

Тема 9: Проектування технологічних процесів

9.1 Класифікація технологічних процесів

Усі технологічні процеси (ТП) механічної обробки заготовок у залежності від умов виробництва і призначення можна розділити на **одиничні й уніфіковані**. Останні, у свою чергу, поділяються на **типові і групові** технологічні процеси.

За рівнем використання досягнень науки і техніки застосовуються **робочі і перспективні** технологічні процеси.

Крім того, по ступеню деталізації проектних рішень технологічні процеси підрозділяються на процеси з **маршрутно-операційним описом, маршрутним описом і операційним описом**.

Зупинимося докладніше на пропонованій класифікації технологічних процесів.

Одиничний техпроцес – це ТП, призначений для виготовлення, або ремонту визначеного виробу одного найменування, типорозміру і виконання.

Уніфікований техпроцес – це ТП, що відноситься до групи виробів (деталей, складальних одиниць), що характеризуються спільністю конструктивних і технологічних ознак.

При цьому, типовий техпроцес – це ТП виготовлення групи виробів із загальними конструктивними і технологічними ознаками.

Груповий техпроцес – це ТП, призначений для виготовлення групи виробів з різними конструктивними, але з загальними технологічними ознаками на спеціалізованих робочих місцях.

Робочий техпроцес – це ТП, реалізований у даних виробничих умовах на конкретному робочому місці.

Перспективний техпроцес – це ТП, розроблений з урахуванням новітніх досягнень технології, що забезпечує зниження собівартості, але вимагає для свого впровадження капітальних вкладень.

Маршрутний опис – опис ТП, що включає опис всіх операцій у маршрутній карті без указівки переходів і режимів обробки (одиничне і дрібносерійне виробництва).

Маршрутно-операційний опис – містить скорочений запис складу окремих операцій і докладний поперехідний опис найбільш складних операцій технологічних процесів (дрібносерійне і середньосерійне виробництва).

Операційний опис – містить у собі поперехідний запис складу всіх операцій з указівкою режимів обробки і засобів технологічного оснащення по кожному переходу. Як правило, операційний опис ТП супроводжується операційними ескізами, на яких відображена схема базування заготовки, потовщеними лініями позначені оброблювані поверхні з указівкою їхніх розмірів, допусків і шорсткості (серійне і масове виробництва, а також дрібносерійне й одиничне виробництва для особливо складних деталей).

9.2 Основні принципи проектування технологічних процесів

При проектуванні ТП виготовлення деталей машин необхідно враховувати новітні досягнення в області обробки металів.

Основними напрямками сучасної технології механічної обробки заготовок є:

- 1) одержання більш точних заготовок з наближенням їх за формою і точністю до готових деталей. Це приводить до економії металу, зменшенню трудомісткості обробки, скороченню термінів виробництва виробів і зниженню собівартості їхнього виготовлення;
- 2) застосування автоматизованих верстатів і багатолезових інструментів (високопродуктивна обробка);
- 3) упровадження сучасних механічних і термохімічних методів зміцнюючих технологій (підвищує експлуатаційні властивості деталей, їхню довговічність і надійність у роботі);
- 4) розробка оптимальних ТП, застосування нових матеріалів, пластмас;
- 5) упровадження єдиної системи ТПВ і її комп'ютеризація.

Існує три основних принципи проектування технологічних процесів:

- 1) технічний;
- 2) економічний;
- 3) екологічний.

Технічний принцип полягає в тому, щоб спроектувати техпроцес, що дозволяє виготовити заданий виріб необхідної якості, забезпечуючи безпеку праці і дотримуючись екологічних принципів.

Економічний принцип передбачає виготовлення вищевказаного виробу з мінімальними витратами у встановлений термін.

Екологічний принцип передбачає при реалізації спроектованих техпроцесів мінімальний збиток для працівників і навколишнього середовища.

9.3 Вихідна інформація для проектування технологічних процесів і її аналіз

Проектування ТП є складною багатоваріантною задачею, що вирішується в умовах недостатньої початкової інформації. Весь процес проектування починається з аналізу вихідної інформації, що міститься в кресленні готового виробу, зведеннях про виробничу систему, обсяг і терміни випуску виробу, про кадри.

Уся вихідна інформація може бути розділена на три основні групи:

- 1) базова – креслення виробу, обсяг випуску продукції з урахуванням відсотка (%) запасних частин, зведення про виробничу систему (дані про устаткування, його стан), терміни випуску, у тому числі по незмінних кресленнях;

- 2) керівна – дані, що містяться в державних стандартах і стандартах підприємств (СТП) усіх рівнів - по устаткуванню, інструменту, техніці безпеки і т.д.;
- 3) довідкова – дані про режими різання, типові ТП, каталоги устаткування, оснащення, інструмента.

При цьому варто пам'ятати, що при проектуванні робочих техпроцесів базові і довідкові дані повинні відбивати дійсний стан виробничої системи, а для перспективних ТП можна використовувати каталоги нового обладнання й оснащення.

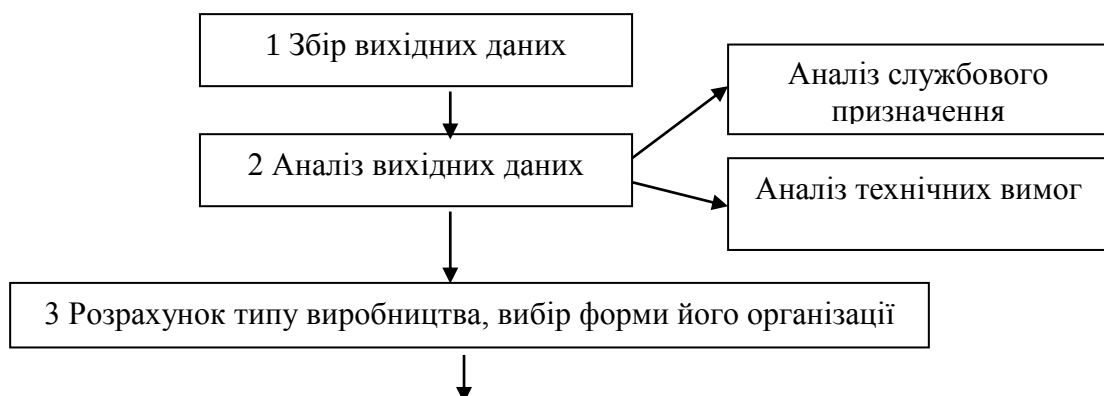
Аналіз базової інформації містить у собі наступні роботи: аналіз службового призначення виробу, включаючи задану деталь і складальні одиниці, куди вона входить (наприклад, компресор). При аналізі службового призначення деталі необхідно з'ясувати функціональне призначення окремих її поверхонь, правильність вибору точності розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь, їхньої шорсткості. Необхідно установити обґрунтованість вибору матеріалу деталі, виду термообробки, покриття.

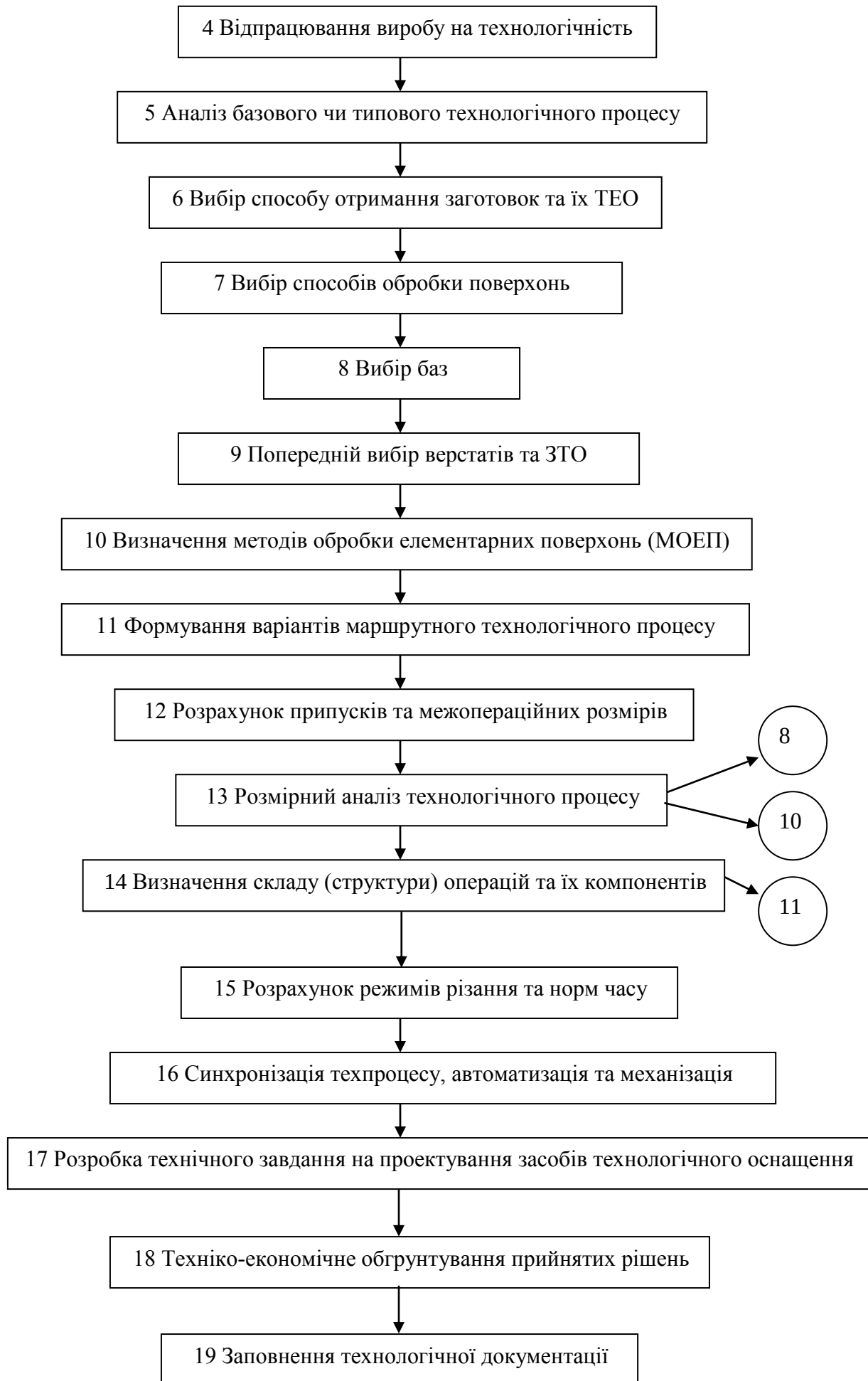
Краще при аналізі базової інформації розчленувати її на два підрозділи: аналіз службового призначення машини, вузла, деталі з виявленням умов їхньої експлуатації й аналіз повноти й обґрунтованості заданих вимог креслення й іншої вихідної інформації.

9.4 Послідовність проектування технологічних процесів

Проектування технологічних процесів механічної обробки і складання є складною, багатоваріантною задачею. По своїй суті це процес переробки вихідної інформації, що є недостатньою і неточною, у кінцеві технологічні рішення. Процес проектування багатоетапний, пов'язаний із синтезом нових даних на кожному етапі, що поповнюють вихідні дані. У результаті багатоваріантності рішень, наприклад, при призначенні способів обробки окремих поверхонь, або виборі верстата, необхідне виконання оптимізаційних розрахунків. Процес проектування ТП є ітераційним, тобто з поверненнями до раніше прийнятих рішень і їхньої корекції.

Послідовність проектування технологічних процесів механічної обробки заготовок можна представити у виді наступного алгоритму, див. малюнок.





Представлена нами послідовність проектування техпроцесів по суті є лише перерахуванням етапів, бо у реальному виробництві з'являється необхідність повернення до раніше виконаних етапів з метою уточнення прийнятих на них рішень.

Розглянемо більш докладно деякі з перерахованих вище етапів пропонованого алгоритму проектування технологічних процесів.

