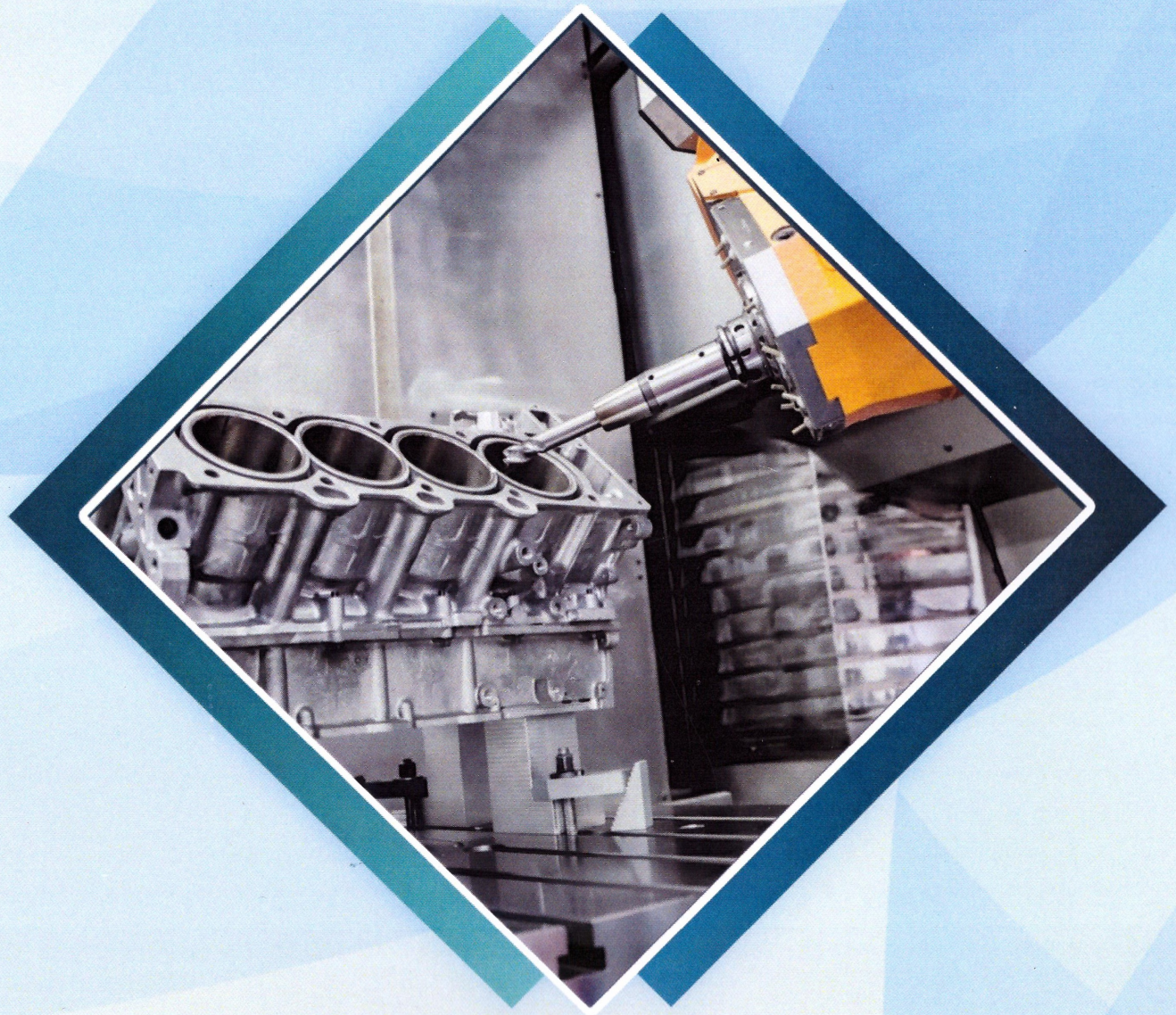


**І.І.Назаренко, М.М. Ручинський,
О.П. Дєдов, Є.О.Міщук**

Технологія машинобудування



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

І.І.Назаренко, М.М. Ручинський, О.П.Дєдов, Є.О.Міщук,

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Навчальний посібник
для студентів спеціальностей
133 «Галузеве машинобудування», 015 «Професійна освіта
(машинобудування)» та 131 «Прикладна механіка»

Київ 2024

УДК 621.90 (075.8)

ББК 34.5

Рецензенти: **О.С. Ланець** – д.т.н., професор, директор інституту механічної інженерії та транспорту, Національний університет «Львівська політехніка»

В.В. Гайдайчук – д.т.н., професор, завідувач кафедри теоретичної механіки, Київський національний університет будівництва і архітектури

М.П. Кузьмінець – д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну, Національний транспортний університет

Затверджено на засіданні Вченої ради Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол №19 від 23 лютого 2024 року.

T8 Технологія машинобудування. Навчальний посібник./ І.І.Назаренко, М.М. Ручинський, О.П.Дєдов, Є.О.Міщук/. – Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2024. – 164 с.

ISBN 978-617-8171-24-7

У посібнику розглянуто основні положення технології будівельного та дорожнього машинобудування, раціонального вибору заготовок, а також питання базування та вибору ріжучого інструменту і технологічного обладнання.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальностями 133 «Галузеве машинобудування», 015 «Професійна освіта (машинобудування)» та 131 «Прикладна механіка».

Може бути корисним для фахівців відповідної професії.

©І.І.Назаренко, М.М.Ручинський, О.П.Дєдов, Є.О.Міщук, 2024

©КНУБА, 2024

ISBN 978-617-8171-24-7

ЗМІСТ

1.	Загальні відомості технології машинобудування	
1.1.	Основні поняття та визначення.....	6
1.2.	Історичні аспекти технології машинобудування.....	14
1.3.	Загальна структура та принципи організації технологічних процесів машинобудування.....	19
1.4.	Мета та основні задачі дисципліни.....	23
1.5.	Питання для самоконтролю.....	25
2.	Теоретичні основи технології машинобудування	
2.1.	Загальні положення.....	26
2.2.	Основні етапи проектування технологічних процесів механічної обробки.....	28
2.3.	Моделі та математичний опис процесів обробки.....	32
2.4.	Математичний опис процесів збирання.....	39
2.5.	Побудова ймовірних моделей технологічного процесу.....	44
2.6.	Питання для самоконтролю.....	53
3.	Основи технологічного процесу виготовлення деталей	
3.1.	Заготовки для деталей машин	
3.1.1.	Заготовки для деталей машин, їх вибір та первинна обробка.....	54
3.1.2.	Вибір методу отримання заготовки.....	56
3.1.3.	Первинна обробка заготовок перед обробкою на метало ріжучих верстатах.....	57
3.2.	Технологічність конструкції деталі	
3.2.1.	Визначення та класифікація.....	61
3.2.2.	Відпрацювання конструкції деталі (виробу) на технологічність.....	65
3.3.	Бази і базування при обробці заготовок та складанні деталі	
3.3.1.	Різновиди та класифікація баз.....	71
3.3.2.	Основні схеми базування.....	74
3.3.3.	Умовні позначення технологічних баз.....	90

3.4.	Вибір необхідного технологічного обладнання (металообробних верстатів)	
3.4.1.	Класифікація металообробних верстатів	95
3.4.2.	Вибір технологічного обладнання.....	96
3.4.3.	Основи проектування пристроїв для металообробних верстатів.....	98
3.5.	Визначення припусків на механічну обробку	
3.5.1.	Основні поняття та визначення.....	117
3.5.2.	Дослідно-статистичний метод визначення припусків.....	118
3.5.3.	Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків	122
3.5.4.	Порядок розрахунку припусків на обробку і граничних розмірів по технологічним переходам.....	124
3.6.	Питання для самоконтролю.....	126
4.	Розрахунок (вибір) оптимальних режимів обробки	
4.1.	Основні поняття та визначення.....	127
4.2.	Вибір режимів різання по таблицям нормативів.....	129
4.3.	Розрахунок режимів різання аналітичним способом.....	141
4.4.	Вибір вимірювальних засобів. Допустимі похибки вимірювання	
4.4.1.	Вибір засобів вимірювань.....	144
4.4.2.	Допустимі похибки вимірювання.....	145
4.4.3.	Вибір засобів та методів контролю.....	147
4.5.	Питання для самоконтролю.....	148
5.	Технологія складання машин	
5.1.	Загальні поняття та визначення	149
5.2.	Вибір виду та організаційної форми виробничого процесу	
5.2.1.	Методи виконання складання.....	151
5.2.2.	Технологічні методи (види) вузлового та загального складання.....	152
5.3.	Технологічні схеми складання вузла (машини).....	155
5.4.	Технічні показники складальних процесів.....	159
5.5.	Питання для самоконтролю.....	160
	Список використаних джерел.....	161

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

1.1. Основні поняття та визначення.

Технологія машинобудування – галузь науки, що займається дослідженням закономірностей технологічних процесів виготовлення машин, з метою використання цих закономірностей для забезпечення необхідної якості машин з найвищими технічними показниками.

Технологія машинобудування незважаючи на те, що є прикладною наукою, має достатньо велику теоретичну основу, яка включає вчення про групову обробку та типові технологічні процеси, технологічні системи та точність обробки, розсіювання розмірів оброблених заготовок, похибки обладнання та технологічних засобів, вплив механічної обробки на фізико-механічні властивості поверхневих шарів заготовок та експлуатаційні властивості деталей, припуски на обробку і режими різання, а також теорію базування та інші теоретичні розділи.

Об'єкт технології машинобудування – технологічний процес.

Предмет технології машинобудування – встановлення та дослідження зовнішніх та внутрішніх зв'язків, закономірностей технологічного процесу.

Технологічний процес – це послідовна зміна форми розмірів, властивостей матеріалу, або напівфабрикату для отримання деталі або виробу відповідності до заданих технологічних вимог.

Технологічний процес механічної обробки є частиною виробничого процесу виготовлення всієї машини.

Частинами технологічного процесу по методу його виконання є обробка різанням, збирання (зварювання, паяння, клепання та ін.), вузлове збирання, загальне збирання.

Засобами виконання технологічного процесу є технологічне обладнання, налаштування та регулювання.

Машина – механізм чи сукупність механізмів, що виконують цілеспрямовані рухи для перетворення енергії або виробництва корисної роботи. За призначенням розрізняють два класи машин: машини-двигуни для перетворення одного виду енергії в інший та машини за допомогою яких відбувається зміна форми, властивостей та місцезнаходження об'єкта роботи.

Поняття про "машину" формувалося протягом багатьох століть. Неодноразово воно уточнювалося, змінювало зміст. Однак з давніх часів під машиною розуміли пристрій, що призначений для дії в ньому сил природи згідно потреб людини.

В даний час поняття "машина" трактується з різних позицій й у різному сенсі. Наприклад, поява електронно-обчислюваних пристроїв, які відразу були зараховані до категорії машин, примусило визначити машину як механізм, що виконує роботи для збору, передачі, збереження, обробки й використання інформації.

У свій час Д.І. Менделєєвим машиною була названа доменна піч. А відомий англійський кібернетик Стаффорд Бир машину розглядає як систему, організація якої з визначеної точки зору підлегла здійсненню поставлених перед нею задач й використовує термін "машина" при описі механічних, біологічних, соціальних чи формальних систем.

З погляду технології машинобудування, машина є або об'єктом, або засобом виробництва. Тому для технології машинобудування немає необхідності зв'язувати це поняття з біологічною чи соціальною формою руху матерії й можна визначити машину як систему, створену працею людини, для якісного перетворення вихідного продукту в корисну для людини продукцію. Процес перетворення може здійснюватися як механічним так і фізичним, хімічним шляхом як окремо, так і у різних комбінаціях.

Вихідним продуктом процесу, що здійснюється машиною, можуть бути предмети природи, сировина чи напівфабрикати. Під сировиною розуміється предмет праці, на добування чи виробництво якого була витрачена праця. сировину, що піддалася

обробці, але не може бути спожита як готовий продукт, називають напівфабрикатом.

Продукція – це результат виробництва у вигляді сировини, напівфабрикатів, створених матеріальних й культурних благ, виконаних робіт виробничого характеру.

Процес якісного перетворення вихідного продукту в продукцію машиною найчастіше виконують за схемою, що наведена на рис.1.1. Але є машини, які перетворюють один вид енергії в іншій. Це двигуни й генератори. Вихідним продуктом для них є енергія, яка перетворюється, а продукцією – перетворена енергія.

У табл. 1.1 у якості прикладу наведені перетворення вихідного продукту в продукцію за допомогою машин. Ця таблиця може бути нескінченна, так як кількість машин, що оточують нас досить велика і постійно збільшується. Однак і дуже короткий перелік машин показує, що кожна з машин створена для реалізації визначеного процесу, тобто має своє, строго визначене службове призначення.

