

Тема 2. Виробничі процеси, типи та методи виробництва

- 2.1. Поняття виробничого процесу
- 2.2. Принципи організації процесів виробництва
- 2.3. Типи виробництва та їх техніко-економічна характеристика
- 2.4. Методи організації виробництва

2.1. Поняття виробничого процесу

Виробничий процес — це сукупність взаємопов'язаних процесів праці і природних процесів, в результаті яких вихідні матеріали й напівфабрикати перетворюються, на готову продукцію.

Класифікація виробничих процесів

1. Залежно від ролі у виготовленні продукції виробничі процеси поділяються на:

Процес виробництва на підприємствах складається з **основних, допоміжних, обслуговуючих** процесів.

Основний процес - це процес, у якому вихідні сировина і матеріали перетворюються на готову продукцію. Основний процес на підприємствах представлений трьома стадіями: *заготівельною, обробною і складальною*.

Допоміжні процеси створюють сприятливі умови для успішного здійснення основних процесів (ремонт, виготовлення запчастин, інструментів). Вони покликані забезпечити основні процеси необхідним технологічним оснащенням, проведення ремонтів технологічного устаткування, виготовлення нестандартного устаткування тощо.

Обслуговуючі процеси - це процеси, основним завданням, яких є обслуговування основних і допоміжних процесів. До них відноситься виконання складських і транспортних операцій, проведення робіт, пов'язаних з технічним контролем якості продукції.

Кожна із складових виробничого процесу поділяється на технологічні, транспортні та природні процеси.

Технологічний - це процес, який безпосередньо пов'язаний з обробкою або переробкою сировини та перетворення її на готову продукцію шляхом виконання механічних, фізичних та хімічних операцій, які змінюють форму і властивість вихідної сировини. Технологічний процес складається з окремих операцій.

Операція є складовою процесу виробництва, яка передбачає виконання однієї роботи на одному робочому місці з постійним застосуванням одного інструменту або обладнання. **Операції розподіляються на** робочі рухи і робочі прийоми.

2. Залежно від стадій виробничого процесу виділяють:

- *підготовчі (заготівельні)* процеси, що призначені для підготовки живої праці, предметів і засобів праці до перетворення предметів праці в корисний (кінцевий) продукт;

- *перетворювальні* процеси, під час яких відбувається переробка предметів праці в кінцевий продукт шляхом цілеспрямованої зміни форми, розмірів, зовнішнього вигляду, фізичних чи хімічних властивостей;

- *кінцеві* процеси, які полягають у підготовці результатів попереднього перетворення в кінцеву продукцію для подальшого споживання.

3. За ступенем автоматизації виробничі процеси поділяють на:

- *ручні* - процеси, які виконуються безпосередньо робітником без застосування машин і механізмів;

- *механізовані* процеси, що виконуються робітником за допомогою машин і механізмів;

- *машинні* - процеси, що виконуються машинами, якими управляє робітник;

- *автоматизовані* - процеси, які виконуються машинами під наглядом робітника;

- *автоматичні* - процеси, що виконуються без участі робітника спеціальними машинами за попередньо розробленою програмою, тобто з використанням сучасної комп'ютерної та мікропроцесорної техніки;

- *апаратні* - процеси, що здійснюються в спеціальних апаратах в автоматичному чи автоматизованому режимах.

4. За характером об'єкта виробництва виробничі процеси поділяються на:

- *прості*, які складаються з операцій, що послідовно виконуються (виготовлення деталі);

- *складні*, що включають взаємопов'язані прості процеси, що виконуються і паралельно, і послідовно (виготовлення машини).

5. За масштабами виробництва однорідної продукції виділяють:

- *масові* процеси, що здійснюються в масовому типі виробництва;

- *серійні*, що здійснюються в серійному типі виробництва;

- *одичні*, що здійснюються в одичному типі виробництва.

6. За перебігом у часі виробничі процеси поділяються на:

- *дискретні* (перервні), для яких характерні циклічність та наявність технологічних перерв;

- *безперервні*, у яких відсутні перерви між різними видами операцій, часткових процесів.

Поєднання частин виробничого процесу в просторі забезпечується **структурою підприємства**, під якою розуміють склад підрозділів, що входять до даної виробничої ланки, а також форми їх взаємозв'язку.

Фактори, які впливають на виробничу структуру підприємства:

1. Масштаб виробництва;

2. Характер і особливості продукції;

3. Методи виготовлення продукції;

4. Форма і рівень спеціалізації й кооперації підприємства.