9.5 Визначення типу виробництва, розрахунки такту випуску, розміру партії запуску. Норма виробітку, розрахунок кількості верстатів

На перших лекціях ми з Вами уже визначили, що тип виробництва - класифікаційна категорія виробництва, виділювана по ознаках широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску продукції.

Нагадую, що розрізняють наступні типи виробництв: одиничне; серійне; масове.

На перших етапах проектування тип виробництва можна визначити укрупненим методом по кількості виробів, що випускаються за рік, та масі максимально оброблюваної заготовки, див. підручник Єгорова М.Є, чи по кількості випускаємих за рік (місяць) виробів та середньої трудомісткості складання виробів у годинах, див. підручник Маталіна А.О.

На наступних етапах проектування тип виробництва уточнюється розрахунком коефіцієнта закріплення операцій.

Відповідно до ГОСТ 3.1108-82 однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій, що чисельно дорівнює відношенню кількості операцій, виконуваних у даному виробничому підрозділі за місяць, до кількості робочих місць:

$$K_{30} = \frac{\Sigma O}{P}.$$

$K_{30} \leq 1$ – масове виробництво;

$1 < K_{30} \leq 10$ – великосерійне виробництво;

$10 < K_{30} \leq 20$ – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{30} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво;

$K_{30} > 40$ - одиничне виробництво.

(Більш докладно з розрахунком K_{30} можна ознайомитися в підручнику «Курсове проектування по ТМС» авторів Горбачевича А.Ф. і Шкред В.А.).

Кожному з вище перерахованих типів виробництва властиві відповідні форми організації робіт, про які ми теж уже говорили:

1) по видах устаткування (для одиничного і дрібносерійного виробництв);

2) предметна, властива головним чином серійному виробництву;

3) поточно-серійна чи перемінно-потокова, властива серійному виробництву;

4) прямоточна, властива масовому виробництву (рідше великосерійному);

5) безупинним потоком - властиво тільки масовому виробництву.

Однією з основних характеристик найбільш розповсюдженої потокової форми організації виробництва є такт випуску продукції.

Такт випуску – це проміжок часу, через який здійснюється випуск виробів визначеного найменування і типорозміру (ГОСТ 3.1109-82 – Терміни і визначення основних понять).

$$T_B = \frac{F}{N} \cdot 60 \text{ (мін);}$$

де: F – річний фонд часу роботи устаткування з урахуванням змінності, год.;

N – річний випуск виробів, шт.

В умовах серійного виробництва (дрібносерійного, середньосерійного, великосерійного) визначається розмір партії запуску:

$$P_n = \frac{N \cdot Q}{254} ;$$

де: 254 – кількість робочих днів у році;

Q – періодичність запуску в днях (рекомендується приймати - 3, 6, 12, 24 дні).

Крім цього, необхідно знати й інші визначення і поняття, зокрема, «ритм» і «норма виробітку».

Ритм – кількість виробів визначених найменувань і типорозмірів, що випускаються в одиницю часу.

Норма виробітку – регламентований обсяг роботи, що повинний бути виконаний в одиницю часу, у визначених технологічних умовах, одним чи декількома виконавцями відповідної кваліфікації.

Годинна норма виробітку відповідає годинної продуктивності і визначається по формулі:

$$H_B = \frac{60}{T_{um}} .$$

Існує і змінна продуктивність або виробітка:

$$H_B = \frac{60 \times h}{T_{um}} ;$$

де: h – тривалість зміни в годинах.

Кількість верстатів для виконання визначеної операції техпроцесу при точному проектуванні може бути виразно через штучний час на відповідну операцію по наступним залежностям:

$$N_{a_i} = \frac{T_{um_i} \cdot N_i}{60 \cdot F_{zod} \cdot K_3} \text{ (шт);}$$

де: N_{ϵ_i} - кількість верстатів для виконання i -тої операції;

T_{um_i} - штучний час для i -тої операції, хв.;

N_i - річний обсяг випуску, шт.;

$F_{год}$ - річний фонд часу роботи верстата з урахуванням змінності, год.;

K_3 - коефіцієнт завантаження устаткування (0,65 – 0,9).

Кількість устаткування в потоковій лінії для конкретної операції можна визначити по формулі:

$$N_{\epsilon_i} = \frac{T_{um_i}}{T_{\epsilon}} ;$$

де: T_{ϵ} - такт випуску.

Коефіцієнт завантаження верстата визначається:

$$K_3 = \frac{N_{расч.}}{N_{пр.}} ;$$

де: $N_{розр.}$ - розрахункова кількість верстатів;

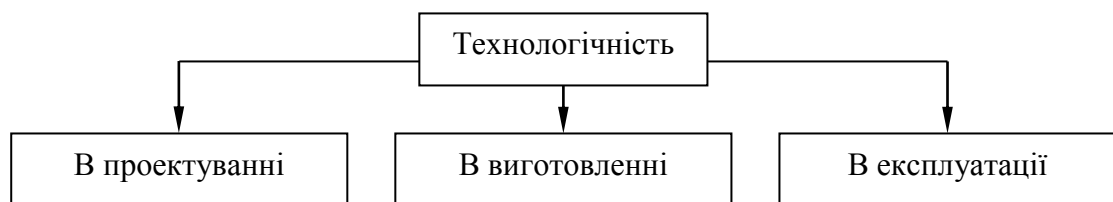
$N_{пр.}$ - прийнята кількість верстатів.

9.6 Оцінка технологічності конструкцій, її якісні і кількісні показники

Тепер розглянемо технологічність конструкцій, див. 4-й етап алгоритму проектування технологічних процесів.

Під технологічністю розуміють властивості виробу, що дозволяють виготовити його й експлуатувати з мінімальними витратами. Питання технологічності розглянуті в ГОСТ 14.201-83.

Усі показники технологічності можна розбити на три основні групи.



У проектуванні технологічність може бути оцінена кількістю уніфікованих вузлів; уніфікацією поверхонь і елементів деталей (наприклад, різьблень, інструментів), уніфікацією застосовуваних матеріалів.

У виробництві технологічність оцінюється простотою застосовуваних методів обробки, уніфікацією технологічних рішень, можливістю застосування високопродуктивного устаткування.

В експлуатації – зручністю ремонту й обслуговування.

ГОСТ виділяє основні і додаткові показники технологічності.

До основних відносять трудомісткість виготовлення виробу (сума нормо-годин виготовлення: механічної обробки, складання), собівартість виготовлення виробу.

До додаткових – трудомісткість видів робіт (заготівельних, механічних, складання), технічні показники, що оцінюють конструкцію виробу, наприклад:

- коефіцієнт уніфікації вузлів: $K_{\text{вг}} = \frac{N_{\text{вг}}}{N_{\text{зг}}}$;
- коефіцієнт уніфікації деталей: $K_{\text{вд}} = \frac{N_{\text{вд}}}{N_{\text{зд}}}$;
- коефіцієнт стандартизації деталей: $K_{\text{сд}} = \frac{N_{\text{сд}}}{N_{\text{зд}}}$;
- коефіцієнт уніфікації поверхонь: $K_{\text{вп}} = \frac{N_{\text{вп}}}{N_{\text{зп}}}$;
- коефіцієнт застосування типових ТП: $K_{\text{ТП}} = \frac{N_{\text{ТП}}}{N_{\text{зТП}}}$.

Для оцінки деталей можна застосовувати коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості.

Коефіцієнт точності:

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{cp}};$$

$$A_{cp} = \frac{\sum A_i \times n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots};$$

де A_i – і-й квалітет точності обробки;

n_i – число розмірів відповідного і – квалітету точності.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}};$$

$$B_{cp} = \frac{\sum B \times n_i}{\sum n_i} = \frac{25n_{25} + 12,5n_{12,5} + 6,3n_{6,3} + \dots}{n_{25} + n_{12,5} + n_{6,3} + \dots};$$

де B_i – числове значення параметра і-й шорсткості (по Ra);

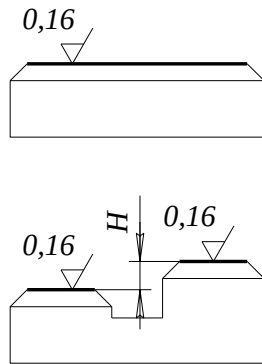
n_i – число поверхонь з відповідним значенням і-й шорсткості.

Необхідно, щоб перераховані вище коефіцієнти $\Rightarrow 1$.

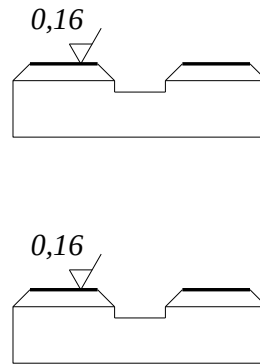
Розглянуті показники технологічності порівнюються з базовими, у якості яких виступають показники кращих зразків конструкцій на сучасному етапі, і робляться відповідні висновки.

Приклади якісної оцінки технологічних і нетехнологічних конструктивних елементів виробів:

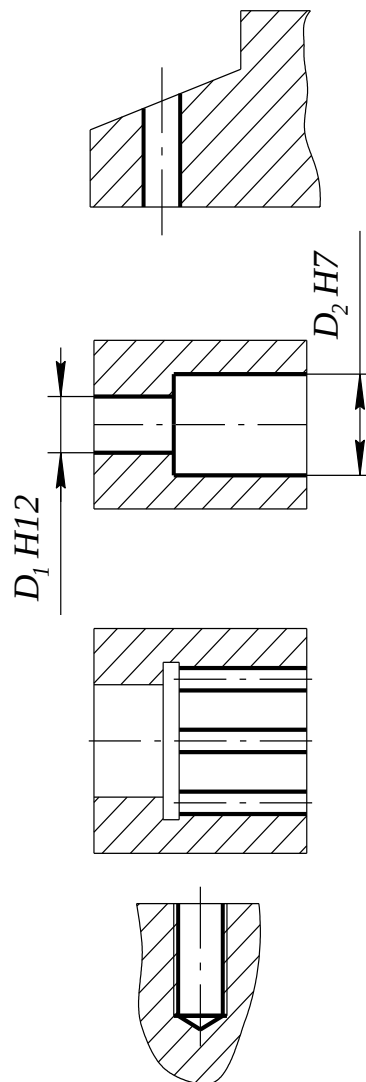
Нетехнологічно



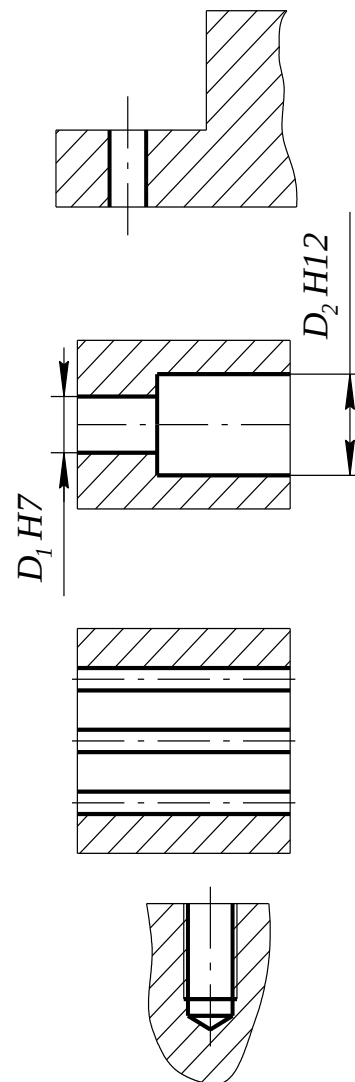
Технологічно



Нетехнологічно



Технологічно



9.7 Аналіз базового (типового) технологічного процесу

Для більш правильного й обґрунтованого складання оптимального варіанта технологічного процесу механічної обробки заготовок спочатку необхідно проаналізувати базовий (заводський) технологічний процес механічної обробки розглянутої заготовки, а при його відсутності – типовий (з підручників) технологічний процес механічної обробки заготовки.