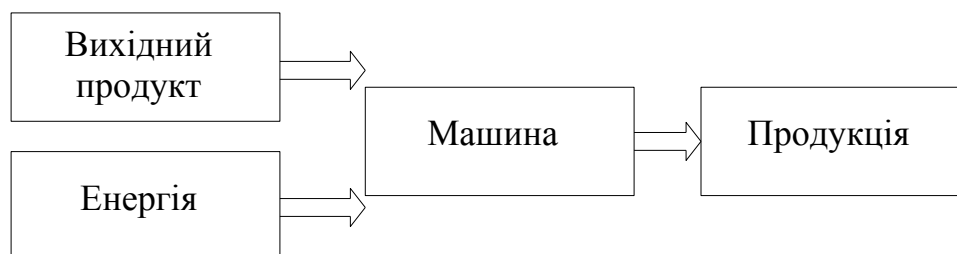


Рис. 1.1. Перетворення вихідного продукту у продукцію.

Службове призначення машини – це чітко сформульована конкретна задача, для рішення якої призначена машина.

Формулювання службових призначень машини повинні містити інформацію, що конкретизують загальну задачу й умови, при котрих ця задача може бути вирішена. Так, формулюючи службове призначення автомобіля, недостатньо сказати, що автомобіль призначений для перевезення вантажів. Необхідно конкретизувати характер вантажів, їхню масу й об'єм, умови, відстані й швидкість перевезення, стан доріг, клімат, вимоги до

зовнішнього вигляду автомобіля й багато чого іншого для того, щоб визначити саме ту задачу, яку повинен виконувати створений автомобіль.

Таблиця 1.1.

Перетворення машинами вихідного продукту у продукцію

Вихідний продукт	Енергія	Машина	Продукція
Електрична Вантаж	Станок Механічна	Верстат Автомобіль	Деталь Перевезений вантаж
Тканина, нитки	Механічна	Швейна машина	Шов
Електромагнітні хвилі	Електрична	Телевізор	Зображення і звук
Задача	Електрична	ЕОМ	Вирішення задачі
Енергія спаленого палива	—	ДВЗ	Механічна енергія

Службове призначення машин описують не тільки словесно, але й системою кількісних показників, що визначають її конкретні функції, умови роботи й ряд додаткових моментів відповідно до задачі, що має бути вирішеною за допомогою створеної машини. Формулювання службового призначення машини є найважливішим документом у завданні на її проектування.

Конструкція будь-якої машини у своїй сутності є складною системою двох видів сполучених множин зв'язків: властивостей матеріалів і розмірних. Яке б призначення не мала машина, можливості конструктора при розробці її конструкції обмежені вибором матеріалів з необхідними властивостями і доданням конструктивних форм, розмірів, відносного положення поверхонь деталей і самих деталей у машині.

Для реалізації такої системи зв'язків у матеріалі повинний бути створений і здійснений виробничий процес, що представляє собою іншу систему сполучених множин зв'язків: властивостей матеріалів, розмірних, інформаційних, тимчасових і економічних. Зв'язки властивостей матеріалів з розмірними зв'язками потрібні у виробничому процесі для створення аналогічних зв'язків у виготовленій машині. Інформаційні зв'язки необхідні для керування виробничим процесом, а сам виробничий процес не може бути здійснений поза часом і без витрат живої й упредметненої праці, тобто без наявності зв'язків тимчасових і економічних.

Таким чином, створення машини зводиться до побудови двох систем зв'язків: конструкції машини – системи множин двох видів зв'язків, і виробничого процесу її виготовлення – системи множин п'яти видів зв'язків (рис. 1.2). По своїх властивостях ці системи різні. Якщо систему зв'язків, що складають конструкцію машини, можна вважати строго детермінованою, то виробничий процес – це дуже складна ймовірна система, що відноситься до категорії кібернетичних систем.

Для того щоб створити якісну машину з найменшими витратами праці, необхідно, по-перше, вести проектування машини виходячи з її службового призначення і забезпечити виконанням його зв'язками властивостей матеріалів і розмірних зв'язків, що закладаються в конструкцію машини. По-друге, необхідно зв'язки виробничого процесу будувати в строгій послідовності з системою зв'язків, що містяться в конструкції машини.

Розглядаючи виробничий процес виготовлення машини як прояв системи зв'язків властивостей матеріалів, розмірних, інформаційних, тимчасових й економічних, технологія машинобудування досліджує ці зв'язки з метою рішення задач забезпечення в процесі виробництва необхідної якості машини, найменшої її собівартості і підвищення продуктивності праці. Таке сучасне наукове тлумачення змісту технології машинобудування і задач, які вона вирішує.

Машини, їхні деталі і вузли в процесі виготовлення на машинобудівному підприємстві є виробами. У залежності від призначення розрізняють вироби основного і допоміжного виробництва. Вироби основного виробництва призначені для постачання (реалізації), а вироби допоміжного виробництва – тільки для потреб підприємства.

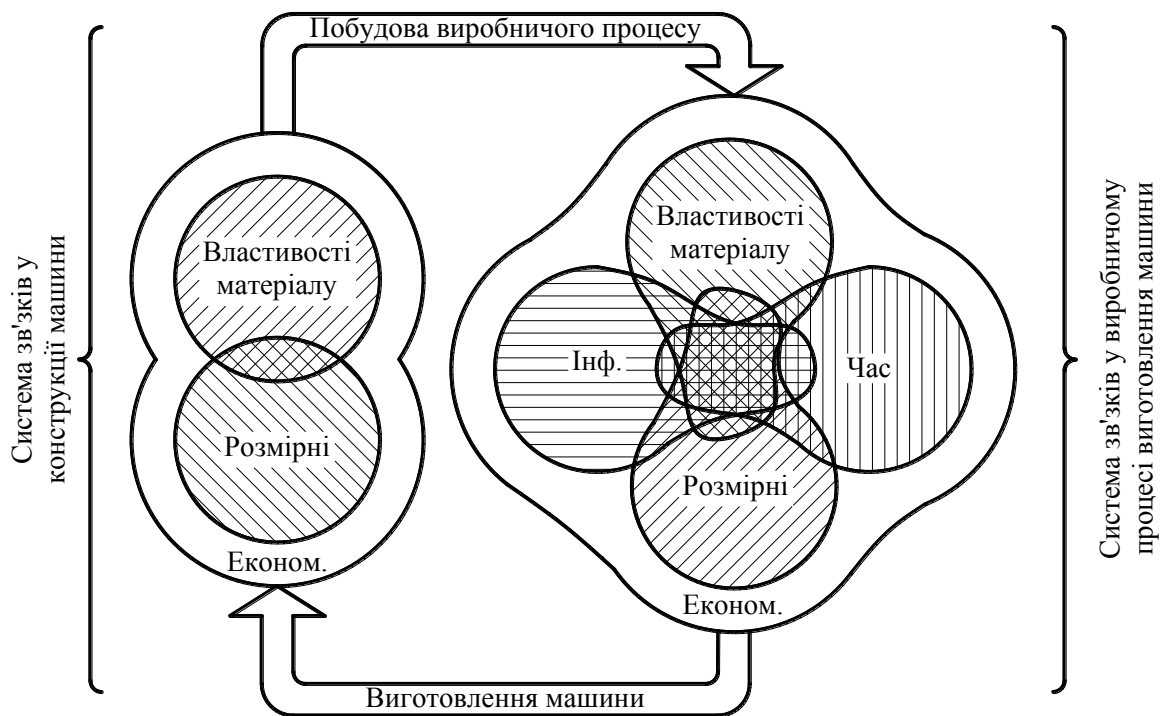


Рис. 1.2. Системи множин зв'язків, що являють конструкцію машини та виробничий процес її виготовлення.

Стандартом установлені наступні види виробів: деталь, складальна одиниця (вузол), складальний комплект, агрегат.

Деталь – це виріб, що виготовлений з однорідного матеріалу без застосування складальних операцій. Будь-яка деталь утворена сукупністю елементарних поверхонь, що сполучаються: циліндрів, конусів, плоских і фасонних поверхонь і т.д. У кожній деталі, що бере участь у збиранні є поверхні призначені для з'єднання з іншою деталлю та такі, що не беруть участь у з'єднанні. Поверхні, що призначені для збирання називаються основними базовими

поверхнями. Базові поверхні визначають працездатність деталей у вузлі і при обробці використовуються в якості конструкторських і технологічних баз. Поверхні, що не з'єднуються, слугують лише для оформлення необхідної конфігурації деталі й обробляються зі зниженою точністю або не обробляються взагалі.

Деталі з базовими поверхнями, що використовуються у складальному з'єднанні (у вузлі) як сполучна ланка, що забезпечує при збиранні відповідне відносне положення інших деталей, називаються базовими деталями.

Вузол (складальна одиниця) – це частина виробу, що збирається окремо і далі бере участь у процесі збирання як єдине ціле.

Складальний комплект – це група складових частин виробу, яку необхідно подати на робоче місце для збирання виробу чи його складових частин.

Комплектуючий виріб – це виріб виробника-постачальника, що застосовується як складова частина виробу, що випускається підприємством-виготовлювачем. Складовими частинами виробу можуть бути деталі і складальні одиниці.

Агрегат (складальна одиниця) має повну взаємозамінність з можливістю збирання окремо від інших складових частин виробу (чи виробу в цілому) і має здатність виконувати визначену функцію в виробі самостійно. Збирання виробу або його складових частин з агрегатів називається агрегатним чи модульним.

Виробничий процес – це сукупність усіх дій робітників і знарядь виробництва, що пов'язані з переробкою сировини і напівфабрикатів у заготовки, готові деталі, вузли і готові вироби на даному підприємстві.

Виробничий процес заводу містить у собі одержання і збереження матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, виготовлення заготовок деталей, різні види обробки заготовок (різанням, пластичним деформуванням і ін.), транспортування в процесі виробництва заготовок деталей, складальних одиниць, їхнє

збереження на складах, технічний контроль, збирання, випробування, регулювання і фарбування.

Весь процес механічної обробки містить у собі окремі складові частини: операції, переходи, установ, прийоми.

Операцією називається закінчена частина технологічного процесу виготовлення деталі, що виконується на одному робочому місці одним чи декількома робітниками, однієї чи декількома одиницями автоматизованого чи автоматичного устаткування.

Операція характеризується двома ознаками:

- сталість робочого місця;
- безперервність у часі.

Операція є основним розрахунковим елементом у виробництві. По ній визначають номенклатуру і кількість необхідного ріжучого обладнання і допоміжного інструмента, допоміжних матеріалів.

Операція є важливою частиною технологічного процесу, тому що планування виробництва й оплата праці робітників-відрядників відбувається по операціях. Технічна норма встановлюється також по операціях.

Робоче місце - частина обсягу виробничого приміщення, у якому розміщені виконавці роботи, технологічне, допоміжне устаткування, оснащення і (на обмежений час) предмети виробництва.

Технологічний перехід - закінчена частина технологічної операції, що характеризується постійністю використання інструмента і поверхонь, які використовуються або утворюються під час обробки. Зміна тільки одного з перерахованих елементів визначає новий перехід.

Технологічний перехід – це закінчена частина технологічної операції, яка характеризується постійністю застосовуваного інструменту та поверхні, які обробляються або з'єднуються при складанні і постійністю режиму роботи.

Допоміжний перехід – це закінчена частина технологічної операції, яка складається з дій людини та обладнання і не пов'язана зі зміною форми, розмірів, жорсткості поверхні, але необхідна для

виконання технологічного переходу (закріплення заготовки, встановлення інструменту, пристрою і т.д.).

Робочим ходом називається частина переходу, що складається з однократного переміщення інструмента щодо заготовки і супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості чи властивостей поверхні заготовки.

При виконанні операції заготовку звичайно встановлюють і закріплюють кілька разів, тобто операція виконується з декількох установ.

Установ – частина технологічної операції, що виконується при незмінному закріпленні заготовок чи складальних одиниць, які оброблюються або збираються.

Позицією – це частина операції, яка виконується без зміни положення оброблюваної заготовки відносно верстату і затискного пристрою (поворотний пристрій без зняття заготовки зміна ріжучого інструменту).

Виробничий цикл – це проміжок часу від початку виробництва виробу до його реалізації.

1.2. Етапи розвитку технології машинобудування як науки.

Технологія машинобудування як наука пройшла у своєму розвитку через кілька етапів.

