

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Запорізький національний технічний університет

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни «Проектування технологічних процесів  
відновлення та зміцнення деталей»  
для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення  
зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання

2017

Конспект лекцій з дисципліни «Проектування технологічних процесів відновлення та зміцнення деталей» для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл. М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017 – 78 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, старш. викл.;

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 1 від 22.08.2017

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 1 від 19.09.2017

## ЗМІСТ

1	Виробничий і технологічний процеси.....	4
1.1	Основні визначення і структура виробничих і технологічних процесів.....	4
1.2	Схема технологічного процесу відновлення деталей.....	8
1.3	Типи машинобудівних і ремонтних виробництв.....	11
1.4	Технологічна підготовка виробництва по відновленню і зміцненню деталей.....	17
1.5	Техніко-економічні принципи проектування та показники технологічних процесів.....	22
1.6	Вибір номенклатури відновлюваних деталей.....	25
2	Вихідні дані й етапи розробки технологічних процесів.....	27
3	Аналіз технічних вимог до креслення, складання технологічних завдань і умов відновлення деталі.....	37
4	Визначення типу виробництва і методу роботи.....	39
5	Технологічність конструкції відновлюваних і зміцнюючих деталей машин.....	42
6	Технологічний контроль конструкторської документації.....	48
7	Аналіз дефектів деталей і розробка ремонтних креслень.....	52
8	Вибір способів усунення дефектів.....	53
9	Складання маршруту технологічного процесу.....	56
9.1	Послідовність виконання операцій.....	56
9.2	Визначення маршрутів обробки окремих поверхонь.....	58
9.3	Вибір схем установки заготовки.....	59
9.4	Складання маршруту відновлення деталі.....	65
9.5	Визначення типу обладнання і оснастки.....	69
10	Розрахунок товщини наносного шару і операційних розмірів.....	73
10.1	Поняття про припуски на обробку.....	73
10.2	Методи визначення припусків.....	75
10.3	Товщина покриття, що нашаровується і її можливі значення.....	77

# 1 ВИРОБНИЧИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕСИ

## 1.1 Основні визначення і структура виробничих і технологічних процесів

Виготовлення деталей, а також їх зміцнення і відновлення на машинобудівних заводах і підприємствах інших галузей здійснюється в результаті **виробничого процесу**.

**Виробничий процес** є сукупністю всіх дій людей і знарядь праці, необхідних на даному підприємстві для виготовлення чи ремонту продукції. Виробничий процес охоплює:

- підготовку засобів виробництва і організацію обслуговування робочих місць;
- отримання і зберігання матеріалів і напівфабрикатів;
- все стадії виготовлення, відновлення та зміцнення деталей машин;
- складання виробів;
- транспортування матеріалів, заготовок, деталей, готових виробів і їх елементів;
- технічний контроль на всіх стадіях виробництва;
- упаковку готової продукції та інші дії, пов'язані з виготовленням або ремонтом виробів.

За призначенням розрізняють **основні, допоміжні та обслуговуючі** виробничі процеси.

**Технологічний процес (ТП)** представляє собою частину виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії по зміні і (або) визначення стану предмета праці. До предметів праці належать заготовки, відновлювані деталі, що виготовляються або ремонтуються машини і агрегати та ін. Технологічний процес може бути віднесений до виробу (машини), його складової частини або методам обробки, формоутворення, відновлення і складання.

Окремими видами **ТП** є: лиття, обробка тиском, термічна і хіміко-термічна обробка, електрофізична і електрохімічна обробка, пайка, зварювання, склеювання, наплавлення, монтаж, ремонт, контроль якості виробів, маркування, консервація, розконсервація, пакування та ін.

У **ТП** виготовлення заготовок відбувається перетворення матеріалу в вихідні заготовки деталей машин заданих розмірів і конфігурації шляхом лиття, обробки тиском, різання сортового або

спеціального прокату, а також комбінованими методами.

В процесі термічної обробки відбуваються структурні перетворення матеріалу заготовок, які змінюють його властивості.

При механічній обробці спостерігається послідовна зміна стану вихідної заготовки (її геометричних форм, розмірів і кількості поверхонь) до отримання готової деталі.

Технологічні процеси відновлення і зміцнення деталей є комбінованими, які поєднують в собі різні методи розмірної обробки, нанесення покриттів, отримання нероз'ємних з'єднань і модифікування поверхневих шарів.

Для реалізації практично будь-якого ТП необхідне застосування сукупності знарядь виробництва, називаються засобами технологічного оснащення.

**Технологічне обладнання** - це засоби технологічного оснащення (ЗТО), в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщують об'єкти ремонту, відновлення, зміцнення, заготовки або матеріали, засоби впливу на них, а при необхідності - джерела енергії. До ремонтно-технологічного устаткування відносяться металообробні верстати, зварювальні й наплавочні установки, нагрівальні печі, гальванічні ванни, випробувальні стенди тощо.

**Технологічне оснащення** - знаряддя виробництва, що додаються до технологічного обладнання для виконання технологічного процесу. Це різні пристосування для установки і закріплення відновлюваних і зміцнювальних виробів, інструменти, прес-форми, пальники та ін.

ТП виконують на робочих місцях. **Робочим місцем** називають елементарну одиницю структури підприємства, де розміщені виконавці роботи, що обслуговують технологічне обладнання, частина конвеєра, а на обмежений час - оснащення і предмети праці. Іншими словами **робоче місце** - це ділянка виробничої площі, обладнана відповідно до виконуваної на ній роботи.

**Технологічна операція** - закінчена частина ТП, виконувана на одному робочому місці. Операція охоплює всі дії обладнання і робочих над одним або декількома спільно оброблюваними чи об'єктами, що збираються виробництва. При обробці на верстатах операція включає всі дії робітника, керуючого верстатом, а також автоматичні рухи верстата, здійснювані в процесі обробки заготовки

до моменту зняття її з верстата і переходу до обробки іншої заготовки. Заготовка (деталь) може бути перенесена або переставлена, але до обробки наступної, всі дії, пов'язані з опрацюванням цієї заготовки, відносяться до однієї операції. Наприклад, наплавлену деталь можна обточити за одну операцію, обточуючи поверхню з одного боку, переставляючи в патроні і обточуючи наплавлену поверхню з іншого боку. Якщо всі наплавлені деталі даної партії обточують з одного боку, а потім - з іншого, обробку ведуть в дві операції. Попередній підігрів поверхні, що напиляють і газотермічне напилення покриття або напилення покриття і його подальше оплавлення можуть здійснюватися як в одну операцію на одному робочому місці, так і на різних робочих місцях в дві технологічні операції.

Крім технологічних операцій розрізняють і допоміжні операції: транспортування, контроль, маркування та ін.

Операції, що входять до складу ТП, виконують в певній послідовності. Зміст, склад і послідовність технологічних операцій визначають структуру ТП.

При виконанні ТП на підприємстві, заготовка, в т.ч. ремонтна, послідовно проходить по цехам і виробничим ділянкам, відповідно до операцій, що виконуються. Вказану послідовність називають **технологічним маршрутом**. Розрізняють міжцеховий і цеховий технологічний маршрути.

Послідовність технологічних операцій, результатом виконання яких є досягнення фіксованого стану предмета праці (виготовлення, відновлення або зміцнення деталі), називають **маршрутним ТП**.

Технологічна операція є основним елементом виробничого планування та обліку. Вона охоплює всі дії обладнання і робочого. На операцію встановлюють норму часу. Технологічні операції мають власну структуру і можуть включати установи, позиції, технологічні та допоміжні переходи, робочі та допоміжні ходи.

**Установ** - частина операції, яка виконується при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або збирається із складальних одиниць. Наприклад, обробка торців валу і їх зацентровка можуть бути виконані послідовно на фрезерно-центровальному верстаті за один установ заготовки. За іншим варіантом підрізування торців і їх зацентровка можуть бути виконані на токарно-гвинторізному верстаті послідовно за два установа. Нанесення відновних покриттів на шатунні шийки колінчастих валів наплавленням або напиленням і їх

подальша розмірна обробка здійснюються послідовно за кілька установ.

При виконанні технологічних операцій часто потрібно змінювати відносно положення заготовки і робочих органів верстата.

**Позиція** - фіксоване положення, займане незмінно закріпленою оброблюваною заготовкою (або складальною одиницею, що збирається) спільно з пристосуванням щодо інструмента чи нерухомої частини обладнання для виконання певного розділу операції.

**Технологічний перехід** є закінченою частиною технологічної операції, виконуваної одними і тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах і установ. Технологічний перехід характеризує сталість застосовуваного інструмента, поверхонь, утворених обробкою або тих, що з'єднуються при складанні, а також сталість технологічного режиму.

Технологічні переходи можуть виконуватися послідовно або паралельно-послідовно. Операція може складатися як з одного, так і з декількох технологічних переходів (простих і складних).

**Технологічним режимом** називають сукупність змін параметрів ТП у певному інтервалі часу. До змінних параметрів процесу, що визначають режим, відносять, наприклад, витрату газів і порошку, дистанцію напилання, швидкості наплавлення та подачі дроту, глибину різання, подачу, температуру нагрівання або охолодження тощо.

**Допоміжний перехід** - це закінчена частина технологічної операції, що складається з дій людини і (або) обладнання, які не супроводжуються зміною властивостей предметів праці, але необхідні для виконання технологічного переходу. Приклади: установка деталі, заміна інструменту та ін.

Технологічну операцію слід розглядати як сукупність технологічних і допоміжних переходів, причому технологічні переходи забезпечують зміни стану предметів праці, а допоміжні - виконання технологічних переходів.

**Робочий хід** є частиною технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструменту відносно заготовки (деталі), супроводжуваного зміною форми, розмірів, якості поверхні і заготовки (деталі). Число робочих ходів, які виконуються в одному технологічному переході, вибирають, виходячи із забезпечення оптимальних умов обробки, наприклад, зменшення

товщини напилюваного шару для збільшення швидкості охолодження частинок, що напилюються зменшення перемішування основного металу з наплавляються, зменшення глибини різання при зніманні значних верств тощо.

**Прийом** - закінчена сукупність дій людини при виконанні переходу або його частини, об'єднаних одним цільовим призначенням. Так, при виконанні допоміжного переходу установки заготовки в пристосування необхідно послідовно виконати наступні прийоми: взяти заготовку з тари, встановити в пристосування і закріпити в ньому.

## 1.2 Схема технологічного процесу відновлення деталей

Сутність відновлення зношених деталей полягає в поверненні їм властивостей, закладених під час виготовлення і втрачених при експлуатації. Такими властивостями є твердість і зносостійкість поверхонь тертя, структура і суцільність матеріалу, форма, розміри, взаємне розташування і шорсткість робочих поверхонь, втомна міцність, жорсткість і розподіл маси деталі щодо осі обертання. Багаторазово повторюваний процес відновлення деталі повинен бути побудований раціональним чином з оптимізацією критерію витрати виробничих ресурсів (матеріальних, трудових і енергетичних).

Зношена деталь ремонтного фонду перетворюється в придатну деталь в результаті технологічних впливів на неї виконавців і засобів відновлення і може при цьому знаходитись в наступних станах: вихідна заготовка, ремонтна заготовка, відновлена деталь. Вихідна заготовка в загальному випадку перетворюється в ремонтну шляхом створення шарів матеріалу на відновлюваних поверхнях, а ремонтна заготівля в деталь - в результаті механічної, термічної, хіміко-термічної та інших видів обробки. При цьому використовують комплекс основних технологічних операцій:

1. Визначення усунених пошкоджень вихідних заготовок і комплектування.

2. Визначення маршрутів відновлення.

3. Формування партій вихідних заготовок.



4. Запуск партій деталей на відновлення.

5. Попередня механічна обробка.

6. Створення припусків на обробку:

а) нанесенням покриттів;

б) встановленням і закріпленням додаткової ремонтної деталі (ДРД);

г) використанням зношеного приповерхневого шару.

7. Термічна обробка.

8. Чорнова механічна обробка.

9. Термічна або хіміко-термічна обробка.

10. Чистова механічна обробка.

11. Обробка поверхні пластичним деформуванням.

12. Опоряджувальна обробка.

13. Очищення від технологічних забруднень.

14. Контроль.

Коротко мета і суть цих операцій полягають в наступному.

Механічною обробкою, що передуює нанесення відновних покриттів або установці ДРД, надають правильну геометричну форму поверхонь.

Сучасне відновне виробництво має безліч способів нарощування шарів матеріалу на відновлюваних поверхнях. Це способи і матеріали для різних видів наплавлень, напилення, нанесення гальванічних покриттів, припикання, пластичного деформування та ін. Деякі деталі (вали, гільзи, поршні та ін.) допускають відновлення під ремонтні розміри їх шийок, отворів і площинних елементів.

На стадії створення ремонтної заготовки в основному формують структуру робочих поверхонь деталі, що визначає її післяремонтну надійність. Необхідна зносостійкість та інші властивості поверхонь досягаються вибором матеріалу покриття, термічної, хіміко-термічної та іншими видами зміцнюючої обробки.

Технологічні операції відновлення, що супроводжуються суттєвим тепловкладенням в основний матеріал деталі, повинні бути відокремлені від подальших операцій «технологічним бар'єром» у виді термічної обробки. Її призначення - зняття внутрішніх напружень, зменшення розміру зерна матеріалу і стабілізація форми і розмірів деталі.

Технологічні завдання механічної обробки поділяються на дві групи.

Перша група пов'язана ыз забезпеченням необхідного взаємного розташування поверхонь деталі, друга - форми геометричних елементів. Точність взаємного розташування поверхонь забезпечують вибором технологічних баз і відповідної установкою деталі щодо рухомого інструменту. Точність форми досягається відповідною жорсткістю і точністю обладнання, вибором інструменту і розрахунками режимів обробки.

При чорновій механічній обробці знімають основну частину операційного припуску. Задану точність розмірів і шорсткість поверхонь, близьку до нормативної, досягають в результаті чистової обробки, яка для шийок валів в більшості випадків виконується абразивним інструментом, для отворів частіше застосовують тонке розточування і хонінгування. Деталі, які при експлуатації зазнають знакозмінних навантажень, після чистової обробки, проходять операцію поверхневого пластичного деформування, призначення якої - закрити мікротріщини і створити наклепаний шар з внутрішньою напругою стиснення.

Оздоблювальні операції (полірування, суперфінішування, хонінгування) призначені для зняття знеміцнення при механічній обробці шару і забезпечення необхідної високої чистоти поверхонь.

На деталях після обробки знаходяться технологічні забруднення (стружка, зерна абразивного інструменту, залишки ЗОР, полірувальні пасти та ін.), які можуть протягом декількох годин роботи вивести з ладу систему змащення відремонтованої машини або машину в цілому. Тому деталі, що направляються на складання, повинні бути очищені від цих забруднень. Особливу увагу необхідно приділяти очищенню масляних каналів і внутрішніх порожнин.

Перевірки необхідні для встановлення відповідності стану відновленої деталі вимогам технічної документації (креслення, карти технічного контролю). Перевірки оснащують засобами для вимірювання геометричних параметрів, значень фізико-механічних властивостей та інших характеристик. Контроль геометричних параметрів деяких точних деталей (шатунів, поршнів, поршневих пальців та ін.) виконують в термоконстантних приміщеннях при температурі 17...23° С.

### 1.3 Типи машинобудівних і ремонтних виробництв

Тип виробництва - класифікаційна категорія виробництва, яка виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску продукції.

Відношення числа всіх технологічних операцій  $O$ , виконаних або тих, що підлягають виконанню протягом місяця, до числа робочих місць  $P$  називають коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{zo} = O / P, \quad (1.1)$$

що є однією з основних характеристик типу виробництва. У машинобудуванні розрізняють три типи виробництва: **масове, серійне, одиничне** (ГОСТ 14.004-83).

**Масове виробництво** характеризується великим обсягом випуску виробів, що безперервно виготовляються або ремонтуються тривалий час, протягом якого на більшості робочих місць виконується одна робоча операція. Для масового виробництва  $K_{zo} = 1$ . Продукція масового виробництва - вироби вузької номенклатури і стандартного типу, що випускаються для широкого збуту споживачеві (автомобілі, трактори, електродвигуни і т.д.). Особливостями цього виробництва є: розташування обладнання в технологічній послідовності (по ходу ТП); виконання кожної технологічної операції здійснюється на попередньо налагодженому устаткуванні, яке переналагоджувано для виконання інших операцій; застосування спеціального обладнання та інших спеціальних засобів технологічного оснащення (ЗТО). Специфіка цього виробництва дозволяє застосовувати конвеєри, механізувати і автоматизувати трудомісткі процеси. Вимоги до рівня кваліфікації робітників при цьому істотно знижуються. До умов масового виробництва наближається ремонт двигунів, інших агрегатів і складальних одиниць на спеціалізованих ремонтних заводах з великим сталим обсягом випуску продукції.

**Серійне виробництво** характеризується виготовленням чи ремонтом виробів періодично повторюваними партіями. Залежно від кількості виробів у партії чи серії і значення коефіцієнта закріплення операцій розрізняють багато-, середнє- і дрібносерійне виробництва. Для багатосерійного виробництва  $1 < K_{zo} < 10$ , для середнесерійного

10 < Кзо < 20, для дрібносерійного 20 < Кзо < 40. Продукцією серійного виробництва є машини усталеного типу (металорізальні верстати, насоси, компресори, авіаційні двигуни і т.п.), що випускаються в значних кількостях. У середньо- і багатосерійному виробництвах широко застосовується потоковий метод ремонту і відновлення деталей.

У багатосерійному виробництві обладнання розташовують по виготовленню предметів і, в ряді випадків, відповідно до ТП. Обробку заготовок виконують на попередньо налаштованих верстатах, в межах технологічних можливостей яких допустимо переналагодження для виконання інших операцій. Застосовують спеціальні, спеціалізовані й універсальні ЗТО (обладнання, інструмент і т.д.). Широко застосовують універсальне обладнання зі спеціальними пристосуваннями і інструментом. Розмір виробничої партії у цьому виробництві, зазвичай, становить кілька сотен деталей.