Для всебічного аналізу заводського технологічного процесу механічної обробки заготовки необхідно скласти таблицю технологічного процесу, у якій поряд з номерами і найменуваннями операцій, їхнім коротким змістом, відзначають ще і базування заготовки, а також використовувані металорізальні верстати. Наприклад:

№ п/п операцій	Найменування операцій	Зміст операцій	Базування	Устаткування
005	Заготівельна	Кування		Молот
010	Термічна	Зняття внутрішніх напружень		Піч
015	Виправлення	Виправлення вала		Пристрій для виправлення
020	Термічна	Зняття внутрішніх напружень		Піч
025	Розточувальна	Підрізати торець вала	По зовнішніх циліндричних поверхнях у призмах з упором у торець	Горизонтально-розточувальний верстат мод. 2А620
030	Розмічальна	Розмітити прибуток для зразка		Плита розмічальна
035	Розточувальна	Відрізати заготовку для зразків	Див. операцію №025	Верстат мод. 2А620
....				
110	Фрезерна	Фрезерувати два пази: 28N9×140; 25N9×140	Див. операцію №025	Верстат мод. 2459
115	Маркіровочна	Маркірування деталі		Пристрій для маркірування
120	Контрольна	Контролювати основні розміри деталі		Стіл ВТК
125	Слюсарна	Зачистити заусенці		Верстат слюсарний

При аналізі розглянутої таблиці технологічного процесу указується форма опису технологічного процесу: маршрутне, операційне чи маршрутно-операційне, з, чи без операційних ескізів, з, чи без указівки режимів різання і т.д. До того ж, оформлення маршрутних карт відповідає, чи не відповідає встановленим стандартам, що, в останньому випадку, знижує рівень технологічного забезпечення механічної обробки заготовок, а значить і якість виробництва розглянутих виробів. У технологічному процесі вказуються, чи не вказуються межопераційні розміри заготовки та припуски, що знімаються, є, чи ні допуски на оброблювані розміри, чи зазначені моделі верстатів, є, чи відсутнє базування заготовок і технологічне оснащення.

У процесі аналізу виконується перевірка – чи всі зазначені на кресленні деталі поверхні зазначені для обробки в операціях технологічного процесу. Бувають випадки, коли в заводських технологічних процесах деякі поверхні не зазначені для обробки.

Аналіз заводського технологічного процесу механічної обробки заготовки повинний передбачати всі необхідні етапи обробки поверхонь: чорнові, напівчистові, чистові й інші. При цьому аналізується, чи досить для одержання заданої точності поверхонь тих чи інших етапів обробки. Наприклад, для найбільш точних поверхонь оброблюваного вала - по ІТ6, не досить 3-х кратної обробки. Тут бажано робити обробку в 4 етапи, виконуючи чорнове, напівчистове і чистове точіння, а також шліфування зазначених поверхонь.

Виконується аналіз і з погляду правильності побудови технологічного процесу, див. таблицю. На перших операціях, наприклад, обробки вала, виконується дворазова термообробка і виправлення заготовки, відрізка й обробка зразків для іспитів, що обговорено технічними вимогами до кувань V групи за ГОСТ 8479-70. Після одержання позитивних результатів іспитів, надалі обробляються поверхні «вала», що будуть служити базами на наступних операціях: підрізаються і центруються торці, потім виконується чорнове обточування всіх поверхонь деталі. Після остаточної обробки зразків і проведення їхніх іспитів, виконується чистова токарна обробка всіх поверхонь деталі. Після лезвійної обробки циліндричних поверхонь виконується їхнє шліфування, потім нарізаються різьблення М85×4-7Н, проточуються галтелі, радіуси, канавки, поліруються посадочні поверхні і фрезеруються пази. Таким чином, у деяких випадках можливе порушення принципу поетапності, коли після чистової обробки (шліфування) виконується лезвійна обробка з чорнового етапу. Однак, найчастіше ця міра змушена, оскільки охороняє лезвійний інструмент від поломок при обробці переривчастих поверхонь.

Аналізуються можливості диференціації і концентрації різних операцій. Наприклад, ряд переходів з різних операцій можна об'єднати в одну операцію, підвищивши їхню концентрацію, що прийнятно для умов дрібносерійного виробництва, і знизить собівартість обробки. З іншого боку, необхідність синхронізації операцій може привести до диференціації ряду операцій.

У розглянутому техпроцесі аналізується застосування ручної праці на розмічальних, маркіровочних і слюсарних операціях, що є резервом удосконалювання в знову спроектованому технологічному процесі.

Застосування спеціальних пристосувань, верстатів із ЧПК дозволить відмовитися від розмічальних операцій.

На всіх операціях заводського техпроцесу аналізується застосовуване устаткування і технологічне оснащення, рік їхнього випуску, ступінь механізації й автоматизації. При цьому, перевіряється: чи дотримується принцип сполучення і сталості баз і робляться відповідні пропозиції для знову спроектованого технологічного процесу. Таким чином, виконуваний аналіз показує, наскільки базування, використовуване устаткування й оснащення відповідають заданій програмі випуску і прийнятій формі організації розглянутого виробництва. Виконується й аналіз розташування устаткування на ділянці, як транспортуються між операціями заготовки, за допомогою яких засобів.

При аналізі технологічного оснащення перевіряється використовуваний ріжучий та допоміжний інструменти, правильність вибору методів обробки і підбора матеріалу ріжучих частин. Чи відповідає вимірювальний інструмент прийнятій формі організації виробництва і чи достатня його точність. Наприклад, в умовах дрібносерійного виробництва перевагу варто віддавати “шкальним” інструментам: штангенциркулям, мікрометрам, а в масовому виробництві – граничним калібрам: скобам, пробкам, шаблонам, зразкам шорсткості і т.д. Усе це дозволяє забезпечити необхідну якість оброблюваних поверхонь заготовок, як по точності розмірів, точності форми і взаємного розташування поверхонь, так і по їхній шорсткості.

9.8 Вибір вихідної заготовки і її техніко-економічне обґрунтування

Вибір способу одержання вихідних заготовок залежить від великої кількості факторів, і, у першу чергу, від типу виробництва, конструктивних форм деталей, їхнього призначення, габаритних розмірів, умов роботи в зібраній машині, випробовуваних напруг і т.д. Заготовками для виготовлення деталей машин можуть служити:

- 1) виливки чавунні, сталеві, з кольорових металів, із пластмас;
- 2) кування і штампування;
- 3) прокат сталі (гарячекатаної та холоднокатаної) і кольорових металів.

Фасонні деталі, що не піддаються ударним навантаженням, дії розтягання і вигину, виготовляються звичайно з чавунних виливків; для фасонних деталей машин, що працюють у тяжких умовах і зазнають великих напруг, замість чавунних виливків застосовуються сталеві. З чавуна відливаються станини, рами, плити, коробки, картери, корпуси підшипників, шківів, маховики і т.п.; зі сталі відливаються більш дрібні деталі – фланці, втулки, кронштейни, зубчасті колеса і т.п. Великі деталі зі сталі звичайно не відливають через важкість одержання таких заготовок.

Існує велике різноманіття способів одержання виливків. В одиничному і дрібносерійному виробництвах широке застосування одержало лиття в землю при ручному формуванні по дерев'яних моделях, а в серійному виробництві – лиття в землю при машинному формуванні по дерев'яних та металевих

моделях, лиття в стрижневі форми. У серійному і масовому виробництвах широко використовують лиття в кокіль, в оболонкові форми, лиття по виплавлених моделях, відцентрове лиття і лиття під тиском.

В арсеналі машинобудівників велике різноманіття способів одержання заготовок і методами пластичного деформування металу тиском. В одиничному і дрібносерійному виробництвах широко застосовують вільне кування на молотах і пресах, кування на молотах і пресах з підкладними штампами. У серійному виробництві використовують кування на радіально-кувальних ротаційних машинах, а в серійному і масовому виробництвах – штампування на молотах і пресах, штампування на горизонтально кувальних машинах і кривошипних пресах, штампування з наступним карбуванням, штампування видавлюванням (екструдінг процес), фасонне вальцювання на кувальних вальцях, прокатку штучних заготовок на поперечно-гвинтових і спеціальних станах, холодне висадження на автоматах, волочіння прутків спеціального профілю для наступного виготовлення штучних заготовок.

Заготовки у виді кувань, що виготовляються куванням, і штампувань, що виготовляються в штампах, застосовуються для деталей, що працюють переважно на вигин, розтягання, крутіння і мають значну різницю у різних своїх частинах у поперечних перерізах. При виготовленні кувань прагнуть одержати конфігурацію заготовки, що наближається до спрощеного контуру деталі.

Для правильного рішення в окремих випадках необхідно проаналізувати, що вигідніше: дати спрощену конфігурацію заготовки і знімати надлишок матеріалу при обробці на верстатах, чи дати більш точне кування, по конфігурації і розмірам наближувачихся до готової деталі, і завдяки цьому знімати менше металу на верстатах.

Заготовки у виді кувань, отримані вільним куванням, застосовуються переважно для великих деталей, а в одиничному і дрібносерійному виробництві – і для дрібних деталей.

Заготовки у виді штампування виготовляють куванням у штампах; останні має значні переваги перед вільним куванням. У штампованій заготовки структура металу більш однорідна, завдяки чому деталь буде більш міцною. Штампуванням виходять розміри, найбільш близькі до остаточних; у деяких виробництвах штамповані заготовки використовуються без подальшої механічної обробки, чи з дуже незначною обробкою. При виготовленні штампувань краще використовується метал і зменшується його витрата. Процес виготовлення штампувань у порівнянні з куванням значно швидший і вимагає менш кваліфікованої робочої сили. Собівартість штампованих заготовок менша, ніж кутих. Однак штамповані заготовки застосовуються тільки в тому випадку, якщо по виробничій програмі потрібно значна їх кількість, тобто в великосерійному і масовому виробництвах, тому що для їхнього виготовлення необхідні дорогі штампи, собівартість яких у цьому випадку розкладається на велику кількість заготовок.

Заготовки з прокату (круглого, квадратного, шестигранного) застосовуються для деталей, які наближаються по конфігурації (вигляду) до даного прокату, або, коли немає великої різниці в поперечних перерізах деталі і

коли можна при одержанні остаточної її форми уникнути зняття великої кількості металу. З прокату виготовляються деталі, що мають, за винятком валів, порівняно невеликі розміри.

Таким чином, чим точніше виготовлена заготовка, чим ближче її форма і розміри наближаються до форми і розмірів готової деталі, тим менший обсяг механічної обробки необхідно використовувати і, виходить, буде менша собівартість механічної обробки заготовки. Однак, при цьому буде вище собівартість виготовлення самої заготовки на етапі її одержання.

Крім цього, технолог повинний враховувати і можливості заготівельного виробництва підприємства по реалізації окремих методів виробництва заготовок. У протилежному випадку виникає необхідність їхнього виготовлення на інших підприємствах.

Правильне рішення про вибір способу одержання вихідних заготовок, якщо з погляду технічних вимог є можливість застосування різних їх видів, можна одержати тільки в результаті техніко-економічних розрахунків шляхом аналізу варіантів собівартості готової деталі при тім чи іншому виді заготовок, див. підручник А.Ф. Горбачевича і В.А. Шкред. При цьому, завжди необхідно прагнути, щоб виконувалася умова:

$$C_{\text{виг}} = C_{\text{од.заг.}} + \sum C_{\text{мех.обр.}} \Rightarrow \min;$$

де $C_{\text{изг}}$ – загальна собівартість одержання заготовки і виготовлення готової деталі;

$C_{\text{од.заг.}}$ – собівартість одержання вихідної заготовки;

$C_{\text{мех.обр.}}$ - собівартість механічної обробки заготовки (у крайньому випадку по відрізняючихся операціях).