Перший етап, що охоплює період XI – початок XX ст., був ознаменований першими роботами по узагальненню накопиченого виробничого досвіду в області металообробки. Це книга И. А. Двигубского "Начальные основания технологии как краткое описание работ на заводах и фабриках производимых ", праця И. А. Тімі "Основы машиностроения" (1885), тритомник А. П. Гавриленко "Технология металлов" (1861), що узагальнює досвід розвитку технології металообробки (довгі роки був основним курсом, використовуючи який, училося кілька поколінь російських інженерів).

Другий етап, що збігається з завершенням періоду відновлення і початком реконструкції промисловості Росії (до 1930 р.), характеризується нагромадженням вітчизняного і закордонного досвіду виробництва машин. У технічних журналах, каталогах і брошурах цього часу публікуються описи процесів обробки різних деталей, застосовуваного устаткування, оснащення й інструментів. Видаються перші керівні і нормативні матеріали відомчих проектних організацій країни.

Третій етап відноситься до періоду 1930 - 1991 р. і визначається продовженням нагромадження, узагальнення і систематизації виробничого досвіду, початком розробки загальних наукових принципів побудови технологічних процесів і формуванням технології машинобудування як науки в зв'язку з опублікуванням у 1933 - 1935 р. перших систематизованих наукових праць вчених А.П.Соколовського, А.И.Каширина, В.М.Кована й А.Б.Яхина.

На цьому етапі російськими вченими й інженерами були розроблені основні принципи побудови технологічних процесів і закладені основні теоретичні положення технології машинобудування:

- типізація технологічних процесів (А.П.Соколовский, М.С.Красільщіков, Ф.З Демьянюк та ін.);
- теорія базування заготовок при обробці, вимірі і збиранні (А.П. Соколовский, А, П, Знаменский, А.И.Каширин, В. М. Кован, А.Б.Яхин і ін.);
- методи розрахунку припусків на обробку (В. М. Кований, А. П. Соколовский, Б.С.Балакшин, А.И.Каширин та ін.);
- твердість технологічної системи (ДО, В. Вотинов, А, П. Соколовский);
- розрахунково-аналітичний метод визначення первинних погрішностей обробки заготівель (А П. Соколовский, Б. С.Балакшин, В.С.Корсаков, А.Б.Яхин і ін.);

- методи дослідження точності обробки на верстатах із застосуванням математичної статистики і теорії імовірностей (А.А.Зиков, А.Б.Яхин).

Четвертий етап (1941 - 1970) – період найбільш інтенсивного розвитку технології машинобудування, розробки нових технологічних ідей і формування наукових основ технологічної науки. Глибокому науковому аналізу, теоретичному проробленню і практичній перевірці піддалися принципи диференціації і концентрації операцій, методів потокового виробництва в умовах серійного і масового виготовлення військової техніки, методи швидкісної обробки металів, застосування переналагоджуваного технологічного оснащення і ряд інших технічних новинок.

У ці роки формується сучасна теорія точності обробки заготовель і докладно розробляється розрахунково-аналітичний метод визначення погрішностей обробки і їхніх підсумовувань; удосконалюються методи математичної статистики для аналізу точності процесів механічної обробки і зборки, роботи обладнання та інструмента (Н.А.Бородачов, А.И.Яхин і ін.). Розпочаті роботи з аналізу мікрорельєфу обробленої поверхні при використанні абразивного інструмента (Ю.В. Линник, И.В. Дунин-Барковский і ін.). Одержали подальший розвиток роботи зі створення вчення про твердість технологічної системи і її вплив на точність і продуктивність механічної обробки із широким упровадженням методів розрахунку твердості в конструкторські і технологічні розрахунки при проектуванні верстатів і інструментів.

У цей час проводяться теоретичні й експериментальні дослідження якості обробленої поверхні (наклепу, шорсткості, залишкових напружень) і їхнього впливу на експлуатаційні властивості деталей машин (П.Е. Дяченко, А. И. Ісаєв, А.Н.Каширін, И.В.Крачельский, А.А.Маталін, А.В.Подзей, Е.В. Рижов, А.М. Сулима й ін.).

В цей період велика увага стала приділятися проблемам організації потокових і автоматизованих технологічних процесів обробки заготовок у серійному і масовому виробництві. Груповий

метод технології й організації виробництва був розроблений і впроваджений у виробництво С.П. Митрофанов, В.В. Бойцовим і Ф.С. Демьянюком створені теоретичні основи поточно-автоматизованого виробництва на базі типізації технологічних процесів і класифікації оброблюваних деталей; докладно розробляється побудова структур технологічних операцій (В.М. Кований, В.С.Корсаков, Д.В. Чарнко).

Шляхом узагальнення і систематизації матеріалів за технологією зборки В.С. Корсаковим і М.П.Новиковим розробляються наукові основи зборки деталей. У виробництві починають знаходити широке застосування методи об'ємної і чистової обробки пластичним деформуванням, електрофізичної і електрохімічної обробки.

П'ятий етап (з 1970 р. по дійсний час) характеризується широким використанням досягнень фундаментальних і загальноінженерних наук для рішення теоретичних і практичних задач технології машинобудування. Як теоретичну основу її нових напрямків приймаються різні розділи математичної науки (теорія графів, множин і т.д.), теоретичної механіки, фізики, хімії, теорії пластичності, металознавства, кристалографії і багатьох інших наук. Це істотно підвищує загальний теоретичний рівень технології машинобудування і її практичних можливостей.

У практиці машинобудування досить широко застосовують обчислювану техніку при проектуванні технологічних процесів і моделюванні процесів механічної обробки; автоматизація програмування процесів обробки на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК). Створюються системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП).

Велика увага в 1990-і рр. приділялося питанням раціонального використання робототехніки при автоматизації технологічних процесів і створенні гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання ЕОМ, автоматизації міжопераційного

транспортування і нагромадження деталей, активного і пасивного контролю деталей на поточно-автоматизованих лініях.

Розвиток промислового виробництва в області технології машинобудування має наступні основні напрямки:

- поглиблена розробка проблеми впливу методів обробки на фізико-хімічний стан металу поверхневого шару оброблюваних заготовок, його дислокаційна будова, розміри кристалічних блоків і впливу на експлуатаційні властивості і надійність машин;
- розробка проблеми технологічної спадковості й технології зміцнення;
- розробка методів оптимізації технологічних процесів по досягненні точності, продуктивності й економічній ефективності за умови забезпечення високих експлуатаційних якостей і надійності роботи машини;
- створення систем автоматизованого керування ходом технологічного процесу з його оптимізацією по всім параметрам виготовлення і необхідним експлуатаційним властивостям;
- створення гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання обчислювальної техніки і верстатів із ЧПУ;
- удосконалення технологічних процесів збирання, особливо в напрямку її автоматизації;
- розробка і широке впровадження у виробництво маловідходних і ресурсозберігаючих технологій.

Розвиток технології машинобудування на сучасному етапі дозволить здійснити перехід до масового застосування високоефективних систем машин і технологічних процесів, що забезпечують комплексну механізацію й автоматизацію виробництва, технічне переозброєння його основних галузей.

1.3. Загальна структура типів технологій, виробництв і методів роботи.

У процесі еволюції технології машинобудування сформувалися різні форми організації технологічних процесів, основу яких становлять три види технологій: одинична, типова і групова, що мають свої переваги і недоліки.

З початку становлення машинобудування застосовувалася одинична технологія, коли для виготовлення виробу розроблявся одиничний технологічний процес. Одиничний технологічний процес дозволяє врахувати всі особливості конкретного виробу та виробничі умови, але вимагає багато часу на його розробку.

З метою скорочення трудомісткості розробки технологічних процесів і розповсюдження передового досвіду по підприємствах була розроблена типова технологія.

Групова технологія розроблена з метою підвищення ефективності виробництва виробів широкої номенклатури. При груповій технології різні вироби об'єднуються в групи по спільності обладнання і оснащення для здійснення однієї і тієї ж операції, що підвищує продуктивність праці за рахунок однорідності робіт при виготовленні різних виробів.

З розширенням номенклатури виробів, що випускаються, зниженням життєвого циклу розглянуті вище види технологій вже не задовольняють вимогам виробництва, тому назріла гостра необхідність пошуку нових видів технології, що дозволяє суттєво знизити терміни технологічної підготовки виробництва й підняти її ефективність.

Перспективним у цьому відношенні є вид технології – модульна технологія. Вона базується на наскрізному застосуванні модульного принципу в конструкторсько-технологічній підготовці виробництва, коли виріб видається сукупністю модулів, а для виготовлення цих модулів розробляються модулі технологічного процесу; у свою чергу під здійснення останніх створюються модулі технологічного обладнання та оснастки. Такий підхід дозволяє на

кожному підприємстві організувати на модульному рівні елементну базу технологічних процесів, обладнання та оснащення і з них методом компоновання будувати технологічні процеси, системи та пристрої.

Модульний технологічний процес – процес, що поєднує в собі переваги одиничної, типовий і групової технології, оскільки враховує всі особливості конкретного виробу так само, як і одиничний процес. Ідея типізації реалізується на рівні модулів технологічного процесу і так само, як і при груповій технології, вироби об'єднують в групи по спільності в них модулів, але (на відміну від групової технології) у цьому випадку не виникає труднощів в групуванні виробів.

В залежності від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технічних і економічних умов здійснення виробничого процесу розрізняють три основних типи виробництва: одиничне, серійне, масове.

Необхідно відзначити, що на тому самому підприємстві і навіть у тому самому цеху можуть існувати різні типи виробництва. Наприклад, у важкому машинобудуванні, що має характер одиничного виробництва, дрібні деталі, що вимагаються у великій кількості, можуть виготовлятися за принципом серійного чи навіть масового виробництва.

Одиничним (індивідуальним) називається таке виробництво, при якому виріб виготовляють одиничними екземплярами, різноманітними за конструкцією чи розмірам, причому повторюються ці вироби дуже рідко.

Одиничне виробництво універсальне, тобто охоплює різні типи виробів, а отже, повинне бути гнучким і швидко переналагоджуватися.

Технологічний процес виготовлення деталей при цьому типі виробництва має "ущільнений" характер: на одному верстаті виконуються кілька операцій і часто виробляється повна обробка заготовель різноманітних конструкцій і з різних матеріалів.

Для одиничного виробництва характерні наступні особливості:

- обладнання ставиться по типу верстатів;
- використовується універсальне обладнання;
- обслуговуючий персонал високої кваліфікації;
- тривалий час обробки;
- висока вартість обробки;
- низька продуктивність;
- висока точність обробки.

Серійним називається виробництво, у якому випуск виробів здійснюється партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних по конструкції й однакових по розмірах виробів, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії цілком як в обробці деталей, так і в збиранні.

При серійному виробництві вироби випускаються повторюваними серіями по незмінних кресленнях. У залежності від числа виробів, що випускаються, і їхньої повторюваності протягом року виробництво може бути дрібно-, середньо- чи крупносерійним. Дрібносерійне виробництво наближається по організації до одиничного, а крупносерійне - до масового.

Віднесення серійного виробництва до того чи іншого типу здійснюється на підставі коефіцієнта закріплення операцій – відношення числа всіх технологічних операцій, виконаних протягом місяця, до числа робочих місць. Для дрібносерійного виробництва значення цього коефіцієнта знаходяться в межах 20...40, для серійного – 10...20 , для крупносерійного – 1...10 включно.

У серійному виробництві технологічний процес диференційований. Окремі операції закріплені за визначеними верстатами. Використовуються верстати універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегатні. Після закінчення виготовлення однієї серії деталей верстати на даній виробничій ділянці переналагоджують на виготовлення іншої серії деталей.

Серійне виробництво значно економніше, ніж одиничне, тому що краще використовується устаткування, вище спеціалізація робітників, нижче собівартість продукції.

Масовим називається виробництво, у якому при досить великому числі однакових випусків виробів виготовлення ведеться шляхом безупинного виконання на робочих місцях тих самих постійно повторюваних операцій.

Для масового виробництва характерні наступні основні ознаки:

- більшість операцій по обробці заготовок закріплюється за окремими верстатами;
- на лінії обробки має місце безупинне переміщення заготовок з одного робочого місця на інше;
- устаткування спеціалізоване чи спеціальне;
- низька трудомісткість і вартість обробки;
- короткий технологічний цикл.

Коефіцієнт закріплення операцій у цьому типі виробництва приймають рівним одиниці. Масове виробництво дозволяє робити значні витрати на обладнання, тому що останнє легко окупиється.

При масовому виробництві є можливість використовувати саме високопродуктивне обладнання і технологічне оснащення. Масове виробництво може бути організоване по потоковому і не потоковому методах. Обладнання в цьому випадку встановлюється у виді поточкових автоматичних чи автоматизованих ліній.