Основним структурним підрозділом підприємства є цех, а при безцеховій структурі управління - дільниця.

В основі організації цехів і дільниць лежить принцип спеціалізації, згідно з яким виділяють цехи (дільниці), з технологічного і предметною спеціалізацією.

При *технологічному* принципі спеціалізації дільниці можуть включати робочі місця й устаткування, призначені для виконання окремих технологічних операцій (наприклад, дільниці фрезерної обробки, токарної, шліфувальної і т.д.).

При предметному принципі спеціалізації створюють дільниці, лінії чи інші виробничі підрозділи, за якими закріплюють виготовлення обмеженої номенклатури деталей чи виробів.

Цехи поділяються на основні (виробничі), допоміжні і обслуговуючі.

Основні цехи поділяються на *заготівельні, оброблювальні, складальні і фасувальні цехи*.

Заготівельні цехи призначені для виготовлення заготовок і підготовки матеріалів, які підлягатимуть подальшій обробці в інших цехах або їх можна реалізувати іншим підприємствам як напівфабрикат. До них відносяться: *ливарні, ковальські, пресові, розкрийно-заготівельні, металоконструкційні та інші*.

До **оброблювальних** входять *механооброблювальні (механічні), термічні, деревооброблювальні, металопокриття (гальванічні) і фарбувальні цехи*.

Складальні включають цехи складання окремих *складальних одиниць і загального складання, випробувальні цехи, зварювально-складальні та інші*

Допоміжні цехи включають: *інструментальні, ремонтні, енергетичні, модельні, електроремонтні, тарні, дослідні та інші цехи*.

Для обслуговування основних і допоміжних цехів на підприємствах **створюються загальногосподарські служби** виробничого призначення: складське господарство, енергетичне господарство, транспортне господарство, центральна заводська лабораторія та інші.

Сукупність допоміжних і обслуговуючих цехів та підрозділів утворюють **виробничу інфраструктуру підприємства**

Вимоги щодо ефективності виробничої структури:

- максимальне забезпечення прямоочності предметів праці при переміщенні їх із цеху в цех без зустрічних потоків;
- мінімізація транспортних витрат, яка досягається використанням технологічного транспорту;
- виділення в особливий та окремі групи цехів з однорідним характером виробництва і однаковими умовами праці;
- врахування характеру технологічних процесів цехів, які розміщують поруч.
- можливість швидкого перепланування у випадку ринкової переорієнтації підприємства.

2.2. Принципи організації процесів виробництва

1. **Пропорційності** - це забезпечення однакової пропускної спроможності різних робочих місць одного процесу, яка досягається за допомогою того, що призначене для виконання окремих часткових процесів число робочих місць чи окремих механізмів пропорціональне до трудомісткості цих процесів.

Недотримання цього принципу приводить до появи "вузького місця", а підвищення ступеня пропорціональності окремих процесів сприяє безперервному протіканню виробничого процесу.

2. **Безперервності** виробництва, який полягає в тому, що кожна наступна операція виробничого процесу повинна починатися зразу після закінчення

попередньої, тобто, без будь-яких перерв (чи зведення їх до мінімуму) в часі при одночасному забезпеченні безперервної роботи устаткування й робітників. Підвищення рівня безперервності процесу сприяє скороченню виробничого процесу виготовлення продукції.

3. **Паралельності** передбачає одночасне виконання окремих частин виробничого процесу з виготовлення виробів. В результаті цього скорочується час виготовлення продукції.

Зростання паралельності приводить до скорочення тривалості виробничого циклу виробництва продукції і до економії робочого часу.

4. **Прямоточності** - характеризує оптимальність шляху проходження предмету праці. Досягають принципу прямоочності за допомогою розміщення цехів, дільниць і робочих місць відповідно до послідовності протікання технологічного процесу.

5. **Ритмічності** полягає у забезпеченні випуску за рівні проміжки часу тієї самої рівномірно зростаючої кількості продукції на всіх стадіях та операціях виробничого процесу.

6. Принцип **диференціації** передбачає поділ виробничого процесу на окремі технологічні процеси, операції, переходи, забезпечуючи оптимальність їх протікання та мінімізацію сумарних витрат усіх видів ресурсів.

7. Принцип **спеціалізації** ґрунтується на обмеженні розмітття елементів виробничих процесів. Зокрема, виділяються групи робітників, які спеціалізуються за професіями, тобто на виконанні відповідних технологічних операцій.