9.9 Етапи технологічного процесу. Принципи поетапності

Любий технологічний процес виготовлення виробів може бути розбитий на декілька етапів, усередині яких виконується одна чи кілька технологічних операцій. Операції, включені в один етап характеризуються тим, що в них реалізуються методи обробки, які дозволяють досягти приблизно рівну економічну точність і якість поверхні.

На сучасному рівні технологій у роботах, виконаних під керівництвом проф. Цветкова, було виділено 13 етапів.

Виділені етапи мають наступну характеристику:

№ етапу	Найменування етапу	Характеристика етапу
1	2	3
E1	Заготівельний	Одержання заготовок і їх термообробка
E2	Черновий	Знімання напуску (обдирання), $Ra > 12,5$ мкм
E3	Термічний перший	Старіння, нормалізація

1	2	3
E4	Напівчистовий перший	Точність: 11-13 квалітети; $6,3 \text{ мкм} < Ra < 12,5 \text{ мкм}$
E5	Термічний другий	Цементация
E6	Напівчистовий другий	Знімання матеріалу з нетермооброблених поверхонь після цементации, точність: 9-11 квалітети
E7	Термічний третій	Загартування
E8	Чистовий перший	Точність: 6 - 8 квалітети, $0,63 \text{ мкм} < Ra < 2,5 \text{ мкм}$
E9	Термічний четвертий	Азотування, старіння, хіміко-термічна обробка
E10	Чистовий другий	Шліфування поверхонь, що захищаються від азотування
E11	Чистовий третій	Точність: 5 - 6 квалітети, $0,32 \text{ мкм} < Ra < 0,63 \text{ мкм}$
E12	Гальванічний	Нанесення одного чи двох гальванічних покриттів
E13	Доведення	Дуже низька шорсткість

Для більшості виробів дрібносерійного виробництва процес виготовлення деталей завершується на 4 чи 8 етапах, при цьому частина етапів може бути й відсутня.

Використовуючи перераховані вище етапи, при проектуванні технологічних процесів необхідно дотримувати наступних принципів поетапності.

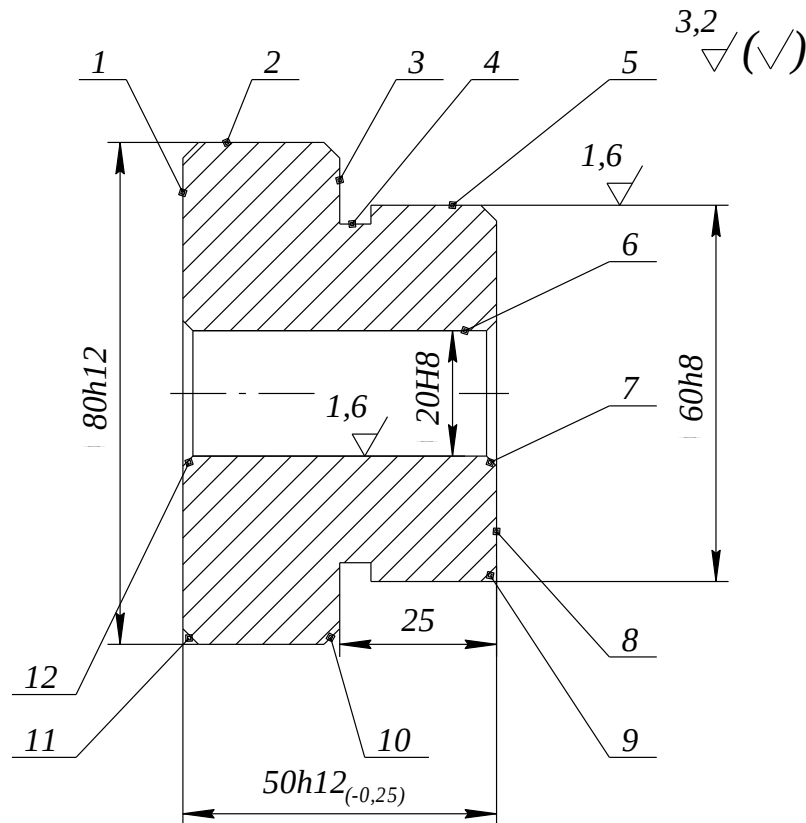
1. Чорнова обробка завжди передуює більш точним методам обробки.
2. При формуванні операцій ТП у них не можна включати методи обробки, що належать різним етапам.
3. У маршрутному техпроцесі операції, що належать етапам з меншим номером завжди передують операціям з більшим номером.

9.10 Вибір методів обробки елементарних поверхонь деталі

В даний час різноманітність технологічних методів, що дозволяють досягти тих самих вимог поверхні, досить велика, однак вони можуть істотно розрізнятися по вартості реалізації і тому раціональні в різних типах виробництва.

Виходячи з цього, та сама поверхня може бути переведена зі стану вихідної заготовки в стан заданий кресленням декількома послідовно виконуваними технологічними методами, що складають маршрути обробки даної поверхні. Ці технологічні методи можуть належати і різним етапам обробки. Дана обставина вказує на багатоваріантність технологічного проектування для однієї поверхні і тим більше для усього виробу в цілому.

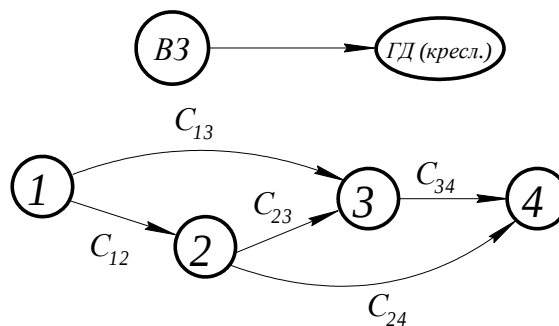
Багатоваріантність обробки поверхні прокоментуємо на наступному прикладі.



Вихідна заготовка - штампування.

Можливі варіанти обробки конкретної поверхні, наприклад, отвору (поверхня 6):

- 1) зенкерування (C_{13}), розгортання (C_{34});
- 2) розточування чорнове (C_{12}), чистове (C_{23}), розгортання (C_{34});
- 3) розточування чорнове (C_{12}), протягування (C_{24}).



Необхідно оптимізувати критерій оцінки маршруту обробки заданої поверхні. Якщо за такий критерій прийняти собівартість механічної обробки, то необхідно прагнути, щоб: $\sum C_{ij} \rightarrow \min$. Тут C_{ij} - собівартість механічної обробки на заданому переході.

За допомогою такої оцінки необхідно визначити маршрути (сукупність методів обробки) всіх елементарних поверхонь деталі. Необхідно так само визначити етапи техпроцесу, до яких відносяться обрані методи обробки. Для полегшення такої оцінки необхідно пронумерувати поверхні деталей по кресленню в довільному порядку. Комплексні поверхні, утворені одним

інструментом, можуть мати один номер (наприклад, поверхня 4 з попереднього креслення).

9.11 Послідовність розробки й обґрунтування маршруту технологічного процесу

При розробці й обґрунтуванні маршруту технологічного процесу виготовлення деталі вихідними даними служать розроблені раніше маршрути обробки елементарних поверхонь (МОЕП). Розробку маршруту технологічного процесу механічної обробки деталі зручно вести у формі таблиці, див. нижче.

Етап обро б.	Метод обробки	Точ- ність ,ІТ	Rz	Номера ЕОП								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9- 12
Э1	Заготівельний: штампування			+	+	+		+			+	
Э4	Напівчистова перша обробка: чорнове точіння	12	12,5		+			+				
	підрізання торця	12	12,5	+		+					+	
	свердління	12	12,5						+			
Э6	Напівчистова друга обробка: точіння напівчистове	10	3,2		+			+				
	розточування напівчистове	10	3,2						+			
	прорізання канавки	10	3,2				+					
	точіння фасок	10	3,2							+		+
	підрізання торців остаточне	10	3,2	+		+					+	
Э8	Чистова перша: шліфування	8	1,6					+				
	розгортання	8	1,6						+			

Отримана таблиця являє собою матрицю техпроцесу, на підставі якої можна визначити з яких етапів складається техпроцес і скласти укрупнені операції.

У нашому випадку ТП містить у собі наступні укрупнені операції:

ТП → Е1, Е4, Е6, Е8.

Подальший аналіз укрупнених операцій дозволяє з них виділити звичайні операції технологічного процесу.

Зокрема: Е1 - операція 005 – заготівельна (штампування).

Е4 - операція 010 - укрупнена.

Аналізуючи склад методів обробки з етапу Е4, дійдемо висновку, що вони всі можуть бути реалізовані на токарному устаткуванні отже, операція 010 – токарна чорнова. Дана операція є укрупненою, тому що в неї включаються переходи, нездійсненні в одному установі, наприклад, бази: поверхні 1 і 2, а обробляємо поверхні: 3, 5, 6, 8. Бази: поверхні 5 і 8, обробляємо поверхні 1 і 2. При використанні принципів концентрації це буде одна операція з двома установами, а при використанні принципу диференціації це будуть дві різні операції.

Укрупнена операція Е6 - 015 – токарна напівчистова.

А от укрупнену операцію Е8 необхідно розбити на дві операції, тому що через розходження в методах обробки: шліфування і розгортання, їх не можна реалізувати на одному верстаті. Тому 020 – шліфувальна (чистова), і 025 – вертикально-свердлильна і т.д.

Рекомендації для встановлення послідовності операцій

1. У першу чергу треба обробляти поверхні деталі, що будуть базами для наступної обробки.

2. Потім варто обробляти поверхні, з яких знімається найбільш товстий шар металу, тому що при цьому легше знайти внутрішні дефекти (раковини, тріщини і т.п.).

3. Операції, де існує імовірність появи браку через дефекти в матеріалі чи складності механічної обробки, повинні виконуватися на початку ТП.

4. Далі послідовність операцій встановлюється в залежності від необхідної точності: чим точніше поверхня – тим пізніше вона повинна оброблятися, тому що обробка кожної наступної поверхні може викликати викривлення (перекручування) раніше обробленої поверхні. Це відбувається через те, що зняття кожного шару металу викликає перерозподіл внутрішніх напружень, що викликає деформацію деталі.

5. Поверхні, що повинні бути найбільш точними і з мінімальною шорсткістю, повинні оброблятися останніми. Цим виключається або зменшується можливість зміни розмірів і ушкодження остаточно оброблених поверхонь. Якщо такі поверхні були оброблені раніше і після них обробляли інші, то на закінчення їх необхідно обробити повторно.

6. Неприпустиме сполучення (виконання) чорнових і чистових операцій на одному верстаті через більший знос деталей верстата із-за великих сил різання та сил затиску, що приводить до зниження точності обробки.

9.12 Концентрація і диференціація технологічного процесу

У попередньому розділі при аналізі укрупнених операцій ми зштовхнулися з Вами з поняттями концентрації і диференціації операцій. Що ж це таке?

При диференціації склад операції характеризується мінімальною кількістю переходів, тобто техпроцес складається з безлічі простих операцій. У межі операція складається з 1-го робочого ходу.

Достоїнства диференціації:

- висока продуктивність;
- оптимальні умови роботи інструмента;
- спеціалізація робочих місць;
- низька кваліфікація робітників або й повна їх відсутність;
- низька собівартість виготовлення деталі.

Недоліки диференціації:

- збільшення кількості устаткування;
- збільшення площ;
- збільшення кількості робітників.

Область застосування - масове і великосерійне виробництво.

Концентрація полягає в тому, що в операції поєднують максимально можливу кількість переходів. У межі весь ТП - 1 операція.

Буває послідовна і паралельна концентрація.

Послідовна концентрація полягає у виконанні в одній операції великої кількості переходів з послідовною зміною інструмента. Наприклад, обробка на універсальному токарному верстаті (одиничне і дрібносерійне виробництва), обробка на верстатах із ЧПК, у тому числі на багатоопераційних верстатах (дрібносерійне і середньосерійне виробництва), обробка на токарно-револьверних верстатах (серійне виробництво). При послідовній концентрації машинний час (час впливу на заготовку) дорівнює сумі машинних часів окремих переходів.

