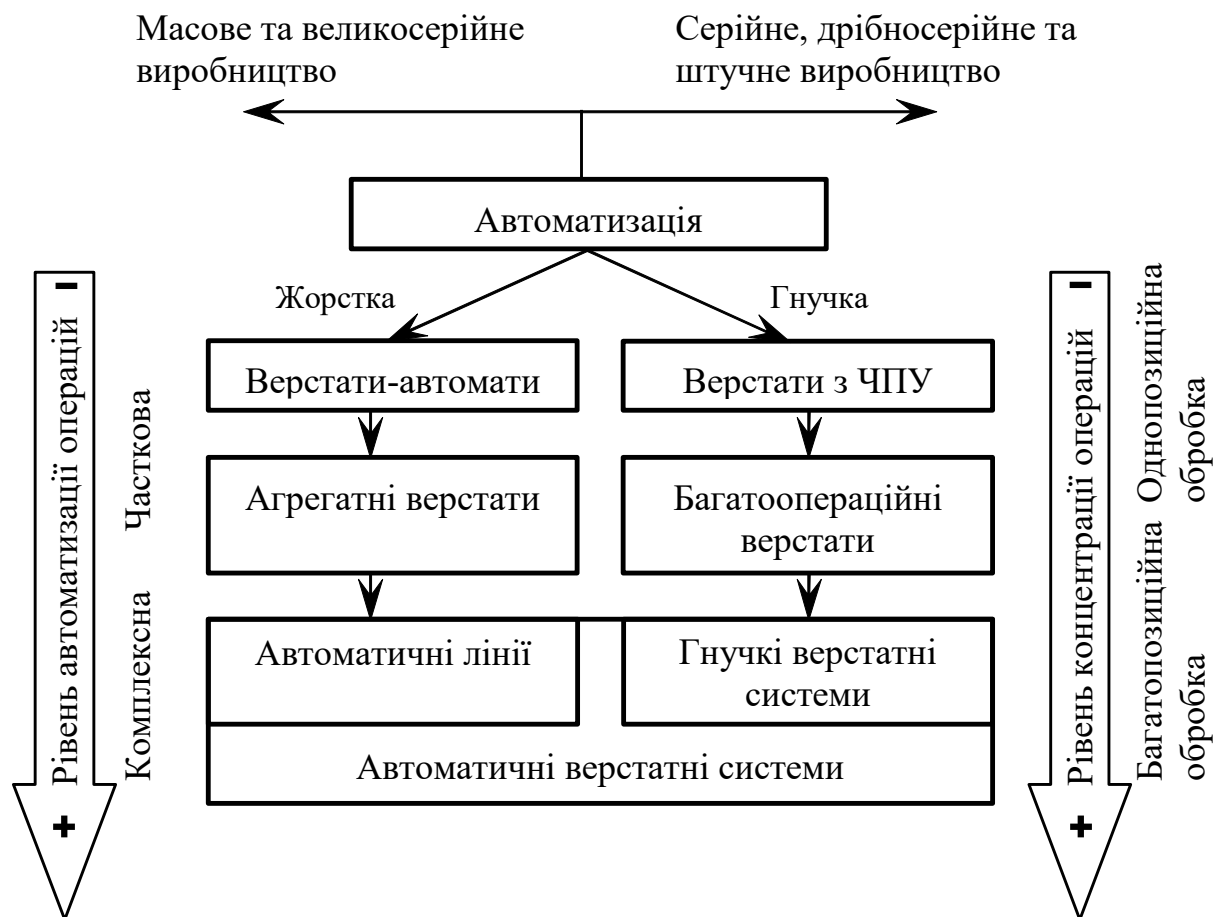


Рис. 1.1. Ієрархія рівнів та засобів автоматизації в різних видах механообробного машинобудівного виробництва