Рівень спеціалізації робочого місця визначається коефіцієнтом закріплення операцій (К_{з.о.}), тобто числом деталеоперацій, які виконують на робочому місці за відповідний проміжок часу.

Спеціалізація виробничих підрозділів передбачає обмеження номенклатури деталей чи виробів, які там проходять обробку.

8. Принцип **автоматичності** приводить до зниження затрат живої праці й прискорення виробничого процесу.

Загальний рівень автоматизації процесів виробництва визначається питомою часткою робіт в основному, допоміжному й обслуговуючому виробництві, які виконуються автоматизованим способом, у загальному обсязі робіт підприємства.

9. Принцип **гнучкості** дозволяє мобільно переходити на випуск продукції, якої вимагає ринок. Крім цього його реалізація особливо важлива в умовах прискореного НТП, тобто в умовах переходу підприємств на інноваційну модель господарювання.

10. Принцип **системності** дозволяє цілісно розглядати всі процеси, які відбуваються на підприємстві в царині його місця в ринковому середовищі. Цей процес вихіає із розгляду підприємства як системи, діяльність якої має організовуватися за певною послідовністю і комплексністю, враховуючи всі чинники внутрішнього і зовнішнього оточення підприємства.

Системність передбачає також строгу послідовність і відповідну періодичність випуску та виробництва окремих частин виробів у необхідних кількостях, щоб забезпечити повний випуск продукції необхідної номенклатури та асортимент

11. Принцип **оптимальності** зумовлений законом економії часу і націлений на досягнення бажаного результату із найменшими затратами. Цей принцип передбачає вибір критерію оптимальності або мінімізації витрат часу і резервів на організаційні процеси і виробничий процес загалом, або критерію максимізації віддачі ресурсів.

Досягнувши оптимальності протікання виробничого процесу, підприємство може зекономити робочий час за рахунок зниження трудомісткості робіт і, отже, скорочення тривалості виробничого циклу.

Значення всіх принципів, тобто, ступінь їх важливості, змінюється адекватно до змін умов господарювання. На сучасному етапі домінують принципи: гнучкості, оптимальності, системності, автоматичності.

2.3. Типи виробництва та їх техніко-економічна характеристика

Тип виробництва - комплексна характеристика технічних, організаційних та економічних особливостей промислового виробництва, що обумовлена його спеціалізацією, обсягом та повторюваністю випуску виробів.

Тип виробництва у значній мірі визначає виробничу структуру підприємств та їх підрозділів, характер технологічних процесів та їх оснащення, організаційні форми виробничих процесів та праці на робочих місцях, конкретні методи управління виробництвом. Тип виробництва суттєво впливає на техніко-економічний рівень підприємства.

Існує три основних типи організації виробництва: *масовий, серійний та одиничний*. В серійному виробництві розрізняють *крупносерійне, середньосерійне та дрібносерійне*.

Віднесення промислового підприємства до того чи іншого типу виробництва має умовний характер тому, що на кожному підприємстві, і навіть в окремих його цехах, можна зустріти поєднання різноманітних типів в організації виробничих процесів. Так, на підприємствах масового виробництва можуть бути серійні і навіть одиничні процеси, а на підприємствах одиничного виробництва виготовлення деяких виробів може бути організоване за принципом серійності.

Одиничний тип виробництва характеризується високою різноманітністю продукції, виготовлення якої здійснюється у невеликій кількості за окремими замовленнями і принципово не повторюється, переважанням технологічної спеціалізації робочих місць і відсутністю постійного закріплення за ними нових операцій, застосуванням універсального устаткування, високою питомою вагою ручних робіт, виконуваних універсальними робітниками, відносно великою тривалістю виробничого циклу та високою собівартістю продукції.

Серійний тип виробництва характеризується випуском продукції відповідними серіями, які періодично повторюються, та обробкою деталей партіями з певною, наперед встановленою черговістю і періодичністю, спеціалізацією робочих місць на виконанні декількох, постійно закріплених операцій, застосуванням поряд з універсальним спеціалізованого та спеціального устаткування, зменшенням питомої ваги ручних робіт, використанням на виконанні основних операцій робітників середньої кваліфікації, відносним

скороченням тривалості виробничого циклу, порівняно низькою собівартістю виготовлюваної продукції.