У середньосерійному виробництві (зазвичай має назву серійне), обладнання розташовують відповідно до послідовності виконання етапів обробки заготовок. За кожною одиницею обладнання закріплюють кілька технологічних операцій, для виконання яких проводять переналагодження обладнання. Застосовують спеціалізовані й універсальні ЗТО. Розмір виробничої партії - від декількох десятків до сотен деталей. Серійне виробництво характерно для ремонту основних типів автомобілів і агрегатів на ремонтних заводах.

У дрібносерійному виробництві обладнання розташовується за типами (ділянка токарних верстатів, ділянка фрезерних верстатів і т.д.). Устаткування спеціально не налаштовувати для виконання кожної технологічної операції. Переважно застосовують універсальні ЗТО. Розмір виробничої партії, зазвичай, становить кілька одиниць.

Одиничне виробництво характеризується малим обсягом випуску однакових виробів, повторне виготовлення і ремонт яких, як правило, не передбачено. Вироби випускаються широкою номенклатури у відносно малих кількостях і часто індивідуально. Характерно для ремонтних майстерень, де машини і агрегати ремонтуються, як правило, не знеособленим методом. Виготовлення виробів або зовсім не повторюється, або повторюється через невизначені проміжки часу. Продукція одиничного виробництва - машини, які не мають широкого застосування і виготовлені за

індивідуальними замовленнями, які передбачають виконання спеціальних вимог (дослідні зразки машин в різних галузях машинобудування, великі гідротурбіни, унікальні металорізальні верстати, прокатні стани і т.д.). Технологічне обладнання розташовують за типами. На робочих місцях виконують різноманітні операції без їхнього періодичного повторення, для їх виконання обладнання спеціально не налаштовують. Обладнання, що застосовується і інструмент мають універсальне призначення, рівень механізації процесів низький, кваліфікація робочого персоналу висока і широкопрофільна. На принципах одиничного виробництва здійснюються ремонт великовантажних автомобілів і різномарочних автобусів в авторемонтних майстернях, а також ремонт та виготовлення причіпного складу на заводах і в майстернях.

Розподіл виробництва за типами відносно. На одному і тому ж підприємстві, що здійснює, наприклад, серійний випуск продукції, окремі цехи можуть працювати в умовах великосерійного або навіть масового виробництва.

У машинобудуванні застосовують два методи роботи: **поточний і непоточний.**

**Поточний метод** найбільш повно реалізується в однойменному виробництві. Потокове виробництво характеризується розташуванням ЗТО в послідовності виконання операцій ТП і певним інтервалом випуску виробів. Інтервал часу, через який періодично виводять випуск виробів або заготовок певних найменувань, типорозміру і виконання, називають тактом випуску

$$t_d = 60\Phi_d / N, \quad (1.2)$$

де  $\Phi_d$  - дійсний фонд часу в планованому періоді (рік, місяць, добу, зміна), ч. Враховує втрати часу на ремонт обладнання і цим відрізняється від номінального (календарного) фонду часу;

$N$  - обсяг випуску за цей же період, шт.

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання складає 2070 год для роботи в одну зміну, 4140 год для двох змін і 6210 год для трьох змін. Дійсний річний фонд часу роботи обладнання для однієї, двох і трьох змін становить відповідно 2030, 4015 і 5965 год. Номінальний фонд часу для робітників становить 2070 год, а дійсний - 1860 год (при 15-денній відпустці).

При **поточному методі** основною організаційною формою роботи є **потокова лінія**. В ній на кожному робочому місці виконують одну технологічну операцію, а обладнання розташовують по ходу ТП. На кожній лінії роблять обробку окремої деталі (складання окремого виробу або його складової частини). Якщо тривалість операції на всіх робочих місцях однакова, то робота на лінії виконується з безперервною передачею об'єкта виробництва з одного робочого місця на інше (безперервним потоком). Досягти рівності штучного часу на всіх операціях не вдається. Це зумовлює технологічно неминучу відмінність завантаження устаткування по робочих місцях потокової лінії.

У загальному випадку умовою організації потоку є кратність часу виконання кожної технологічної операції такту випуску:

$$t_{\text{ши}} / t_d = k \quad (k = 1, 2, 3, \dots), \quad (1.3)$$

де  $t_{\text{ши}}$  - штучний час  $i$ -ї технологічної операції.

Приведення тривалості операцій до зазначеного умовою називають синхронізацією. При виконанні синхронізації іноді виникає необхідність відповідного розчленування ТП на операції і в деяких випадках дублювання верстатів. Поточний метод в формі безперервного потоку характерний для масового і великосерійного виробництв. При значних обсягах випуску, відповідних зазначеним типам виробництва, в процесі синхронізації найбільш часто виникає необхідність зменшення тривалості операцій. Це досягається за рахунок диференціації та суміщення технологічних операцій.

У масовому і великосерійному виробництвах при необхідності кожен з технологічних переходів може бути виділений в окрему операцію, якщо буде виконана умова синхронізації. За час, що дорівнює такту випуску, з потокової лінії сходять одиниця продукції. Продуктивність праці, відповідна виділеному для виробничої ділянки (лінії, ділянки, цеху), визначається ритмом випуску.

**Ритм випуску** - кількість виробів (або заготовок) певного найменування, типорозміру і виконання, яка випускається в одиницю часу. Забезпечення заданого ритму випуску є найважливішим завданням при проектуванні ТП масового і великосерійного виробництв.

У серійному виробництві організувати безперервний потік

виробів, що виготовляються, часто неможливо через низьке завантаження устаткування поточкових ліній в умовах невеликих обсягів випуску. Крім того, навіть при масовому і великосерійному виробництвах при великому розходженні штучного часу окремі робочі місця можуть мати мале завантаження. У цих випадках застосовують модифікацію поточного методу, що іменується **змінно-поточковим методом**.

При змінно-поточковому методі за кожним верстатом лінії (ділянки) закріплено по кілька операцій для технологічно однотипних деталей, що запускаються у виробництво поперемінно. Протягом певного періоду часу (зазвичай кілька змін) на лінії ведеться обробка заготовок певного типорозміру. Потім лінію переналагоджують для обробки закріплених за нею заготовок іншого типорозміру. ЗТО, наприклад, пристосування на змінно-поточкових лініях постійно закріплені на технологічному обладнанні. Пристосування конструюють так, щоб в них можна було обробляти заготовки будь-яких типорозмірів закріпленої групи. Це значно скорочує час переналагодження лінії, яку, зазвичай, виконують в перерві між змінами. Маючи в своєму розпорядженні устаткування по ходу ТП, отримують рух деталей від одного робочого місця до іншого, хоча і переривчасте (партіями), але потокове (прямоточне). Пропускаючи через групу робочих місць (послідовність технологічного обладнання) змінювані партії деталей, отримують безперервно-поточе (в межах однієї партії) виробництво з поштучною передачею деталей від одного робочого місця до іншого. Для підвищення завантаження устаткування в серійному виробництві застосовують багатомономенклатурні потокові лінії (змінно-поточкові, групові, предметно-замкнуті ділянки ліній).

При груповій обробці на кожному робочому місці лінії одночасно виконують кілька операцій різних ТП. Це забезпечується застосуванням спеціальних багатомісних пристосувань. При груповій обробці підвищується завантаження устаткування, а лінія працює без переналагодження обладнання. Число деталей в групі, зазвичай, становить 2 ... 8. Змінно-поточкову і групову обробку (збирання) виконують на звичайних і автоматичних лініях.

Поточний метод роботи забезпечує значне скорочення (в десятки разів) циклу виробництва, міжопераційних заділів і незавершеного виробництва, можливість застосування

високопродуктивного обладнання, зниження трудомісткості виготовлення виробів, простоту управління виробництвом.

У серійному виробництві при побудові технологічних операцій застосовують як диференціацію, так і концентрацію технологічних переходів. Структура операції формується в результаті компромісу зазначених принципів з урахуванням конкретних умов і методів роботи. Застосування потокового методу в серійному виробництві вимагає, як правило, при побудові операцій пріоритету диференціації переходів.

При незначних обсягах випуску, частих змінах виробів, а також неможливості використання поточного методу застосовують не потоковий метод роботи. Цей метод використовують в умовах серійного виробництва, він є найбільш характерним для дрібносерійного і одиничного виробництв. При непотоковому методі роботи суворого закріплення операцій за конкретними робочими місцями не проводять, тривалість операцій не синхронізують по такту випуску, на робочих місцях створюють заділи заготовок (складальних одиниць), необхідні для забезпечення завантаження робочих місць. При непотоковому методі роботи прагнуть на кожному робочому місці здійснити максимальний технологічний вплив на предмет праці, зменшити число операцій в ТП, будувати технологічні операції на основі концентрації переходів. Ступінь концентрації зростає в міру зменшення обсягу випуску.

В умовах ремонтних підприємств можливі також такі організаційні форми виконання ремонтних робіт: ремонт **на універсальних робочих місцях** і ремонт **на спеціалізованих робочих місцях**.

Ремонт на універсальних робочих місцях проводиться в разі, якщо виробнича програма за даним типом виробів мала, а їх конструкція не допускає знеособлення складових частин. Така форма організації застосовується в умовах невеликих майстерень. Весь ремонт виконується однією бригадою робітників, яка виробляє всі роботи від початку до кінця. Деталі, що потребують для відновлення спеціального обладнання, якого немає на універсальних робочих місцях, направляються на відповідні ділянки підприємства. Недоліками такої форми є тривалий простій об'єкта в ремонті, потреба у висококваліфікованій робочій силі і висока вартість ремонту. Позитивним є порівняльна простота організації робіт і визначеність



виконавця, відповідального за якість виконаних робіт.

При значній виробничій програмі ремонт організовується на спеціалізованих робочих місцях, де виконується ремонт одного вузла або сукупність заздалегідь визначених технологічних операцій, що дозволяє підвищити продуктивність праці, знизити вимоги до рівня кваліфікації робітників і зменшити за рахунок цього вартість ремонту. Така форма організації робіт застосовується на ремонтних заводах і у великих майстернях.

Характеристики виробництва відображаються в рішеннях, які приймаються при технологічній підготовці виробництва.

#### 1.4 Технологічна підготовка виробництва по відновленню і зміцненню деталей

**Технологічна підготовка виробництва (ТПВ)** є найважливішим елементом виробничого процесу. Прийняті при її виконанні рішення, оформлені в технологічній документації, є основою практичних дій при виробництві та ремонті машин, включаючи і відновлення деталей. Чинними стандартами конструкторська розробка машини визначена як **конструкторська підготовка виробництва**. Остання разом з ТПВ утворює технічну підготовку виробництва.

У найзагальнішому випадку **технічна підготовка** включає:

- конструкторську підготовку виробництва;
- технологічну підготовку виробництва (ТПВ);
- календарне планування виробничого процесу виготовлення виробу (відновлення деталі) у встановлені терміни при заданому обсязі і витратах.

ТПВ - сукупність заходів, що забезпечують технологічну готовність виробництва, яка визначається наявністю на підприємстві повних комплектів конструкторської та технологічної документації і ЗТО, необхідних для здійснення заданого обсягу випуску продукції до встановлених техніко-економічними показниками;

Трудомісткість ТПВ у машинобудуванні визначає сумарну трудомісткість технічної підготовки, яка зазвичай, більше 50 %.

Організація і управління ТПВ регламентується державними

стандартами «Єдиної системи технологічної підготовки виробництва» (ЄСТПВ).

Основною **метою** ТПВ є забезпечення високої ефективності виробництва виробами необхідної якості та кількості і мінімальні трудові і матеріальні витрати.

Основними функціями ТПВ на рівні машинобудівного підприємства є:

- забезпечення технологічності конструкцій виробів;
- вибір і підготовка заготовок;
- розробка ТП;
- проектування засобів технологічного оснащення;
- контроль і управління ТП.

Початковий момент ТПВ відповідає отриманню вихідних документів на розробку нових виробів, організацію нового і вдосконалення існуючого виробництва.

**Вхідними даними** для системи ТПВ є: конструкторська документація на виріб, конструкторська документація на директивну заготовку, програма випуску виробів, інформаційне забезпечення.

Основними функціями ТПВ на рівні ремонтного підприємства є:

- забезпечення технологічності конструкцій відновлюваних деталей і сполучень і їх пристосованості до відновлення;
- вибір і підготовка способів усунення дефектів;
- розробка ТП і нормативно-технічної документації;
- проектування і виготовлення засобів технологічного оснащення;
- контроль і управління ТП.

Вхідними даними для системи ТПВ є: конструкторська документація на виріб; конструкторська документація на заготовку деталі в первинному виробництві; програма відновлення деталей; відомості пошкоджень і дефектів деталей; інформаційне забезпечення.

**Робоча конструкторська документація** на виріб включає:

- складальні креслення виробу і його складальних одиниць;
- специфікацію;
- відомість покупних виробів;
- креслення деталей виробу;
- програму і методику випробувань;
- технічний опис та інструкцію по експлуатації виробу.

**Креслення деталі** є основним конструкторським документом,

що містить зображення деталей та інших даних, необхідних для її виготовлення і контролю (вимоги до точності розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь; вимоги до шорсткості поверхонь; відомості про матеріал деталі, його фізико-хімічні, механічні та інші властивості; інші технічні вимоги). Інформація, що міститься на кресленні деталі при наявності даних про конкретні умови виробництва, повинна бути достатньою для прийняття **технічних рішень** (ТР), наприклад, оцінки можливості обробки деталі на універсальному або спеціальному обладнанні; вибору виду і способу отримання заготовки з оптимізацією технологічних параметрів; вибору ріжучого інструменту і т.п.

Компонентами функціональноорієнтованого забезпечення ТПВ є:

- правила вибору показників і забезпечення технологічності конструкцій виробів, складальних одиниць, деталей - для функції забезпечення технологічності конструкції виробів (відновлюваних деталей і сполучень машин, що ремонтуються);
- правила вибору виду та методу усунення дефектів зношених деталей - для функції вибору і підготовки способів усунення дефектів;
- правила розробки і застосування ТП;
- правила вибору обладнання та інших ЗТО - для функції проектування ЗТО;
- правила проектування - для функції проектування ЗТО;
- методи виявлення причин відхилень ходу ТП;
- методи прийняття та реалізації ТР по ліквідації відхилень в ході ТП
- для функції контролю і управління.

Вихідні дані системи ТПВ представляються у виді відповідних технологічних і конструкторських документів або змін зазначених документів. До основних вихідних результатами ТПВ відносяться:

- креслення виробів (деталей, складальних одиниць), відпрацьованих на технологічність з урахуванням застосовуваних технологій усунення дефектів;
- ремонтне креслення деталі (розроблене);
- карти технічних вимог на дефектацію деталей;
- замовлення на виготовлення відновного матеріалу (при необхідності);
- ТП відновлення деталі;

- зміни конструкцій деталей і складальних одиниць;
- замовлення на ЗТО;
- креслення ЗТО;
- зміни ТП відновлення деталей і збирання.

Залежно від умов виробництва і призначення застосовують різні види і форми ТП. Вид визначається кількістю виробів, які охоплюються процесом (один виріб, група однотипних або різнотипних виробів).

ТП підрозділяються:

- по мірі уніфікації - поодинокі, типові, групові;
- за рівнем досягнень науки і техніки перспективні, робочі;
- по стадії розробки, станом технологічної підготовки виробництва (ТПВ) і стандартизації - проектні, тимчасові, стандартні;
- за змістом операцій переміщення - комплексні;
- по деталізації опису - з маршрутним, маршрутно-операційним і операційним описом.

**Уніфіковані ТП** створюють для групи виробів, що характеризуються спільністю конструктивних і технологічних ознак. Уніфіковані процеси поділяють на **типові і групові**.

**Одиничний** - ТП виготовлення або ремонту одиничного виробу незалежно від типу виробництва; **типовий** - процес виготовлення (ремонту) групи виробів із загальними конструктивними і технологічними ознаками; **груповий** - процес виготовлення (ремонту) групи виробів з різними конструктивними, але спільними технологічними ознаками.

Одиничний ТП, як правило, розробляється індивідуально для конкретної деталі. Його структуру і зміст технологічних операцій визначають на підставі конструктивно-технологічних параметрів деталі і вихідної заготовки, технологічних можливостей і ресурсів виробництва. Зазвичай, поодинокі ТП розробляють для оригінальних виробів, які не мають спільних конструктивних і технологічних ознак з виробами, що раніше виготовлялися (відновлюваними) на підприємстві.

**Типовий** ТП розробляють для групи виробів, що мають спільні конструктивні ознаки. У групі деталей виділяють типову деталь. Під типом розуміється сукупність об'єктів одного класу, що мають в певних виробничих умовах загальний маршрутний ТП виготовлення

(відновлення, зміцнення, обробки, збирання). Загальний маршрутний ТП - це процес, який здійснюється однаковими методами (однорідне обладнання, однакове число, пристосувань і інструмента, що встановлюється). У межах типу допускаються деякі відхилення в порядку виготовлення (обробки). Можливі виключення або додавання деяких невластивих переходів і операцій. Типовий ТП характеризується спільністю змісту і послідовності більшості технологічних операцій групи виробів із загальними конструктивними і технологічними ознаками.

**Груповий** ТП призначений для спільного виготовлення або ремонту групи виробів різної конфігурації в конкретних умовах виробництва на спеціалізованих робочих місцях. Головною технологічною одиницею групової обробки є група. До групи об'єднуються деталі, що характеризуються спільністю типів обладнання, необхідного для обробки заготовки в цілому або окремих її поверхонь. Класи заготовок створюють за видами обробки (токарна, фрезерна, наплавочна, та що деформується і т.д.) і за видами заготовок (відновлюваних деталей).

Груповий ТП складається з комплексу групових технологічних операцій і являє собою процес обробки заготовок різної форми на спеціалізованих робочих місцях в послідовності виготовлення певної групи виробів. Процес виготовлення (відновлення) може йти при загальному налагодженні та часткових підналагоджуваннях устаткування для окремих заготовок з групи. Групова технологічна операція характеризується спільністю використовуваного обладнання, технологічного оснащення та налагодження при незначних змінах ЗТО.