Вищою формою масового виробництва є виробництво безперервним потоком, яке характерне тим, що час виконання кожної операції дорівнює або кратне часу по всьому потоці, що дозволяє робити обробку з визначеним тактом випуску, що розраховується по формулі

$$\tau = \frac{F}{N},$$

де F – фонд часу (за рік, зміну і т.д.), хв.; N – випуск виробів складальних одиниць за відповідний період часу, шт.

На операціях, тривалість яких не укладається у визначений такт випуску, встановлюється додаткове обладнання. При

безперервному потоці передача заготовки з позиції на позицію здійснюється безупинно в примусовому порядку, що забезпечує одночасне виконання всіх операцій на технологічній лінії.

1.4. Мета та основні задачі дисципліни.

Мета дисципліни полягає в засвоєнні теоретичних основ технології машинобудування та здійснення проектно-конструкторських розробках, виробничо-технологічних, організаційно-управлінських, науково-дослідних та експериментальних робіт.

За наведеною метою вирішуються наступні задачі:

1) в частині проектно-конструкторських розробок:

- формулювання цілей проекту, задач при заданих критеріях, цільових функціях, обмеженнях, побудова структури їхніх взаємозв'язків, виявлення пріоритетів рішення задач з урахуванням моральних аспектів діяльності;
- розробка та аналіз варіантів і вибір оптимального рішення в умовах існування багатьох критеріїв, невизначеності, планування реалізації проектів;
- розробка проектів виробів з обліком механічних, технологічних, конструкторських, експлуатаційних, естетичних, економічних і управлінських параметрів;
- використання інформаційних технологій при проектуванні виробів;

2) Засвоєння знань в частині виробничо-технологічної області:

- Розробка оптимальних технологій виготовленні виробів;
- Ознайомлення із методами контролю якості матеріалів, технологічних процесів, готової продукції;
- ефективне використання матеріалів, обладнання, інструментів, технологічного оснащення, засобів автоматизації, алгоритмів і програм вибору і розрахунків параметрів технологічних процесів;

- вибір матеріалів і обладнання та інших засобів технологічного оснащення й автоматизації для реалізації виробничих і технологічних процесів;
 - використання інформаційних технологій при виготовленні виробів;
 - розробка програм і методик випробувань, засобів технологічного оснащення, автоматизації і керування;
 - використання стандартизації і сертифікації технологічних процесів, засобів технологічного оснащення й автоматизації продукції, що випускається;
- 3) ознайомлення із матеріалом та його засвоєння в частині організаційно-управлінських робіт:
- організація процесу розробки і виробництва виробів, засобів технологічного оснащення й автоматизації виробничих і технологічних процесів;
 - організація вибору технологій, інструментальних засобів і засобів обчислювальної техніки при реалізації процесів проектування, виготовлення, технічного діагностування і промислових випробувань виробів;
 - оцінка виробничих і невиробничих витрат на забезпечення необхідної якості продукції;
 - навчання персоналу в рамках прийнятої організації процесу розробки;
- 4) в частині науково-дослідницьких робіт:
- діагностика стану динаміки об'єктів діяльності (технологічних процесів, обладнання, засобів технологічного оснащення, автоматизації і керування) з використанням необхідних методів і засобів аналізу;
 - ознайомлення із математичними і фізичними моделями процесів і систем, засобів автоматизації і керування;
 - планування експерименту і використання методик математичної обробки результатів;
 - використання інформаційних технологій і технічних засобів при розробці нових технологій і виробів машинобудування;

5) аспекти експлуатаційних робіт:

- вибір методів і засобів виміру експлуатаційних характеристик виробів, засобів технологічного оснащення, автоматизації і управління;
- аналіз експлуатаційних характеристик.

1.5. Питання для самоконтролю.

1. Назвіть основну мету дисципліни “Основи технології машинобудування”.
2. Які задачі необхідно вирішити при вивченні основних розділів дисципліни?
3. Приведіть основні етапи розвитку технології машинобудування як науки.
4. Поясніть основні поняття та визначення в технології машинобудування.
5. Наведіть структурну схему визначення поняття “машина” та приведіть приклади розвитку машини.
6. В чому сутність загальної структури технологій?
7. Назвіть і дайте коментар щодо типів виробництв, методів роботи.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

2.1. Загальні положення.

Задача теорії технології машинобудування є вибір та обґрунтування математичної моделі, що описує здійснення технологічного процесу з врахуванням діючих факторів.

Математична модель, що з достатньою точністю відображає реальний технологічний процес, відкриває можливості в проектуванні ефективних технологічних процесів, їх досліджень, розробці та знаходженні принципово нових рішень. Не менш важливою її перевагою є надання можливості широкого застосування для вирішення зазначених завдань методу моделювання з використанням ЕОМ, що дозволяє різко скоротити трудомісткість проектних робіт, час, що витрачається на них і дає можливість проаналізувати безліч варіантів при пошуку оптимального рішення.

Всі різновиди математичного опису технологічних процесів можна звести до двох принципово відмінних підходів: побудова ймовірно-статистичних моделей; побудова детермінованих моделей.

Ймовірно-статистичні моделі дозволяють оцінити рівень шуканої величини, виявити випадкові і систематичні її складові, але при цьому не пояснюють фізичної сутності явища її формування. У цьому випадку явище розглядається як "чорна скринька" і між вихідною і вхідною величиною встановлюються кореляційні залежності. Крім того, по ймовірно-статистичній моделі неможливо розрахувати конкретне значення шуканої величини, а можна лише оцінювати межі її зміни. При побудові таких моделей необхідно проводити значний обсяг експериментів для збирання статичних даних.

Детерміновану модель будують на основі теоретичного та експериментального дослідження сутності технологічного процесу,

причинно-наслідкових зв'язків. Іншими словами. побудова детермінованої моделі засновано на розкритті внутрішнього змісту "чорної скриньки", і в цьому полягає головна перевага детермінованих моделей, так як знання та розуміння сутності технологічного процесу, його глибинних закономірностей дозволяє знаходити ефективні і принципово нові шляхи підвищення якості та продуктивності процесу, зниження його собівартості.

Найкращий результат можна отримати при побудові комбінованої моделі, що є сукупністю детермінованої та ймовірностатистичної моделей. Математична модель технологічного процесу являє собою сукупність рівнянь, що визначають значення вихідних його показників, і обмеження на ті чи інші аргументи рівнянь у вигляді конкретних значень або нерівностей.

У загальному вигляді математичну модель технологічного процесу, що виконується за одну операцію, можна представити у вигляді схеми (рис. 2.1).

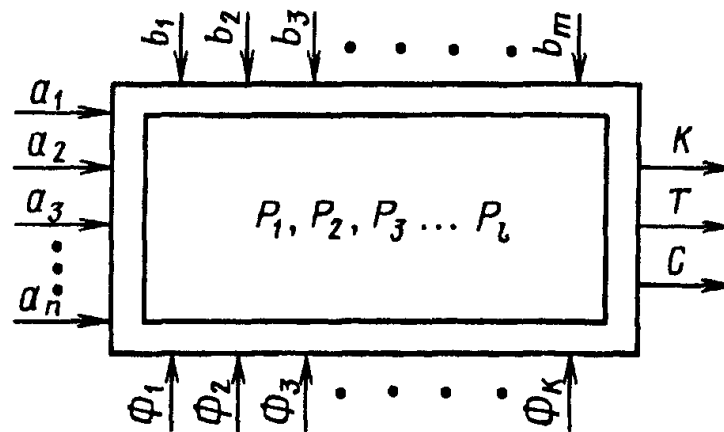


Рис. 2.1. Схема формування вихідних показників технологічного процесу.

В наведеній схемі вихідні показники позначені через К, Т, та С (К – якість виготовлення, Т – час, що витрачається на технологічний процес, С – собівартість виготовленого виробу); вхідні параметри через a_1, a_2, \dots, a_n – характеристики предмету праці, що надходить на технологічну схему; b_1, b_2, \dots, b_m – характеристики технологічної системи; P_1, P_2, \dots, P_k – елементи

робочого процесу; $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k$ – фактори, що діють на технологічну систему та умови протікання технологічного процесу.

Встановлення якісних і кількісних зв'язків між регулярними чисельними величинами є однією з найважливіших наукових задач технології машинобудування. У загальному вигляді математичну модель можна записати наступним чином:

$$\begin{aligned} K &= f_1(a_1, a_2, \dots, a_n; b_1, b_2, \dots, b_m; P_1, P_2, \dots, P_m; \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_m; T); \\ T &= f_2(a_1, a_2, \dots, a_n; b_1, b_2, \dots, b_m; P_1, P_2, \dots, P_m; \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_m; d; K); \\ C &= f_3(a_1, a_2, \dots, a_n; b_1, b_2, \dots, b_m; P_1, P_2, \dots, P_m; \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_m; T; j), \end{aligned}$$

де d, j – фактори, що впливають відповідно на затрати часу та собівартість.

Ці три основні показники в значній мірі залежать від визначення механізмів утворення похибок на етапах обробки, збирання деталей в збірні одиниці, що являє собою теорію точності, математичний опис якої розглядається в наступному параграфі.

2.2. Основні етапи проектування технологічних процесів механічної обробки.

Для визначення похибок використовуються наступні методи:

- розрахунково-аналітичний;
- метод розмірного аналізу;
- метод координаційних систем з деформуючими зв'язками.

Розрахунково-аналітичний метод визначення сумарної похибки обробки деталей на верстатах заснований на використанні принципу суперпозиції, коли дія кожної з елементарних похибок розглядається незалежно від інших, а сумарна похибка складається з складових шляхом їх додавання. Особливість цього методу – незалежний розгляд процесу формування кожної складової похибки в детермінованому вигляді, тобто з позиції повної визначеності процесів, що протікають в технологічній системі як у минулому, так і майбутньому.

Сумарна похибка Δ визначається з рівності:

$$\Delta = \Delta Y + \varepsilon + \Delta u + \Delta H + \Delta T + \sum \Delta \Phi,$$

де ΔY – похибка, що викликана пружними деформаціями технологічної системи під дією сил різання; ε – похибка установки заготовки; Δu – похибка, викликана зношуванням інструменту; ΔH – похибка налаштування верстата; ΔT – похибка, викликана тепловими деформаціями технологічної системи; $\sum \Delta \Phi$ – сума похибок форми даного елемента, що викликаються геометричними неточностями верстата, деформацією заготовки під дією сил закріплення і нерівномірними в різних перерізах заготовки пружними деформаціями технологічної системи. До переваг розрахунково-аналітичного методу відносяться його простота і можливість застосування в інженерній практиці.

Метод розмірного аналізу дає можливість встановлювати вплив зміни положення деталі технологічної системи на похибку виготовлення.

Метод координатних систем зі зв'язками, що деформуються, в основу якого положено уявлення технологічної системи як сукупності координатних систем, побудованих на її деталях, з накладеними на координатні системи зв'язками. Для деталі зв'язки між її поверхнями є внутрішніми зв'язками, що формуються в процесі виготовлення деталі.

Опори, що позбавляють деталь ступенів волі, накладають на неї зовнішні зв'язки, які є внутрішніми зв'язками для машини.

Будь-яка машина виконує свої функції за допомогою заданого відносного руху робочих поверхонь. Діючи під час роботи машини фактори викликають зміну геометричних і фізико-механічних характеристик деталей, порушуючи їхні зовнішні зв'язки в машині, що викликає малі переміщення і повороти деталей.

Щоб врахувати ці явища при описі фактичного закону відносного руху робочих поверхонь, прийнято вважати, що зовнішні зв'язки деталі такі, які можуть деформуватись. З цією метою в схемі базування кожної деталі опори розглядаються як пружні елементи. При цьому вершини опор збігаються з основними

базами деталі, що базується, а основи опор належать допоміжним базам деталі, до якої приєднується деталь, що базується. Тоді під дією діючих факторів вершини опор будуть змінювати своє положення щодо своїх основ.

На підставі викладеного, користаючись уявленням деталі як сукупності робочих поверхонь і поверхонь, що базують, і побудувавши системи координат на основних базах деталей, машину можна замінити еквівалентної їй схемою (рис. 2.2). Ця схема являє собою сукупність систем прямокутних координат, розташованих у тій послідовності, у якій розташовані деталі в машині, з накладеними на кожен систему координат пружними зв'язками (опорами), чисельно рівними числу обмежених ступенів волі даної деталі. Пружні властивості опор представлені на схемі за допомогою пружних елементів.