Масовий тип виробництва характеризується великим обсягом виготовлюваних виробів обмеженої номенклатури, які безперервно і постійно виготовляються протягом тривалого періоду часу, вузькою спеціалізацією робочих місць, на яких виконуються від 1 до 3 операцій, стандартизацією всіх видів організаційної діяльності, високою питомою вагою спеціального і спеціалізованого та високопродуктивного оснащення, широким використанням робітників, спеціалізованих на виконанні обмеженої кількості операцій і високою продуктивністю праці, мінімальною тривалістю виробничого циклу, низькою собівартістю виготовлюваної продукції.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика типів виробництва

№ з/п	Фактори	Типи виробництва		
		Одиничне	Серійне	Масове
1	Номенклатура виготовлюваної продукції	Широка, різноманітна	Обмежена серіями	Вузька, постійна
2	Повторюваність випуску виробів	Не повторюється	Періодично повторюється	Постійно повторюється
3	Використовуване устаткування	Універсальне	Спеціалізоване	Спеціальне
4	Розміщення виробничого устаткування	За технологічним принципом	За предметно-технологічним принципом	За предметним принципом
5	Розроблення технологічного процесу	Укрупнений метод (на виріб)	Подетальна	Подетально-поопераційна
6	Інструмент, що застосовується	Універсальний	Уніфікований	Спеціальний
7	Закріплення деталей та операцій за верстатами	Спеціально не закріплені $K_{zo} \geq 40$	$20 \leq K_{zo} \leq 40$ $10 \leq K_{zo} \leq 20$ $1 \leq K_{zo} \leq 1$	На кожному верстаті виконується одна й та ж операція над однією деталлю $K_{zo} = 1$
8	Кваліфікація робітників	Висока	Середня	Низька
9	Метод організації виробництва	Непотоковий (одиничний)	Непотоковий (партійний)	Потоковий (автоматизований)
10	Собівартість одиниці продукції	Висока	Середня	Низька
11	Тривалість виробничого циклу	Велика	Середня	Низька

Партійні методи організації виробничих процесів. Дані методи організації виробництва застосовуються в серійному виробництві. Для дотримання пропорційності між запуском у виробництво виробів та тривалістю їх виготовлення

потрібно розрахувати розмір партії або серії виробів та нормальний період їх повторного виробництва, щоб запобігти порушенню ритмічності виробничої лінії.

Серія - це вироби з однаковими конструктивними і техніко-економічними показниками, які повинні забезпечити оптимальне завантаження обладнання на визначений відрізок часу (годину, добу, місяць), виробничих площ і при цьому кількість продукції повинна відповідати терміну її випуску).

Для дотримання цих умов потрібно розрахувати мінімальний розмір партії та нормальний період її повторення за формулою:

$$П = t \text{ п.з.} / \text{тш.} * k$$

де П - мінімальний розмір партії виробів, шт.; t п.з. - підготовчо-заклучний час для окремої операції, хв; тш. - штучний час на операцію, хв; k - коефіцієнт нормативних втрат часу на переобладнання лінії (нормативна величина k = 0,006 – 0,1). Розмір партії розраховують, ґрунтуючись на тривалості основних операцій, для яких (тп.з./ тш.) - має максимальну величину.

Розрахована партія повинна відповідати нормальному терміну її повторення між запуском і випуском двох партій деталей або вузлів одного найменування. Нормальний період повторення розраховують так:

$$R = ПП_{\text{доб}}$$

де П - розмір партії деталей; П_{доб} - середньодобова потреба у деталях або вузлах.

2.4. Методи організації виробництва

Кожен виробничий процес здійснюється в часі та просторі.

Організація виробничого процесу в часі визначається ступенем його безперервності. Організація виробничого процесу у просторі передбачає раціональне розміщення робочих місць, дільниць, цехів на певній площі, щоб забезпечити найкоротший маршрут пересування предметів праці по операціях. Поєднання цих двох аспектів побудови виробничого процесу забезпечує застосування певного методу організації виробництва.

Метод організації виробництва - це спосіб поєднання організації виробничого процесу в часі та просторі.

Ознаки методу організації виробництва:

- ступінь безперервності виробничого процесу;
- взаємозв'язок послідовності виконання операцій технологічного процесу з порядком розміщення робочих місць (устаткування).

У безперервних виробничих процесах устаткування (робочі місця) розташовується за ходом технологічного процесу виготовлення продукції. У перервних виробничих процесах устаткування (робочі місця) розташовується або за однорідними виробничими групами, або за групами обладнання для виробництва однотипних виробів.