Між типовими і груповими процесами є принципова відмінність: типова технологія характеризується **спільністю технологічного маршруту**, а групова - **спільністю обладнання і оснастки**, необхідних для виконання певної операції або повного виготовлення (відновлення) деталі.

**Перспективний** ТП - процес, який відповідає сучасним досягненням науки і техніки, методи і засоби здійснення, якого повністю або частково належить освоїти на підприємстві;

**Робочий** ТП - процес, що виконується за робочою технологічною та (або) конструкторською документацією. Робочий ТП розробляють тільки на рівні підприємства для виготовлення або

ремонту конкретного предмета виробництва. Робочі процеси створюють за уніфікованим, перспективним або одиничним ТП, які використовують в якості інформаційної бази.

**Проектний ТП** - процес, що виконується за попереднім проектом технологічної документації для перевірки способів виготовлення (ремонту) виробів, що підлягають постановці на виробництво в перспективі; тимчасовий ТП - застосовується на підприємстві протягом обмеженого періоду часу через відсутність належного обладнання або в зв'язку з аварією, до заміни на більш сучасний; стандартний ТП - процес, встановлений стандартом.

**Комплексний ТП** містить комплекс не тільки технологічних операцій, а й операції з вантажно-розвантажувальних робіт, контролю і очищення оброблюваних заготовок. Комплексні ТП розробляють при створенні автоматичних ліній і гнучких автоматизованих виробничих систем.

**Маршрутний опис ТП** містить скорочений опис всіх технологічних операцій у маршрутній карті в послідовності їх виконання без вказівки переходів і технологічних режимів.

**Маршрутно-операційний** - скорочений опис технологічних операцій у маршрутній карті в послідовності їх виконання з повним описом окремих операцій в інших технологічних документах.

**Операційний** - повний опис всіх технологічних операцій в послідовності їх виконання із зазначенням переходів і технологічних режимів.

### **1.5 Техніко-економічні принципи проектування та показники технологічних процесів**

Технологічне проектування являє собою досить складний комплекс проектно-розрахункових робіт. При розробці технологічних процесів (ТП) ставляться як приватні, так і загальні завдання.

Загальне завдання - створення оптимального ТП з якого-небудь (найчастіше економічного) критерія оптимальності. Але жоден з варіантів ТП не може бути визнаний абсолютно оптимальним, так як завжди існує певна ймовірність його вдосконалення за прийнятим критерієм оптимальності. При технологічному проектуванні

враховують конкретні вимоги, яким повинен задовольняти ТП:

1) якість деталей повинна бути стабільним протягом тривалого часу. Процес може допустити деякий ризик отримання деталей з відхиленнями від креслення, якщо це економічно виправдано, але в усіх випадках рівень цього ризику повинен бути заздалегідь відомий;

2) наведені витрати на виготовлення деталі в порівнянні з іншими конкуруючими варіантами, можливість здійснення яких для даного виробництва представляється доцільною, повинні бути мінімальні.

В основу розробки ТП відновлення деталей, а також виготовлення нових, закладені два принципи - **технічний і економічний**. Згідно першого принципу проєктований ТП повинен повністю забезпечити виконання всіх вимог робочого креслення і технічних умов приймання. Другий принцип передбачає необхідність відновлення деталі з мінімальними витратами праці і витратами виробництва.

Розроблений ТП відновлення деталі повинен забезпечити найповніше використання технічних можливостей засобів виробництва при найменших витратах часу і коштів виробника (собівартості) на виготовлення виробу.

Проектування ТП є багатоваріантним завданням. Для відновлення однієї і тієї ж деталі можуть бути спроектовані різні ТП, що відрізняються техніко-економічними показниками і, перш за все, витратами на відновлення, і продуктивністю.

Технічний і економічний принципи проектування ТП, відображаючи різні сторони відновлення, знаходяться в діалектичному протиріччі. Вирішення цієї суперечності досягається за рахунок компромісу і здійснення оптимізації ТП. Технічний принцип повинен дотримуватися завжди. Найбільш, часто досягають компромісу між продуктивністю і витратами. При рівній продуктивності зіставляються ТП, вибирають процес, що забезпечує мінімум витрат. При рівних витратах зазвичай вибирають більш продуктивний ТП. При різних витратах і продуктивностях вибирають ТП, що забезпечує мінімум витрат, за умови, що продуктивність всіх порівнюваних не нижче заданої. При випуску особливо важливої продукції або в екстремальних умовах на певний період часу перевагу віддають більш продуктивним ТП. При неможливості вибору ТП за результатами порівняння окремих показників використовують

комплексні критерії.

При порівнянні ТП може бути використаний комплексний критерій:

$$K = Q / B, \quad (1.4)$$

де  $Q, B$  - продуктивність і витрати розглянутого ТП.

Кращий процес забезпечує  $K_{\max}$ .

Оптимізацію ТП виконують як на рівні операцій (при виборі оптимальних структур і параметрів операцій, наприклад, режимів різання), так і на рівні ТП, коли визначають зміст його основних етапів, їх порядок і взаємозв'язок (структуру ТП). В останньому випадку оптимізація носить характер структурної, яка ефективніше параметричної і дозволяє отримувати найприйнятніші рішення. Наприклад, ефективність операцій обробки деталей на автоматизованому обладнанні багато в чому залежить від складу і послідовності переходів - від оптимізації режимів різання. Структурну оптимізацію здійснювати складніше, ніж параметричну.

При вирішенні завдань оптимізації в якості цільових функцій використовують задані якість відновлених деталей та продуктивність процесу, мінімальні витрати на відновлення деталі.

Задану якість відновленої деталі забезпечується системою обмежень на параметри процесів. Наприклад, можна ввести вимогу досягнення максимальної надійності технологічних систем.

Критерій продуктивності зазвичай охоплює тільки технологічну продуктивність

$$Q_{\text{тех}} / t_{\text{оmax}}, \quad (1.5)$$

де  $t_0$  - основний час на перехід, операцію і т.д.

Мінімальні витрати на виконання переходу, операції, ТП є, як правило, основним економічним критерієм, який часто називають вартісною цільовою функцією. Мінімізація витрат дозволяє встановити доцільність відволікання капітальних коштів від інших варіантів ТП і використання їх для здійснення даного ТП.

Ефективність технологічного проектування тим вище, чим раніше виявлено перспективний варіант ТП і припинено розробку неперспективних варіантів на основі зазначених вище критеріїв.



Особливу важливість мають економічні критерії. Будь-який етап проектування - вибір способів усунення дефектів, визначення маршруту відновлення, вибір устаткування і оснащення тощо - повинен супроводжуватися відповідним економічним обґрунтуванням. Економічний критерій є основою структурної та параметричної оптимізації ТП. Його правильне використання значно підвищує ефективність прийнятих проектних рішень.

### 1.6 Вибір номенклатури відновлюваних деталей

Вибір номенклатури відновлюваних деталей здійснюють в декілька етапів. Спочатку аналізують номенклатуру запасних частин, визначають ремонтпригодні деталі з урахуванням їх конструктивних особливостей і досвіду відновлення. На другому етапі визначають мінімально і максимально допустимі ресурси відновлених деталей. При знеособленому ремонті такі деталі можуть бути встановлені практично на будь-яку ремонтвану машину розглянутого типу. При досить високому технічному ресурсі відновлена деталь може працювати весь термін служби машин даної марки, а не до списання окремої машини даної марки. Тому максимально допустимий ресурс відновленої деталі може дорівнювати терміну служби машини або навіть парку машин. Мінімальний технічний ресурс відновленої деталі повинен бути не нижче міжремонтного ресурсу роботи машини ТМР.

Технічний ресурс відновленої деталі  $T_{вд}$  повинен задовольняти наступній умові:

$$T_{мр} < k_b T_{вд} < T_{мо} \quad (1.6)$$

де  $T_{мр}$  - загальний ресурс даної марки машини на початок використання відновленої деталі;

$k_b$  - число міжремонтних термінів служби відновлених деталей,

$$k_b = S_d / S_b \quad (1.7)$$

де  $S_d$  - допустиме значення зносу деталі;

$S_b$  - величина зносу відновленої деталі за міжремонтний період роботи

машини. Величину  $k_b$  округлюють до цілих одиниць.

Число міжремонтних термінів служби нових деталей:

$$k_n = S_d / S_n, \quad (1.8)$$

де  $S_n$  - знос нової деталі за міжремонтний період роботи машини.

На третьому етапі визначають економічну доцільність відновлення деталей. Максимальна приведена вартість відновлення деталі не повинна перевищувати вартості еквівалентного, з технічного ресурсу числа нових деталей згідно з умовою

$$C_b + E \cdot k_n < k_b / k_n, \quad (1.9)$$

де  $C_b$  - вартість відновлення деталі;

$E = 0,15$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$k_n$  - питомі капітальні вкладення при відновленні даним способом, грн/шт;

Висловимо викладене через коефіцієнт економічної доцільності відновлення деталі:

$$k_{ed} = k_b C_n / K_n (C_b + E \cdot k_n), \quad (1.10)$$

де  $C_n$  - ціна нової деталі, грн.

Деталі економічно доцільно відновлювати але цього способу, якщо коефіцієнт  $k_{ed} > 1$ .

Рациональну номенклатуру відновлюваних деталей по кожній марці машини визначають за питомому економічному ефекту в розрахунку на одну машину, що одержуються від відновлення кожного найменування деталей:

$$E_y = m K_b [k_b / k_n - (C_b + E \cdot k_n)], \quad (1.11)$$

де  $m$  - число деталей одного найменування на машині;

$k_b$  - коефіцієнт відновлення деталей одного найменування.

У цехах спеціалізованих майстерень і заводів по ремонту автотракторної і сільськогосподарської техніки для власних потреб доцільно відновлювати близько 35,9 % номенклатури деталей; 42,8 %

деталей в залежності від поєднання дефектів відновлюють як на підприємствах, так і по кооперації зі спеціалізованими виробництвами; 21,3 % деталей підлягають централізованому відновленню.

Високу якість відновлення деталей, що лімітує ресурс роботи машин, можна отримати тільки на спеціалізованих ділянках і поточно-механізованих лініях (ПМЛ), які забезпечують стабільність розмірних параметрів і фізико-механічних властивостей покриттів. При виборі деталей для організації їх відновлення на ПМЛ враховують три основні чинники:

- можливість максимального використання машинної праці, засобів механізації та автоматизації при відновленні деталей, що мають близьке поєднання дефектів і конструкцію;
- ступінь впливу термінів служби окремих деталей на термін служби агрегатів і вузлів до капітального ремонту;
- масовість і недовговічність роботи змінюваних деталей, які вимагають трудомістке відновлення, встановлюються на машинах найбільш поширених моделей, характеризуються високою щільністю поширення в даному регіоні.

На ПМЛ доцільно відновлювати близько 12 % загальної доцільної кількості відновлюваних деталей автотракторної техніки та сільськогосподарських машин. Причому трудомісткість їх відновлення становить близько 36 % від трудомісткості відновлення всіх деталей, а маса - 76 % від загальної маси відновлюваних деталей. Ця група деталей робить основний вплив на якість ремонту машин. Зазвичай на ПМЛ відновлюють деталі, що вимагають спеціального обладнання для нанесення покриттів і механічної обробки.

## **2 ВИХІДНІ ДАНІ Й ЕТАПИ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Розробка ТП в загальному випадку, включає комплекс взаємопов'язаних робіт:

- вибір способу відновлення деталі;
- вибір технологічних баз;

- підбір типового ТП;
- визначення послідовності і змісту технологічних операцій;
- визначення, вибір і замовлення нових засобів технологічного оснащення (в т.ч. засобів контролю і випробування);
- призначення і розрахунок режимів обробки;
- нормування ТП;
- визначення професій і кваліфікації виконавців;
- організація виробничих ділянок;
- вибір засобів механізації та автоматизації елементів ТП і внутрішньоцехових засобів транспортування;
- складання планувальних виробничих ділянок і розробка операцій переміщення виробів та відходів;
- оформлення робочої документації на ТП.

Загальне завдання - створення оптимального ТП з якого-небудь (найчастіше економічного) критерію оптимальності. ТП повинен задовольняти ряд конкретних вимог:

- якість деталей повинна бути стабільною протягом тривалого часу. Припустимо отримання деталей з відхиленнями від креслення, якщо економічно виправдано;
- мінімальні приведені витрати на відновлення деталі;
- мінімальна витрата відновлювальних матеріалів;
- синхронність операцій по штучному часу;
- кратність періодів стійкості різального інструменту при обробці деталей;
- мінімальні транспортні переміщення деталі в процесі відновлення.

Перераховані завдання і окремі вимоги часто є взаємовиключними і в реальних ТП виконання цих вимог здійснюється з урахуванням їх значущості. У більшості випадків найважливішими визнаються вимоги надійності ТП і мінімальних приведених витрат.

Для проектування технологічних процесів необхідна **базова, керівна і довідкова інформація**.

**Базова інформація** включає дані, які відображені в конструкторській документації на виріб, і програма відновлення цього виробу.

**Керівна інформація** включає відомості, які містяться:

- в стандартах на технологічні процеси і методи управління ними, на

устаткування і оснащення;

- в документації на перспективні технологічні процеси;
- у виробничих інструкціях;
- в документах на діючі одиничні, типові і групові ТП;
- у класифікаторах техніко-економічної інформації;
- документації по техніці безпеки і промислової санітарії;
- в матеріалах щодо вибору технологічних нормативів (режимів обробки, припусків, норм витрати матеріалів і ін.).

**Довідкова інформація** міститься в:

- діючих технологічних процесах;
- описах прогресивних методів і способах відновлення деталей;
- каталогах і довідниках прогресивного технологічного обладнання і оснастки; матеріалах щодо вибору технологічних нормативів (режимів обробки, припусків, норм витрати матеріалу і ін.). Сюди також включаються дані, що містяться в технологічній документації дослідного виробництва;
- каталогах, паспортах, довідниках, альбомах компоновок прогресивних засобів технологічного оснащення; плануваннях виробничих ділянок;
- методичних матеріалах з управління ТП;
- документації за типовими, груповим і одиничним ТП відновлення.

Ступінь подробиць технологічних розробок залежить від типу виробництва. Розрізняють **маршрутне, маршрутно-операційне та операційне описування ТП.**

Процес проектування здійснюється шляхом послідовного рішення етапів. Основні етапи розробки типових і групових технологічних процесів і завдання, які вирішуються на кожному етапі, наведені в табл. 2.1

При використанні типових і групових ТП їх доопрацювання в конкретних умовах відрізняється порівняльною простотою. Виконується коригування змінних розмірів деталі, мінливих всередині одного типу, уточнюються типорозміри обладнання, інструмент, відновлювальні матеріали, шифри пристосувань, визначаються режими нанесення відновлювальних покриттів, режими різання і норми часу. З групового ТП виключаються надлишкові операції і переходи, необхідні для обробки комплексної деталі, але не потрібні для даної деталі групи.

Таблиця 2.1 - Етапи розробки типових і групових технологічних процесів

Етапи розробки технологічних процесів		Завдання, які вирішуються на етапі технологічних процесів	
типових	групових	типових	групових
Класифікація деталей	групування деталей	Створення груп деталей, що мають спільні конструкторсько-технологічні характеристики. Вибір типових представників груп деталей	Створення груп деталей, що мають спільні технологічні характеристики. Вибір комплексної деталі для кожної групи
Кількісна оцінка груп деталей		Визначення типу виробництва (одиничне, серійне, масове)	
Аналіз конструкцій деталей за кресленнями та технічними умовами, програм випуску і типу виробництва		Розробка основних схем маршрутів відновлення деталей	
Вибір технологічних баз		Вибір поверхонь базування. Оцінка точності і надійності базування.	
Аналіз дефектів деталей		Виявлення дефектів деталей, які підлягають усуненню. Визначення допустимих, ремонтних і граничних значень розмірів робочих поверхонь деталей. Розробка ремонтних креслень деталей	
Вибір способів усунення дефектів і відновлювальних матеріалів для цього		Вибір способів усунення дефектів і відновлюваних матеріалів для цього на основі конструктивно - технологічних характеристик деталі; показників фізико-механічних властивостей деталі; техніко-економічних показників способів відновлення деталей	

Складання технологічного маршруту відновлення деталі	Визначення послідовності операцій Визначення устаткування за операціями
Розробка технологічних операцій	Рациональна побудова технологічних операцій. Вибір структури операції. Встановлення раціональної послідовності переходів операцій. Вибір обладнання. Розрахунок завантаження технологічного обладнання. Вибір конструкції оснастки. Встановлення вихідних даних, необхідних для розрахунків, і розрахунок припусків на обробку і операційних розмірів. Встановлення вихідних даних, необхідних для розрахунків оптимальних режимів обробки, і їх розрахунок. Встановлення вихідних даних, необхідних для розрахунків норм часу, і їх розрахунок. Визначення розряду робіт і обґрунтування професій для виконання операцій в залежності від складності цих робіт
Розрахунок точності, продуктивності та економічної ефективності варіантів технологічних процесів	Вибір оптимального варіанта технологічного процесу відновлення деталей
Оформлення технологічних процесів	Узгодження технологічних процесів відновлення деталей з усіма зацікавленими службами і затвердження

Проектування типових і групових ТП сприяє скороченню термінів і вартості ТПВ. Типові і групові методи закладені в основу ЕСТПВ і сприяють створенню систем автоматизованого проектування (САПР) ТП.

В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва, при неавтоматизованому проектуванні докладні розробки одиничних ТП виконуються на великі деталі. Для середніх і дрібних деталей такі розробки економічно недоцільні і важко виконати через велике

розмаїття деталей і обмежене число технологів. Технологія виконання операцій і переходів визначається кваліфікацією робітників і досвідом, накопиченим кожним підприємством.

У серійному виробництві основними методами проектування ТП є типовий і груповий. На деталі оригінальних конструкцій проектується одинична технологія, переважно операційна.

