

## Лекція 3

### Особливості автоматизації в різних типах виробництв механоскладальних дискретних технологій

#### 3.1. Автоматизація великосерійного і масового виробництв

Традиційне удосконалення великосерійного і масового виробництв полягає у створенні комплексно-механізованих поточкових ліній та їх вищої форми – автоматичних ліній (АЛ).

Впровадження спеціалізованого автоматичного устаткування, спеціалізованих комплексів і ліній економічно виправдане тільки при виготовленні масових виробів зі стабільною протягом багатьох років номенклатурою та програмою. У цьому напрямку існують достатньо значні конструкторсько-технологічні напрацювання, що забезпечують високий ступінь механізації та автоматизації масового виробництва і найбільше зниження трудомісткості продукції, що випускається, у порівнянні з іншими типами виробництва. Завдяки цьому спеціалізовані АЛ і комплекси часто перевершують знову створювану техніку у вигляді складних роботизованих систем за такими найважливішими параметрами, як продуктивність та надійність.

З трьох основних груп систем автоматизації виробництва (циклічні, рефлекторні, адаптивні) останнім часом домінуюче положення стали займати адаптивні системи, що включають засоби активного контролю та автоматичного піднастроювання технологічного обладнання.

В *адаптивних системах* при обробці кожної заготовки режим роботи настраюється автоматично, забезпечуючи при цьому задані якість обробки і продуктивність процесу. При механічній обробці у випадку появи похибок, які пов'язані, наприклад, з пружним відтисканням у технологічній системі верстат – пристосування – інструмент – деталь (ВПД), адаптивна система дозволяє автоматично змінювати за визначеним законом одну зі складових сили різання.

Важливим питанням в умовах автоматизованого виробництва є проектування ТП обробки і складання виробів. Насамперед необхідний перегляд конструкції виробу з погляду його технологічності, максимального наближення параметрів заготовок до конфігурації та розмірів готових деталей.

ТП, що проектується, в залежності від конкретних умов може бути оптимізований за різними цільовими функціями:

- максимальна продуктивність;
- мінімальна собівартість;
- найвища точність;
- тощо.

Для цього необхідно знати фізичну сутність ТП, закономірності його протікання, характер впливу на нього різних факторів.

Якщо при розробці ТП у неавтоматизованому виробництві звичайно використовують оптимізацію окремих (лімітуючих) операцій, визначаючи

найвигідніші режими різання та інші умови обробки, то в умовах автоматизованого виробництва необхідна оптимізація ТП у цілому.

Основними задачами при проектуванні ТП на АЛ є:

- синхронізація роботи і завантаження лінії, тобто досягнення рівної чи кратної такту продуктивності на окремих операціях;
- забезпечення заданої точності та безаварійності;
- зручність транспортування та базування заготовок, раціональне відведення стружки і підведення мастильно-охолодної рідини (МОР);
- максимально можлива концентрація обробки за рахунок застосування багатоінструментних налагоджень тощо.

Цикл роботи АЛ встановлюється за найбільш тривалим часом операції, що називається лімітуючою.

Тому тривалість обробки деталі на АЛ визначається за формулою:

$$T_{ал} = T_{ц.л} \cdot z, \quad (3.1)$$

де  $T_{ц.л}$  – тривалість циклу лімітуючої операції, хв (с);

$z$  – кількість позицій у лінії.

Після попереднього розрахунку строку окупності АЛ і аналізу технологічності конструкції деталі визначаються наступні питання:

- вибір структури АЛ;
- встановлення періоду її роботи і часу зміни інструментів;
- розрахунок розмірів настроювання ємностей проміжних накопичувачів;
- вибір конструкції автоматичних завантажувальних пристроїв (АЗП);
- автоматизація контролю;
- розрахунок величин припусків на обробку та операційних розмірів за технологічними переходами тощо.