Паралельна концентрація полягає в тім, що в одній операції виконується велика кількість переходів на декількох позиціях. Наприклад, обробка на шестишпиндельному напівавтоматі.

Машинний час при паралельній концентрації дорівнює машинному часу обробки заготовки на самій трудомісткій позиції.

Достоїнства принципу концентрації:

- скорочення штучного часу на обробку;
- зменшення кількості устаткування;
- скорочення виробничих площ;
- скорочення числа працюючих;
- підвищення точності обробки за рахунок зменшення кількості перестановок заготовки.

Недоліки принципу концентрації:

- необхідність висококваліфікованих робітників-настроювачів;
- тривалість налагодження;
- неоптимальні умови роботи ріжучого інструмента;
- чим складніше Т-система, тим менше надійність її в роботі;
- висока вартість устаткування.

Область застосування: дрібносерійне, середньосерійне, великосерійне і масове виробництво.

9.13 Визначення структури технологічної операції

Після складання маршруту технологічного процесу виготовлення деталі необхідно установити структури його окремих операцій.

Вибір структури технологічних операцій є дуже складним питанням, що завершує складання технологічного процесу. Структур операцій при тім чи іншому методі обробки на одному верстаті в багато разів більше, ніж самих методів.

Продуктивність технологічних операцій у значній мірі залежить від їхніх структур, обумовлених кількістю заготовок, одночасно встановлених у пристосування чи на верстаті (одне- чи багатомісна обробка), кількістю інструментів, використовуваних при виконанні операції (одне- чи багатоінструментальна обробка), і послідовністю роботи інструментів при виконанні операції.

Визначення структури операцій і устаткування за умови забезпечення заданої якості деталі зводиться до вибору варіантів по продуктивності, оцінки їх по економічності і вибору оптимального варіанта для даних умов. (Найбільше повно ці питання освітлені в книзі Д.В. Чарнко «Основи вибору технологічного процесу механічної обробки», Машгіз, М.: 1963 р.).

Для того, щоб вибрати варіант структури операції, спочатку варто визначити головні обмежуючі умови, за рахунок яких можна одержати обмежену кількість варіантів для порівняння, після чого і роблять їхню оцінку по продуктивності й економічності.

Такими обмежуючими умовами є:

- 1) програма і такт випуску виробів;
- 2) тип деталі і її конструкція;
- 3) розміри деталі, допуски і взаємозв'язки оброблюваних поверхонь;
- 4) методи обробки і бази, прийняті в даній операції;
- 5) можливість чи неможливість обробки деталі в одній позиції з різних сторін.

Ознаки різних структур операцій слідуючі.

1. Послідовний вступ інструментів у роботу чи послідовне розташування декількох заготовок у пристосуванні по напрямку руху подачі характеризує структуру операції з послідовною обробкою.

2. При паралельному розташуванні оброблюваних заготовок у пристосуванні, тобто при їхньому розташуванні перпендикулярно напрямку руху подачі, і при одночасній обробці декількох поверхонь однієї чи декількох заготовок формується структура операції з паралельною обробкою.

3. При багатомісній обробці заготовок, розташованих у пристосуванні в кілька рядів уздовж і поперек руху подачі, операція характеризується як структура з паралельно-послідовною обробкою.

Нам відомо, що в норму штучного часу входять основний (машинний) час t_0 (t_m), допоміжний час (t_d), норма часу на організаційне і технічне обслуговування верстата ($t_{обсл}$), час на відпочинок ($t_{від}$), тобто:

$$t_{шт} = t_0 + t_d + t_{обсл} + t_{від}.$$

Норму штучного часу можна виразити і так:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{дод};$$

де $t_{оп}$ – оперативний час;

$t_{дод}$ – додатковий час на операцію:

$$t_{дод} = t_{обсл} + t_{від};$$

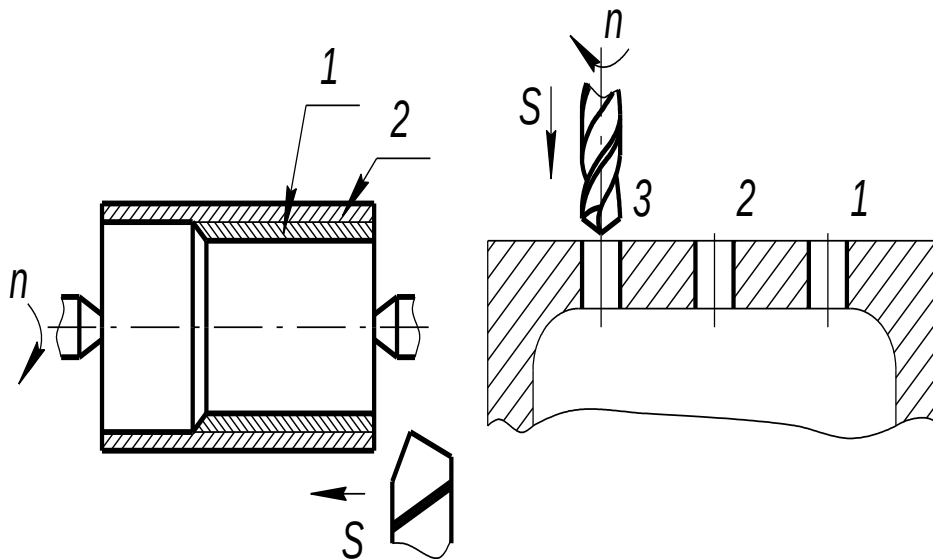
$t_{дод}$ – це час, що не входить у циклові витрати часу, і він визначається в % від $t_{оп}$ ($t_{дод} = [7 \div 12] \times t_{оп}$), і значить не впливає на побудову операції, тобто її структуру.

У той же час $t_{оп}$ – це циклові витрати часу, від яких залежить теоретична продуктивність операції. Цей час містить у собі усі вищеописані обмеження при виборі структур технологічних операцій і, виходить, впливає на вибір цих структур через продуктивність устаткування.

Очевидно, що сполучення окремих складових оперативного часу ($t_{оп}$): t_o чи t_d зменшує $t_{оп}$, тобто збільшує продуктивність устаткування. Таким чином, це свідчить про те, що склад оперативного часу є ознакою тієї чи іншої структури технологічної операції.

На основі вищевикладеного розглянемо схеми основних структур технологічних операцій.

1. Одномісна і послідовна обробка одним (рисунок 1) чи декількома



1. Рисунок 1 – Одномісна послідовна одноінструментальна обробка змінюваними інструментами (рисунок 2).

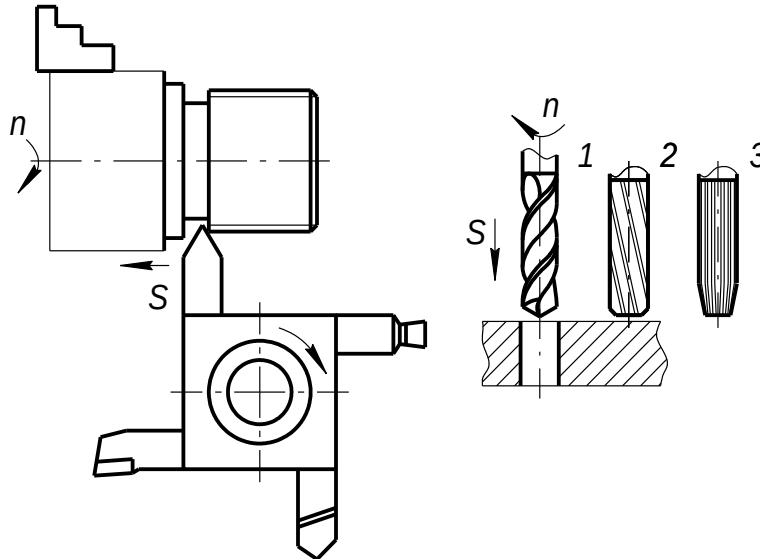


Рисунок 2 – Одномісна послідовна багатоінструментальна обробка змінюваними інструментами

У цьому випадку немає можливості сполучити t_o обробки окремих поверхонь і окремих переходів і тому t_o , що входять у норму $t_{шт}$, визначаються сумою t_o всіх переходів операції:

$$t_o = \sum_{i=1}^n t_{o_i} .$$

Допоміжний час (t_d) складається з (t_{yc}) - часу на установку, закріплення і зняття заготівлі, ($t_{кер}$) - часу на керування верстатом. Для верстатів із ЧПК ще додається час на індексацію ($t_{інд}$) – переміщення частин верстата в нові і вихідні позиції та їх фіксацію. У такий спосіб:

$$t_d = t_{yc} + t_{кер} + t_{інд} .$$

Сюди ще може входити і час на контрольні виміри ($t_{вим}$), а так само час на зміну інструмента ($t_{зм. інстр}$) - характерно для обробних центрів:

$$t_d = t_{yc} + t_{кер} + t_{вим} + t_{інд} + t_{зм. інстр} .$$

Час $t_{вим}$ включається в тих випадках, коли час контрольних вимірів поверхонь оброблюваної заготовки не може бути перекрито часом t_o виконання операції.

2. Для одномісної паралельної обробки можливі наступні варіанти структур:

- а) одномісна одноінструментальна обробка фасонним інструментом, наприклад, фасонним різцем (рисунок 3) чи наборами інструментів (рисунок 4);
- б) одномісна паралельна багатоінструментальна обробка (рисунок 5);
- в) одномісна паралельно-послідовна багатоінструментальна обробка (рисунок 6).

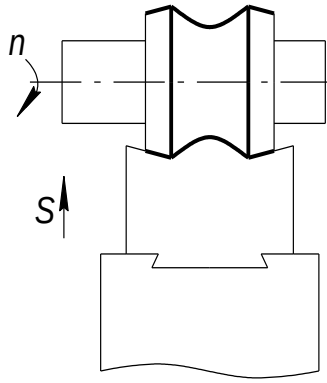


Рисунок 3 – Одномісна паралельна одноінструментальна обробка

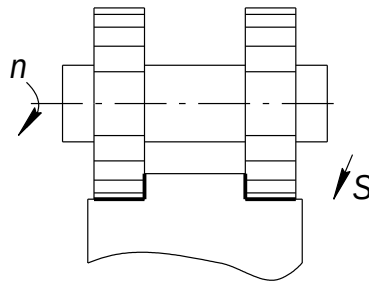


Рисунок 4 – Одномісна паралельна обробка набором інструментів

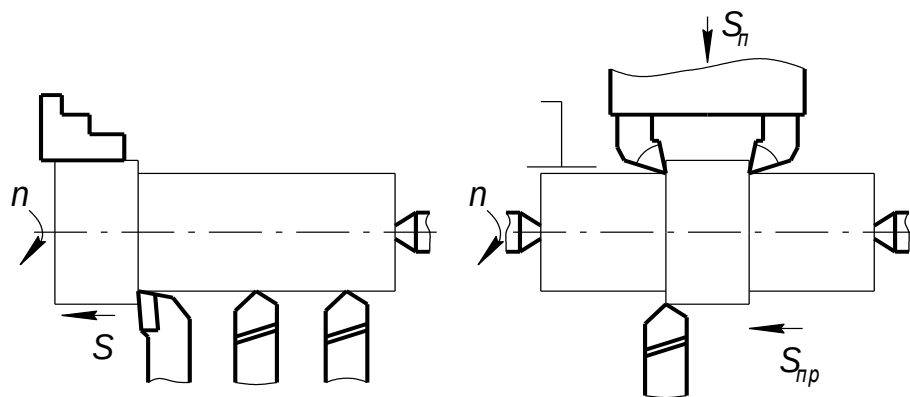


Рисунок 5 – Одномісна паралельна багатоінструментальна обробка

Для даних структур основний час виконання окремих переходів (t_{o_i}) сполучається і загальна тривалість t_o операції визначається тривалістю $t_{o_{\max}}$, що лімітує, тобто часом найбільш навантаженого переходу, що перекриває тривалість всіх інших переходів:

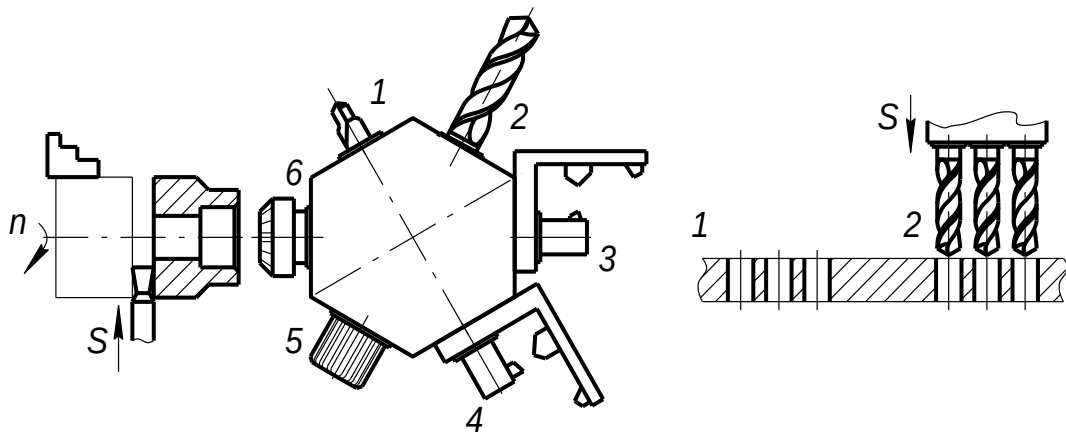


Рисунок 6 – Одномісна паралельно-послідовна багатоінструментальна обробка

- для одномісної паралельної обробки:

$$t_o = t_{o \max};$$

- для одномісної паралельно-послідовної багатоінструментальної обробки:

$$t_o = \sum_{i=1}^n t_{o_{\max i}}.$$

Допоміжний час визначається аналогічно попереднім структурам:

$$t_d = t_{yc} + t_{кер} + \dots$$

3. Багатомісні схеми обробки дозволяють сполучити як t_o так і t_d , тому вони забезпечують найвищу продуктивність обробки.

Тут можливі наступні три принципово різні структури операцій.

3.1 - всі оброблювані заготовки встановлюються на верстаті одночасно і потім одночасно обробляються одним чи декількома інструментами, див. рисунки 7 і 8.

3.2 – заготовки чи групи заготовок установлюються на верстат незалежно від інших заготовок під час обробки останніх і обробляються одночасно чи послідовно (рисунки 9 і 10).

3.3 - обробка на безперервно обертовому столі чи «роторі» при безперервній зміні заготовок (рисунок 11).

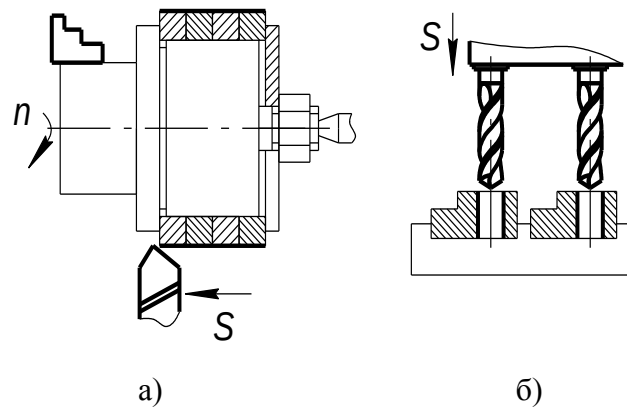


Рисунок 7 – а) багатомісна послідовна одноінструментальна обробка з одночасної установкою заготовок; б) багатомісна паралельна багатоінструментальна обробка з одночасною установкою заготовок

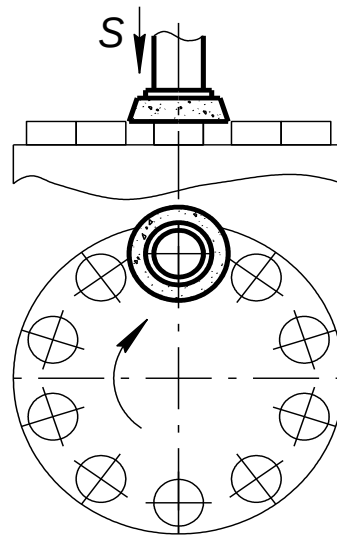


Рисунок 8 – Багатомісна паралельно-послідовна обробка з одночасною установкою заготовок

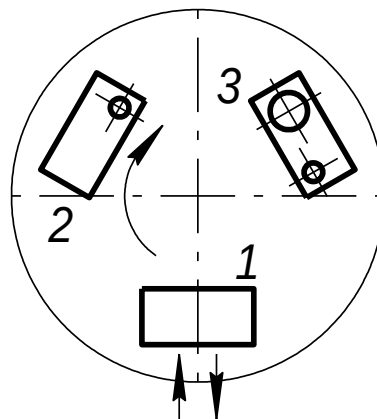


Рисунок 9 – Багатомісна послідовна одноінструментальна обробка з роздільною установкою заготовок

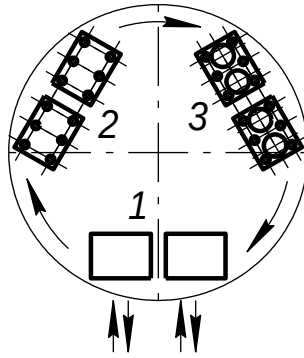


Рисунок 10 – Багатомісна паралельно-
послідовна обробка з
роздільною установкою
заготовок

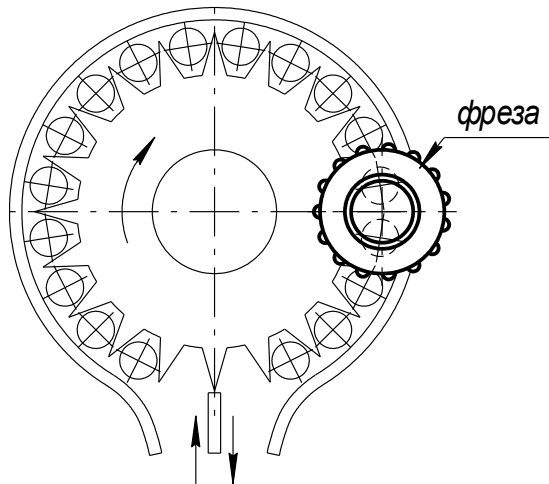


Рисунок 11 – Багатомісна паралельно-
послідовна обробка з
безперервною зміною заготовок

У підсумку, при багатомісній паралельній багатоінструментальній обробці з одночасною установкою заготовок витрати t_o і t_d розподіляються між n одночасно оброблюваних заготовок:

$$t_o = \frac{t_{o_{\max}}}{n} \quad (\text{рисунок 7.б}),$$

$$t_d = \frac{(t_{yc} + t_{кер})}{n}.$$

Багатомісна послідовна обробка з одночасною установкою заготовок не дає можливості сполучення t_o , як при паралельній обробці. У підсумку:

$$t_o = \frac{\sum t_{oi}}{n} \quad (\text{рисунок 7.а}).$$

Однак і тут є виграш у часі, тому що t_o , визначене для багатомісної послідовної обробки, менше аналогічного часу при одномісній обробці тих же заготовок у зв'язку зі скороченням витрат на врізання і перебіг інструмента. Допоміжний час дорівнює:

$$t_o = \frac{t_{yc} + t_{кер}}{n}.$$

Багатомісна послідовна обробка з роздільною установкою заготовок (рисунок 9) дозволяє сполучати час установки заготовок t_{yc} із t_o , значно скорочуючи допоміжний час:

$$t_d \rightarrow t_d = t_{кер}; \quad (\text{чи } t_d = t_{кер} + t_{инд}).$$

Основний час t_o визначається так, як і при одномісній обробці.

Багатомісна паралельно-послідовна обробка з роздільною установкою заготовок (рисунок 10) дає можливість сполучати час установки заготовок з t_o , а також здійснити часткове сполучення t_o . У цьому випадку t_o визначається тривалістю $t_{o, \max}$, що не перекривається (лімітуючого) переходу і числом одночасно оброблюваних заготовок:

$$t_o = \frac{t_{o, \max}}{n},$$

а витрати t_d також скорочуються пропорційно числу одночасно оброблюваних заготовок:

$$t_o = \frac{t_{кер} + t_{инд}}{n}.$$

Багатомісна паралельно – послідовна обробка з безупинною установкою і зміною заготовок на верстаті (рисунок 11) забезпечує найвищу продуктивність обробки, тому що здійснюється повне сполучення і перекриття $t_d \rightarrow t_o$, тому в даному випадку: $t_d = 0$. Основний час t_o тут визначається розподілом часу одного обороту столу, чи «ротора» на число встановлених на ньому заготовок.

Кількісну оцінку структури операції можна визначити за коефіцієнтом сполучення основного часу операції:

$$K_{c.o} = \frac{t_o}{\sum t_{oi}};$$

де t_o – це основний час операції, що не перекривається, і входить до складу тшт, $\sum t_{oi}$ - сума всіх елементів t_o , сполучених і не сполучених переходів операції.

$$0 \leq K_{co} \leq 1$$

При підвищенні ступеня сполучення $K_{co} \rightarrow 0$, а при відсутності сполучення переходів: $K_{co} = 1$.

9.14 Обґрунтування вибору верстатів, технологічного оснащення, ріжучого та вимірювального інструментів

9.14.1 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

Вибір металорізального устаткування здійснюється за ГОСТ 14.304-73.

При цьому необхідно враховувати наступне:

- 1) застосовувані технологічні методи обробки;
- 2) габаритні розміри робочого простору;
- 3) потужність електродвигунів;
- 4) тип виробництва;
- 5) установлювана кількість інструментів.

Виходячи з цього, у дрібносерійному й одиничному виробництвах перевага віддається верстатам із ЧПК, універсальним верстатам. У середньо- і великосерійному типах виробництв більш широке застосування знаходять агрегатні і револьверні верстати, верстати напіваавтомати, рідше – верстати з ЧПК. У масовому типі виробництва, в основному, використовуються спеціальні верстати – автомати, автоматичні лінії.

При проектуванні робочих ТП необхідно орієнтуватися на устаткування, що є на заводі; при перспективному проектуванні - на нове прогресивне обладнання, яке можна знайти в каталогах верстатів.

9.14.2 Вибір верстатних пристроїв

Вибір технологічного оснащення здійснюється за ГОСТ 14.305-73.

При цьому необхідно враховувати наступні критерії:

- 1) тип виробництва;
- 2) тривалість випуску продукції;
- 3) коефіцієнт завантаження.

Спочатку необхідно визначити систему пристосування. ГОСТ 14.305-73 дозволяє це здійснити (вибрати систему пристосувань):

- УЗП – універсально-збірні пристосування (знаходять застосування в одиничному і дрібносерійному виробництвах);
- ЗРП – збірно-розбірні пристосування, у яких деякі елементи пристосування підганяються під конкретну деталь (великосерійне виробництво);
- СНП – спеціальні нерозбірні пристосування, які використовуються для однієї конкретної деталі (масове виробництво);
- УБП - універсальні безналагоджувальні пристосування – патрони, тиски (одиничне, дрібносерійне виробництва).

У масовому виробництві найчастіше пристосування є невід'ємною частиною верстата – СНП.

Після визначеної системи пристосування, її необхідно доповнити визначеним рівнем автоматизації (механізації).

При проектуванні пристосувань необхідно визначити сили різання, по них – сили закріплення, а потім – розраховують характерні розміри, наприклад, діаметр і хід поршня пневмо- чи гідроциліндра.

Завершується проектування пристосувань точністними розрахунками.