Виділяють такі методи організації виробництва:

- **непотоковий (одиничний та партійний);**
- **потоковий;**
- **автоматизований.**

Фактори, що впливають на вибір методів організації виробництва:

- сталість номенклатури. Якщо номенклатура продукції, що випускається, не змінюється протягом тривалого часу, то доцільне застосування потокового виробництва; якщо постійно змінюється, то вибирають непотокове виробництво;

- обсяг виробництва за певний період (рік, квартал, місяць, доба). Організація потокового виробництва застосовується переважно при значних обсягах випуску;

- періодичність випуску виробів. Вона може бути регулярною та нерегулярною. При *регулярному* випуску вироби виготовляються через визначені проміжки часу ритмічно (наприклад, 60 виробів щомісячно), і при цьому застосовується потоковий метод організації. За умови *нерегулярного* випуску вироби виготовляються через невизначені або різні періоди часу і в різних кількостях, тому доцільне застосування непотокового методу;

- габарити і маса виробу - чим більший виріб і його маса, тим складніша організація потокового виробництва;

- частка ручних робіт в трудомісткості продукції, де неможливе застосування машин і механізмів. Чим вона більша, тим доцільніше використання непотокового (одинично-технологічного) методу;

- тип виробництва, який безпосередньо вказує на пріоритетність застосування того або іншого методу (потоковий метод застосовується у масовому та великосерійному типах виробництва, одинично-технологічний - у дрібносерійному та одиничному типах виробництва, партійний - у середньосерійному).

Непотоковий метод організації

Непотокове виробництво може бути спеціалізоване за такими формами:

- технологічна;
- предметно-групова;
- змішана.

Непотоковий метод організації поділяється на:

- одиничний, який застосовується в одиничному типі виробництва;
- партійний, який застосовується в серійному та дрібносерійному типах виробництва.

Ознаки одиничного непотокового методу:

- всі робочі місця розміщуються за однотипними технологічними групами без певного зв'язку з послідовністю виконання операцій (наприклад, в механічному цеху машинобудівного підприємства - це групи токарного, фрезерного, свердлильного та іншого обладнання);

- на робочих місцях виконуються різні операції з виготовлення різних за конструкцією та технологією виробів, обсяг випуску яких дуже обмежений (майже одиничний);

- технологічне устаткування в основному універсальне;
- вироби переміщуються в процесі виготовлення за складними та тривалими маршрутами, а інколи можуть по декілька разів повертатися на одну і ту ж групу обладнання. У зв'язку з цим виникають перерви між операціями, які збільшуються через перебування виробів на проміжних складах та у відділеннях технічного контролю;

- забезпечується максимальне завантаження устаткування та гнучкість до змін технологічних процесів;

- розробка технологічного процесу для кожного виробу виконується технологами цеху за індивідуальними замовленнями.

Партійний метод організації виробництва застосовується переважно у середньосерійному та дрібносерійному типах виробництва.

Він ґрунтується на застосуванні групових методів обробки виробів, сутність яких полягає в групуванні виробів за ознаками конструктивної та технологічної подібності.

Серед виробів групи обирається найскладніший виріб-представник, який має всі конструктивні та технологічні елементи групи. Якщо в групі такого виробу не існує, то він спеціально проектується. Для виробу-представника розробляють технологію, відбирають устаткування, оснащення таким чином, щоб забезпечити обробку всіх виробів групи без переналагодження.

Ознаки партійного методу:

- предмети праці запускаються у виробництво партіями;
- одночасна обробка продукції кількох найменувань;
- закріплення за робочим місцем виконання кількох операцій;
- широке застосування поряд зі спеціалізованим універсального устаткування;
- використання праці робітників високої кваліфікації з широкою спеціалізацією.

Організація потокового виробництва

З усіх методів організації виробництва найбільш досконалим за своєю чіткістю і завершеністю є **потоканий**, при якому предмет праці в процесі обробки переміщується за найкоротшим маршрутом у заздалегідь фіксованому темпі.

Умовою потокової організації виробництва є значний обсяг виготовлення однорідної або близької в конструктивно-технологічному відношенні продукції упродовж досить тривалого періоду часу.

Ознаки потокової організації виробництва

- поділ виробничого процесу на окремі операції та тривале їх закріплення за робочими місцями;
- спеціалізація кожного робочого місця на виконанні певної операції;
- закріпленням одного чи обмеженої кількості найменувань виробів, які схожі між собою конструктивними особливостями, технологією виготовлення та розмірами; за певною групою робочих місць;
- паралельне та синхронне виконання всіх операцій на основі єдиного такту (ритму) потокової лінії;
- розміщення робочих місць у суворій відповідності до послідовності виконання операцій технологічного процесу, що забезпечує прямоточність руху виробів у процесі обробки;
- передача виробів по операціях технологічного процесу здійснюється поштучно або транспортними партіями;
- використання спеціальних транспортних засобів, які забезпечують ритмічність виробництва.

