

## Лекція 5

### Структура дискретних технологічних операцій металообробки різанням

Продуктивність технологічних операцій суттєво залежить від:

- структур операцій, обумовлених кількістю заготовок, що одночасно встановлюються у пристосуванні на обладнанні (одно- чи багатомісна обробка);
- кількості інструментів, що використовуються при виконанні операції (одно- чи багатоінструментна обробка);
- послідовності роботи інструментів при виконанні операції.

Послідовний вступ інструментів у роботу або послідовне розташування декількох заготовок у пристосуванні за напрямком руху подачі характеризує структуру операції з послідовною обробкою.

При паралельному розташуванні оброблюваних заготовок у пристосуванні (тобто при їх розташуванні перпендикулярно до напрямку руху подачі) і при одночасній обробці декількох поверхонь однієї чи декількох заготовок формується структура операції з паралельною обробкою.

При багатомісній обробці заготовок, розташованих у пристосуванні в декілька рядів вздовж і перпендикулярно до руху подачі, операція характеризується як операція з паралельно-послідовною обробкою.

Одномісна послідовна обробка одним (рис.5.1) або декількома змінюваними інструментами (рис. 5.2) не дає можливості суміщення основного часу обробки окремих поверхонь і окремих переходів. Тому основний час  $T_0$  технологічної операції, що входить до складу її штучного часу  $T_{шт}$ , визначається сумою основних часів  $T_0$  усіх  $n$  переходів операції:

$$T_0 = \sum_{i=1}^n T_{oi}.$$

Допоміжний час  $T_d$  при одномісній послідовній одноінструментній обробці (див. рис. 5.1) складається з:

– часу на встановлення та зняття заготовки  $T_{вс}$ , який включає витрати часу на встановлення штучних заготовок у пристосуванні та їх зміну, встановлення змінних дублерів пристосування-супутників у робочі позиції (при обробці прутків до  $T_{вс}$  включаються витрати часу на розтискання цанги, подачу прутка до упора та затискання цанги);

– часу на управління верстатом  $T_{уп}$ , що включає витрати часу на пуск і зупинку верстата, перемикання швидкостей і подач, зміни напрямку обертання шпинделів, переміщення супортів, головок, кареток, а при обробці на верстатах з ЧПУ ще і з часу на індексацію  $T_{інд}$ , що складається з витрат часу на переміщення рухомих вузлів верстата в нові і вихідні позиції та їх фіксацію (див. рис. 5.1, г), поворот ділильних пристроїв і кондукторів, переміщення заготовок на нові позиції.

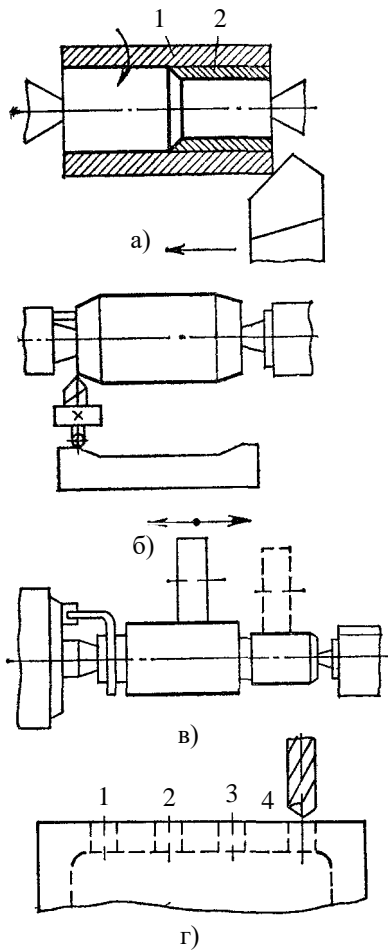


Рис. 5.1. Схеми одномісної послідовної двоінструментної обробки:  
 1, 2 – номери ходів інструмента (а);  
 1, 2, 3, 4 – послідовність положень свердла (г)