По перерахованими вище даними по каталогах підшукується необхідне пристосування, або подається заявка в конструкторське бюро оснащення на його проектування і наступне виготовлення.

9.14.3 Вибір вимірювального інструмента

Вибір вимірювального інструмента здійснюється відповідно до ГОСТ 14.306-73.

При їхньому виборі необхідно дотримувати наступних критеріїв:

- 1) точність вимірів;
- 2) трудомісткість вимірів;
- 3) тип виробництва.

В одиничному і дрібносерійному виробництвах перевага віддається універсальним засобам виміру типу «шкальних»: штангенциркулі, мікрометри, індикатори.

У середньосерійному і великосерійному виробництвах широке застосування знаходять контрольно-вимірювальні засоби спеціального призначення.

У масовому виробництві в більшості використовуються граничні калібри: скоби, пробки, шаблони, а також методи активного контролю, що дозволяють виконувати контроль за допомогою спеціальних датчиків в умовах безпосередньої обробки заготовок на верстатах.

При визначенні необхідного засобу виміру необхідно знати його точність, яка обумовлена ціною розподілу засобу виміру.

Для спрощеного визначення ціна розподілу складає $1/3 \div 1/4$ допуску вимірюваного параметра.

Більш точний засіб виміру визначається по його метрологічних характеристиках. Зокрема, спочатку визначається припустима похибка виміру:

$$[\Delta_{\text{вим}}] = (0,25 \div 0,35) T_{\uparrow};$$

де: $T_{\uparrow}$ - допуск на контрольований параметр, наприклад, на радіальне биття.

Потім визначається припустима похибка вимірювального інструмента:

$$[\Delta_{\text{ін}}] = (0,7 \div 0,8) \times [\Delta_{\text{вим}}],$$

і розрахункова ціна розподілу засобу виміру:

$$[c_p] \cong [\Delta_{\text{ін}}] \text{ і т.д.}$$

У завершення визначається фактична похибка виміру:

$$\Delta_{\text{ф.вим}} = E_y + \Delta_B + \Delta_e + \Delta_{\text{зус}} + \Delta_t + \Delta_{\text{ін}},$$

де: E_y – похибка установки контрольованої деталі в контрольно-вимірювальному пристосуванні;

Δ_B – похибка передатного важеля;

Δ_e – похибка еталона;

$\Delta_{\text{зус}}$ – похибка від вимірювального зусилля засобу виміру;

Δ_t – похибка від температурних деформацій;

$\Delta_{\text{ін}}$ – інструментальна похибка засобу виміру.

При цьому, повинна виконуватися умова:

$$\Delta_{\text{ф.вим}} \leq [\Delta_{\text{вим}}].$$

9.14.4 Обґрунтування вибору різальних інструментів

При виборі різальних інструментів необхідно враховувати:

- 1) метод обробки;
- 2) етап (стадію) обробки - чорнова, чистова, оздоблювальна і т.д.;
- 3) габарити металорізального устаткування;
- 4) застосовувані ЗОТЗ (змазочно-охолоджуючі технологічні засоби);
- 5) матеріал заготовки та її стан;
- 6) матеріал ріжучої частини інструмента.

Необхідно орієнтуватися на універсальні, стандартні, нормалізовані інструменти. При цьому, також необхідно використовувати допоміжний інструмент (наприклад, для закріплення фрез необхідно використовувати оправки) і т.д.

9.15 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання ведуть поперехідно, дотримуючись наступної послідовності.

Спочатку указується вихідна інформація для розрахунку режимів різання, зокрема, операційний ескіз заготовки з позначенням стовщеними лініями оброблюваних поверхонь, їхніх розмірів з допусками і шорсткістю, маса і матеріал заготовки, устаткування, пристосування, різальний інструмент із геометричними параметрами і матеріалом ріжучої частини, вимірювальний інструмент.

Потім виконується безпосередній розрахунок режимів різання, у послідовності, що **порушувати не можна**.

1. Визначається припуск, що знімається, Z :

$$Z = l_{\text{до обр.}} - l_{\text{після обр.}};$$

і глибина різання:

$$t = \frac{z}{i}.$$

де: $l_{\text{до обр.}}$ – розмір заготовки до обробки;
 $l_{\text{після обр.}}$ – розмір заготовки після обробки;
 i – кількість проходів при обробці.

2. Визначається подача інструмента S з обліком усіх поправочних коефіцієнтів, а потім розрахункове значення подачі коректується по паспорту верстата S_n у меншу сторону (допускається збільшення подачі не більше ніж на 10-15%).

3. По формулі визначається швидкість різання, як функція різних складових різання:

$$V = f(D, T, t, S...);$$

де: D – діаметр обробки;
 T – період стійкості інструмента.

4. Визначається число оборотів:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

Потім, число оборотів коректується по паспорту верстата n_n у найближчу меншу сторону (допускається збільшення числа оборотів не більше ніж на 10-15%) і перераховується фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_n}{1000}.$$

5. Визначаються сили різання: P_z , (P_o і $M_{кр}$ – для свердління).

6. Визначається потужність різання N_p і робиться перевірка:

$$N_p < N_v \cdot \eta;$$

де: N_v – потужність верстата;
 η – коефіцієнт корисної дії верстата: $\eta = 0,75...0,85$.

7. У завершення виконується розрахунок основного часу на заданий перехід:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_n \cdot n_n},$$

Тут L – довжина обробки:

$$L = l_{дет} + l_{ер} + l_{пер},$$

де: $l_{дет}$ – довжина оброблюваної поверхні заготовки;
 $l_{ер}$ – довжина врізання інструмента;
 $l_{пер}$ – довжина перебігу інструмента.

9.16 Нормування технологічного процесу і синхронізація операцій

Після розрахунку режимів різання на основні переходи операцій технологічного процесу розрахунково-аналітичним методом і на інші переходи (що залишилися) – табличним методом, виконують технічне нормування операцій механічної обробки.

Метою такого нормування є визначення норми часу і розцінки на кожну операцію. По ним виконується оплата праці і розраховується продуктивність устаткування.

Основи технічного нормування операцій технологічного процесу ми з Вами вже розглядали на попередніх лекціях. Тому тут ми зупинимось лише на синхронізації операцій технологічного процесу.

Після визначення, у залежності від типу виробництва, норм часу по операціях технологічного процесу: $t_{шт}$ чи $t_{шт.к.}$, необхідно виконати їхній аналіз з метою синхронізації часу операцій.

Що ж таке «синхронізація операцій»?

Це поняття пов'язане з тим, що в умовах масового виробництва застосовується така його форма організації, як прямоточне виробництво.

Синхронізація операцій полягає в тім, щоб час обробки на робочих місцях був кратним, або дорівнював такту. Тому після розрахунку $t_{шт}$ і порівняння його з тактом іноді необхідно перерозподілити час обробки на окремих переходах і вирівняти час операцій. Якщо це не вдається, то синхронізація часу може бути досягнута за рахунок правильного підбора кількості устаткування по операціях.

9.17. Типізація технологічних процесів

9.17.1 Типова технологія

Типізація технологічних процесів запропонована проф. А.П. Соколовським.

Типізація технологічних процесів полягає в тім, що на основі аналізу конструкцій виробів, що виготовляються на даному виробництві, формуються типи подібних деталей: вали, корпуси, диски, шестірні і т.п.. Конструкційна спільність дозволяє припустити, що для виготовлення даного типу деталей може бути використаний один типовий технологічний процес. На основі цього типового технологічного процесу розробляються робочі технологічні процеси

шляхом уточнення найменування устаткування, технологічного оснащення, інструмента, оброблюваних поверхонь, їхніх розмірів, шорсткості, режимів обробки.

При використанні типового технологічного процесу застосовуються спеціальні карти текстової і графічної документації, складені без конкретних розмірів, що потім указуються при написанні робочого технологічного процесу на конкретну деталь.

Метою типізації є:

- 1) скорочення термінів освоєння технології виробництва деталей за рахунок скорочення проектування технологічних процесів;
- 2) упровадження прогресивних технологічних методів обробки заготовок і їх уніфікація;
- 3) можливість створення спеціального устаткування для обробки даної деталі;
- 4) типові технологічні процеси є основою створення САПР ТП.

Усе перераховане вище можна віднести до переваг використання типових технологічних процесів.

У той же час типізації технологічних процесів присущі і деякі недоліки. Насамперед, це те, що реальна кількість типів деталей виявилось досить значним і це не дозволяє різко знизити трудомісткість проектування технологічних процесів, тому вони застосовуються, в основному, тільки в масовому і великосерійному виробництвах.

9.17.2 Групова технологія

Групова технологія – це різновид типізації.

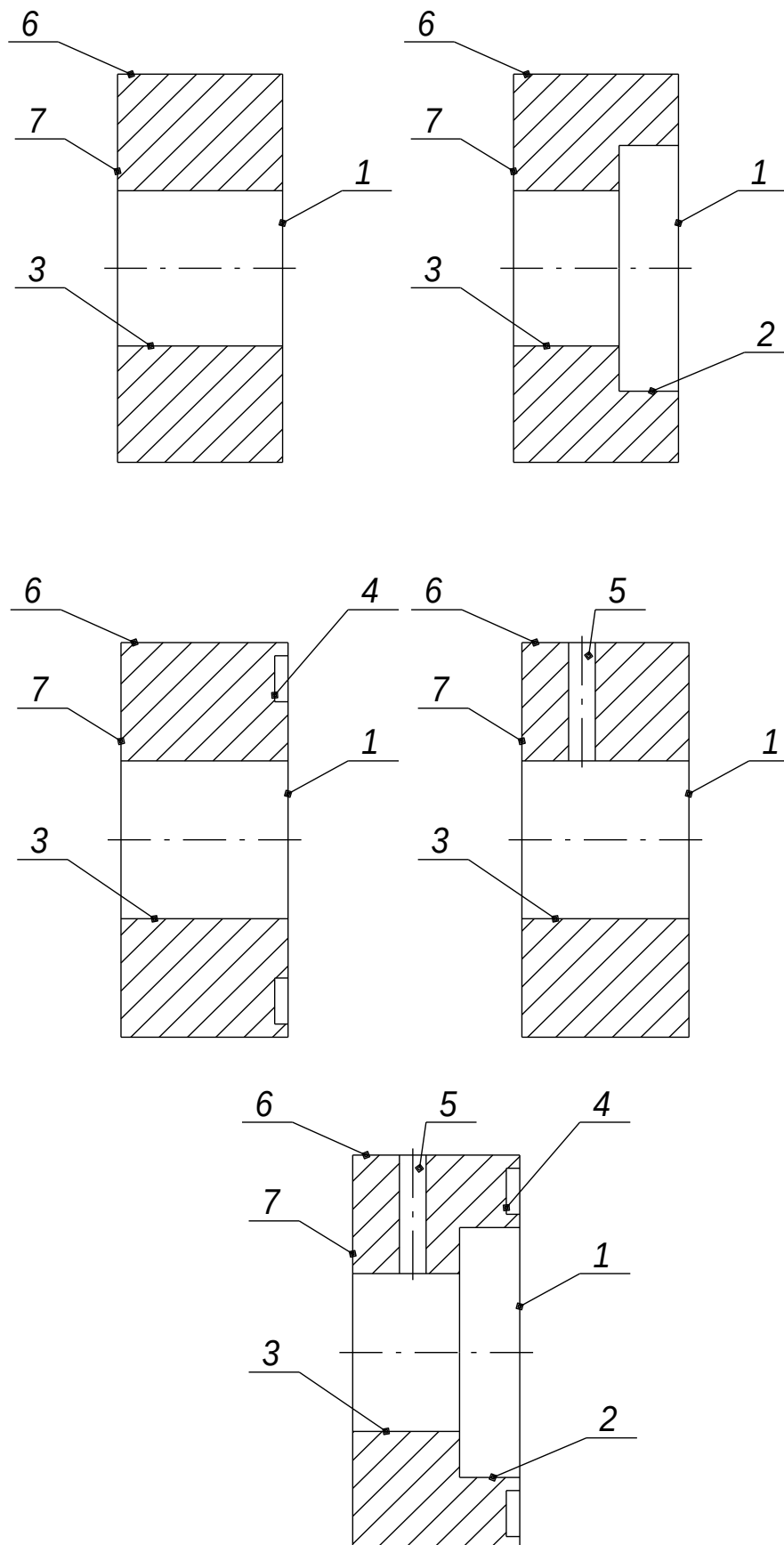
Розвиток ідей типізації в роботах проф. С.П. Митрофанова привело до створення групових технологій. Основою її є класифікація і групування виробів по конструкторсько-технологічним ознакам.