Автоматизація проектування дозволяє поліпшити технологічну підготовку виробництва, удосконалити самі методи технологічного проектування, здійснювати багатоваріантний пошук оптимальних умов виконання технологічних операцій і переходів.

Метою технологічного проектування є забезпечення якісних показників деталей і машин в цілому. Тому одним з перших завдань системи проектування ТП є переклад запропонованих технічними умовами якісних показників виробів у кількісні норми його точності.

Різні методи проектування ТП (типові, групові і поодинокі) і способи їх виконання (неавтоматизовані або автоматизовані) мають єдину основу - розробляється ТП ремонту виробів є функцією його технічних характеристик, кількісно виражаються через технічні показники його точності, і виробничі умови, в яких цей процес повинен здійснюватися. Технічні характеристики виробу - його дефекти, розміри, конфігурація, показники точності та ін., а також конкретні умови ремонтного виробництва, перш за все, визначають рішення основних задач проектування ТП. Метод і спосіб проектування визначає лише глибину технологічних напрацювань.

Способи проектування ТП - неавтоматизованих і автоматизованих - мають певні специфічні підходи до вирішення цих завдань. При неавтоматизованому проектуванні багато його етапів, пов'язані з аналізом технічних умов і показників точності виробів, вибором способу відновлення поверхонь і базування, формуванням окремих операцій, їх послідовності вирішуються на основі інтуїції і досвіду технолога. При їх вирішенні використовують нормативні та довідкові рекомендації, типові рішення, а також виконують деякі розрахунки. Проектування здійснюють від вирішення спільних завдань до приватних, при цьому деякі завдання в залежності від методу проектування, що визначає глибину опрацювання, не розглядають. При автоматизованому проектуванні простіше вирішуються завдання, сутність яких може бути формалізована. Ці завдання в більшості своїй відображають приватні питання



проектування ТП. Тому в САПР проектування ведуть від розв'язання окремих питань до загальних.

Поширені такі форми організації ТП відновлення деталей:

— подефектна технологія - технологічний процес розробляється на кожен дефект;

— маршрутна технологія - ТП розробляється на комплекс дефектів певного поєднання, що виникають на деталях даного найменування;

— групова технологія - ТП розробляється на групу однотипних деталей певного класу, відповідно до типізації технологічних процесів.

Послідовність проектування одиничних ТП відновлення деталей більш детально може бути представлена наступними етапами:

**Етап 1** - вивчення і підготовка вихідних даних для проектування.

**Конструкція деталі:**

1 - креслення машини або складальної одиниці;

2 - габаритні розміри і маса;

3 - конструктивні форми деталі;

4 - допуски розмірів;

5 - допустимі просторові відхилення;

6 - шорсткість поверхонь;

7 - матеріал і твердість деталі;

8 - види модифікування поверхонь;

9 - наявність покриттів;

10 - якість поверхневих шарів;

11 - технологічний процес виготовлення деталі, включаючи отримання заготовки, нанесення покриттів, поверхневу зміцнюючу обробку;

12 - аналіз стану зношених деталей, характерні дефекти і їх кількісна оцінка.

**Відомості про відновлену деталь:**

13 - аналіз стійких поєднань дефектів на деталях і можливих способів їх усунення;

14 - характеристика, обраного способу відновлення деталі;

15 - ступінь відповідності конфігурації деталі;

16 - наявність на відновлених поверхнях припливів, напливів,

задирок, відходів та ін.;

17 - ухили, радіуси і інші елементи відновленої поверхні;

18 - поверхневі дефекти і їх величина;

19 - допуски на розміри відновленої поверхні;

20 - допустимі просторові відхилення;

21 - твердість заготовки;

22 - якість поверхневого шару (відбіл, кірка та ін.);

23 - розміри і форма поверхонь розділу основного матеріалу і шарів, що нарощуються.

**Організаційно-технічні фактори:**

24 - програма випуску виробів;

25 - термін введення об'єкта у виробництво;

26 - можливість замовлень спецобладнання;

27 - можливість замовлення спецоснастки та інструменту;

28 - готівковий парк устаткування;

29 - можливість технологічної кооперації;

30 - інші директивні чинники;

31 - планування відповідного виробничого підрозділу.

На цьому ж етапі може бути здійснено відпрацювання конструкції деталі на технологічність (при можливості внесення в її конструкцію змін).

**Етап 2** - вивчення і аналіз документації та інформаційних матеріалів за типовими, груповими і одиничними технологічними процесами відновлення, що відносяться до даного класу деталей.

**Етап 3** - аналіз стійких поєднань дефектів на деталях; аналіз і опрацювання можливих способів відновлення деталі.

**Етап 4** - попереднє проектування принципів схем ТП. Попереднє визначення раціональної послідовності способів і операцій відновлення; вибір технологічних баз; визначення складу технологічного оснащення.

**Технологічні прийоми, що забезпечують раціональність процесу:**

32 - раціональна послідовність операцій;

33 - оптимальна кількість обробок поверхонь;

34 - раціональне розташування термічних операцій;

35 - поєднання обробки різних поверхонь;

36 - кратність операційних циклів (для великосерійного і масового виробництва);

- 37 - раціональне базування деталей на операціях та інше;
- 38 - обґрунтовані допуски і технічні вимоги на операціях тощо.

**Прийоми контролю на операціях:**

- 39 - спосіб організації;
- 40 - типи контрольних засобів.

**Етап 5** - відбір технологічних способів, що застосовуються при відновленні деталей з урахуванням матеріалу, виду дефекту і його кількісних характеристик, фізико-механічних властивостей, геометричних параметрів деталі та ін. Накладення обмежень на обрані способи з урахуванням організаційно-технологічних факторів (програма, наявність обладнання і т.д.); складання планів операцій.

**Етап 6** - розробка (або уточнення) послідовності переходів в операціях; вибір засобів технологічного оснащення; призначення і розрахунок режимів операцій.

**Етап 7** - оцінка обраних способів відновлення за очікуваними показниками якості відповідних відновлених поверхонь деталей і показниками якості способів (призначення, технологічності, продуктивності, надійності).

**Етап 8** - відбір сукупності способів відновлення окремих поверхонь деталей в технологічний процес; накладення обмежень на складені процеси з урахуванням організаційно-технологічних і соціальних факторів, ергономічних, екологічних та естетичних показників якості.

**Етап 9** - оцінка обраних технологічних процесів за очікуваними показниками якості відновлених деталей і процесу відновлення (точність, стабільність, надійність, технологічність, питомі витрати, рівень відновлення).

**Етап 10** - визначення припусків на обробку відновлених поверхонь. Розмірний аналіз ТП:

- уточнення і зміна розмірів і технічних вимог креслення спільно з конструктором об'єкта (при можливості);
- узгодження обробки з цехами - суміжниками (проектування карт узгодження);
- узгодження розмірів, способу їх проставляння і технічних вимог на заготовлі (проектування креслення заготовки відновленої деталі).

За результатами розмірного аналізу може бути з'ясовано, що варіант ТП, отриманий в результаті виконання попередніх етапів,

може знову зажадати коригувань з обов'язковою новою логічною оцінкою змін, що впроваджуються.

**Етап 11** - Логічна оцінка варіантів і вибір прийнятних:

41 - можливість надійного практичного здійснення;

42 - зручність розміщення обладнання для багатостанкового обслуговування;

43 - наявність досвіду виконання подібних операцій;

44 - витримування заданих термінів підготовки виробництва та ін.

Цей етап найважче піддається формалізації, тому що критерії оцінки дуже багатобічні і часто не можуть бути представлені засобами формальної логіки.

Найбільш часто логічну оцінку варіантів прийнято вести за такими напрямками:

- оцінка доцільності прийнятого методу відновлення деталі;
- оцінка надійності забезпечення якості на кожну операцію;
- оцінка можливості автоматизації операцій і процесу в цілому;
- оцінка надійності і працездатності запропонованих технологічних систем по всьому ТП;
- можливість використання відновлювальних матеріалів, що серійно випускаються;
- можливість використання стандартного ріжучого, вимірювального інструмента і пристосувань;
- можливість створення і придбання спеціальних верстатів, пристосувань, інструментів та іншої технологічної оснастки в задані терміни виробництва;
- зручність розміщення обладнання на виробничих площах з оцінкою можливостей автоматизації транспортування деталей, видалення стружки, багатостанкового обслуговування і т.д.;
- комплексна оцінка всього маршруту ТП з аналізом доцільності обраної послідовності механічних, термічних, гальванічних, наплавочних, контрольних та інших операцій.

Після такої логічної оцінки з декількох попередньо запропонованих варіантів вибирають один, з його коригуванням і доопрацюванням. Фактично виникає необхідність повернення до 2-го етапу проектування, але вже на більш обґрунтованій логічній базі.

**Етап 12** - Оцінка варіантів за економічними критеріями (якщо

залишається 2 і більше конкуруючих варіантів). Доцільно оцінку економічності процесу поєднати з оцінкою його надійності, що забезпечить більш якісний прогноз результатів функціонування процесу.

**Етап 13** - Оснащення ТП:

45 - замовлення спецобладнання;

46 - замовлення спецоснастки;

47 - замовлення спеціального різального інструменту;

48 - замовлення спеціального вимірювального інструмента;

49 - замовлення нормального інструменту, оснастки, засобів вимірювання.

**Етап 14** - Оформлення остаточного варіанту процесу. Заповнення форм технологічної документації відповідно до вимог стандартів ЕСТД і галузевої нормативно-технічної документації; нормоконтроль технологічної документації; погодження та затвердження.

Виконання нормативно-розрахункових робіт:

50 - режими обробки і норми часу;

51 - добові норми витрат матеріалів;

52 - графіки завантаження устаткування;

53 - нормалізований контроль ТП.

**Етап 15** - Впровадження ТП. Відпрацювання ТП у виробничих умовах; доробка і коректування документації.

### **3 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО КРЕСЛЕННЯ, СКЛАДАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАВДАНЬ І УМОВ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ**

Розробці ТП передусе докладне вивчення робочого креслення деталі і умов її роботи у виробі складальної одиниці. Деталь входить складовою частиною у виріб, і її розміри є ланками складальних розмірних ланцюгів, що впливають на характеристики якості складальних сполучень.

Робоче креслення повинно давати повне уявлення про деталі, мати достатню кількість проєкцій, розрізів і видів; розміри всіх

поверхонь з допусками на їх виконання; технічні вимоги по формі і розташуванню поверхонь, а також по їх специфічним властивостям (наприклад, твердості поверхневого шару і його глибині). Креслення з оформлення повинно відповідати стандартам ЕСКД.

Технічні вимоги на виготовлення деталі містять, граничні відхилення розмірів і шорсткості поверхонь; допуски форми, площинності, некруглого профілю перетину; допуски розташування, паралельності площин, співвісності шийок вала, симетричності профілю перетинів; вид термічної обробки і твердість робочих поверхонь, вид покриття; специфічні властивості (необхідність балансування, допустиму невірноваженість).

Аналіз якості поверхневого шару і точності розмірів форми і розташування поверхонь, а також інших вимог до деталі передбачає розгляд їх з таких позицій:

- обґрунтованість призначення вимог, виходячи з експлуатаційних умов, характеристик машини або складальної одиниці (тобто встановлюють, чи не завищені ці вимоги при створенні конструкції деталі);
- можливість досягнення заданих точності і якості, інших технічних вимог відомими і наявними на підприємстві технологічними методами нанесення покриттів, модифікування поверхонь і механічної обробки;
- можливість перевірки виконання призначених робочим кресленням вимог до поверхонь відомими методами контролю (для вимог по розташуванню поверхонь розробляють схеми їх контролю).

При розгляді технічних вимог виявляють технологічні завдання відновлення даної деталі. Для цього виділяють найбільш відповідальні поверхні, сукупність вимог до яких визначає заключні методи і маршрут обробки, необхідне технологічне обладнання. Специфічні вимоги до відновлення деталі вимагають наявності в маршруті обробки відповідних операцій (наприклад, операцій по динамічному балансуванню деталі). Аналіз технічних вимог по розташуванню осей отворів, площин і інших поверхонь деталей встановлює технологічні завдання на вибір поверхонь заготовки для базування при обробці, схем базування і закріплення заготовок в операціях, схем виконання обробки заданого профілю деталі, а також типів пристосувань і ріжучих інструментів.

Розробка ТП для існуючих виробництв передбачає ретельне

вивчення умов роботи підприємства.

Встановлюють наявність виробничих площ, на яких розміщено обладнання, необхідне для відновлення і зміцнення заданих деталей.

Визначають можливості модернізації технологічного обладнання та розширення виробничих площ для збільшення обсягів випуску виробів, з'ясовують можливості діючого підприємства по застосуванню нових технологічних методів усунення дефектів і механічної обробки поверхонь заготовок, прогресивного допоміжного і ріжучого інструменту, а також ЗТО.

Для існуючого виробництва за технологічними класифікаторами заготовок аналізують можливість відновлення цієї деталі за діючими на підприємстві типовим і груповим ТП. Якщо такої можливості немає, то після проведення перерахованої вище підготовчої роботи технолог приступає до розробки одиничних ТП.

## 4 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І МЕТОДУ РОБОТИ

Встановлення типу виробництва необхідно при розробці ТП для нових виробництв або заводів. В умовах масового і серійного виробництв розмір програми випуску виробу служить основою для встановлення такту, або ритму випуску продукції, що забезпечує виготовлення заданої програми в строк.

На початковому етапі проектування тип виробництва можна визначити лише орієнтовно. При проектуванні механічних цехів і дільниць виготовлення деталей можна керуватися даними табл. 4.1

Таблиця 4.1 - Кількість виготовлених за рік деталей одного найменування і типорозміру для різних виробництв

Тип виробництва	Великі вироби важкого машинобудування	Вироби середніх розмірів	Дрібні вироби
одиничне	<5	<10	<100
дрібносерійне	5 ... 100	10 ... 200	100 ... 500
середнесерійне	100 ... 300	200 ... 500	500 ... 5000
багатосерійне	300 ... 1000	500 ... 5000	5000...50000
масове	1000	5000	50000

При відомій річній програмі з кресленням деталі оцінюють розміри виробу, що в підсумку дозволяє орієнтовно вибрати тип виробництва заданої продукції.

Серійність виробництва оцінюють також за коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$ , визначення і значення якого для різних типів виробництва дано в п. 1.3.

Значення коефіцієнта  $K_{30}$  на цій стадії розробки ТП обчислюють за формулою

$$K_{30} = t_d / t_{ш} \quad (4.1)$$

$$t_d = \Phi_d / N$$

де  $t_d$  - такт випуску, який визначається за формулою;

$t_{ш}$  - середній поштучний час за операціями.

$\Phi_d$  — дійсний фонд часу роботи за визначений період (місяць, добу, зміну) з урахуванням втрат на ремонт устаткування і регламентованих перерв, хв;

$N$  — програма запуску за той самий період часу, шт.

Для знаходження  $t_{ш}$  потрібно або виконати нормування за укрупненими нормами, або використовувати дані по трудомісткості існуючої на виробництві аналогічної деталі. Середній штучний час розраховують за формулою:

$$t_{ш} = \sum t_{шi} / n, \quad (4.2)$$

де  $t_{шi}$  - штучний час  $i$ -ї операції відновлення деталі;

$n$  - кількість основних операцій в маршруті.

При обчисленні  $t_{ш}$  в машинобудівному виробництві при виготовленні нових деталей беруть до уваги лише основні операції, що виключають, наприклад, операції термообробки, зачистки задирок, маркування та промивання деталі. Крім того, якщо окремі операції в маршруті мають  $t_{шi}$ , що значно перевищує  $t_d$ , і їх виконують на кількох верстатах-дублерах, наприклад, операції обробки зубчастого профілю, то при визначенні  $t_{ш}$  для таких операцій як  $t_{шi}$  слід взяти значення  $t_d$ , так як інакше може бути отриманий завищений середній поштучний час для операцій процесу, що розробляється.

За значенням  $K_{30}$ , розрахованим за формулою (4.1), можна



прийняти рішення про тип виробництва. Якщо, наприклад,  $K_{30} = 1 \dots 2$ , то орієнтовно можна прийняти масове виробництво.

Рішення по типу виробництва, встановлене за допомогою коефіцієнта  $K_{30}$ , порівнюють з типом виробництва, обраним по табл. 4.1 При розбіжності рішень слід прийняти тип виробництва, обраний за коефіцієнтом закріплення операцій.

Крім типу виробництва для проектування ТП необхідно встановити ще й метод роботи. На сучасних підприємствах виготовлення основних деталей, що виробляють потоковим методом, при якому ЗТО розташовують в послідовності виконання операцій ТП зі спеціалізацією робочих місць.

Поточні лінії об'єднують всі робочі місця в єдиний виробничий механізм. Безперерйну роботу лінії забезпечують:

а) ретельно розробленою технологією виготовлення виробів, з ритмічною роботою всіх ланок відповідно до такту випуску  $t_d$ ;

б) планомірним забезпеченням робочих місць заготовками, для чого організують міжопераційні запаси (заділи) заготовок для випадків вимушеної зупинки окремих верстатів лінії;

в) переміщенням оброблюваних заготовок від одного робочого місця до іншого в послідовності виконання операцій вручну (наприклад, візками) або транспортують механізмами (наприклад, конвеєром).

Поточний метод організації роботи скорочує цикл виробництва (обробка, зберігання і транспортування виробів), міжопераційні заділи і обсяги незавершеного виробництва; забезпечує застосування високопродуктивного обладнання і комплексної автоматизації виготовлення деталей, включаючи термічну обробку, нанесення покриттів, мийку, контроль і т.п.; знижує трудомісткість і собівартість виробів; дозволяє більш просто планувати і управляти виробництвом.

У серійному виробництві використовують різні потокові методи роботи. Це можуть бути і безперервно-поточні лінії масового виробництва (в межах однієї партії із змінюваних виробів), і прямоточні лінії, де рух певних деталей по ланцюжку верстатів, встановлених по ходу ТП, здійснюють хоча й уривчасто, але в цілому прямоточно.