Структури АЛ класифікуються за рядом ознак:

- в залежності від штучного випуску деталей:
  - однопотокові;
  - багатопотокові;
- за видом устаткування:
  - спеціалізовані;
  - агрегатні;
  - модернізовані;
  - універсальні верстати;
- за способом передачі деталей:
  - з наскрізним транспортуванням деталей у супутниках і без супутників;
  - з верхнім;
  - бічним;
  - роторним;
  - комбінованим транспортом;
- за розташуванням устаткування:

- замкнуті;
- незамкнуті;
- за компонованням та організацією потоку:
  - безбункерні;
  - бункерні;
  - з накопичувачами.

У складальних АЛ, крім АЗП, накопичувачів, відсікачів та живильників, повинні бути передбачені пристрої суміщення та спряження деталей, контролю точності та корекції спряження.

В основі організації технологічного потоку в АЛ лежить принцип переміщення деталей із збереженням їх первинної орієнтації з мінімальною кількістю перевантажень безпосередньо в транспортних системах чи ліній у наскрізних технологічних супутниках-носіях.

Впровадження прогресивної форми організації виробничого процесу, що виключає проміжні перевантаження та невпорядковане транспортування виробів, дозволяє скоротити трудомісткість у 2–3 рази і брак від механічних ушкоджень об'єктів складання на технологічній лінії (ділянці) на 5–7 %. Очевидно, що чим більше операцій ТП вдається охопити одним супутником, тим вищими є техніко-економічні показники виробництва. Максимальний вигрaш має місце при створенні єдиного супутника, що забезпечує виконання всіх технологічних операцій та міжопераційне транспортування в лінії без вивантаження з нього виробів.

*Сумарний час усіх перевантажень* на визначеній технологічній ділянці можна визначити за формулою:

$$T_{\Pi} = \frac{t \cdot m \cdot n}{3600}, \quad (3.2)$$

- де **t** – час одного перевантаження, с;  
**m** – число перевантажень;  
**n** – кількість оброблюваних виробів.

У випадку створення наскрізного супутника-носія  $m \rightarrow 1$  і  $T_{\Pi} \rightarrow \mathbf{min}$ .

З ростом обсягів виробництва стає очевидною важливість задачі скорочення часу  $T_{\Pi}$  і створення бази для організації безперервного поточно-автоматизованого виробництва.

### 3.2. Особливості автоматизації дрібносерійного багатоменклатурного виробництва

Поряд з високим ступенем автоматизації та низькою трудомісткістю виготовлення виробів, *масовому виробництву притаманна* найменша гнучкість, обумовлена можливістю швидкого переналагодження виробництва на інший тип виробу.

Донедавна одиничне і дрібносерійне виробництво характеризувались низьким ступенем автоматизації та високою трудомісткістю виготовлення виробів. Це визначалося основним недоліком традиційних засобів автоматизації – вузькою

спеціалізацією, пов'язаною з виготовленням визначеного виду виробів. При переході на новий вид продукції складні автоматичні комплекси приходилось істотно змінювати або розробляти заново, що призводило до різкого зростання вартості та термінів підготовки виробництва. У той же час частка дрібносерійного багатомономенклатурного виробництва в загальному обсязі промислової продукції стала переважною в умовах бурхливого розвитку технології та різко зростаючої потреби в нових видах виробів зі швидкою змінюваністю моделей. За своєю суттю дрібносерійне виробництво є найбільш гнучким.

В останні роки завдяки сучасним досягненням науки і техніки сформувався *генеральний напрямок комплексної автоматизації дрібносерійного виробництва* на базі застосування:

- устаткування з ЧПУ;
- роботизації ТП;
- створення інформаційних обчислювальних систем з об'єднанням їх в автоматичну диспетчерську службу.

*Технологічна гнучкість автоматизованого виробництва* визначається складом і гнучкістю технологічних модулів як основних складових ГВС (устаткування, інструменти, оснащення, програмне забезпечення систем управління). Вона буде тим вищою, чим менше часу затрачається на переналагодження і чим більшою є номенклатура виробів, що випускаються на ГВС.