Групою називається сукупність деталей, що вимагають для свого виготовлення одного й того ж технологічного устаткування, пристосувань і інструментів.

Таким чином, класи деталей формуються не скільки по їхній конфігурації, скільки по спільності методів їхньої обробки.

Груповий технологічний процес проектується для так названої комплексної деталі.

Під комплексною деталлю розуміють реальну чи умовно спроектовану деталь, що включає в себе всі елементи деталей групи. Для її створення вибирається найбільш складна деталь, і на неї наносяться відсутні елементи з інших деталей.



При цьому, для зручності проектування і запобігання помилок, всі елементи (поверхні) деталей нумеруються.

Груповий технологічний процес проектується на комплексну деталь і містить у собі операції і переходи, необхідні для обробки всіх її поверхонь.

Груповий технологічний процес є надлишковим по складу переходів для окремих деталей групи.

Робочі технологічні процеси на конкретні деталі групи проектується на основі групового технологічного процесу шляхом зменшення кількості переходів, або операцій і з уточненням оброблюваних розмірів.

Групове інструментальне оснащення конкретної операції також є надлишковим для окремих деталей групи, що дозволяє робити обробку будь-якої деталі групи в будь-якій послідовності без переналагодження.

Групові технології є умовою спеціалізації робочих місць, підвищення серійності виробництва, можливості впровадження в умовах дрібносерійного виробництва високопродуктивного устаткування, оснащення, властивого масовому виробництву. На основі групової технології створюються предметно-замкнуті ділянки по виготовленню деталей однієї групи. Ці ділянки є гарною базою для створення гнучких автоматичних виробництв (ГАВ).

9.18 Оформлення технологічної документації

У завершення проектування технологічних процесів виконують оформлення технологічної документації.

Усі технологічні процеси оформляються на визначених бланках, прийнятих системою ЕСТД. Крім цього, на різних машинобудівних підприємствах існують і використовуються свої СТП, що розробляються на основі ГОСТів.

Таким чином, оформлення технологічної документації є заключним етапом проектування технологічних процесів. При цьому для механічної обробки заготовок заповнюються наступні карти технологічної документації:

- КТП (карти технологічних процесів ГОСТ 3.1404-86 Форми 1 і 1а САПР);
- МК (маршрутні карти ГОСТ 3.1118-82 Форми 1 і 1б САПР);
- ОК (операційні карти ГОСТ 3.1404-86 Форми 2, 2а і 3 САПР);
- КЭ (карти ескізів ГОСТ 3.1105-84 Форма 7 САПР).

Для складання виробів заповнюються наступні карти технологічної документації:

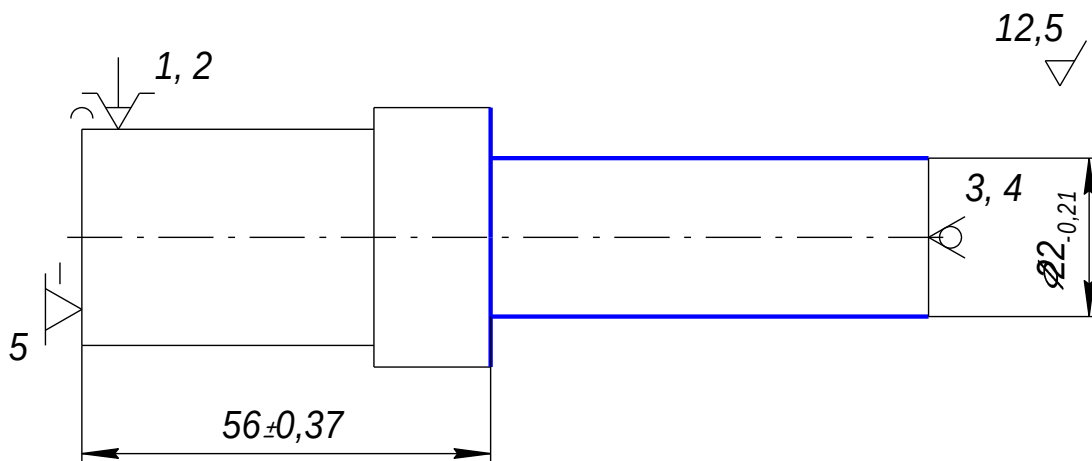
- МК (маршрутні карти ГОСТ 3.1118-82 Форми 2 і 1б САПР, ГОСТ 3.1407-86 Форма 1 САПР).

Зупинимося докладніше на заповненні деяких карт технологічної документації.

Карти ескізів

У них оброблювані заготовки кресляться без масштабу, але в **робочому положенні**, тобто так, як вони повинні бути оброблені на верстаті. Оброблювані поверхні вказуються стовщеною лінією. Даються їхні розміри з указівкою допусків і шорсткостей, позначається умовними знаками схема базування (види опор і робочих поверхонь, кількість ступенів волі, що

позбавляються). Види робочих поверхонь вказуються ліворуч від знака опори, праворуч - вказується число позбавлених ступенів волі. Бажано, щоб у картах ескізів оброблювані розміри вказувалися від технологічних баз.



Карти технологічних налагоджень

Карти технологічних налагоджень складаються на основі карт ескізів, звичайно, на найбільш складні операції.

На відміну від операційного ескізу на карті налагодження базування і закріплення заготовки позначається реальними елементами устаткування і технологічного оснащення. Як і на картах ескізів, оброблювані поверхні вказуються стовщеною лінією. Даються їхні розміри з указівкою допусків і шорсткостей. Крім цього, вказуються всі різальні інструменти в кінцевому положенні і циклограми їхнього руху (для універсального устаткування) з позначеннями робочих і допоміжних ходів. Для верстатів із ЧПК циклограми руху не кресляться, але по кожному інструменту вказуються розміри, зв'язані з вильотом інструмента і прив'язкою його вершини до координатних осей «нуля» деталі та «нуля» пристосування, або верстата.

Для позначення осей координат і розрахунку розмірів використовують методичні вказівки кафедри ТМБ СумДУ по складанню налагоджень на верстатів з ЧПК (автор Є.П. Квасов).

9.19 Техніко-економічне обґрунтування технологічних процесів

9.19.1 Оцінка техніко-економічної ефективності технологічних процесів

Техніко-економічна ефективність знову спроектованих чи існуючих технологічних процесів виготовлення деталей оцінюється техніко-економічними показниками (ТЕП).

До числа найбільш характерних ТЕП відносяться:

1) собівартість виготовлення деталі, S :

$$S = M + P + R,$$

де: M – витрати на матеріали;

P – основна заробітна плата виробничих робітників;

R – цехові накладні витрати (амортизація верстатів, витрати на її ремонт, амортизація і ремонт технологічного оснащення, інструмента, витрати на силову електроенергію, доплати на основну заробітну плату виробничих робітників, інші витрати);

2) Цехова собівартість виготовлення деталі:

$$S_{ц} = P + R;$$

3) норма штучного чи штучно-калькуляційного часу повної обробки деталі:

$$T_{ум} = \sum_{i=1}^n T_{ум_i},$$

$$T_{ум.к} = \sum_{i=1}^n T_{ум.к_i};$$

4) основний (машинний) час по всіх операціях виготовлення деталі:

$$T_o = \sum_{i=1}^n t_{o_i};$$

5) коефіцієнт використання верстата за основним часом:

$$\eta_o = \frac{t_o}{t_{ум}}; \quad \eta_o = \frac{t_o}{t_{ум.к_i}} \rightarrow 1;$$

6) коефіцієнт завантаження устаткування:

$$\eta_{з.о} = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (0,65 \div 0,9);$$

7) коефіцієнт ступеня автоматизації виробництва:

$$\eta_a = \frac{C_a}{C_{заг}} \rightarrow 1$$

де: C_a – кількість автоматизованих верстатів, що беруть участь у виготовленні деталі;

$C_{заг}$ – загальна кількість верстатів, що беруть участь у виготовленні деталі.

Крім зазначених ТЕП для оцінки техніко-економічної ефективності технологічних процесів можна використовувати ряд і інших показників, зокрема:

- 1) випуск продукції в гривнях, штуках, тоннах на одного виробничого робітника (продуктивність праці);
- 2) ті ж показники на одиницю устаткування (продуктивність верстата);

- 3) випуск продукції в гривнях, штуках, тоннах на 1 м^2 виробничої площі;
- 4) випуск продукції в гривнях на 1 гривню основних фондів – фондвіддача;
- 5) коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень E_p :

$$E_p \geq E_n ;$$

тобто розрахунковий коефіцієнт повинний бути більшим, або дорівнювати нормативному коефіцієнту, $E_n = 0,2$. При цьому, розрахунковий коефіцієнт визначається по формулі:

$$E_p = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1} ;$$

де: C_i – собівартості виготовлення виробів по порівнюваних варіантах, звичайно: $C_1 > C_2$;

K_i – капітальні вкладення у виробництво заданих виробів по порівнюваних варіантах, звичайно: $K_2 > K_1$;

б) коефіцієнт приведених витрат:

$$З_{пр 1} = C_1 N_p + E_n K_1,$$

$$З_{пр 2} = C_2 N_p + E_n K_2,$$

де N_p – річний план випуску виробів, шт.

приведені витрати повинні бути меншими в кращого варіанта:

$$З_{пр 2} < З_{пр 1}.$$

Оцінка техніко-економічної ефективності технологічних процесів за отриманими показниками виконується шляхом порівняння й аналізу їх з показниками діючих передових підприємств з прогресивною технологією й організацією виробничого процесу.

9.19.2 Основні шляхи підвищення техніко-економічної ефективності технологічних процесів

При проектуванні технологічних процесів намітилися наступні шляхи підвищення їхньої техніко-економічної ефективності.

1. Рациональна організація робочого місця, що передбачає належну попередню підготовку його і виконуваної роботи, своєчасне і чітке обслуговування його в процесі роботи і найбільш досконале планування. Це зменшує $t_{пз}$ і t_d на обслуговування робочого місця в процесі роботи.

2. Застосування оптимальних режимів різання, що забезпечують найбільшу продуктивність праці при найменшій собівартості обробки з максимальним використанням верстатів по потужності і часу, економічним використанням інструмента, що також знижує трудомісткість обробки за рахунок зниження t_o .

3. Застосування інструментів, оснащених сплавами, що допускають обробку на високих режимах різання, що зменшує t_0 .
 4. Максимальне скорочення t_d шляхом використання спеціальних інструментів, швидкодіючих пристосувань (пневмо-, гідро-, багатомісних і т.п.), автоматизації і механізації верстатів, контролю деталей (активного контролю) і інших удосконалень ЗТО.
 5. Застосування спеціального комбінованого ріжучого інструмента, (одночасна обробка декількох поверхонь і навіть декількох деталей, що знижує t_0).
 6. Одночасна робота на декількох верстатах (багатоверстатне обслуговування) і сполучення професій.
 7. Застосування спеціальних агрегатних багатопозиційних, багатошпиндельних верстатів безупинної дії, а також верстатів автоматів, автоматичних ліній і ділянок.
- Усі ці заходи дозволяють знизити витрати часу на обробку, краще використовувати устаткування, підвищити його продуктивність і знизити собівартість виготовлення виробів.