Для підвищення завантаження устаткування в серійному виробництві застосовують змінно-поточні та групові лінії. При змінно-поточній обробці за кожним верстатом лінії закріплено

виконання декількох операцій для технологічно і конструктивно однотипних деталей, які обробляють по черзі. Запуск нової заготовки здійснюють після переналагодження потокової лінії в перерві між змінами. Пристосування змінно-потоккових ліній конструюють так, щоб в них можна було встановлювати всю закріплену групу заготовок.

У групових потокових лініях кожен верстат виконує операції різних технологічних маршрутів. Обробку ведуть без переналагодження верстата. Це забезпечується застосуванням спеціальних багатомісних пристосувань і єдиного ріжучого інструменту для обробки однотипних поверхонь у групі заготовок.

Можливість використання поточного методу роботи визначають зіставленням середнього штучного часу  $t_{ш}$  для основних операцій з дійсним тактом випуску деталей  $t_d$ :

$$K_{30} = t_{ш} / t_d \quad (4.3)$$

При коефіцієнті завантаження робочих місць  $K_{30} > 0,6$  приймають поточний метод роботи.

При розробці ТП для поточних ліній необхідно встановити тип лінії (безперервна, прямоточна, змінно-потокова, групова), послідовність обробки деталей на лінії, спосіб транспортування виробів по робочих місцях лінії, ступінь технологічної спеціалізації і способи переналагодження робочих місць.

## **5 ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ВІДНОВЛЮВАНИХ І ЗМІЦНЮЮЧИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

В процесі розробки конструкції машини конструктор надає їй не тільки необхідні властивості, які виражають корисність майбутнього виробу, а й властивості, що визначають рівень витрат ресурсів на його створення, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт.

Сукупність властивостей виробу, що визначають прийнятність його конструкції до досягнення оптимальних витрат ресурсів при

виробництві та експлуатації для заданих показників якості, обсягу випуску і умов виконання робіт, є **технологічність конструкції виробу (ТКВ)**.

ТКВ виражає не функціональні властивості виробу, а його конструктивні особливості:

- склад і взаємне розташування його вузлів;
- форму і розташування поверхонь деталей і з'єднань;
- їх стан, розміри, матеріали і т.д.

У свою чергу конструктивне виконання виробу багато в чому визначає такі його властивості, як функціональність (здатність виробу реалізовувати основну функцію для досягнення заданого технічного ефекту), надійність, ергономічність, естетичність, економічність, безпеку і екологічність.

Наприклад, реалізація вимог надійності (безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності) в конструкції виробу тягне за собою трудові, матеріальні та енергетичні витрати на виготовлення виробу, підтримку і відновлення його працездатності в процесі технічного обслуговування і ремонту, і тому повинна супроводжуватися заходами щодо забезпечення ТКВ. Техніка, що розробляється людиною, знаходиться з ним в постійній взаємодії, тому поряд із задоволенням його потреб, вона повинна бути безпечною при виготовленні, транспортуванні, зберіганні, монтажі, технічному обслуговуванні, ремонті й утилізації, тобто у всіх сферах, в яких проявляється ТКВ.

Надаючи конструкції виробу властивості, що складають його технологічність, необхідно враховувати, що конструкція є одночасно носієм властивостей безпеки виробу. Нарешті, рівень шкідливих впливів техніки на навколишнє середовище, що виникають при її виробництві, експлуатації та ремонті, залежить від прийнятих при розробці конструкції виробу інженерних рішень по використовуваних для його виготовлення, функціонування і відновлення робочих матеріалів, способами їх переробки, застосування в конструкції захисних пристроїв і т.п. Ці рішення безпосередньо впливають на витрати ресурсів у всіх областях прояви ТКВ, тому забезпечення ТКВ і стійкості технологічної системи, у взаємодії з якою виріб повинен проявляти свої властивості, слід також розглядати як комплексну задачу створення виробу високої якості.

ТКВ на види і різновиди поділяють за трьома ознаками:

- методу впливу на конструкцію виробу;
- області прояви ТКВ;
- виду витрат.

За методом впливу на конструкцію виробу розрізняють спадкоємність і технологічну раціональність конструкції виробу, які виражають її технічну сутність.

Наступність конструкції виробу являє собою сукупність тих властивостей, які висловлюють її технологічність з позиції єдності повторюваності і змінності прийнятих в ній інженерних рішень. При цьому розрізняють конструктивну і технологічну спадкоємність конструкції виробу.

Перша характеризує єдність повторюваності складових частин в даному виконанні виробу або розглянутому безлічі його виконань і вживаності в них нових складових частин, обумовлених новизною вимог до виробу або безлічі його виконань по їх функціональному призначенню, умовам виробництва або експлуатації;

Друга - єдність повторюваності і змінності технологічних методів виконання, підтримки і відновлення елементів конструкції виробу, що враховуються при його конструюванні.

Наступність конструкції виробу є одним з головних принципів найбільш доцільною ТПВ. Її використання дозволяє забезпечити спадкоємність ТП і ЗТО, найкращим чином організувати процес конструкторського і технологічного проектування, максимально використовувати все краще, створене раніше при науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних розробках, освоєний у виробничих умовах і всебічно перевірений в умовах експлуатації і ремонту.

Технологічна раціональність конструкції виробу являє собою сукупність тих властивостей, які висловлюють технологічність його конструкції з позиції відповідності прийнятих конструктивних рішень умовам виробництва, експлуатації та ремонту. Рівень технологічної раціональності конструкції виробу регулюють за допомогою доцільного за умовами виробництва, експлуатації та ремонту вибору складу конструктивних елементів, матеріалів, схем з'єднань складових частин виробу і т.п.

Технологічна раціональність характеризує можливість виготовлення та експлуатації даного виробу або групи його виконань

при використанні наявних у розпорядженні виробника і споживача продукції трудових, матеріальних, енергетичних та інших видів ресурсів. Умови виробництва і експлуатації високо динамічні, тому технологічну раціональність конструкції виробу необхідно розглядати і оцінювати стосовно існуючих умов підготовки виробництва, виготовлення, технічного обслуговування і ремонту і певною обмеженою зоною зміни цих умов.

Залежно від області прояву розрізняють **виробничу, експлуатаційну та ремонтну** ТКВ. Вони визначаються основними сферами суспільного виробництва, в яких проявляється якість виробу, і характеризують пристосованість конструкції до скорочення витрат ресурсів і часу на ГПВ, процеси виготовлення, складання і монтажу виробу поза підприємства-виготовлювача (виробнича ТКВ).

На технічне обслуговування, поточний ремонт, зберігання, транспортування, діагностування та утилізування (експлуатаційна ТКВ), а також на всі види ремонту, крім поточного (ремонтна ТКВ).

Залежно від витрат показниками ТКВ є трудомісткість, матеріаломісткість, енергоємність. Вони висловлюють її економічну сутність, яка проявляється в одній або декількох конкретних областях. Як види ТКВ трудомісткість, матеріаломісткість і енергоємність виробу представляють собою властивості його конструкції, що визначають відповідні витрати ресурсів (праці, матеріалів і енергії) при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості виробу, обсягу його випуску і умов виконання робіт. Одночасно з цим трудомісткість, матеріаломісткість і енергоємність виступають як кількісні характеристики зазначених властивостей, будучи показниками ТКВ.

Оцінка ТКВ має на увазі комплекс взаємопов'язаних заходів, що включають послідовне виявлення ТКВ в цілому або окремих розглянутих її властивостей, зіставлення їх з властивостями виробу, конструкція якого прийнята в якості бази для порівняння, і представлено результати зіставлення в формі, прийнятною для прийняття управлінських рішень але вдосконалення конструкції виробу, що розробляється.

Залежно від використовуваних методів розрізняють якісну і кількісну оцінку ТКВ.

**Якісна оцінка** ТКВ заснована на інженерно-візуальних методах оцінки і проводиться по окремих конструктивних і технологічних

ознаках для досягнення високого рівня ТКВ. Вона, як правило, передує кількісній оцінці, але цілком сумісна з нею на всіх стадіях проектування. Якісної оцінки можуть бути піддані одно виконання виробу або сукупність його виконань.

Якісна оцінка одного конструктивного виконання виробу ("добре - погано", "допустимо - неприпустимо", "краще - гірше" і т.д.) дається на підставі аналізу відповідності його основним вимогам до виробничої, експлуатаційної та ремонтної ТКВ.

При порівнянні варіантів конструктивних виконань виробу в процесі проектування якісна оцінка часто дозволяє вибрати кращий варіант виконання або встановити доцільність визначення чисельних значень показників ТКВ всіх варіантів.

**Кількісна оцінка** ТКВ заснована на інженерно-розрахункових методах, за допомогою яких визначають і зіставляють розрахунковим шляхом чисельні значення показника ТКВ проєктованого виробу  $K$  і відповідного показника  $K_B$  конструкції виробу, прийнятої в якості бази для порівняння.

Результатом кількісної оцінки ТКВ є формування цільової функції  $Z$  і алгоритму забезпечення ТКВ, придатних для прийняття рішень щодо вдосконалення конструкції виробу. Найбільш поширені методи абсолютної, відносної та різницевої оцінки ТКВ.

У процесі розробки і кількісної оцінки конструкції виробу використовують різноманітні показники ТКВ. Номенклатуру показників і методику їх визначення встановлюють залежно від виду виробу, типу виробництва і стадії розробки конструкторської документації. Вибір показників технологічності проводять з урахуванням вимог ГОСТ 14.201-83. При цьому число показників повинно бути мінімальним, але достатнім для оцінки технологічності.

Показники ТКВ поділяють на види залежно від вихідної ознаки. Все їх різноманіття можна звести до наведених нижче семи груп показників:

- технологічної раціональності конструкції виробу;
- наступності конструкції виробу;
- ресурсоемності виробу (по одній або кількох областях прояви ТКВ);
- виробничої ТКВ;
- експлуатаційної ТКВ;

- ремонтної ТКВ;
- загальної ТКВ.

До першої групи показників, наприклад, відносяться коефіцієнти складності конструкції виробу, збірності, доступності місць обслуговування, контролепридатності та ін.

Показниками другої групи є наступні коефіцієнти: новизни конструкції виробу; вживаності уніфікованих або стандартних складових частин виробу (деталей, складальних одиниць); вживаності уніфікованих конструктивних елементів деталі (різьблення, галтелів, фасок, проточек, отворів і т.п.); вживаності матеріалу у виробі; типізації конструктивного виконання та ін.

Показники третьої групи відображають комплексну загальну або приватну одиничну ресурсомісткість, тобто втілені в конструкції виробу витрати ресурсів певного виду. Це, наприклад, загальна, структурна, питома і відносна трудомісткість (матеріаломісткість, енергоємність тощо) виробу. Показники ресурсоемності використовують переважно для визначення витрат ресурсів (праці, матеріалів, енергії, часу та ін.) в тій чи іншій області прояви.

Показники ТКВ по областям прояви (4, 5 і 6 групи) і загальної ТКВ по всім областям прояви (7 група) утворені виключно показниками ресурсоемності з урахуванням розглянутих областей прояви.

За значущістю для оцінки розрізняють основні і додаткові показники.

**Основні показники** характеризують найбільш важливі, найсуттєвіші властивості, що входять в ТКВ, і, як правило, виражають її в цілому. Це трудомісткість, матеріаломісткість, енергоємність, тривалість виготовлення (експлуатації, ремонту), собівартість виробу.

Додаткові показники характеризують технологічну раціональність і спадкоємність конструкції виробу стосовно окремих областей прояви ТКВ. Додаткові показники дозволяють ефективно і цілеспрямовано вдосконалювати конструкцію в процесі проектування для подальшого поліпшення основних показників ТКВ.

#### **Технологічні вимоги до конструкції деталей машин.**

Загальні технологічні вимоги до конструкції деталей машин можна сформулювати наступним чином:

Конфігурація деталі повинна являти собою поєднання простих

геометричних форм, що забезпечують зручну, надійну базу для установки в процесі її обробки і дають можливість застосування високопродуктивних технологічних методів виготовлення.

Задана точність і шорсткість поверхонь деталі повинні бути строго обґрунтовані її службовим призначенням. Необґрунтовано завищені вимоги до них призводять до необхідності вводити додаткові технологічні операції, подовжують цикл обробки, збільшують трудомісткість виготовлення і підвищують собівартість деталі.

Стандартизація та уніфікація деталей і їх елементів збільшують серійність випуску, уніфікують верстатні налагодження і тим самим зменшують трудомісткість процесу виробництва і собівартість виготовлення і відновлення деталей машин.

Технологічні вимоги до конструкції деталей машин при їх виготовленні продиктовані як технологією виробництва заготовок, так і технологією їх подальшої обробки. В умовах відновного виробництва враховуються застосовувані способи усунення дефектів.

## **6 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

Технологічним контролем називається інженерна перевірка конструкторської документації на відповідність вимогам технологічності.

Конструкторська документація не регламентує методи і способи виготовлення виробу і послідовність їх застосування. Це завдання технологічної документації. Але дані, що містяться в конструкторській документації, в значній мірі впливають на їх вибір і застосування. Наприклад, якщо в графі «матеріал» основного напису креслення деталі вказана якась марка сірого чавуну, то це автоматично зумовлює, що заготовка деталі виготовлена методом лиття, конкретизація якого зроблена в технологічній документації, тобто, в загальному випадку, концепція технології виготовлення заготовки зумовлена кресленням деталі і технолог не має права її змінювати. Тому взаємна ув'язка і узгодження конструкторської та технологічної документації необхідні і обов'язкові.



Розробник повинен враховувати технологічні вимоги в конструкторській документації на всіх стадіях проектування виробу, тобто до початку розробки ТП. Перевірка обліку конструктором цих вимог в повному обсязі і становить завдання технологічного контролю. Розрізняють декілька форм технологічного контролю:

- **внутрішній** - перевірка конструкторської документації, що проводиться під час її розробки фахівцями організації, яка займається цією розробкою;
- **зовнішній** - перевірка конструкторської документації, що проводиться під час її розробки технологами заводу, на якому передбачається виготовлення виробу;
- **вхідний** - перевірка конструкторської документації, що проводиться після завершення робочого проекту фахівцями підприємства - виробника для ТПВ і подальшого виготовлення виробів. Результати технологічного контролю підписує особа, яка здійснює контроль.

Основу технологічного контролю на всіх етапах розробки робочої конструкторської документації складають методи порівняльної якісної оцінки. Сутність їх зводиться до порівняння (співставлення) контрольованого конструкторського рішення з рішенням, прийнятим за еталон. На основі такого порівняння в першому наближенні робиться оцінка "гірше" або "краще". При наявності достатньої інформації ця оцінка може бути поглиблена до оціночних характеристик типу "добре", "погано" або "раціонально", "нераціонально". Також вона може містити і елементи кількісної оцінки.

Як еталон використовують виріб-аналог, типову або комплексну конструкцію. Виріб-аналог слід, як правило, підбирати з числа виробів, що знаходяться в серійному виробництві. При цьому необхідно прагнути до того, щоб аналізований виріб і аналог були подібні по геометричній формі і розмірам. При відсутності виробів-аналогів, подібних аналізованого по геометричній формі і розмірам, іноді досить обмежитися підбором аналога, що має подобу тільки по окремих елементах.

Поняття типової і комплексної конструкції широко використовують при розробці ТП. Типова конструкція - це конструкція представника певної класифікаційної групи виробів,

близьких за своїм конструктивним виконанням. Комплексна конструкція - це конструкція виробу (деталі), що об'єднує групу виробів (деталей) таким чином, що будь-яка з них має однакові з нею форму, поверхні і бази.

Типовим конструкціям відповідають типові ТП, комплексним - групові ТП. Перед початком проектування конструктор повинен мати готові принципи ТР для певних груп (класів) виробів, утворених за ознаками тотожності або подібності і враховувати ці рішення при розробці конструкції. Якщо конструктор при розробці включив новий виріб в певну класифікаційну групу за результатами порівняння його з типовою або комплексною конструкцією, він тим самим визначив основи технологічного проектування і міцність. Факт обліку ознаки тотожності або подібності при конструюванні виробу повинен бути зафіксований при технологічному контролі і повідомлений службі ТПВ підприємства, на якому вони будуть виготовлятися.

Технологічний контроль можна також виконувати шляхом зіставлення конструктивного виконання виробу з нормативно-технологічними вимогами до нього. Застосування таких нормативних документів дозволяє спростити процес конструювання, так як неможливо своєчасно і задовго до надання робочих конструкторських документів на технологічний контроль враховувати в них діючі технологічні норми і вимоги до конструкції виробу, а також систематизовані дані минулих перевірок та типові рекомендації фахівців, які здійснюють технологічний контроль. У цих умовах доцільна організація вибіркового технологічного контролю, при якому фахівці, які здійснюють контроль, повинні систематизувати і узагальнити типові рішення, пропонувані ними при технологічному контролі. Ці узагальнення, як правило, подаються у виді різного роду керівних матеріалів на рівні об'єднання або підприємства (первинна стандартизація технологічних вимог) і доводять до відома конструкторів задовго до проведення технологічного контролю.

Зіставлення виробів-аналогів з робочим кресленням деталі дозволяє виявити можливості поліпшення технологічності конструкції даного виробу. При технологічному контролі прагнуть:

- зменшити розміри оброблюваних поверхонь, що знижує трудомісткість виготовлення;
- підвищити жорсткість конструкції деталі для можливості

застосування багатоінструментальної обробки, багатолезових інструментів і підвищених режимів різання;

– забезпечити зручне підведення і відведення ріжучих інструментів для зменшення допоміжного часу;

– уніфікувати або звести до мінімуму типорозміри пазів, канавок, перехідних поверхонь (наприклад, галтелів, фасок на циліндричних поверхнях) і отворів для скорочення номенклатури ріжучих інструментів;

– забезпечити надійне і зручне базування заготовки з можливістю поєднання технологічних і вимірювальних баз.

Виконання цих та багатьох інших вимог щодо забезпечення технологічності деталі повинен перевірити технолог при технологічному контролі конструкторської документації.