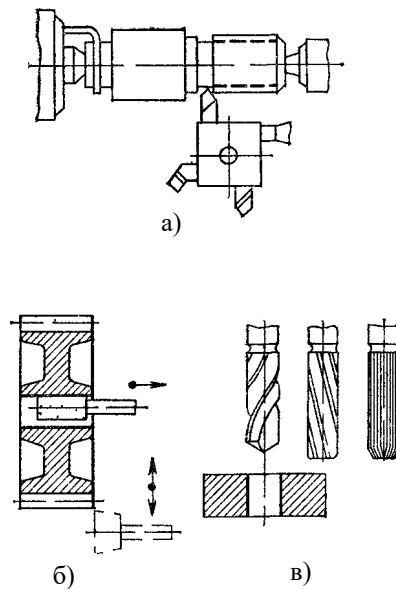


Рис. 5.2. Схеми одномісної послідовної багатоінструментної обробки змінними інструментами:  
 а – токарна обробка зовнішніх циліндричних поверхонь;  
 б – шліфування торця та внутрішньої циліндричної поверхні;  
 в – внутрішньої циліндричної поверхні стрижневими мірними інструментами – свердлом, зенкером, розверткою

Допоміжний час можна визначити формулою:

$$T_d = T_{вс} + T_{уп} + T_{інд}. \quad (5.1)$$

При одномісній послідовній багатоінструментній обробці змінюваним інструментом (рис. 5.2) час індексації  $T_{інд}$  у формулі (5.1) звичайно замінюється часом  $T_{з.і.}$ , що враховує витрати часу на зміну інструмента при виконанні окремих переходів операції (витрати часу на поворот різцевих чи револьверних головок, заміну змінних кондукторних втулок та інструментів у швидкозмінному патроні свердлильного верстата тощо).

При одномісній послідовній багатоінструментній обробці заготовок на верстатах типу “обробний центр” до складу допоміжного часу входить як час індексації, так і час зміни інструментів. Тому формула для розрахунку допоміжного часу набуває вигляду:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{вс}} + T_{\text{інд}} + T_{\text{з.і}} . \quad (5.2)$$

У тих випадках, коли час контрольних вимірів оброблюваної заготовки  $T_{\text{вим}}$  не може бути перекритий основним часом виконання операції, він додається у формулах (5.1) та (5.2) окремим доданком.

У всіх випадках одномісної паралельної обробки (одномісної одноінструментної обробки фасонними інструментами (рис. 5.3, а, б) або наборами інструментів (рис. 5.3, в), одномісної паралельної багатоінструментної обробки (рис. 5.4), одномісної паралельно-послідовної багатоінструментної обробки (рис. 5.5)) основний час виконання окремих переходів  $T_{oi}$  перекривається і загальна тривалість основного часу  $T_o$  операції визначається тривалістю  $T_{oi}$  лімітуючого (тобто найбільш тривалого) переходу, що перекриває тривалість всіх інших переходів, та кількістю одночасно оброблюваних заготовок  $Z$ .

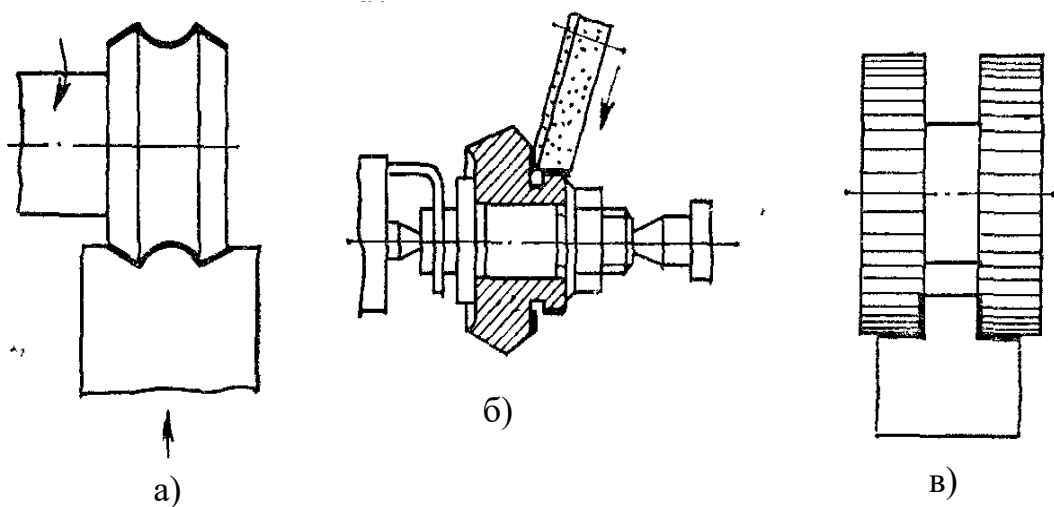


Рис. 5.3. Схема одномісної паралельної одноінструментної обробки:  
а, б – фасонними інструментами;  
в – наборами інструментів