У залежності від фізичної природи діючих факторів, внутрішні зв'язки машини повинні мати відповідні властивості. Наприклад, якщо машина знаходиться під впливом силового фактора, то зв'язки повинні мати визначену твердість. У цьому випадку деформація зв'язків є результатом контактних, власних пружних та пластичних деформацій деталей. Якщо ж машина знаходиться під впливом теплового фактора, то зв'язки повинні бути теплостійкими. Тоді їхня деформація залежать від рівня нагрівання, теплопровідності деталі, коефіцієнта лінійного розширення матеріалу, схеми базування деталі і ін.

Усі різновиди зв'язків, що деформуються, можна звести до двох груп: пружні і непружні зв'язки. Під пружними зв'язками розуміють такі зв'язки, за допомогою яких опори, а отже, і деталь приймають початкове положення після припинення дії усіх факторів. У випадку наявності непружних зв'язків після припинення дії факторів опори не повертаються в початкове положення.

Отже, під еквівалентною схемою машини (технологічної системи) будемо розуміти сукупність робочих поверхонь і координатних систем, побудованих на основних базах деталей

технологічної системи, з накладеними на них зв'язками, що деформуються, у вигляді опор, що розміщені у відповідності зі схемою базування кожної деталі, і діючих на неї факторів.

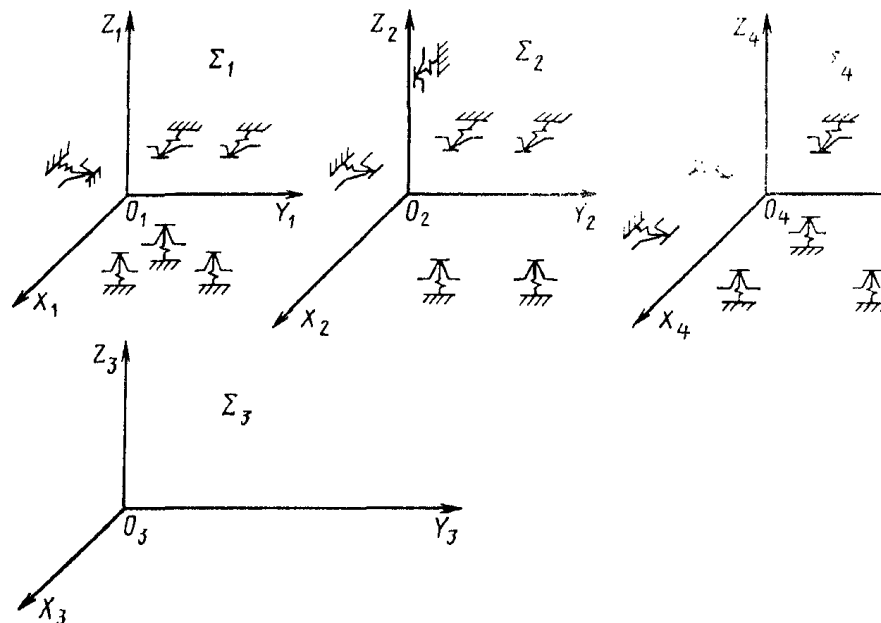


Рис. 2.2. Еквівалентна схема.

У залежності від того, які сторони технологічного процесу повинні бути описані за допомогою математичної моделі, у еквівалентну схему варто включати відповідні фактори.

Розгляд машини у вигляді еквівалентної схеми даного виду може бути єдиною основою для побудови математичних моделей механізму утворення геометричних похибок машин різного призначення, конструктивного рішення, компоновки.

Метод координатних систем зі зв'язками, що деформуються, дає можливість вирішувати наступні задачі:

- визначення геометричної похибки як результату сумісного впливу відхилень розмірних і кінематичних зв'язків машини;
- визначення сумарного впливу багатьох факторів на похибку;
- визначення впливу кожного фактора окремо на похибку;
- дослідження впливу конструктивних параметрів, якісних характеристик машини і параметрів режиму робочого процесу на похибку.

2.3. Моделі та математичний опис процесів обробки

При побудові моделі необхідно, щоб вона відбивала процес, що описується, з необхідною точністю й у той же час була максимально простою. Часто під критерієм складності моделі розуміють мінімальна трудомісткість обчислень з її допомогою.

Моделі (рис. 2.3), що описують механізм формування геометричних розмірів виробу можуть бути трьох рівнів. На першому рівні моделі розрізняють по типу процесу. На другому рівні моделі описують похибки, що обумовлені похибками розмірних і кінематичних зв'язків. У моделі третього рівня враховують діючі фактори і відповідні характеристики якості машини, що перешкоджають негативному впливу цих факторів.



Рис. 2.3. Класифікація моделей: *I, II, III* – рівні моделей.

Незалежно від того, яку модель із приведеної класифікації будуть розробляти, її побудова має наступні етапи: постановка задачі; побудова еквівалентної схеми; складання рівнянь відносного руху робочих поверхонь; складання рівняння руху з урахуванням факторів, що порушують заданий хід технологічного процесу; перевірка моделі на адекватність.

В основу побудови моделі методом координатних систем із зв'язками, що формуються, покладені причинно-наслідкові зв'язки механізму утворення похибок виготовлення деталі (рис. 2.4.). Розглянемо зміст етапів побудови моделі.

Побудова моделі перш за все включає вибір критерію оцінки результату процесу. При обробці на верстаті заготовка повинна набути геометричних розмірів деталі з відхиленнями, що не перевищують граничних значень, заданих допуском.

Як відомо, точність деталі прийнято характеризувати точністю лінійних і кутових розмірів, а також точністю форми поверхонь деталі. При цьому відомі методи і критерії оцінки по кожному з перерахованих показників приводять до знеособлювання факторів, що впливають на похибку обробки. На рис. 2.5. показані два різних профілі поперечних перерізів вала. За допомогою відомої методики оцінки похибки форми відхилення від круглості визначається як максимальне відхилення точки профілю від прилеглого кола. При такому методі оцінки круглості в двох різних за формою поперечних перерізах величини відхилень можуть виявитися однаковими. Це підкреслює, що при такій оцінці похибки втрачається безпосередній зв'язок між відхиленням геометрії профілю та фактором, який призвів до цього.

З іншого боку, точність однієї і тієї ж за формою деталі оцінюють різними методами у залежності від її призначення, наприклад, відхилення від круглості поперечного перерізу циліндричного вала можна визначати як відхилення від прилеглого кола, так і від середнього кола, побудованого з умови мінімуму

суми квадратів відхилень точок профілю. В результаті оцінка точності одного і того ж профілю виявиться різною.

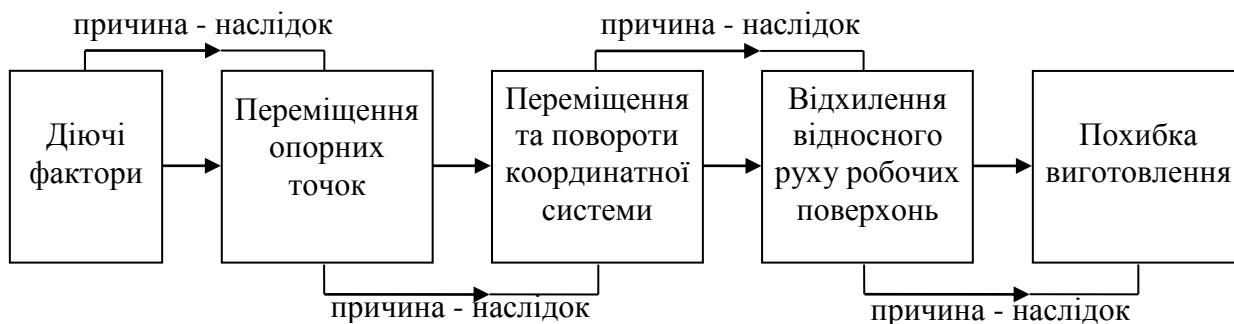


Рис. 2.4. Схема причинно-наслідкових зв'язків механізму утворення похибки обробки деталі.

Аналогічно по-різному оцінюється точність деталі і по іншим показникам розміру і відносному повороту поверхонь деталі.

Таким чином, точність однієї і тієї ж деталі, але різної за призначенням буде різною. Наявність такої неоднозначності не дозволяє вибрати похибку деталі як критерій похибки обробки. З огляду на викладене, варто розрізняти поняття похибки обробки і похибки деталі.

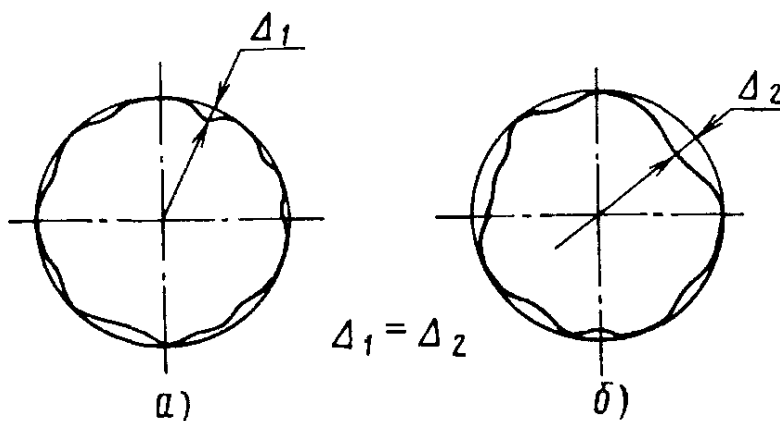


Рис. 2.5. Відхилення від круглості вала в поперечних перерізах.

Під похибкою деталі розуміють відхилення від заданих лінійних і кутових розмірів, форми її поверхонь, що визначається за відомими методиками у відповідності зі службовим призначенням деталі.

Щоб сформулювати поняття похибки обробки, звернемося до схеми (рис. 2.6) токарної обробки заготовки. Кожна точка обробленої поверхні формується відповідними точками ріжучих кромek леза різця у відповідний момент часу в системі відліку, побудованій на технологічних базах заготовки.

Тому під похибкою обробки приймається відхилення $\Delta\bar{R}_i$, фактичного радіуса-вектора $\Delta\bar{R}_{\phi i}$, i -тої точки обробленої поверхні деталі від заданого \bar{R}_i , що визначені в j -й момент часу обробки в системі координат, побудованій на технологічних базах деталі. Згідно рис. 2.6, б

$$\Delta\bar{R}_i = \Delta\bar{R}_{\phi i} - \bar{R}_i$$

Перевагою такої оцінки похибки обробки є однозначність її визначення при дії будь-якого фактора в будь-якій точці обробленої поверхні деталі. Це дозволяє установити вплив дії кожного фактора на похибку обробки.

При обробці на верстаті заготовка включається в розмірні і кінематичні ланцюги технологічної системи як замикаючі ланки. Згідно рівняння розмірного ланцюга, похибка обробки в будь-якій точці деталі буде дорівнює алгебраїчній сумі похибок складових ланок розмірного ланцюга

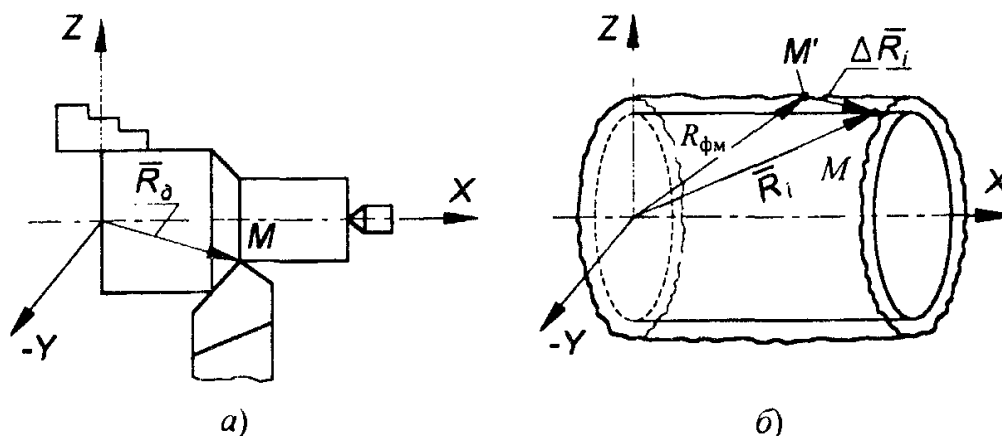


Рис. 2.6. Схеми для токарної обробки заготовки (а) та формування похибки обробки \bar{R}_i в точці М деталі (б).

Так, у розмірному ланцюзі токарного верстата (рис. 2.7, а) замикаючою ланкою є відстань між вершиною леза різця і віссю

вала. У цьому випадку вісь вала збіглася з віссю координатної системи, побудованої на технологічних базах заготовки.