В результаті поліпшення технологічності конструкції може бути отримано зниження собівартості і трудомісткості виконання процесів механічної обробки. Доцільність зміни конструкції деталі можна також встановити за допомогою відносних показників, наведених у таблиці 6.1

Таблиця 6.1 - Показники технологічності конструкції відновлюваної деталі

Показник	Формула для розрахунку
Основні показники	
Трудомісткість відновлення деталі	$T_o = \sum_{i=1}^n t_{ui} ,$ <p>де n - число операцій в маршруті відновлення деталі;  <math>t_{ui}</math> - штучний час відновлення деталі при виконанні операції, год</p>
Технологічна собівартість відновлення деталі	$C_{тд*} = M_o + Z_o + Ц,$ <p>де <math>M_o</math> - вартість основних матеріалів за вирахуванням вартості реалізованих відходів;  <math>Z_o</math> - заробітна плата основних виробничих робітників;  Ц - цехові витрати</p>

Рівень технологічності по трудомісткості відновлення деталі	$K_{\text{утд}} = T_{\text{д}} / T_{\text{бд}}$ де $T_{\text{бд}}$ - трудомісткість базового (наприклад, заводського, галузевого) варіанту виготовлення, год
Рівень технологічності за собівартістю відновлення деталі	$K_{\text{усд}} = C_{\text{тд}} / C,$ де $C_{\text{тбд}}$ - технологічна собівартість базового варіанту відновлення деталі
додаткові показники	
Коефіцієнт питомої трудомісткості відновлення деталі	$K_{\text{удт}} = T_{\text{д}} / M_{\text{д}}$ де $M_{\text{д}}$ - маса деталі
Коефіцієнт питомої технологічної собівартості відновлення деталі	$K_{\text{удз}} = C_{\text{тд}} / M_{\text{д}}$
Коефіцієнт використання відновлювальних матеріалів	$K_{\text{ім}} = M_{\text{д}} / M_{\text{вм}}$ де $M_{\text{вм}}$ - маса витрачених відновлювальних матеріалів
Коефіцієнт уніфікації елементів конструкції деталі	$K_{\text{у}} = N_{\text{у}} / N,$ де $N_{\text{у}}$ - число уніфікованих конструктивних елементів деталі; $N$ - число конструктивних елементів деталі

\* При розрахунку технологічної собівартості враховують тільки змінні статті витрат.

## 7 АНАЛІЗ ДЕФЕКТІВ ДЕТАЛЕЙ І РОЗРОБКА РЕМОНТНИХ КРЕСЛЕНЬ

Аналіз проводиться з метою виявлення доцільності усунення дефектів деталі. При цьому оцінюють ступінь впливу кожного

дефекту на ефективність і безпеку використання деталі з урахуванням призначення і конфігурації, показників якості, режимів і умов експлуатації.

Критичним є дефект, при наявності якого використання деталі за призначенням практично неможливо або виключається відповідно до вимог безпеки.

Значними є дефекти, які суттєво впливають на використання деталі за призначенням і на її довговічність, але не є критичними.

Малозначними називаються дефекти, які не роблять істотного впливу на використання деталі за призначенням і її довговічність.

Певні поєднання дефектів, кожен з яких при окремому розгляді є малозначним або значним, можуть бути еквівалентні критичному дефекту. Тому зношена деталь повинна вибраковуватися не тільки в разі, коли розмір однієї з її поверхонь перевищує допустимий для ремонту, але і коли сукупність кількох дефектів (малозначних і значних) робить її відновлення економічно недоцільним.

На основі аналізу дефектів розробляють ремонтні креслення, які є основним конструкторським документом, що розробляється в системі технологічної підготовки виробництва з відновлення деталей. Ремонтні креслення є робочими конструкторськими документами, призначеними для організації ремонтного виробництва. Вона повинні містити вимоги за одиничними показниками якості відновлених деталей: геометричним, параметрам поверхневого шару, показниками надійності.

## **8 ВИБІР СПОСОБІВ УСУНЕННЯ ДЕФЕКТІВ**

Для усунення одних і тих же дефектів деталі використовують десятки різних способів. Так, за даними Всеросійського інституту «Ремдеталь» робочі поверхні деталей ущільнювачів вузлів тракторів і сільськогосподарських машин відновлюють 22 методами, деталі шарнірів - 19, шліцьові з'єднання - 15, деталі фрикційних пар - 16, деталі нерухомих з'єднань - 37, поверхні, що труться - 41, колінчасті вали - 8, опорні катки гусеничних тракторів - 12, цапфи - 7 і т.д.

При виборі способу відновлення, необхідно враховувати

технічний рівень застосовуваної технології, витрати на відновлення і на експлуатацію деталі. Основні методичні положення вибору способу відновлення викладені в п. 1.3.2.

При використанні способу ремонтних розмірів ускладнюється система постачання запасними частинами, технічною документацією, виникає необхідність великих запасів деталей різної номенклатури. Крім того, багаторазове використання даного способу призводить до зниження запасів міцності деталей, зменшення їх зносостійкості, так як при цьому поступово знімається зміцнений різними способами поверхневий шар металу.

З використанням методу додаткових деталей значно збільшуються витрати на відновлення виробу і це, у багатьох випадках, призводить до того, що вказаний метод виявляється економічно неефективним. Особливо нераціонально використовувати даний спосіб для відновлення деталей, що мають незначний знос.

Простий і економічний спосіб відновлення деталей пластичною деформацією має обмежену сферу застосування і часто не може бути використаний для відновлення конкретних виробів в зв'язку зі специфічними особливостями їх конструкції.

Вибір способу відновлення пов'язаний з вивченням їх дефектів, що виникають при експлуатації, з вимогами до фізико-механічних властивостей нанесених покриттів і з умовами роботи деталей.

При виборі способів відновлення, зазвичай, виходять з необхідності відновлення геометричних розмірів і заданих властивостей окремих поверхонь деталей. При цьому прагнуть отримати відновлений шар покриття з максимально можливою зносостійкістю. Іноді технологічні процеси відновлення розробляють не для поверхонь деталей, а для їх з'єднань, щоб відновлювати їх працездатність. Однак і цей підхід не може гарантувати працездатності відновлених деталей, оскільки кожна деталь має кілька поверхонь, що зношуються. Тому ресурс роботи вузла, в який вона входить, залежить від якості відновлення всіх поверхонь деталі і, перш за все, їх просторової геометрії. Крім того, ресурс агрегату або вузла буде визначатися залишковим ресурсом інших, невідновлювальних поверхонь.

При виборі методів відновлення необхідно розглядати деталь в сукупності з усіма поверхнями, а також накопиченнями втомного пошкодження. Номенклатуру деталей, що підлягають відновленню,

групують за умовами роботи, поєднанню дефектів, фізико-механічними властивостями поверхонь і т.д. Як приклад, наведено основні дефекти деталей шасі тракторів МТЗ (табл. 8.1) і колінчастих валів двигуна ЯМЗ-240.

При аналізі 864 колінчастих валів двигуна ЯМЗ-240, що надійшли на відновлення, 13 з них мали злами, 140 - вигин вище норми, 112 - тріщини, 107 - задири, 64 - викришування бігових доріжок, 16 - граничний знос, а для відновлення працездатності 422 колінчастих валів досить перешліфувати шийки на наступні ремонтні розміри.

Випробування колінчастих валів ДВС показали, що коефіцієнт запасу по опору втоми до відновлення становить від 1 до 2,6. Залежно від способу відновлення він може бути від 0,63 до 1,97 після ремонту, тобто межа витривалості колінчастих валів зменшується на 40 %.

Зниження циклічної міцності у відновлених деталях пов'язано з наявністю зварювальних дефектів у виді пір, тріщин і різних включень (особливо в зоні сплаву), виникнення залишкових напружень розтягу, несприятлива зміна структури основного металу і ін.

Таблиця 8.1 - Основні дефекти і знос деталей шасі трактора МТЗ (в чисельнику всього дефектів, в знаменнику - % до загальної кількості)

Група дефектів	Число дефектів/ %	Місце зносу	Число дефектів/% при зносі, мм		
			0,01 ... 0,1	0,1 ... 0,2	понад 0,2
Механічні пошкодження	67/18	Отвір	65/26	16 / 6,4	14 / 7,3
Пошкодження різьби	37 / 10,8	Вал	47 / 18,7	18 / 7,2	6 / 2,4
Биття валів	7 / 1,8	Площина	24 / 8,0	7 / 2,8	46 / 18,3
Знос	250/69,4	Конусна поверхня	7 / 2,7	2 / 0,1	3 / 0,1
Всього	361/100		143 / 55,4	43 / 16,5	69 / 28,1

Для газотермічних відновлювальних покриттів велике значення має міцність їх зчеплення з основним матеріалом, особливо для деталей, що працюють в умовах динамічних навантажень.

Небезпечні перетини деталей (галтелі, канавки, місця закінчення наплавлення та ін.) необхідно зміцнювати пластичним

деформуванням поверхневого шару.

Одне з основних напрямків сучасної технології відновлення деталей - вдосконалення відновних процесів з метою зниження припусків на механічну обробку, обмеження її оздоблювальними операціями, а в ряді випадків повного виключення.

Спосіб відновлення розмірів та форми зношених деталей значною мірою визначається розмірами програмного завдання і технічними можливостями підприємства, матеріалом деталі, її призначенням і технічними вимогами на виготовлення, формою поверхні і розмірами.

Вибір методу відновлення форми і розмірів деталі істотно залежить від часу підготовки технологічної оснастки (виготовлення штампів, прес-форм, настановних пристосувань і ін.), наявності відповідного технологічного обладнання та бажаний рівень автоматизації процесу, однак додаткові витрати на оснащення відновлювальних підрозділів (робочих місць) окупаються тільки при достатніх розмірах програмного завдання. При наявності швидко переналагоджуваного обладнання і оснастки можливе впровадження високопродуктивних методів у дрібносерійному виробництві.

Однак слід мати на увазі, що собівартість відновлення деталі визначається сумою витрат на нанесення відновлювальних шарів і механічну обробку. Тому в кінцевому рахунку важливо забезпечити зниження цієї суми, а не однієї з її складових (при малих розмірах програмного зниження витрат при механічній обробці більш точних відновлювальних шарів може супроводжуватися збільшенням витрат на їх отримання, що може привести до зростання загальних витрат).

## **9 СКЛАДАННЯ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

### **9.1 Послідовність виконання операцій**

При відновленні деталі проходять послідовно ряд технологічних операцій в наступному порядку:

— підготовчі операції (очищення, знежирення, правка, відновлення базових поверхонь);



— механічна обробка, яка призначена для усунення дефектів, що утворилися в процесі експлуатації, або додання правильної геометричної форми зношеним поверхням, в тому числі спеціальної (наприклад, при електродуговому напиленні нарізка «рваною» різьбою, фрезерування канавок і т. п.);

— нарощування зношених поверхонь (наплавлення, напилення і ін.). При цьому в першу чергу виконують операції, при яких деталі нагрівають до високої температури (зварювання, наплавлення, термічна обробка). Якщо необхідно, то деталі піддають вторинній правці. Потім виконують операції, які не потребують нагрівання деталей (хромування, залізнення та ін.);

— остаточна обробка (токарна, фрезерна, слюсарна та ін.);

— контрольні операції призначають в кінці технологічного процесу і після виконання найбільш відповідальних операцій.

Запис операцій проводиться коротко, наприклад:

05 - термічна (відпустка шліців);

10 - токарна (зрізання шліців);

15 - наплавочна (вібродугове наплавлення поверхні під шліци);

20 - токарна (обточування поверхні під шліци);

25 - фрезерна (шліцефрезерна);

30 - слюсарна (заготівля стрічки для зношених шийок) і т.п.

Якість відновлюваних поверхонь деталі забезпечують поступовим посиленням параметрів точності і виконанням інших технічних вимог на етапах перетворення ремонтної заготовки в готову деталь. Точність і якість поверхневого шару окремих поверхонь формують в результаті послідовного застосування декількох методів обробки. Тому складання маршруту відновлення деталі в цілому зазвичай передує визначення маршрутів обробки окремих поверхонь ремонтної заготовки. Розробка маршруту обробки ремонтних заготовок нерозривно пов'язана з вибором технологічних баз (схем установки заготовки).

## 9.2 Визначення маршрутів обробки окремих поверхонь

Ряд операцій обробки (або технологічних переходів), необхідних для отримання кожної поверхні деталі і розташованих в порядку підвищення точності, утворюють маршрути обробки окремих поверхонь. Такі маршрути необхідні також для розрахунку проміжних і загальних припусків на механічну обробку, а також проміжних розмірів заготовки по технологічних переходах (або операціями) обробки. Маршрут обробки призначають на підставі технічних вимог креслення деталі і заготовки, починаючи з вибору методу остаточної обробки, що забезпечує задані кресленням деталі точність і стан поверхневого шару.

Орієнтуючись на таблиці точності і якості поверхневих шарів при обробці і з огляду на конфігурацію поверхні, матеріал, масу та інші фактори, встановлюють для неї метод остаточної обробки. При цьому можливі кілька видів обробки, що мають приблизно однакові технологічні показники.

При відомому способі отримання заготовки таким же чином визначають початковий метод обробки в маршруті (або кілька рівноцінних йому). Вибравши остаточної і перший методи обробки поверхні в маршруті, призначають проміжні. При цьому припускають, що кожному методу остаточної обробки може передувати один або кілька можливих попередніх. Наприклад, тонкому розточуванню отвору передує чистове, а чистовому - чорнове розточування або чорнове зенкерування наплавленого отвору. При проектуванні маршруту керуються тим, що кожний наступний метод обробки повинен бути точніше попереднього.

Число етапів розмірної обробки (попередньої, проміжної, остаточної) залежить не тільки від точності розмірів, наприклад, діаметральні, але і від рівня відносної геометричної точності форми поверхні (допусків циліндричної, профілю поздовжнього перерізу, площинності). При високій відносній геометричній точності поверхні деталей проміжних етапів обробки більше, ніж при нормальній. Менш точна ремонтна заготовка, вірніше її відновлювана поверхня, зажадає більшого числа етапів обробки в порівнянні з більш точною заготовкою. У заготовок високої точності може бути достатньою однократна обробка поверхонь. На число етапів обробки може

впливати і необхідність виконання термічної обробки, яка може впливати не тільки з вимог креслення, але і з умов поліпшення оброблюваного матеріалу. Термічна обробка викликає деформації заготовки в цілому і викривлення окремих її поверхонь, тому для зменшення їх впливу на точність передбачають додаткову механічну обробку.

Відхилення проміжного розміру поверхні і якість поверхневого шару, отримані на суміжному попередньому етапі обробки, повинні перебувати в межах, при яких можна застосовувати намічений наступний метод обробки. Після чорного розточування можна застосовувати, наприклад, тонке, так як для усунення похибки попередньої обробки розточний різець буде працювати з великою нерівномірністю припуску, яке значно перевищує задану глибину різання. Побудова маршруту обробки на наступних етапах проектування ТП відновлення деталі пов'язано з визначенням проміжних і загального припусків на розглянуту поверхню. Число варіантів маршруту обробки розглянутої поверхні, які відповідають технічним принципам, може бути вельми більшим. Всі варіанти, проте, різні за ефективністю (продуктивністю) і рентабельністю. Визначення остаточного варіанту за цими показниками важливо, але складно і трудомістке.

### **9.3 Вибір схем установки заготовки**

Перед обробкою ремонтної заготовки на верстатах і деяких видах відновного обладнання необхідно виконати процедуру її базування і закріплення (установку заготовки). Тому вибір схем установки заготовки нерозривно пов'язаний з маршрутом її виготовлення і для такого вибору слід чітко уявляти загальний (укрупнений) план обробки заготовки.

На наступних етапах проектування маршрут деталізують, розвивають і уточнюють. Вихідними даними при виборі схем установки є робоче і ремонтне креслення деталі, технічні вимоги на виготовлення деталі і заготовки, ступінь автоматизації ТП. Спочатку вибирають технологічні бази і принципову схему установки, які визначаються геометричною формою деталі і ремонтної заготовки,

розташуванням оброблюваних поверхонь і їх координатної (розмірної) ув'язкою між собою і по відношенню до поверхонь, що не обробляють. При цьому необхідно враховувати наступні обставини:

- можливість підведення робочих органів і обробного (перш за все ріжучого) інструменту до поверхонь, що підлягають обробці, і по можливості до всіх поверхонь, що підлягають відновленню форми і розмірів або іншій обробці;
- зручність установки і зняття заготовки;
- надійність і зручність її влаштування в обраних місцях прикладання сил закріплення;
- виключення деформації вигину заготовки від обраної схеми її закріплення.

При виборі баз потрібно чітко уявляти загальний (укрупнений) план обробки відновлюваної деталі, в залежності від складності деталі можливі кілька випадків базування:

— заготівку базують на чорні (необроблені) поверхні і при одній установці (за одну операцію) виконують її повну обробку. Варіант характерний для відносно простих деталей, оброблюваних на верстатах-автоматах і агрегатних верстатах, а також для більш складних деталей, оброблюваних в пристроях-супутниках автоматичних ліній і на верстатах з ЧПУ типу "обробний центр";

— ремонтну заготівку базують на чорні поверхні, виробляючи обробку поверхонь, які далі використовують як чисті незмінні бази. Далі в ТП оброблені, незмінні поверхні використовують при виконанні основної частини операцій. Цей варіант прийнятний для більш складних деталей, обробку яких здійснюють за кілька установок;

— варіант аналогічний попередньому за винятком того, що перед останнім етапом ТП прийняті чисті технологічні бази піддають повторній (обробній) обробці. Варіант характерний для деталей підвищеної точності;

— деталь базують на різні, послідовно змінювані, чисті (оброблені) поверхні. Частину цих поверхонь обробляють при установці заготовки на чорні бази, інші поверхні - з установкою на чисті бази. Виконання деяких операцій можливо з одночасним базуванням на чорні і чисті поверхні. Цей випадок (небажаний) може

зустрітися при виготовленні деталей з особливими вимогами;

— те ж, що і в попередньому пункті, але з повторною (багаторазовою) обробкою послідовно змінюваних баз. Деталь базують на кілька змінюваних баз, які повторно обробляються. Наприклад, попереднє і чистове шліфування планки на магнітній плиті з послідовним перевертанням для обробки кожної її сторони.