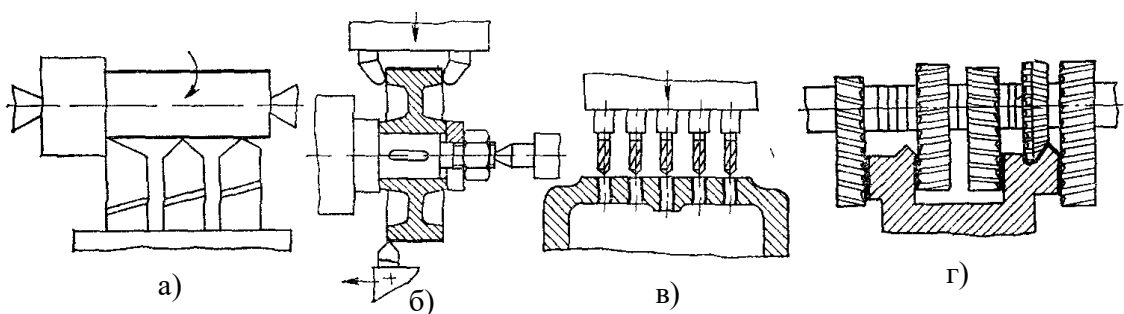


Рис. 5.4. Схеми одномісної паралельної багатоінструментної обробки:  
а – точіння зовнішньої циліндричної поверхні трома різцями;  
б – точіння торців та зовнішньої циліндричної поверхні в деталі типу шківів;  
в – свердлування групи отворів;  
г – фрезерування поверхонь базової деталі набором фрез