Основною ланкою потокового виробництва є потокова лінія, за якою закріплюється виготовлення одного або обмеженої кількості найменувань предметів праці.

Потокова лінія - це сукупність вузькоспеціалізованих робочих місць, які розміщені за послідовністю операцій технологічного процесу та пов'язані між собою спеціальним транспортом, що підтримує ритмічність виробництва.

Класифікація поточкових ліній:

За номенклатурою виробів, виготовлення яких закріплено за потоковою лінією, виділяють:

- **однопредметні** лінії, на яких обробляються або складаються упродовж тривалого часу вироби одного найменування, що можливо в умовах масового або великосерійного виробництва;

- **багатопредметні** лінії, на яких виготовляється декілька найменувань виробів, подібних у конструктивному і технологічному відношеннях; такі лінії характерні для серійного виробництва.

За методом обробки та чергуванням виробів багатопредметні лінії поділяють на:

- **змінно-потоківі** лінії, які призначені для почергової обробки декількох найменувань виробів, що мають подібні технологічні маршрути;

- **групові** поточкові лінії, на яких обробляється або складається на тому самому устаткуванні значна номенклатура виробів, що подібні за конструкцією та технологічним маршрутам і на основі спеціальної класифікації об'єднанні в одну групу.

За ступенем безперервності виробництва виділяють:

- **безперервні** поточкові лінії, які є найбільш сучасною формою потокового виробництва. На таких лініях предмети праці з однієї операції на іншу переміщуються поштучно і без пролежування; тривалість кожної операції дорівнює або кратна такту; застосовується паралельний метод руху предметів праці; забезпечується ритмічність і найбільш коротка тривалість виробничого циклу. Безперервні лінії широко застосовуються при складанні годинників, тракторів, приладів, автомобілів, де переважає ручна праця та можлива синхронізація операцій;

- **перервні (прямоточні)** лінії, для яких неможливо досягти чіткої синхронізації операцій і безперервності процесу. Обробка виробів проводиться партіями за графіком. Прямоточні лінії застосовуються при обробці трудомістких деталей на різномітному устаткуванні в механічних цехах серійного типу виробництва.

За способом підтримки ритму розрізняють:

- **лінії з регламентованим ритмом**, що підтримується за допомогою технічних засобів, які забезпечують передачу виробів з однієї операції на іншу через точно фіксований час, що характерно для безперервних поточкових ліній;

- **лінії з вільним ритмом**, на яких деталі на наступну операцію передаються по мірі готовності, при цьому можливі відхилення від розрахованого такту.

За рівнем охоплення виробництва поточкові лінії поділяють на:

- **дільничні**, які розміщені в межах дільниці;

- **цехові**, які розміщені в межах декількох дільниць цеху;

- *міжцехові*, які розміщені в межах декількох цехів;
- *наскрізні*, які розміщені в межах підприємства.

За видом транспортних засобів потокові лінії поділяються на:

- *конвеєрні*, які засновані на застосуванні транспортних засобів безперервної дії з механічним приводом (конвеєрів), що забезпечують не тільки переміщення предметів праці між операціями, але й підтримку ритму;

- *неконвеєрні* лінії на яких підйомно-транспортні засоби циклічної дії (мостові крани, монорейки з тельферами, електрокари та ін);

- *лінії без транспортних засобів* - стаціонарні потокові лінії, де виріб установлюється нерухомо, а спеціалізовані бригади робітників переміщуються для виконання операцій зі встановленням тактом; такі лінії організують при складанні великих і важких машин в літакобудуванні, суднобудуванні тощо.

За характером переміщення конвеєрні потокові лінії поділяють на:

- лінії з *безперервним рухом*, на яких всі операції виконуються одночасно з переміщенням предметів праці;

- лінії з *пульсуючим рухом*, на яких операції виконуються в період нерухомого стану несучої частини; використовуються, наприклад, при складанні особливо точних деталей та приладів.

За місцем виконання операцій конвеєрні потокові лінії поділяють на:

- лінії з *робочим конвеєром*, на яких конвеєр використовується і як транспортний засіб, і як місце для виконання операцій;

- лінії з *розподільчим конвеєром*, які призначені для транспортування деталей, при цьому операції виконуються на стаціонарних робочих місцях і з різною кількістю робочих місць на окремих операціях.