Відповідно до методу координатних систем з зв'язками, які деформуються, для побудови еквівалентної схеми на основних базах деталей, розміри яких ввійшли в розмірний ланцюг як складові ланки, будують системи прямокутних координат. Побудова кожної системи координат починається з визначення схеми базування кожної з цих деталей.

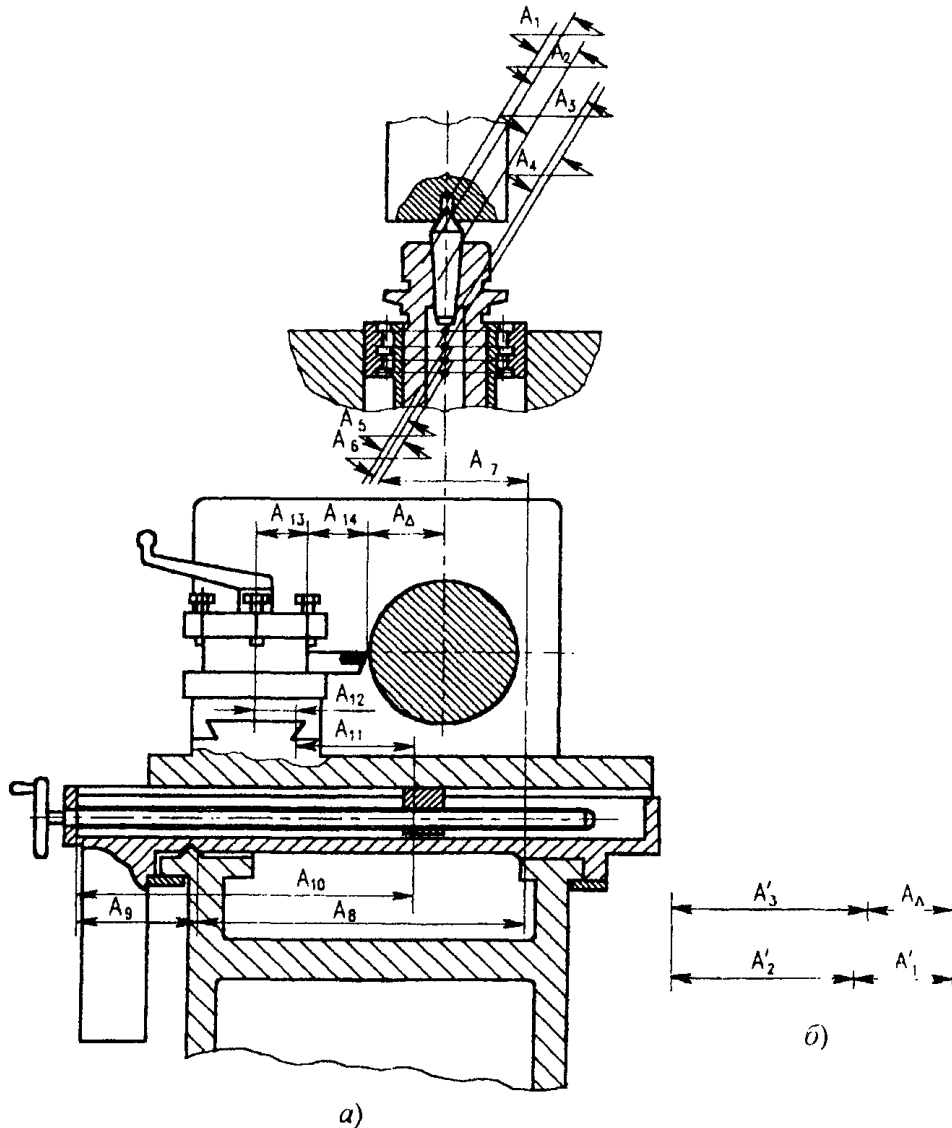


Рис. 2.7. Розмірні ланцюги технологічної системи токарного верстата:

а – розмірний ланцюг; б – розмірний ланцюг з приведених ланок.

Якщо деталі залишають одну чи кілька ступенів волі, то число опорних точок у схемі базування буде менше шести і можна

отримати неповний комплект основних баз. У цьому випадку, побудувавши координатні площини на існуючих поверхнях основних баз, необхідно добудувати координатну систему, нанести відсутні координатні площини.

Часто число деталей, розміри яких ввійшли в розмірний ланцюг, буває досить значним. Це приводить до великого числа координатних систем в еквівалентній схемі і, як наслідок, громіздких математичних виразів і значному підвищенню трудомісткості обчислень; тому необхідно прагнути до зменшення числа координатних систем в еквівалентній схемі. Це можливо в результаті побудови координатних систем на поверхнях основних баз збірних одиниць. Тоді розмірний ланцюг будують із приведених ланок, у якого кожна приведена складова ланка являє собою замикаючу ланку групи ланок.

У прикладі токарного верстата (рис. 2.7, б) складові ланки розмірного ланцюга можна об'єднати в групи: патрон – шпindel – передня бабка; різець – супорт – поперечні і подовжні салазки. Тоді розмірний ланцюг буде містити тільки чотири ланки (див. рис. 2.7, б) A_{Δ} A'_1 , A'_2 , A'_3 – ланки, що відображають розмірні зв'язки, між заготовкою, шпindelною, супортною групою і станиною.

Щоб в еквівалентній схемі врахувати кінематику технологічної системи, у координатних системах, побудованих на деталях із наявністю ступенів волі, указують заданий рух (поступальний чи обертальний). Відповідно до викладеного на рис. 2.8 показана еквівалентна схема технологічної системи токарного верстата для випадку з приведеними ланками, у якій за нерухому систему прийнята система \sum_c , побудована на направляючих станини, а на технологічних базах заготовки побудована координатна система \sum_z , а \sum_{u1} \sum_{u2} побудовані відповідно на основних базах шпінделя і інструмента. Система \sum_{u1} має обертальний рух (ω), ; система \sum_{u2} поступальний (\bar{S}).

У тих випадках, коли необхідно розкрити механізм формування похибки обробки, обумовленої відхиленнями ланок

кінематичних ланцюгів, варто ввести додаткові побудови. З такою метою визначають кінематичний ланцюг, установлюють схему базування кожного елемента кінематичного ланцюга і на поверхнях основних баз цих елементів будують координатні системи.

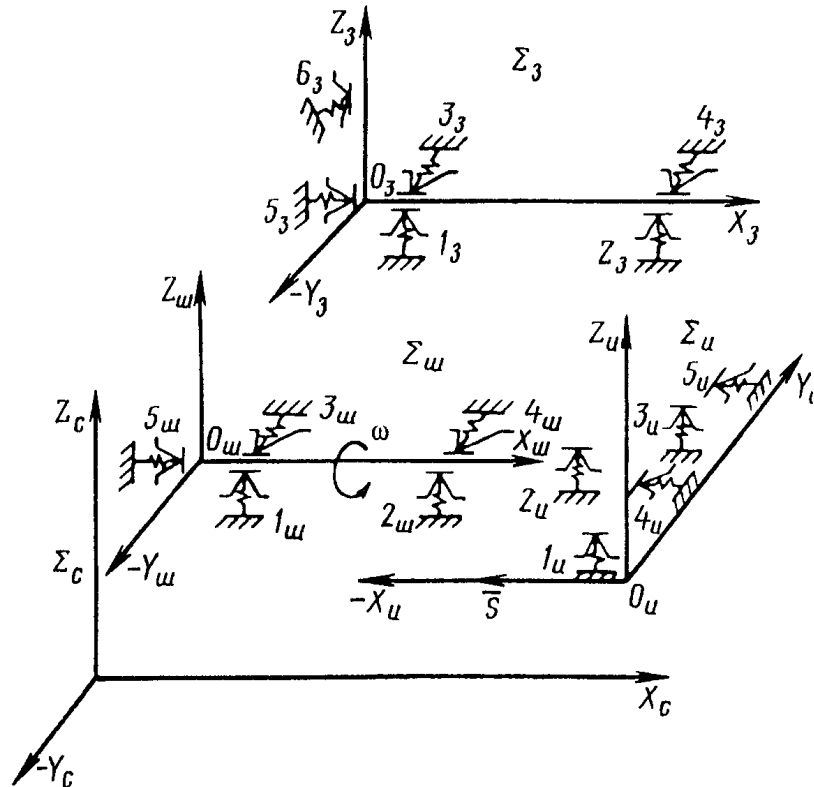


Рис. 2.8. Еквівалентна система токарного верстата:

Σ_z Σ_u $\Sigma_{ш}$ Σ_c – координатні системи відповідно заготовки, інструмента з супортною групою, шпинделя станини.

Побудуємо модель механізму утворення похибки при виготовленні деталі на технологічній системі токарного верстата. У результаті побудови моделі повинні бути установлені функціональні зв'язки між діючими факторами при токарній обробці, якістю технологічної системи і похибкою обробки.

Як уже відзначалося, під похибкою обробки розуміється

$$\Delta \bar{R}_i = \Delta \bar{R}_{\phi i} - \bar{R}_i,$$

де \bar{R}_i – радіус-вектор і-й точки заданої поверхні, $\Delta \bar{R}_{\phi i}$ – радіус-вектор і-й точки фактичної поверхні.

Для того щоб встановити, в якій точці заданої поверхні деталі відповідає точка отриманої поверхні деталі, треба записати

рівняння отриманої і реальної поверхонь у функції часу, або якогось іншого параметра, похідного від фактора часу. Запишемо $R_{\phi i}$ та R_i поверхні як функцію часу, тобто $R_{\phi i} = f_1(t)$, де t – параметр часу. Тоді для моменту t_i будуть відомі $R_{\phi i}$ та R_i а різницею між ними буде похибка обробки.

Для визначення $R_{\phi i}$ у кожен момент часу треба записати рівняння руху, у праву частину якого у якості аргументу повинні входити діючі фактори, заданий рух заготовки та інструменту, якісні характеристики технологічної системи.

У залежності від форми ріжучої частини інструмента, що обробляє заготовку, кінематики відносного руху заготовки і ріжучого інструменту формування обробленої поверхні буде визначатися не безпосередньо як траєкторія руху ріжучої поверхні інструмента, а з урахуванням перекриття і післядії наступних точок ріжучої поверхні. Іншими словами, не всі точки що ріжучої поверхні інструменту, що беруть участь у зніманні матеріалу з заготовки, формують оброблену поверхню. На рис. 2.9 показано, що в результаті обробки різцем на деталі вийшла гвинтова поверхня. Якщо будемо зменшувати подачу на оберт S , то при визначеному її значенні допоміжна ріжуча кромка різця почне зрізати частину поверхні, що була сформована головною ріжучою кромкою різця під час попереднього оберту заготовки.

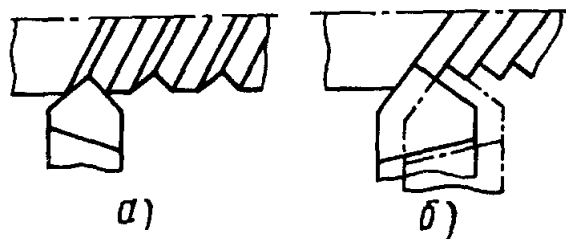


Рис. 2.9. Поверхня деталі, що формується різцем:
а – при подачі на оберт S_1 ; б – при подачі на оберт $0,05S_1$.

2.4. Математичний опис процесу збирання.

Основними вихідними показниками процесу збирання є:

- точність відносного положення руху зібраних деталей;
- точність значень натягу в нерухомих з'єднаннях і зазору в рухомих з'єднаннях.

Серед факторів, що викликають геометричні похибки збирання виробу, найбільший вплив мають геометричні неточності деталей, що надходять на збирання, а також пружні і теплові переміщення деталей, що збираються, складальних одиниць і елементів самої технологічної системи збирання.

До найбільш розповсюджених показників, що характеризують точність складальних одиниць, що містять обертові деталі, відносяться радіальне биття і биття в осьовому напрямку, а для деталей, що переміщуються поступально – прямолінійність руху.

Пружні деформації деталей і складальних одиниць у процесі їх з'єднання виникають під дією сил затиску, сили ваги самих деталей і в результаті перерозподілу залишкових напружень.

На точність положення деталі впливає послідовність прикладання зусилля замикання. Механізм його впливу полягає в тому, що при послідовному застосуванні чергової сили прикладені раніше сили і викликані ними сили тертя і їх моменти деякою мірою перешкоджають її дії. Цей фактор набуває істотне значення, коли до точності положення деталі ставлять високі вимоги.

У результаті наявності похибки форми спряжених поверхонь неправильна послідовність прикладання зусилля замикання викликає додаткові пружні переміщення деталей.