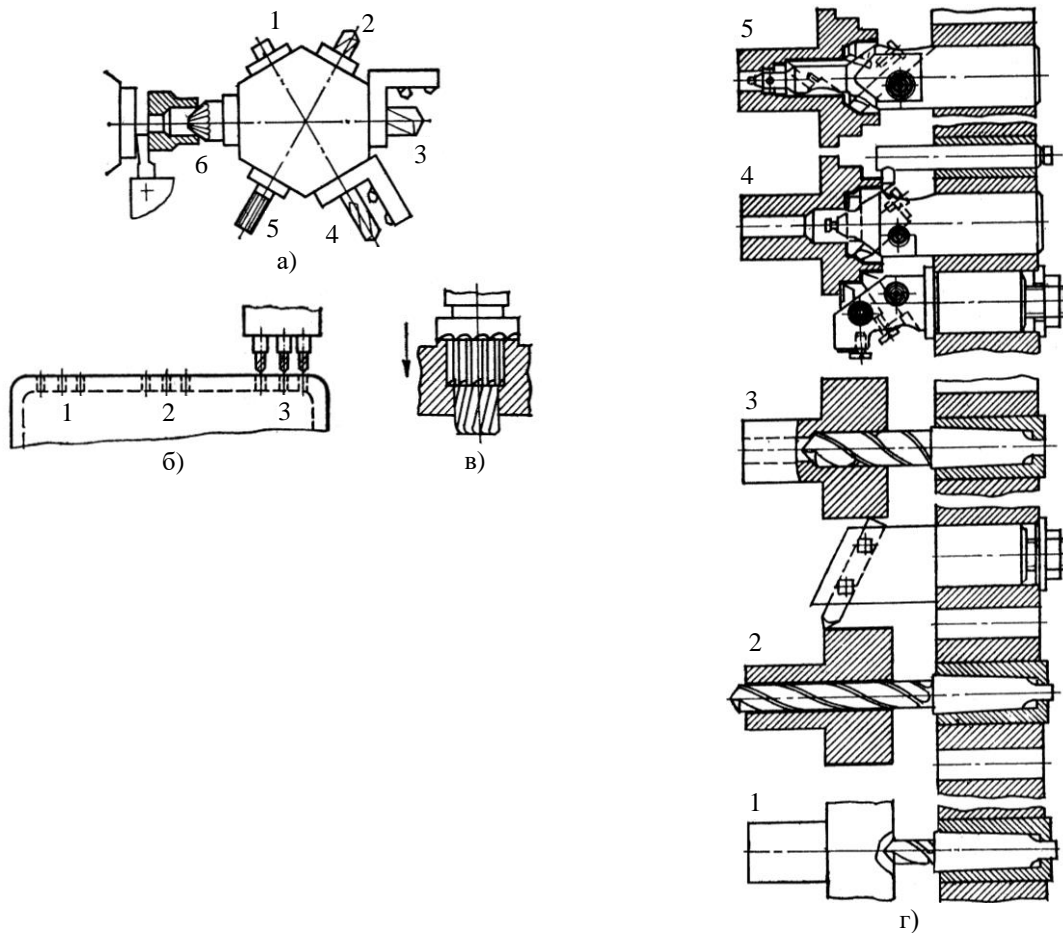


Рис. 5.5. Схема одномісної паралельно-послідовної багатоінструментної обробки:  
 а – на токарно-револьверному верстаті із 6-типозиційною РГ;  
 б – на свердлильному верстаті з послідовним переміщенням (обертанням) багатошпindelної головки в позиції 1-3-6;  
 в – на свердлильному верстаті комбінованим інструментом;  
 г – на токарно-револьверному верстаті з горизонтальною віссю РГ, наприклад, на верстаті мод. 1Г340ПЦ

При одномісній паралельній обробці:

$$T_o = T_{o1}. \quad (5.3)$$

Допоміжний час при цьому визначається за формулою (5.1).

Багатомісні схеми обробки дають можливість поєднання (перекриття) як основного, так і допоміжного часу. Тому вони забезпечують досягнення найвищої продуктивності. Ці схеми можуть здійснюватись в таких варіантах:

1. Всі оброблювані заготовки встановлюються на верстаті одночасно і потім одночасно обробляються одним чи декількома інструментами (рис. 5.6, 5.8, 5.9, а);

2. Заготовки або групи заготовок встановлюються у свої пристосування незалежно від інших заготовок під час обробки останніх і обробляються одночасно або послідовно (рис. 5.7, 5.9, б);

3. Обробка виконується на столі, що безперервно обертається, або барабані при безперервній зміні оброблюваних заготовок (рис. 5.10).