При виборі технологічних баз слід прагнути до більш повного дотримання принципів: поєднання, сталості та послідовної зміни баз (перехід від менш точної до більш точної бази).

Додаткові вимоги повинні враховувати: зручність і зняття заготовки; надійність і зручність її закріплення в обраних місцях докладання зусиль затиску; можливість підведення ріжучих інструментів з різних сторін заготовки; зручність виконання відновлювальних операцій; захист баз від пошкодження в процесі відновлення форми і розмірів зношених поверхонь.

Залежно від геометричної форми ремонтної заготовки (деталі) застосовують різні схеми установки, що відрізняються між собою формою і розташуванням технологічних баз, числом опорних точок на кожній з них, числом ступенів свободи, що позбавили і схемою закріплення заготовки. Вибір схеми установки заготовки полегшується використанням типових схем базування. Розглянемо їх більш детально.

Установку на площині застосовують при відновленні і обробці станин, корпусів, плит, рам, кронштейнів. При цьому заготовку можна базувати на три взаємно перпендикулярні площини за схемою, позбавивши її шести ступенів свободи, що забезпечує, в свою чергу, автоматичне отримання розмірів  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , за трьома напрямками осей системи координат. Необхідно враховувати, що у корпусних деталях, що надходять на відновлення, можуть бути забоїни, які утворилися в процесі розбирання машин і транспортування деталей. Наявність забоїв в зонах контакту технологічних баз з опорними пластинами може привести до збільшення припусків на обробку основних отворів, порушення взаємного розташування вісів отворів, площин і ін., що може порушити збирання сполучень. Тому в ТП необхідно передбачати операції зачистки базових поверхонь, а при конструюванні пристосувань пластини зміщати всередину корпусу щодо його зовнішнього контуру на 2 ... 4 мм.

Якщо заготовку орієнтувати по двох взаємно перпендикулярним

площинам за схемою, то, позбавивши її п'яти ступенів свободи, можна забезпечити автоматичне отримання розмірів  $x$  і  $y$  за двома напрямками. Коли ж при обробці, наприклад, площини на фрезерному верстаті, або наплавленні необхідно автоматично витримати один розмір, заготовку базують на одну площину за схемою.

Установку заготовок на зовнішню поверхню обертання і перпендикулярну до її осі площину здійснюють при відновленні і обробці деталей типу "тіл обертання": валів, вісів, штоків, поршнів, плунжерів і т.п. Для заготовок, що обробляються на токарних і круглошліфувальних верстатах, при наплавленні і напиленні і обертових, щодо поздовжньої осі, застосовують установку в патрони по схемі, позбавляючи їх по зовнішній поверхні обертання чотирьох ступенів свободи і ще однієї по площині. Заготовки, що не мають обертання при обробці, базують по зовнішніх поверхнях обертання в призмах або у втулках за схемою.

Установку на внутрішню поверхню обертання і перпендикулярну до її осі площину виконують при відновленні і обробці деталей типу "тіл обертання" з головним центральним отвором: втулок, гільз, стаканів, обичайок, рубашок, дисків з отворами, кілець. При обробці обертових заготовок їх розміщують в патронах з кулачками враспор по отвору, на оправках з розсувними елементами або на оправках з натягом.

Установку на два отвори з паралельними осями і перпендикулярну їм площину застосовують при відновленні і обробці станин, корпусів, рам, плит, опор, підшипників, кронштейнів, шатунів і ін. Ця схема дуже зручна, так як, займаючи під технологічну базу практично одну плоску поверхню, вона позбавляє заготовку шести ступенів свободи, що дозволяє витримувати розміри автоматично у всіх напрямках. Схему широко застосовують при обробці заготовок корпусних деталей на універсальних верстатах і автоматичних лініях, оскільки два технологічних базових отвори з паралельними осями нескладно виконати в разі їх відсутності в конструкції деталі. За даною схемою встановлюють в робочих позиціях автоматичних ліній пристосування-супутники.

Однак використання комплекту заводських технологічних баз при відновленні має свої особливості. При проектуванні настановних пристосувань необхідно враховувати зміну міжосьової відстані і знос базових отворів. Діаметри базових отворів корпусів, які надійшли в

ремонт, відрізняються від розмірів, зазначених на робочих кресленнях. Базові поверхні, які не використовуються під час експлуатації зношуються на 0,2 ... 0,4 мм в процесі багаторазових установок і зняття корпусів при їх виготовленні. При діагональному розташуванні базових отворів у більшості корпусів в процесі експлуатації порушується їх взаємне розташування. Наприклад, у корпусів коробок передач тракторів типу МТЗ-50/80 відхилення міжосьової відстані складає  $\pm 0,20$  мм (допустиме  $\pm 0,05$  мм). У ТП вводять операцію розгортання технологічних базових отворів зі збільшенням діаметра пальців установочного пристосування не більше, ніж на 0,1 ... 0,2 мм. Якщо технологічні отвори деталі використовують під кріпильні болти або штифти, то ці отвори необхідно закрити або поставити заглушки, після чого свердлити і розгортати технологічні отвори до номінальних розмірів по кондуктору.

Установку на зовнішні циліндричні поверхні з пересічними вісями виконують при відновленні і обробці трійників, хрестовин, засувки, патрубків і тому подібних деталей на фрезерних, наплавочних, свердлильних, розточувальних, агрегатних багатопиндельних та інших верстатах. В якості основних настановних елементів використовують призми.

Установка на внутрішні циліндричні поверхні з пересічними (перехресними) вісями може бути застосована при відновленні і обробці станин, корпусів, рам, кронштейнів, опор на фрезерних, свердлильних, розточувальних та агрегатних верстатах. Якщо база - замкнутий отвір, виконують регульовані і самоустановлювальні опори, якщо ж база - незамкнутий отвір, використовують також і жорсткі опори.

Установку на центрові отвори здійснюють при відновленні і обробці валів, вісів, штоків, поршнів, плунжерів та інших тіл обертання на наплавлювальних, токарних, круглошліфувальних і інших верстатах, а також при обробці заготовок на центрових оправках. У якості настановних елементів і пристроїв застосовують центри (і полуцентри) різних конструкцій і рівня точності. Для підвищення точності базування в осьовому напрямку використовують плаваючі центри.

Установку на конічні фаски застосовують при відновленні і обробці на наплавлювальних, токарних, круглошліфувальних і інших

верстатах порожнистих деталей з внутрішніми фасками і деталей малих діаметрів із зовнішніми фасками, використовуючи для останніх зворотні центри.

Установку на зубчасті поверхні і торець здійснюють при шліфуванні осьових отворів заготовок циліндричних і конічних зубчастих коліс. Як настановні елементи застосовують три ролика для прямозубих циліндричних коліс і шість кульок (по два в кожную западину) для циліндричних коліс зі спіральним зубом і конічних коліс. При використанні роликів і кульок застосовують трикулачні патрони мембранного і клинового типів.

При виборі технологічних баз прагнуть до більш повного дотримання принципу поєднання. В цьому випадку похибки базування істотно зменшуються і точність виготовлення деталі підвищується. При неможливості витримати цей принцип за технологічну базу приймають іншу поверхню, прагнучи зменшити наслідки несуміщення баз шляхом призначення, по можливості, жорстких допусків на розмір і розташування, що зв'язують нову базу з попередньою. Дотримання принципу сталості баз, сприяє підвищенню точності взаємного розташування оброблюваних поверхонь заготовки. Висока точність по співвісності поверхонь обертання забезпечується шляхом установки заготовок на різних операціях (або переходах) на одну і ту ж технологічну базу. Кращий результат при цьому буде, в разі виконання всіх переходів за одну установку заготовки (тобто за одне базування і закріплення). При декількох установках на одну і ту ж базу точність взаємного розташування оброблюваних поверхонь знижується. Витримування принципу сталості баз підвищує однотипність схем установки і пристосувань, що вельми важливо при автоматизації процесу обробки. Прагнення до більш повного витримування цього принципу призводить до створення на заготовці та на деталі штучних технологічних баз (отворів з паралельними осями, центрових отворів, настановних пасків і шийок, бобишек, платиків і інших елементів). Під час вимушеної зміни баз потрібно переходити від менш точної бази за розмірами, формою і розташуванням до більш точної. До обраних баз повинні бути сформульовані вимоги точності і шорсткості.



## 9.4 Складання маршруту відновлення деталі

Відповідно до ЕСТПВ виконують маршрутний опис ТП, при якому проводять скорочений опис всіх технологічних операцій у маршрутній карті в послідовності їх виконання без вказівки переходів і технологічних режимів, але із зазначенням типу обладнання (верстата). Маршрутний опис ТП, зазвичай, є основним в одиничному і дрібносерійному виробництві і супровідним (додатковим) в інших типах виробництв. Розробка маршруту - складна задача з великим числом варіантів її вирішення. Вихідні дані для розробки маршрутної технології:

- креслення деталі та ремонтної заготовки з технічними вимогами;
- раніше встановлений тип виробництва;
- раніше проведе відпрацювання технологічності конструкції деталі;
- попередньо визначені маршрути (плани) обробки окремих поверхонь;
- раніше обрані технологічні бази з попередньо визначеним планом обробки заготовки.

При встановленні послідовності обробки (при відновленні деталей нормальної геометричної точності) керуються такими міркуваннями:

- в першу чергу слід обробляти поверхні, прийняті за чисті (оброблені) технологічні бази;
- послідовність обробки залежить від системи проставлення розмірів. На початок маршруту виносять обробку тієї поверхні, щодо якої на кресленні координовано більше число інших поверхонь;
- при невисокій точності вихідної заготовки спочатку слід обробляти поверхні, що мають найбільшу товщину матеріалу, який видалається (для раннього виявлення ливарних і інших дефектів, наприклад, раковин, включень, тріщин, волосовин і т.п., і відсіювання браку). Далі послідовність операцій необхідно встановлювати в залежності від необхідної точності поверхні: чим точніше повинна бути поверхня, тим пізніше її необхідно обробляти, так як обробка кожної наступної поверхні може викликати спотворення раніше обробленої поверхні

(зняття кожного шару металу з поверхні заготовки призводить до перерозподілу залишкових напружень, що і викликає деформацію заготовки). Останньою потрібно обробляти ту поверхню, яка є найбільш точною і відповідальною для роботи деталі в машині;

– операції обробки поверхонь, що мають другорядне значення і не впливають на точність основних параметрів деталі (свердління дрібних отворів, зняття фасок, прорізання канавок, видалення задирів і т.п.), слід виконувати в кінці ТП, але до операцій остаточної обробки відповідальних поверхонь. В кінець маршруту бажано також виносити обробку поверхонь, що легко пошкоджуються до яких відносять, наприклад, зовнішні різьби, зовнішні зубчасті поверхні, зовнішні шліцові поверхні і т.п.;

– у тому випадку, коли заготовку піддають термічній обробці, для усунення можливих деформацій потрібно передбачати її правку або повторну обробку окремих поверхонь для забезпечення заданих точності і шорсткості. Однак деякі види термічної, хіміко-термічної та гальванічної обробок ускладнюють ТП. Наприклад, при цементації потрібно науглецевати окремі ділянки заготовки. Решту ділянок захищають обміднений або залишають на них припуск, який видаляють при механічній обробці після цементації, але до гарту.

При відновленні високоточних (прецизійних) деталей з досить великими припусками маршрут механічної обробки іноді ділять на стадії: попередню (чорнову), проміжну (чистову) і остаточну (оздоблювальну).

На першій стадії знімають основну масу металу у виді припусків і напусків на всіх оброблюваних поверхнях; на другій - поступово підвищують точність поверхонь (для деяких поверхонь вона може бути остаточною стадією); на третій забезпечують задані точність і якість поверхневого шару.

На стадії попередньої (чорновий) обробки з'являються порівняно великі похибки, викликані деформаціями технологічної системи від значних сил різання і ще більших сил закріплення заготовки, а також її інтенсивним нагріванням. Чергування попередньої і проміжної обробок в таких умовах не забезпечує задану точність. Після попередньої обробки виникають найбільші деформації заготовки в результаті перерозподілу залишкових напружень в її матеріалі. Групуючи обробку за вказаними стадіях, збільшують

розрив у часі між попередньою і остаточною обробками і дозволяють більш повно проявитися деформаціям до їх усунення на останній стадії обробки.

При виготовленні і відновленні прецизійних деталей особливого значення набуває стабілізація їх розмірів. Автодеформація - мимовільна зміна форми і розмірів металевих деталей - може бути викликана двома причинами: поступовою зміною залишкових напружень (релаксація) і нестабільністю структури. Величина автодеформацій порівнянна з допусками розмірів і форми поверхонь прецизійних деталей.

Всі технологічні операції відновлення деталей по їх впливу на структуру і залишкові напруги можна розділити на дві групи:

а) основні операції формоутворення (отримання ремонтної заготовки, обробка різанням та іншими методами), зміцнення (термічна обробка та ін.), а нерідко також і операції збирання сполучень (як правило, вони збільшують структурну нестійкість і залишкові напруги в матеріалі сполучених деталей);

б) відпал, відпуск, старіння, обробка холодом (підвищують стабільність структури або зменшують напруження).

Шкідливий вплив залишкових напружень на сталість розмірів деталі проявляється сильніше, якщо рівновагу внутрішніх сил порушують внаслідок зміни форми ремонтної заготовки при обробці різанням. В цьому випадку викривлення може виникати навіть при низькому початковому рівні залишкових напружень.

При виготовленні прецизійних деталей необхідно, як правило, чергувати механічну обробку і операції термічної стабілізації розмірів, щоб порушувані різанням напруги не накопичувалися від операції до операції, а знімалися в міру появи. Це дає можливість витримувати операційні допуски на переходах обробки і забезпечити мінімальний кінцевий рівень залишкових напружень. Кратність зазначеного чергування, тобто число проміжних термічних операцій, залежить від необхідного ступеня сталості розмірів; габаритних розмірів і складності конфігурації деталі; співвідношення між оброблюваною поверхнею і масою деталі (масивні або ажурні деталі), а також від співвідношення між всією поверхнею і тією її частиною, яка піддається фінішній механічній обробці; ступеня симетричності розташування оброблюваних поверхонь. Значною мірою ці проблеми знімаються при використанні прецизійних методів нанесення

відновлювальних шарів і покриттів.

Інша особливість ТП прецизійних деталей полягає в необхідності проведення додаткової обробки технологічних баз (для операцій оздоблювальної обробки найбільш відповідальних поверхонь). Таку додаткову обробку баз проводять, як правило, після термічної операції перед виконуваним, одноразово в залежності від рівня точності деталі і побудови ТП. Наприклад, при виготовленні прецизійних ходових гвинтів нульового і першого класів точності тричі виконують операцію доведення центрових отворів. Складання маршруту виготовлення прецизійної деталі рекомендується виконувати на основі типового маршрутного ТП для відповідної конструкції деталі та рівня її точності.

Викладені принципи побудови маршрутів не у всіх випадках є обов'язковими. При жорсткій заготовці і щодо малих оброблюваних поверхнях остаточну обробку можна виконувати і на початку маршруту. Принцип поділу маршруту на стадії чорнової, чистої і оздоблювальної обробки певною мірою суперечить також принципу концентрації технологічних переходів в одній операції, коли можна поєднати чорнову і чистову обробку (наприклад, при виготовленні корпусних деталей з виливків і штамповок на агрегатних верстатах, на верстатах з ЧПУ типу "обробний центр"). Прискорене і правильне складання маршруту виготовлення деталі певного класу (конфігурації) і рівня точності може бути успішно виконано на базі типового маршрутного ТП.

Попередній зміст операцій встановлюють об'єднанням тих переходів на даній стадії обробки, які можуть бути виконані на одному верстаті. Обробку сполучених поверхонь (отворів і прилеглих до них торців, співвісних отворів, інших поверхонь, пов'язаних допусками розташування) також бажано поєднувати в одній операції і виробляти з одного установа. В окрему операцію виділяють обробку поверхні (або групи поверхонь) шліців, зубчастого вінця, робочого профілю кулачка, отвори некруглого поперечного перерізу і т.п., що вимагає спеціальних верстатів. Операції, в якій використовують для обробки самоустановлювальний інструмент (наприклад, розгортка, притир, хон), повинна передувати операція, що забезпечує досягнення остаточної точності розмірів, які координують розташування цієї поверхні щодо інших.

У масовому виробництві зміст і обсяг операцій визначають їх

тривалістю, яка повинна бути рівною або кратною такту. На склад операції впливає також необхідність зменшення числа переустановлень заготовки з верстата на верстат, що має велике значення для умов важкого машинобудування. При розробці маршруту виготовлення деталі за окремими операціями встановлюють також тип верстатів та іншого технологічного обладнання. Підсумки роботи по даному етапу (найменування операцій, короткий зміст, технологічні бази, тип обладнання, оснащення) заносять в маршрутну карту. Розробляють ескізи окремих технологічних операцій обробки різанням на картах ескізів.

### **9.5 Визначення типу обладнання і оснастки**

Істотні відмінності по потужності і спеціалізації ремонтних підприємств, неоднорідність і різномарочність застосовуваного обладнання ускладнюють вибір раціонального технічного оснащення виробництв по відновленню деталей і доведення їх обсягів і номенклатури до оптимальних розмірів. Кількість і тип обладнання і оснастки необхідно визначити для конкретних виробництв відновлення, виду технологічних операцій, конструктивно-технологічних параметрів відновлюваних деталей, розмірів і характеру дефектів і зношення, характеристик матеріалу деталі, необхідної точності її параметрів і технологічних схем базування. Оцінка технологічного обладнання і оснастки вимагає врахування значної кількості пов'язаних між собою показників. Крім продуктивності і точності виконання операцій важливе значення мають ресурс складових частин і устаткування в цілому, коефіцієнт його готовності, матеріаломісткість, трудомісткість виготовлення, коефіцієнт уніфікації та стандартизації, гігієнічні, антропометричні та інші показники. Кожен параметр характеризує конкретну властивість обладнання і оснастки. Однак при їх оцінці необхідний системний підхід для комплексної оцінки всіх показників.