При проектуванні потокової лінії проводиться розрахунок ряду показників її роботи.

Розрахунок такту потокової лінії. Такт потокової лінії - це проміжок часу між випуском двох чергових партій продукції.

$$r = T_p / N$$

де r - такт потокової лінії, хв; T_p - робочий час лінії (рік, місяць, доба, год); N - виробнича програма за прийнятий період часу, $t_{\text{шт}}$.

У випадку, коли технологічні умови виробництва передбачають втрати продукції (контроль, демонстраційні зразки), то розрахунки виробничої програми здійснюють, орієнтуючись на програму запуску:

$$N_z = N_b * 100 / (100 - \Delta P \text{ т.втр.})$$

де N_b - програма випуску продукції за визначений відрізок часу, t ; N_z - програма запуску за цей самий період, t ; ΔP т.втр. - відсоток планових технологічних втрат, %.

Ритм потокової лінії – це інтервал часу між сходом з потокової лінії двох суміжних транспортних партій.

$$R = r * p$$

де R - ритм потокової лінії, хв; p - кількість виробів у партії, шт., т.

Темп потокової лінії – величина обернена такту, яка характеризується кількістю виробів, що виготовляються за одиницю часу

Також, **розраховують кількість робочих місць** за окремими операціями і в цілому для лінії. Розрахункову кількість робочих місць за i -тою операцією визначаються за формулою:

$$N_{pi} = t_i / r$$

де N_{pi} - кількість робочих місць; t_i - тривалість i -тої операції, хв; r – такт лінії.

Далі розраховують **коефіцієнт завантаження робочих місць** на i -тій операції:

$$k = N_{pi} / N_{pi}$$

де, k - коефіцієнт завантаження робочих місць; N_{pi} - число робочих місць на i -тій операції; N_{pi} - прийняте число робочих місць на i -тій операції.

Наступний етап - **визначення швидкості руху потокової лінії**:

$$V = L / r$$

де V - швидкість руху потокової лінії; L - відстань між двома суміжними виробами, які знаходяться уа конвеєрі (крок конвеєра), м.

У випадку, коли продукція передається передаточними партіями застосовується формула:

$$V = L / R$$

де R - ритм потокової лінії.

Загальну довжину робочої зони конвеєра (L_k) з одностороннім розміщенням робочих місць визначають за формулою:

$$L_k = l_p * m(N_i - 1)$$

де l_p - відстань між двома суміжними робочими місцями; m - кількість операцій на лінії; N_i - кількість робочих місць на i -тій операції.

Організація потокового виробництва потребує великих капітальних вкладень і тому в кожному окремому випадку потрібно здійснювати розрахунки економічної ефективності інвестування у створення і потокового виробництва та складати відповідні бізнес-плани.

Організація автоматизованого виробництва

Автоматизація виробництва - це процес, при якому всі або переважна частина операцій, що вимагають фізичних зусиль робітника, передаються машинам і здійснюються без його особистої участі. За робітником залишаються лише функції налагодження, нагляду і контролю.

Ступінь автоматизації виробничого процесу може бути різним. У разі, якщо частина функцій управління обладнанням виконується працівником, а частина - автоматизована, має місце *часткова* автоматизація. Але особливо важливу роль відіграє *комплексна* автоматизація виробництва, при якій без безпосереднього втручання людини, під його контролем машинами-автоматами здійснюються всі процеси виробництва - від надходження сировини до випуску готового продукту.

Основні напрямки (етапи) автоматизації.

Перший напрямок - упродовження напівавтоматичних та автоматичних верстатів на окремих операціях виробничого процесу, верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Вони працюють за заданою програмою і без особистої участі людини виготовляють різні деталі або виконують визначені виробничі операції.

Другий напрямок - створення комплексних систем машин з автоматизацією всіх ланок виробничого процесу або його частини. Типовим прикладом

комплексних систем машин є автоматичні лінії. *Автоматична лінія* — це об'єднання в єдине виробниче ціле системи машин-автоматів, які розміщені за ходом технологічного процесу з автоматичними механізмами і пристроями для транспортування, контролю, накопичення заділів, видалення відходів, а також управління.

Третій напрямок пов'язаний з конструюванням та виробництвом промислових робіт, які виконують у виробничому процесі функції, подібні до функцій людської руки, і завдяки цьому замінюють ручну працю там, де люди працюють з радіоактивними, токсичними, вибухонебезпечними речовинами, у складних температурних умовах, в умовах підвищеної вібрації, шуму, забруднення повітря тощо.