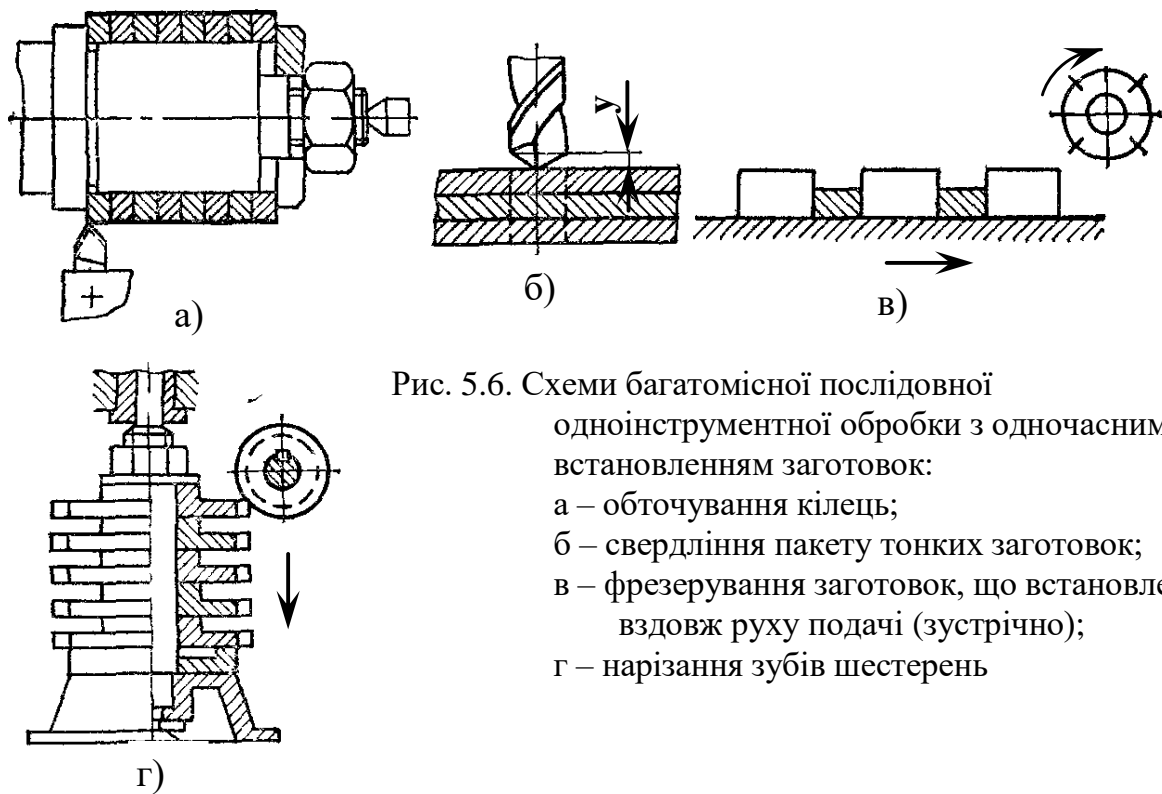


Рис. 5.6. Схеми багатомісної послідовної одноінструментної обробки з одночасним встановленням заготовок:  
 а – обточування кілець;  
 б – свердління пакету тонких заготовок;  
 в – фрезерування заготовок, що встановлені вздовж руху подачі (зустрічно);  
 г – нарізання зубів шестерень

При багатомісній паралельній багатоінструментній обробці з одночасним встановленням заготовок (див. рис. 5.8) витрати основного і допоміжного часу розподіляються між  $Z$  одночасно оброблюваних заготовок і визначаються за формулами:

$$T_o = \frac{T_{oi}}{Z}; \quad (5.4)$$

$$T_d = \frac{T_{вс} + T_{уп}}{Z}. \quad (5.5)$$

Багатомісна послідовна обробка з одночасним встановленням заготовок (див. рис. 5.6) не дає можливості суміщення основного часу обробки заготовок (як це має місце при паралельній обробці), і основний час операції  $T_o$  визначається за формулою:

$$T_o = \sum_{i=1}^n \frac{T_{oi}}{Z}, \quad (5.6)$$

де

$Z$  – кількість послідовно оброблюваних заготовок;

$T_{oi}$  – основний час обробки кожної заготовки.

Необхідно зазначити, що основний час операції  $T_o$ , визначений для багатомісної послідовної обробки за формулою (5.6), може виявитись значно меншим аналогічного часу при одномісній обробці тих же заготовок у зв'язку з істотним скороченням витрат часу на врізання і перебіг інструмента, що входить у значення  $T_{oi}$ .

Допоміжний час у цьому випадку також визначається за формулою (5.5).

Багатомісна послідовна обробка з роздільним встановленням заготовок (див. рис. 5.7) дозволяє суміщати час встановлення заготовок з основним часом, значно скорочуючи допоміжний час, величина якого може бути визначена за формулою:

$$T_d = T_{уп},$$

або у необхідних випадках:

$$T_d = T_{уп} + T_{инд}. \quad (5.7)$$

Основний час  $T_o$  визначається так само, як і при одномісній обробці.