Для зниження трудомісткості і собівартості відновлення деталей необхідно вдосконалювати технологію, а також організацію робіт. Однак необхідне для цього використання високопродуктивного досконалого обладнання, що забезпечує високу точність обробки

поверхонь і їх високу якість можливо, як правило, на потужних виробництвах з великими програмами відновлення. Істотне підвищення продуктивності і зниження трудовитрат на обробку деталей можна отримати шляхом організації відновлення деталей на поточно-механізованих лініях (ПМЛ). При виборі деталей для організації їх відновлення на ПМЛ враховують такі обставини: можливість максимального використання машинної праці, засобів механізації та автоматизації при відновленні деталей, що мають близьке поєднання дефектів і конструкцію; ступінь впливу термінів служби окремих деталей на термін служби агрегату і вузлів до капітального ремонту; масовість і недовговічність роботи змінюваних елементів, що вимагають трудомісткого відновлення, яке встановлюється на машинах найбільш поширених моделей і характеризуються високою щільністю поширення в регіоні.

Уточнення найменування і змісту операцій нанесення покриттів, зміцнення і механічної обробки дозволяє правильно вибрати верстат з наявного парку (за паспортом) або по каталогу. Так, по виду (методу) механічної обробки встановлюють групу металорізального верстата (всього 9 груп): токарний (1-а група), свердлильний або розточний (2-а група) і т.д. Відповідно до призначення верстата, його компонуванням, ступенем автоматизації або видом застосовуваного інструмента визначають тип верстата: токарний одно- та багатопшпіндельний; токарно-револьверний; токарно-револьверний напівавтомат; відрізний з дисковою пилкою та ножівковий; вертикально-фрезерний консольний та безконсольний і т.п. Вибір типу верстата, перш за все, визначається можливістю забезпечити певне формоутворення, виконання технічних вимог, що пред'являються до деталі, яка виготовляється у відношенні точності форми, розташування і шорсткості поверхонь. Якщо ці вимоги здійсненні на різних верстатах, то при виборі враховують такі чинники:

а) відповідність основних розмірів верстата габаритним розмірам оброблюваної заготовки або декільком одночасно оброблюваним заготовкам;

б) відповідність продуктивності верстата річній програмі випуску деталей, врахування типу виробництва;

в) можливість повного використання верстата як за часом, так і за потужністю;

- г) найменша витрата часу на обробку (мінімальний станкочас);
- д) найменша собівартість обробки (орієнтовна або порівняльна);
- е) найменша відпускна ціна верстата;
- є) реальна можливість придбання верстата;
- ж) необхідність використання наявних верстатів.

Для певного заздалегідь типу виробництва можна скористатися наступними рекомендаціями щодо вибору верстатів.

Для одиничного виробництва найчастіше застосовують верстати, що відрізняються гнучкістю і універсальністю формоутворення поверхонь, великим діапазоном габаритів оброблюваних поверхонь і відсутністю автоматизації. До їх числа можна віднести універсальні верстати з ручним керуванням серійного виробництва, наприклад токарно-гвинторізні, токарно-карусельні, радіально і вертикально-свердлильні, горизонтально-фрезерні консольні, круглошліфувальні і т.п.

У дрібносерійному і середнесерійному виробництвах для обробки партій заготовок використовують верстати з меншою універсальністю, але з більшою продуктивністю і з автоматизацією управління: токарно-револьверні напівавтомати, свердлильні одно- і багатошпindelні напівавтомати, барабанно-фрезерні, токарно-гвинторізні з ЧПУ, вертикально-свердлильні з ЧПУ та ін.

Для верстатів великосерійного і масового виробництва характерна вузька спеціалізація, високі продуктивність і рівень автоматизації. До них можна віднести агрегатні верстати, гнучкі автоматичні лінії верстатів з ЧПУ, жорсткі автоматичні лінії з агрегатних і спеціальних верстатів.

Одночасно з вибором верстата треба встановити вид його пристосування, необхідного для виконання на ньому наміченої операції. Якщо потрібний пристрій є належністю верстата (патрон, лещата, лунет і т.п.), то вказують лише його найменування. При використанні універсально-збірного пристосування роблять відповідну вказівку. Якщо ж для даної операції потрібно спеціальне пристосування, то технолог зазвичай розробляє тільки схему пристосування або вказує принцип його пристрою. В одиничному і дрібносерійному виробництві широко застосовують обробку, в пристроях універсального типу (лещата, ділильні універсальні головки, поворотні столи, комплекти стандартних затискних пристроїв і т.п.). Якщо ж намічається потреба у виготовленні

спеціального пристосування, то спочатку необхідно з'ясувати економічну доцільність його застосування. У великосерійному і масовому виробництвах застосовують головним чином спеціальні пристосування, які скорочують основний і допоміжний час більше, ніж універсальні, при високій точності обробки.

При виборі верстата і пристосування для кожної операції необхідно визначити робочі органи і інструменти (пальники, плазмотрони, флюсові воронки, мундштуки, ролики, індуктори, ріжучі інструменти та ін., що забезпечують досягнення максимальної продуктивності і необхідної якості відновного шару, високого коефіцієнта використання вихідного відновного матеріалу і мінімальної енергоємності процесу усунення дефекту, необхідних точності і шорсткості обробленої поверхні і ін. У маршрутній карті вказують найменування, марку матеріалу і номер стандарту обраних робочих органів і інструментів. Якщо потрібен спеціальний робочий орган або інструмент, то обов'язково повинні бути розроблені креслення його конструкції.

Застосування того чи іншого типу робочого органу або інструменту залежить від наступних основних чинників: способу усунення дефекту; відновного матеріалу; виду верстата; методів розмірної і зміцнюючої обробки; матеріалу оброблюваної заготовки, її розміру і конфігурації; необхідних точності і шорсткості оброблюваних поверхонь; типу виробництва (одиничне, серійне, масове).

При виборі інструмента і встановленні методу обробки призначають вимірювальний інструмент, необхідний для визначення розмірів поверхонь заготовки і інших її параметрів точності. У маршрутну карту заносять найменування, тип, розмір. В одиничному виробництві, коли розміри виготовлених деталей досить різноманітні, застосовують вимірювальний інструмент універсального призначення: лінійки, штангенциркулі, мікрометри, нутроміри, глибиноміри, штихмаси і т.п. У серійному і масовому виробництвах застосовують спеціальний вимірювальний інструмент - калібри, пробки, шаблони, а також вимірювальні пристосування, часто багатомісні і автоматизовані.

Відновлені деталі на відміну від нових включають додаткові показники якості, обумовлені, перш за все, характером і способом усунення дефектів. Так, наприклад, для деталей, відновлюваних



наплавленням і напиленням, передбачають методи і засоби контролю міцності зчеплення покриттів з основним матеріалом деталі, пористості і структури покриттів, його твердості і ін.

## **10 РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ НАНОСНОГО ШАРУ І ОПЕРАЦІЙНИХ РОЗМІРІВ**

Оскільки в більшості випадків операції нанесення покриттів включаються в технологічний процес виготовлення деталей, виникає завдання забезпечення необхідної розмірної ув'язки між різними операціями і переходами обробки поверхонь. Особливо високі вимоги в цьому відношенні пред'являються до точних деталей і, перш за все до їх поверхонь, що сполучаються з іншими деталями.

Точні деталі після нанесення захисного покриття піддають розмірної обробці на металорізальних верстатах. Причому перетворення неточних за формою і розмірами поверхонь вихідних заготовок в готові деталі здійснюють, як правило, на кількох послідовно виконуваних щаблях (операціях) обробки, що входять в етапи підготовки поверхні під нанесення покриття і обробки нанесеного покриття.

### **10.1 Поняття про припуски на обробку**

При розмірної обробці задані кресленням форма, геометричні розміри і параметри якості поверхневого шару отримують за один або кілька переходів обробки. При цьому на кожному переході механічної обробки з елементарної оброблюваної поверхні у виді стружки знімається шар матеріалу. Товщина цього шару, що видаляється в процесі механічної обробки заготовки для досягнення заданих точності і якості оброблюваної поверхні, називається припуском. Для кожної поверхні деталі розрізняють проміжний і загальний припуски.

Проміжний середній припуск  $Z_i$  - шар, що знімається при виконанні даного технологічного переходу механічної обробки (визначають як різницю розмірів деталі, отриманих на суміжних

попередньому і виконується на технологічних переходах).

При обробці номінально циліндричних поверхонь або при двосторонній обробці поверхонь в реальних умовах з обох сторін завжди видаляється різний шар матеріалу, тому припуск завжди асиметричний.

Припуск не є параметром режиму механічної обробки. Останній визначається тільки трьома параметрами: глибиною різання  $t$ , подачею  $S$  і швидкістю різання  $v$ . Однак припуск є найважливішим технологічним параметром, що має досить істотне науково-теоретичне і техніко-економічне практичне значення. За відомою величиною припуску визначають розміри ремонтної заготовки і деталі по технологічних переходах обробки.

Точний розрахунок розмірів вихідної заготовки для виготовлення нової деталі або ремонтної заготовки можна виконати тільки при встановленні оптимальних (раціональних) припусків на обробку поверхонь на всіх етапах ТП виготовлення або відновлення деталі. Це є однією з важливих технологічних задач, а теорія припусків є одним з основних розділів проектування технологічних процесів відновлення деталей. Варіант ТП, обраний по оптимальній витраті відновного матеріалу, має перевагу перед варіантами, обраними за іншими техніко-економічними показниками: трудомісткості, собівартості і т.п. При великих припущах збільшуються маса матеріалу, що нарощується, і кількість відходів (стружки), тобто зростають витрати (матеріальні, енергетичні і трудові) на нарощування і подальше видалення відновного матеріалу, збір і переробку стружки, знижується продуктивність, внаслідок підвищення трудомісткості обробки (збільшення числа ходів при великих значеннях припуску); завищені припуски призводять в деяких випадках до видалення найбільш зносостійких поверхневих шарів заготовки та її викривлення через порушення балансу залишкових напружень, а також великого тепловкладення в деталь при нанесенні відновлювальних шарів зварюванням, наплавленням та іншими методами. Однак і недостатні припуски на обробку не забезпечують можливості видалення дефектних поверхневих шарів матеріалу, отримання необхідної точності і шорсткості поверхні, а в ряді випадків створюють неприйнятні умови для роботи вершини різця в зоні твердої кірки або окалини.

Оптимальне значення припуску має відповідати

наступним вимогам:

а) видалення з встановленої в робочій зоні ремонтної заготовки всіх відхилень геометричних параметрів оброблюваної поверхні (розміру, форми, розташування поверхні щодо технологічної бази, висотних параметрів хвилястості і шорсткості поверхні), а також дефектного поверхневого шару;

б) отримання заданих геометричних параметрів без слідів «чорноти», тобто слідів від попередньої обробки;

в) мінімально необхідний шар матеріалу, що знімається.

## 10.2 Методи визначення припусків

Застосовувані в промисловості методи призначення і обчислення припусків умовно поділяють на три групи: дослідно-статистичні, розрахунково-аналітичні і ймовірносно-статистичні.

**Дослідно-статистичний (нормативний) метод** дає найменш точний результат, оскільки заснований на використанні даних минулого, але швидко старіючого досвіду. При цьому зазвичай встановлюють загальний припуск, використовуючи таблиці різних стандартів і заводських даних.

**Розрахунково-аналітичний метод** заснований на аналізі конкретних умов обробки і визначенні основних чинників, що визначають проміжний припуск.

З точки зору теорії і практики науково і практично обґрунтованою розрахунковою величиною є найменше значення припуску  $Z_{\min}$ .

Мінімальний проміжний припуск визначається наступними факторами:

$$Z_{i\min} = Z_{ia} + Z_{ib}, \quad (10.1)$$

де  $Z_{ia}$  - однакова для всіх ділянок поверхні частина припуску, яку необхідно зняти при обробці, щоб видалити дефектний шар і мікронерівності, що залишилися на поверхні від попереднього переходу. Додаток  $Z_{ia}$  становить: для поверхонь обертання

$$Z_{ia} = 2 (R_z + T)_{i-1}, \quad (10.2)$$

для площин і торців

$$Z_{ia} = (R_z + T)_{i-1}, \quad (10.3)$$

де  $R_z$  - висота мікронерівностей (шорсткість) поверхні;

$T$  - глибина дефектного шару, у якого структура, хімічний склад, механічні властивості або всі ці параметри одночасно відрізняються від параметрів основного металу;

$Z_{ib}$  - частина припуску для компенсації його нерівномірності, обумовленої просторовими відхиленнями окремих ділянок оброблюваної поверхні. Визначається наступними факторами:

1. Похибка установки, що виникає на цій розглянутій операції. Наприклад, неточність центрування патрона призводить до появи похибки установки - зміщення осі  $O_{i-1}$  заготовки щодо осі обертання  $O_i$  на величину  $e_i$ . Це призводить до появи нерівномірності припуску  $Z_{ib} = 2e_i$ .

Сюди входить також похибка установки, що викликається осіданням заготовки через контактні деформації в місцях торкання її базової поверхні з установочними елементами пристосування.

2. Похибки установки, допущені на попередніх операціях. При частій зміні баз на нерівномірність припуску можуть впливати похибки установки декількох попередніх операцій.

3. Зміщення осей отворів в корпусних деталях в межах допусків на координатні розміри, що виконуються на даній і попередніх операціях. Аналогічно враховуються зміщення вісів при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь у кривошипів і колінчастих валів. Координатні розміри, що визначають положення вісів отворів або кривошипних шийок, виконуються за схемою односторонньої обробки, при якій похибки установки входять до складу похибки координатних розмірів і регламентуються допусками на ці розміри. Тому при розрахунку мінімального припуску для таких випадків похибки установки окремо не враховуються.

$$Z_{ib} = 2e_i. \quad (10.4)$$

**Ймовірно-статистичний метод визначення припусків  $e$**

подальшим розвитком розрахунково-аналітичного методу, проте в основу аналізу факторів і розрахунку припусків і розмірів заготовок в ньому покладено імовірнісний підхід, що більш виправдано теоретично і дає ближчий до практики результат. Статистичні методи використовуються при дослідженні та узагальненні результатів виробничого експерименту в умовах виробництва. При проектуванні використовують не тільки дані за такими чинниками, визначальним припуски, а й значення середніх проміжних і загальних припусків для обумовлених в нормативних матеріалах умов (в тому числі по забезпечується точності) виготовлення заготовок і деталей.

### 10.3 Товщина покриття, що нашаровується і її можливі значення

Товщина покриття - поняття, що відноситься до певної оброблюваної поверхні, її вимірюють по нормалі до цієї поверхні. Коливання розмірів, одержуваних на кожному ступені обробки, обумовлюють зміни товщини покриття. Слід розрізняти такі можливі значення товщини покриття, що зазнає розмірної обробці:

- номінальна товщина;
- найбільша можлива товщина;
- найменша можлива товщина і середня товщина.

Основними параметрами схеми розмірних зв'язків між операційними розмірами, припусками і допусками є номінальні значення: розміру вихідної заготовки  $A_{\text{заг}}$ , операційних розмірів  $A_i$  і розміру готової деталі  $A_{\text{дет}}$ . Розмір деталі після обробки під нанесення покриття  $A_z$  може також розглядатися, як розмір вихідної заготовки  $A_{\text{заг}}$ , перед нанесенням покриття.

На основі такої схеми можуть бути визначені всі зазначені вище можливі значення товщини покриття.

Номінальне значення товщини обробленого покриття являє собою половину різниці між номінальними розміром  $A_{\text{дет}}$  і номінальним розміром  $A_{\text{заг}}$  цієї поверхні у заготовці, підготовленої до нанесення покриття:

для зовнішніх циліндричних поверхонь

$$t_{\text{нз}} = (A_{\text{дет}} - A_{\text{заг}}) / 2, \quad (10.5)$$

для отворів

$$t_{\text{но}} = (A_{\text{заг}} - A_{\text{дет}}) / 2. \quad (10.6)$$

Номинальне значення товщини покриття на переходах його розмірної обробки дорівнює половині різниці номінальних значень операційних розмірів  $A_i$  на даному переході обробки (розмір деталі відновленню наплавленням, або іншими способами до механічної обробки) і заготовки під нанесення покриття:

$$t_{\text{пi}} = (A_i - A_{\text{заг}}) / 2. \quad (10.7)$$

Значення товщини покриття  $t_{\text{пi}}$  використовують при розрахунку необхідної кількості матеріалів для зміцнення або відновлення деталі.

Найбільше можливе значення товщини обробленого покриття для циліндричних поверхонь визначається рівністю:

$$t_{\text{пmax}} = t_{\text{п}} + \delta_{\text{заг}} / 2, \quad (10.8)$$

де  $\delta_{\text{заг}}$  - «мінусовий» допуск на розмір заготовки, тобто найбільше можливе значення товщини обробленого покриття дорівнює його номінальному значенню плюс половина допуску на розмір заготовки, обробленої під нанесення покриття (або допуску для площин і торців при односторонньому розташуванні покриттів).

Найменше можливе значення товщини обробленого покриття для циліндричних поверхонь:

$$t_{\text{пmin}} = t_{\text{п}} - \delta_{\text{дет}} / 2, \quad (10.9)$$

де  $\delta_{\text{дет}}$  - «мінусовий» допуск на розмір готової деталі.

Найбільше і найменше значення товщини оброблених покриттів обчислюють і використовують при перевірці відповідності обраного технологічного процесу технічними умовами на виготовлення деталі, а також службове призначення і умов експлуатації для забезпечення заданого терміну служби. Їх значення зіставляють з допустимими і за результатами порівняння судять про прийнятність і якість технологічного процесу. Операційні розміри використовують для контролю технологічного процесу.