Прикладом кількісної міри технологічної гнучкості є коефіцієнт  $\Gamma$ :

$$\Gamma = \frac{t_o}{t_o + t_n} \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right), \quad (3.3)$$

де  $t_o$  – час циклу обробки однієї деталі  $i$ -го найменування, хв;

$t_n$  – час переналагодження ГВС із деталей  $i$ -го на деталі  $j$ -го найменування, хв;

$n$  – кількість найменувань деталей для даної ГВС.

Отже, вираз  $(1 - 1/n)$  має зміст вагового коефіцієнта. Так, для АЛ, розрахованої на випуск деталей тільки одного найменування ( $n = 1$ ),  $\Gamma = 0$ .

За допомогою коефіцієнта  $\Gamma$  можна оцінювати рівень гнучкості ГВС у інтервалі від 0 до 1.

Швидкість переналагодження виробництва на нові види виробів суттєво залежить від наявності та чіткості функціонування єдиної комплексної системи автоматизації інформаційних потоків, що забезпечує своєчасну видачу керуючих сигналів для всіх складових елементів ГВС.

Крім того, найважливішим фактором технологічної гнучкості ГВС є *модульний принцип конструювання технічних засобів з уніфікацією основних функціональних вузлів і пристроїв* (приводи, системи управління, завантажувально-розвантажувальні, транспортно-накопичувальні та інші пристрої) і стандартизацією оснащення, інструментів, заготовок.

Такий підхід, крім збільшення гнучкості системи, дозволяє істотно підвищити надійність технічних засобів і довести коефіцієнт використання обладнання до 0,9. Це забезпечить:

- підвищення продуктивності праці в 3–4 рази;
- скорочення виробничого циклу в 2–3 рази;
- зниження собівартості продукції в 3–5 разів.

Крім того, заходи щодо підвищення надійності та коефіцієнта змінності устаткування призводять до:

- скорочення потреби в додатковому устаткуванні (приблизно у 2–2,5 рази);
- економії виробничих площ.

Потенційна готовність технологічних комплексів до переналагодження тісно пов'язана з автоматизацією:

- процесів управління;
- процесів проєктування;
- інженерно-технологічної підготовки виробництва.

Тільки інтеграція апаратних (технологічні, транспортні, вимірювальні тощо) та програмних (АСУ, САПР, АСТПП) засобів відкриває можливість здійснення стратегічної лінії в комплексній автоматизації дрібносерійного багатомоделного виробництва на основі ГВС. Реалізація цього напрямку висуває на передній план проблему відповідного математичного забезпечення для оперативного розв'язування складного комплексу задач щодо проєктування, управління, організації та технологічної підготовки виробництва.

Гнучкі технологічні модулі повинні охоплювати:

- процеси механообробки та складання;
- заготівельне виробництво;
- гальванічні ділянки;
- інші складові інтегрованих виробничих систем автоматизованих підприємств.

Із врахуванням специфіки виробів машино- та приладобудування особливу важливість має створення гнучких складальних виробництв, що звільняють операторів від одноманітної та стомлюючої роботи, особливо на зорво-напружених операціях з мікроскопом.

Системний підхід до питання створення автоматичних переналагоджуваних виробництв вимагає одночасного і взаємопов'язаного розв'язування цілого ряду науково-технічних, технологічних і організаційних задач, основними з яких є:

- створення перепрограмованих адаптивних ПР, включаючи колаборативні;
- створення вбудованих систем активного контролю якості продукції, що забезпечують одержання на виході тільки придатних виробів;
- розробка засобів оперативної діагностики технологічного устаткування і систем управління;
- розробка систем організації ремонту та налагодження устаткування;
- складування інструментів, оснащення та готової продукції.

Особливо важливим є той факт, що сучасна тенденція щодо скорочення частки масового виробництва викликає необхідність збільшення його гнучкості за допомогою аналогічних організаційно-технічних заходів. У цьому випадку багато в чому стираються відмінності в напрямках комплексної автоматизації виробництв, що класифікуються за серійністю продукції, яка випускається.