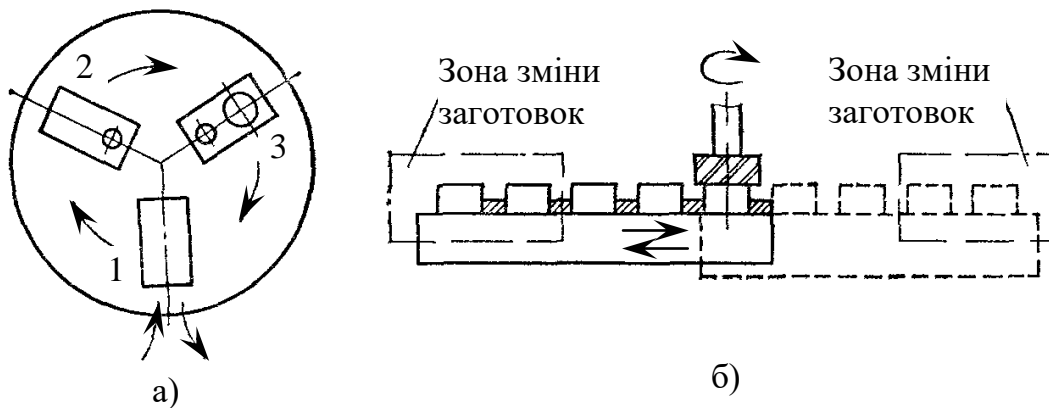


Рис. 5.7. Схеми багатомісної послідовної одноінструментної обробки з роздільним встановленням заготовок:

а – обробка отворів на вертикальному напівавтоматі:

1 – позиція завантаження і знімання заготовок;

2 – позиція свердління малого отвору;

3 – позиція свердління отвору великого діаметра;

б – маятникове фрезерування (зняття оброблених і встановлення нових заготовок відбувається одночасно з фрезеруванням на столі, що рухається)

Багатомісна паралельно-послідовна обробка з роздільним встановленням заготовок (див. рис. 5.9) не тільки дає можливість перекривати час встановлення заготовок з основним часом, скорочуючи загальні витрати допоміжного часу, але і дозволяє виконувати часткове перекриття основного часу переходів. У цьому випадку загальний основний час  $T_o$  визначається тривалістю лімітуючого переходу  $T_{oi}$ , що не перекривається, і кількістю одночасно оброблюваних заготовок:

$$T_0 = \frac{T_{oi}}{Z} . \quad (5.8)$$

Витрати допоміжного часу у свою чергу скорочуються пропорційно кількості одночасно оброблюваних заготовок:

$$T_d = \frac{T_{уп} + T_{инд}}{Z} . \quad (5.9)$$

Багатомісна паралельно-послідовна обробка з безпервним встановленням і зміною оброблюваних заготовок на верстаті (рис. 5.10) забезпечує найвищу продуктивність обробки, оскільки дає можливість здійснити повне поєднання та перекриття допоміжного часу основним. Тому в даному випадку  $T_d = 0$ . Основний час у цьому випадку визначається поділом часу одного оберту стола або барабана на число встановлених на ньому заготовок.

Багатомісна обробка з безпервною зміною оброблюваних заготовок у більшості випадків здійснюється паралельно-послідовно. Однак іноді (при визначених конфігурації та розмірах заготовок) вона може бути застосована при послідовній обробці заготовок. Найбільш зручно здійснюється безпервна зміна заготовок при їх встановленні на обертових столах і барабанах з вертикальною чи горизонтальною віссю обертання.

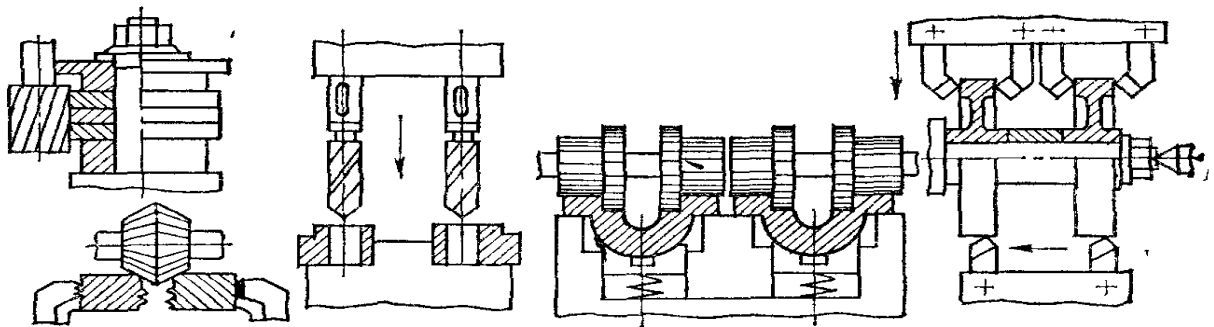


Рис. 5.8. Схеми багатомісної паралельної багатоінструментної обробки з одночасним встановленням заготовок