Нехай збирання виробу здійснюється на технологічній збиральній системі. При збиранні наявність геометричних похибок деталей, які збираються, сили, що діють у процесі зборки, виділення теплоти, наявність вібрацій у технологічній системі – все це порушує заданий відносний рух деталей, що збираються.

За допомогою еквівалентної схеми технологічної складальної системи механізм формування геометричних похибок збирання

можна розглядати як результат просторових переміщень і поворотів координатних систем, побудованих на деталях технологічної системи, що увійшли своїми розмірами в розмірний ланцюг складальної технологічної системи.

Етапи побудови моделі ті ж, що і при побудові моделі процесу утворення похибок обробки заготовки на верстаті. Однак у змісті цих етапів є деякі відмінності.

На відміну від процесу обробки заготовки, коли точність обробки оцінюється точністю траєкторії руху ріжучих кромek інструмента у координатній системі заготовки, точність збирання з'єднання характеризується точністю кінцевого відносного положення зібраних деталей. При цьому в ряді випадків досить важливо, якою буде траєкторія їх відносного руху при збиранні.

Вимоги, які необхідно забезпечити при збирання з'єднання можуть бути різними. Якщо потрібно забезпечити герметичність з'єднання, то необхідно, щоб по периметру контакту спряжених поверхонь був відсутній зазор. Якщо збирають дві деталі, що входять своїми розмірами в конструкторський розмірний ланцюг виробу, то в результаті їхнього збирання повинна бути досягнута точність положення комплекту додаткових баз деталі, що приєднується, чи її робочих поверхонь щодо основних баз деталі, до якої її приєднують.

Як відомо, у загальному випадку точність відносного положення двох зібраних деталей характеризується матрицею M трьох поворотів і радіусом-вектором \bar{R} , що визначає положення початку координатної системи, що належить деталі, що приєднується, у системі координат, побудованої на поверхнях деталі, до якої її приєднують. Інколи, в залежності від вимог до точності деталі, яка приєднується, точність положення можна оцінювати точністю положення площини, лінії, точки.

Побудова еквівалентної схеми. Розглянемо на прикладі технологічної складальної системи для збирання з'єднання вал – втулка (рис. 2.10). Процес збирання розглядається як сполучення основних баз деталі, що приєднується, із допоміжними базами

деталі, до якої приєднують. Тут має місце протиріччя між вимогами до точності зібраної складальної одиниці (вал втулка) і до точності процесу з'єднання деталей. Воно полягає в тому, що для забезпечення точності зібраної складальної одиниці необхідно, щоб допоміжні бази вала (система Σ_4) (рис. 2.11) зайняли необхідне положення щодо основних баз втулки (система Σ_1), а для забезпечення точності процесу з'єднання – сполучення основних баз (система Σ_3) вала, що приєднується з допоміжними базами (система Σ_2) втулки, до якої приєднують.

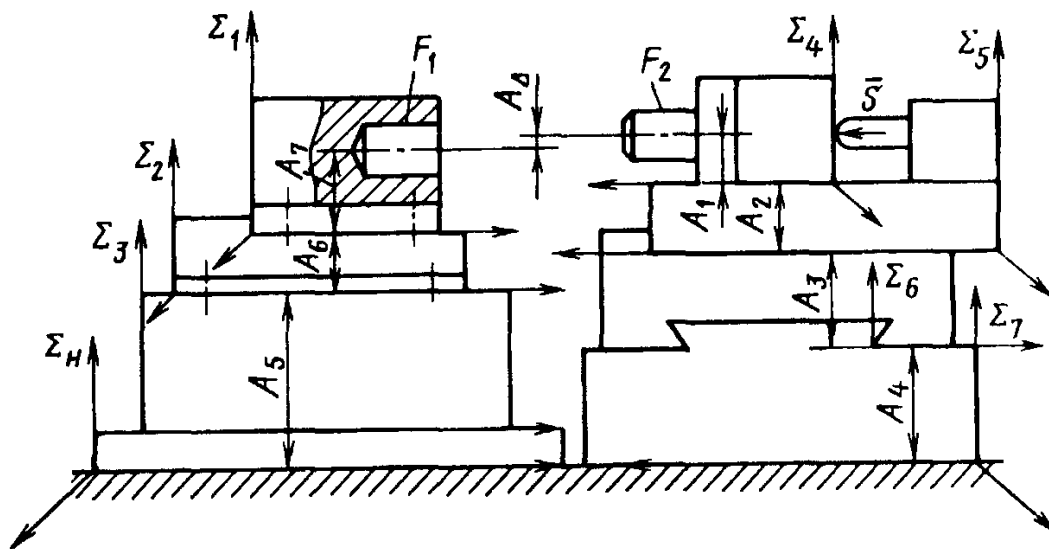


Рис. 2.10. Координатні системи збиральної машини для з'єднання вала з втулкою.

Щоб побудувати еквівалентну схему, установлюють розмірний ланцюг, замикаючою ланкою якого є розмір A_{Δ} (див. рис. 2.10), що визначає зміщення осі отвору відносно вісі вала. На основних базах деталей, розміри яких увійшли в розмірний ланцюг A технологічної складальної системи, побудуємо координатні системи $\Sigma_1, \dots, \Sigma_7$ в нерухомій системі Σ_n . Виявивши схеми базування кожної з її деталей, накладають на них відомим способом зв'язки. Таким чином отримують еквівалентну схему з координатних систем, векторні зв'язки якої показані на рис. 2.12.

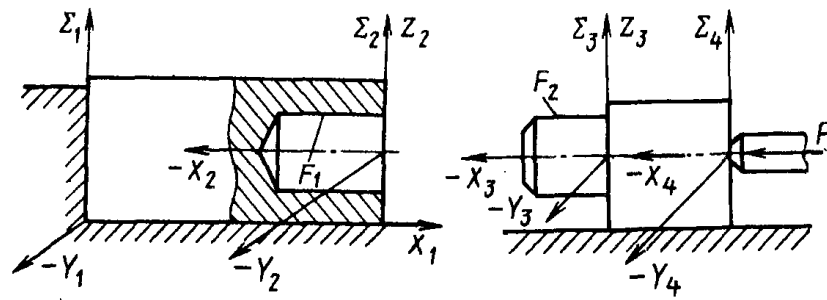


Рис. 2.11. Схема з'єднання вала з втулкою.

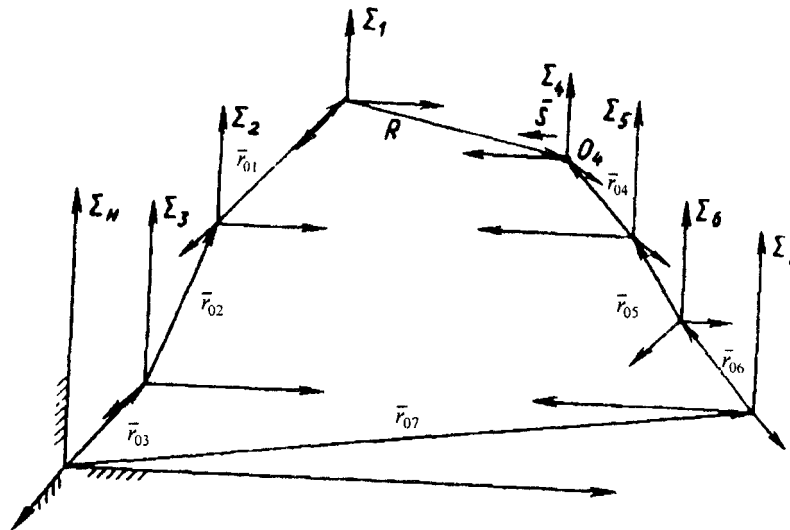


Рис. 2.12. Векторні зв'язки еквівалентної системи збиральної машини.

Рівняння відносного руху вала і втулки. Процес збирання здійснюється при поступальному русі вала. Збирання рухомого з'єднання проводять за умови, що

$$D_0 > d_e \text{ та } D_0 - d_e \leq \Delta,$$

де D_0 – діаметр отвору у втулці; d_e – зовнішній діаметр вала; Δ – зазор відповідно до заданої посадки.

Статичне налаштування технологічної складальної системи включає установку деталей, що збираються, і налаштування розмірних і кінематичних ланцюгів на заданий закон відносного руху деталей, що збираються, без робочих навантажень. У даному випадку точність поступального руху забезпечується в результаті точності виготовлення направляючих. Динамічне налаштування

включає робочий процес з урахуванням усіх факторів, що діють у цей час.

При побудові моделі статичного налаштування деталі, що підлягають збиранню відсутні і тоді рівняння руху записується як відносний рух координатних систем, побудованих на допоміжних базах, по яких базуються деталі, що збираються. При побудові моделі динамічного налаштування записується рівняння відносного руху спряжених поверхонь.

У цьому випадку кожна з двох поверхонь F_1 і F_2 , що з'єднуються, орієнтована щодо координатної системи, побудованої на основних базах її деталі (див. рис. 2.12). Приймаючи одну з цих координатних систем нерухомою, наприклад Σ_1 , записують в ній рух координатної системи Σ_4 іншої деталі. Записавши положення поверхонь F_1 і F_2 в координатній системі Σ_1 , визначають положення цих поверхонь у результаті здійснення збирального переходу.

Згідно еквівалентній схемі (див. рис. 2.12) положення координатної системи Σ_4 відносно Σ_1 визначається радіусом-вектором \bar{R} і матрицею M трьох поворотів, тоді рух системи Σ_4 щодо системи Σ_1 описують відповідною системою рівнянь, рішенням яких отримують похибку при збирання вузла системи (див. рис. 2.12).

2.5. Побудова ймовірних моделей технологічного процесу.

Відомо, що технологічний процес, функціонування технологічної системи піддаються впливу багатьох випадкових факторів. У цьому випадку застосовують прийоми і способи моделювання, засновані на методах теорії ймовірності і математичної статистики. Теорія ймовірності вивчає випадкові події, випадкові величини і їхній розподіл. Математична статистика подає інформацію, отриману при конкретних реалізаціях

випадкових подій і величин. Якщо який-небудь процес описується тим чи іншим законом розподілу, то математичний запис такого закону розподілу вже можна розглядати як математичну модель даного процесу.

За допомогою ймовірно-статистичних моделей вирішуються різного роду задачі проектування, виготовлення і контролю виробів, зокрема , при розрахунках і дослідженнях точності процесів і обладнання, сумарних похибок виготовлення виробів, розмірних ланцюгів, а також розробці і виборі статистичних методів контролю якості виробів.

У технології машинобудування найбільш часто зустрічаються ймовірно-статистичні моделі, що описуються наступними законами розподілу: закон Бернуллі (біноміальний розподіл), закон нормального розподілу (закон Гауса), закон Пуассона, закон рівної ймовірності, закон Сімпсона і багато інших, а також їх комбінації.

Розподілом Бернуллі описуються процеси, що передбачають умову незалежності випробувань при незмінній ймовірності $p = \text{const}$ появи події при кожному експерименті при ймовірності $q = 1 - p$ того, що подія не відбудеться.

Тоді ймовірність здійснення m успіхів у серії з n експериментів

$$P_n(m) = C_n^m p^m (1 - p)^{n-m},$$

де $C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ – число сполучень з n елементів по m .

Цей розподіл служить математичною моделлю багатьох процесів, зокрема, може описувати ситуацію обробки партії однакових деталей на одному верстаті.

Закон нормального розподілу служить моделлю процесів, результат яких залежить від великої кількості незалежних факторів приблизно одного порядку. Такому розподілу часто підкоряються процеси вимірювання при автоматичному чи близькому до нього виготовленні деталей на верстатах і ін.

Функція розподілу випадкової величини X , що підкоряється нормальному закону:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2/2\sigma^2} dx$$

Математичне сподівання, дисперсія і середньоквадратичне відхилення описуються так:

$$M\{X\} = a, D\{X\} = \sigma^2, \sigma[X] = \sigma.$$

Розподіл Пуассона описує процеси, що відносяться до подій, які відбуваються досить рідко. Функція розподілу випадкової величини, що підкоряється закону Пуассона, має вид

$$F(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda}$$

Цей розподіл широко використовують у теорії надійності, у задачах, зв'язаних з обслуговуванням заявок, що надходять у систему.

З інших законів розподілу варто згадати розподіл за законом рівної ймовірності. Він моделює поведінку випадкових величин, що з'являються при помилках округлення по шкалі до найближчого цілого розподілу, у помилках електричних синхронних передач ступінчастого типу, у напрямку векторних помилок у механізмах, наприклад, помилок від ексцентриситетів, перекосів осей і ін.

Область можливих значень випадкової величини, підлеглої закону рівної ймовірності, визначається від b до c .