Для здійснення технологічних процесів в особливих умовах виробництва використовуються відповідні типи роботів, що об'єднуються з технологічним обладнанням в робототехнічні комплекси (РТК).

Четвертим напрямком автоматизації, принципово важливим і перспективним, є розвиток комп'ютеризації та гнучкості виробництв і технологій.

Гнучке автоматизоване виробництво (ГАВ) - це виробництво, яке дозволяє за короткий час і з мінімальними затратами переходити на випуск нової продукції, не перериваючи виробничого процесу і не зупиняючи обладнання.

У ГАВ паралельно працюють верстати, завантажувальні роботи, транспорт і автоматичні склади, їх дія пов'язана в єдиний комплекс програмним забезпеченням та управлінням з електронно-обчислювальних машин.

ГАВ характеризується обробкою різних виробів на одному робочому місці, тому що робочим місцем стає вся гнучка виробнича система. Потокове виробництво характеризується обробкою виробів одного найменування на декількох спеціалізованих робочих місцях, які розміщуються в послідовності операцій технологічного процесу. Це головна відмінність ГАВ від поточкового виробництва.

З впровадженням гнучкого виробництва зникають межі між масовим, серійним та одиничним типами виробництва. Масовий тип виробництва характеризується високим ступенем автоматизації, невеликою номенклатурою продукції, вузькою спеціалізацією робочих місць; серійний тип виробництва - закріпленням декількох операцій за одним робочим місцем, продукція випускається партіями, розмір яких визначається економічністю виробництва, а не негайною потребою при складанні. ГАВ характеризується високим ступенем автоматизації, виконанням різних операцій на одному робочому місці, достатньо широкою номенклатурою продукції, що обробляється з однаковою економічністю будь-якими партіями. Однак ГАВ використовується тільки для автоматизації одиничного та дрібносерійного виробництва.

Відмінною рисою ГАВ є також скорочення тривалості виробничого циклу, що забезпечується обробкою продукції в одну операцію від запуску до випуску без перерв і повною автоматизацією транспортно-складських операцій. Скорочується робочий період (за рахунок використання високоавтоматизованого обладнання), тривалість допоміжних операцій (тому що суміщуються транспортні і контрольні операції з основними), міжопераційні перерви (тому що деталі не пролежують на

операціях). ГАВ може здійснюватись певний час в безлюдному або малолюдному режимах, що дозволяє не зупиняти його протягом обідніх перерв та перерв між змінами.

Перехід до ГАВ здійснюється шляхом впровадження гнучких виробничих систем (ГВС).

Гнучка виробнича система - це сукупність сучасних технічних засобів (обладнання з ЧПУ, робототехнічних комплексів тощо) та систем, які забезпечують їх функціонування в автоматичному режимі; ця сукупність має властивість автоматично переналагоджуватися при виробництві виробів різної номенклатури (в межах технічних можливостей обладнання).

Основними елементами ГВС є:

- гнучкий виробничий модуль;
- роботизований технічний комплекс (РТК);
- система забезпечення функціонування ГВС в автоматизованому або автоматичному режимах.

Гнучкий виробничий модуль - це одиниця технічного обладнання, яка автоматично здійснює функції по виготовленню продукції.

Роботизований технічний комплекс - це сукупність технологічного обладнання і виробничих роботів.

Система забезпечення включає:

- автоматизовану транспортно-складську систему, яка слугує для тимчасового накопичення, розподілення, доставки предметів виробництва і технологічного оснащення до технологічного обладнання ГВС;
- автоматизовану систему (АС) інструментального забезпечення, яка здійснює підготовку, зберігання, автоматичну заміну інструменту, може включати систему автоматичного слідування за зносом, поломками інструменту;
- АС вилучення відходів із зони обладнання, що передбачає розподіл, сортування стружки та інших відходів для подальшої утилізації;
- АС контролю якості продукції, яка може контролювати параметри виробів і сировини, виявляти брак, його причини;
- АС забезпечення надійності, яка здійснює слідування за станом обладнання, автоматичний пошук і аналіз причин відмов і несправностей обладнання;
- АС управління ГВС та інші автоматизовані системи, які забезпечують функціонування ГВС в автоматичному режимі.

Перевагами гнучкого автоматизованого виробництва є підвищення мобільності виробництва продукції, зростання продуктивності праці, підвищення якості продукції, зменшення виробничого циклу та витрат.