Для кількісної оцінки прийнятої структури операції може бути визначений коефіцієнт суміщення основного часу операції  $K_{с.о}$  за формулою:

$$K_{с.о} = \frac{T_0}{\sum_{i=1}^n T_{oi}} , \quad (5.10)$$

де  $T_0$  – основний час операції, що не перекривається і входить до складу її штучного часу;

$\sum_{i=1}^n T_{oi}$  – сума всіх елементів основного часу, суміщених та несуміщених переходів операції.

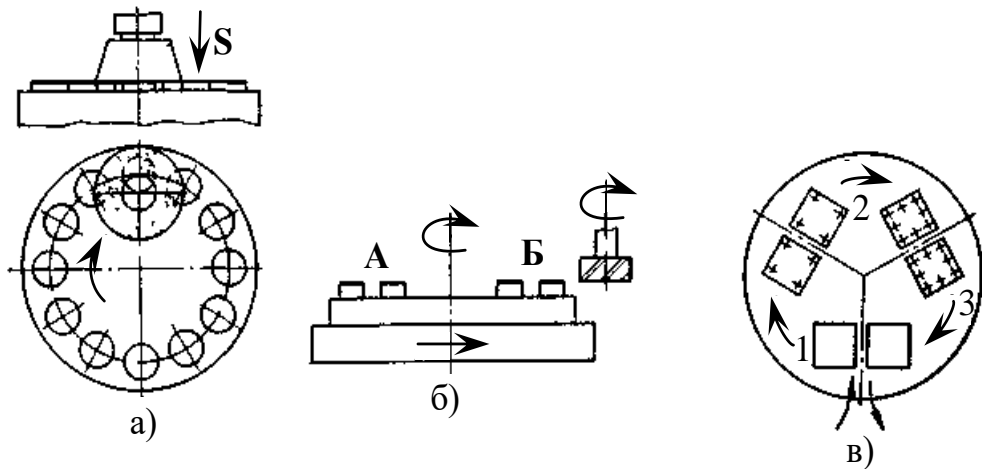


Рис. 5.9. Схеми багатомісної паралельно-послідовної обробки з одночасним (а) і роздільним (б, в) встановленням заготовок:

а – плоске шліфування заготовок;

б – фрезерування на поворотному столі зі зміною групи заготовок А під час обробки заготовок Б після повернення стола в крайнє ліве положення і його повороту на  $180^\circ$  навколо вертикальної осі;

в – обробка на вертикальному токарному напівавтоматі

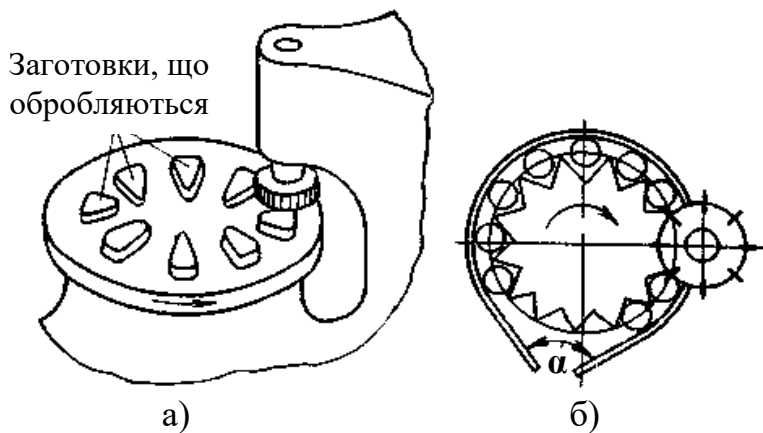


Рис. 5.10. Схеми багатомісної паралельно-послідовної обробки з безперервною зміною заготовок:  
а – безперервне фрезерування;  
б – фрезерування торців валиків

Величина  $K_{c.o}$  змінюється в межах від 0 до 1. За відсутності перекриття переходів  $K_{c.o} = 1$ .

При підвищенні ступеня суміщення коефіцієнт суміщення основного часу зменшується.