Густина ймовірності

$$\varphi(x) = \begin{cases} 0, & x < b; \\ \frac{1}{c-b}, & b \leq x \leq c; \\ 0, & x > c. \end{cases}$$

Математичне сподівання, дисперсія і її середньоквадратичне відхилення:

$$M\{x\} = \frac{b+c}{2}, D\{x\} = \frac{(c-b)^2}{12}, \sigma[x] = \frac{c-b}{2\sqrt{3}}.$$

Приведені моделі є найпростішими ймовірними моделями розподілу однієї величини.

Більш складна задача – опис залежності між двома величинами x и y . Намагаючись побудувати графік залежності y від x , використовують такий спосіб: задаючи значення входу x , вимірюють значення виходу y . Якби випадкові фактори були відсутні, то вихід y був би однозначним. Але насправді при тому самому значенні x отримують цілий ряд вихідних значень y (рис 2.13, а). Стає очевидним, що між X и Y зв'язок можна визначити, лише використавши методи теорії ймовірності і математичної статистики.

Теоретично просто знайти криву $y = f(x)$, якщо x , y задані розподілом ймовірності. Тоді в якості кривої приймається умовне математичне сподівання випадкової величини y за умови, що величина x прийняла визначене значення:

$$M(y|x = x_0) = \varphi(x)$$

Ця функція і буде шуканою залежністю в середньому між y та x . Рівняння $y = f(x)$ називається рівнянням регресії y на x .

На практиці точний вид розподілу майже завжди невідомий, тому вид рівняння $y = f(x)$, також невідомий. У розпорядженні дослідника є лише набір спостережень "хмара" даних (рис. 2.13, б). У цьому випадку чинять так: спочатку для різних вхідних значень x будують відповідні точки y , потім при кожному значенні x , тобто по кожній вертикалі, приймають середнє значення y (рис. 2.13, в). Ці середні значення і будуть аналогом умовного математичного сподівання виходу по входу; вони дають можливість побудувати приблизно графік залежності Y від X . Потім отриману криву можна апроксимувати (наблизити) якою-небудь відомою функцією, що і буде математичною моделлю невідомого рівняння регресії.

Прикладом таких математичних моделей може служити точкова діаграма розміру оброблених деталей. Так, дія випадкових факторів і систематичного зносу ріжучого інструмента описується лінійною моделлю: $y = ax + b$ (рис. 2.13, г). Дія декількох випадкових і систематичних факторів (рис. 2.13, д) можна описати моделлю, що являє собою тригонометричну функцію

$$y = A \sin K_1 x + B \cos K_2 x + C \varphi(x)$$

Рівняння регресії $y = f(x)$ невідомо і з експериментального матеріалу його не можна вивести аналітично. Тому діють в такий спосіб: по зовнішньому вигляді "хмари" даних підбирають математичну модель яку-небудь аналітичну залежність від x , звичайно у виді такої залежності застосовується багаточлени

$$p_n(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n$$

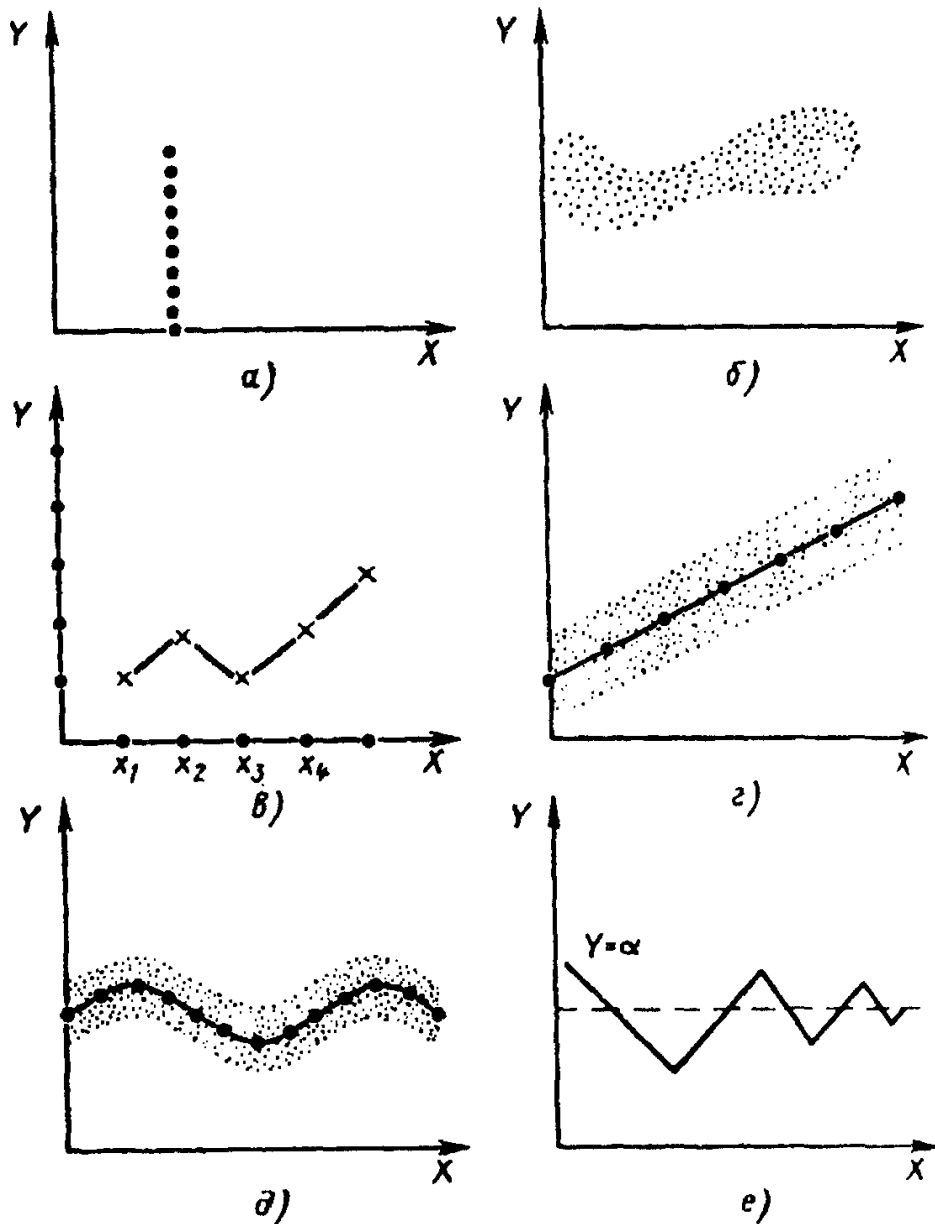


Рис. 2.13. Точкові діаграми.

З математичного аналізу відома теорема, яка стверджує, що будь-яку неперервну функцію $y = \varphi(x)$ з будь-якою заданою точністю T можна описати багаточленом $p_n(x)$ визначеного степеня.

Коефіцієнти багаточлена вибирають таким чином, щоб його графік якнайближче, тісніше прилягав до експериментальних точок. В якості оцінки відхилення графіка від наявних значень звичайно беруть суму квадратів відхилень у відповідних точках x .

Якщо досліджувана величина y залежить від більш ніж одного фактора, тобто $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ є функцією декількох змінних (факторів), то в цьому випадку для побудови рівняння регресії використовують методи планування експерименту.

До планування експерименту звертаються тоді, коли знехтувати залежністю y від декількох факторів, крім одного, неможливо, не спотворивши картину процесу. Планування експерименту використовують і тоді, коли необхідно одержати яку-небудь аналітичну залежність між параметрами процесу, яку не можна вивести на основі причинно-наслідкових зв'язків, тому що останні невідомі. До таких задач можна віднести задачу визначення залежності сили різання від параметрів процесу: глибини різання, твердості матеріалу, геометрії ріжучого інструмента і ін.; до цієї ж задачі можна віднести і задачу визначення періоду стійкості інструмента.

Визначення коефіцієнтів рівняння регресії інакше можна назвати ідентифікацією об'єкта як "чорної скриньки", функціонування якого описує це рівняння.

Перераховані способи, однак, стає важко застосовувати для ідентифікації складних технічних об'єктів, коли залежність Y від X істотно нелінійна. У цьому випадку використовують метод Монте-Карло або статистичних випробувань.

Схема його застосування наступна. Нехай функція $y = f(x)$ істотно нелінійна (складна) і відсутні задовільні методи рішення цієї задачі. Датчик випадкових чисел дає можливість побудувати послідовність випадкових чисел x_1, x_2, \dots, x_n з необхідним законом

розподілу. За допомогою вихідної формули (після проведення експерименту), можна одержати послідовність значень

$$y_1 = f(x_1), y_2 = f(x_2), \dots, y_n = f(x_n),$$

що являє собою деяку випадкову послідовність. Провівши досить велике число обчислень і обробивши послідовність y_1, y_2, \dots, y_n , можна з будь-якою заданою точністю визначити статистичні властивості випадкової величини y і знайти закон розподілу, який цікавить. Таким чином, вихід "чорної скриньки" моделюється як випадкова величина з визначеним законом розподілу.

Один з можливих способів застосування методу Монте-Карло оптимізація режимів різання при нелінійному критерії оптимізації (наприклад, собівартість механічної обробки виробу). Автоматизація технологічних процесів і керування ними ставить нові задачі, деякі з них можна вирішити за допомогою методу стохастичної апроксимації.

Метод стохастичної апроксимації полягає в наступному. За допомогою датчика випадкових чисел визначається $\xi = \xi_1$ (моделюється випадкове збурення). Для цього $\xi = \xi_1$ вирішується не випадкова задача будь-яким іншим методом оптимізації і знаходиться значення керуючого параметра $x = x_1$. Далі по новому випадковому значенню $\xi = \xi_2$ знаходять $x = x_2$. Обчислюють

$$\tilde{x}_2 = x_1 + \alpha_1(x_2 - x_1).$$

Таким же чином визначають $x = x_3$ і наступне наближення:

$$\tilde{x}_3 = \tilde{x}_2 + \alpha_2(x_3 - \tilde{x}_2)$$

Схема зазначеної процедури в загальному виді може бути представлена так:

$$\tilde{x}_{k+1} = \tilde{x}_k + \alpha_k(x_{k+1} - \tilde{x}_k)$$

де α_k – коефіцієнт; k – номер кроку процедури, яка виконується при умовах:

$$\alpha_k \rightarrow 0; \quad \sum \alpha_k = \infty; \quad \sum \alpha_k^2 < \infty$$

Цю процедуру можна зобразити графічно (див. рис. 2.13, е).

Виконуючи цю процедуру для кожного заданого значення α можна змодельовати залежність y від x у середньому.

Метод стохастичної апроксимації універсальний. За його допомогою можна вирішувати задачі на оптимізацію. Метод стохастичної апроксимації використовують при створенні адаптивних систем керування технологічним устаткуванням, що призначене для підвищення точності розміру.

Особливе значення в технології машинобудування має моделювання процесів, параметри і характеристики яких змінюються з часом. Сюди можна віднести всі процеси механічної обробки деталей, тимчасові зв'язки технологічних процесів, задачі активного контролю розмірів. Ці задачі і інші, їм подібні, вирішуються з залученням апарата теорії випадкових процесів (випадкових функцій).

Значення випадкового процесу $X(t)$ при кожному $t \in$ випадковими величинами. Основні характеристики випадкового процесу:

- функція $A(t) = Mx(t)$, називається середнім значенням випадкового процесу;
- кореляційна матриця $B\{B(t_k, t_i;)\}$, складена зі значень функції $B(s, t) = M\{x(s)-A(s)][x(t)-A(t)]$, що називається кореляційною функцією процесу і служить моделлю взаємозв'язку значень процесу в різні моменти часу.

Кожне значення $x(t)$ випадкового процесу, будучи випадковою величиною, формально залежить від деякої елементарної події. Розглядаючи випадковий процес при кожному елементарному результаті, ми маємо відповідну функцію, що називається реалізацією чи траєкторією вибіркової функції випадкового процесу. Реально спостерігаючи випадковий процес, фактично можна спостерігати одну з його можливих траєкторій. Наприклад, якщо є деяка сукупність X усіх можливих траєкторій і деякий "механізм випадковості" обирає одну з цих функцій $x(t)$. Загальна теорія випадкових процесів має кілька окремих теорій: стаціонарних випадкових процесів, ланцюгів Маркова, дифузійних

процесів. Користуючись методами теорії випадкових процесів, можна вирішувати задачі прогнозування і регулювання.

Широко застосовують цю теорію в задачах активного контролю розмірів. Відомо, що похибки розмірів є результатом спільної дії ряду факторів, що носять випадковий характер (зношування і затуплення ріжучого інструмента, теплові і силові деформації технологічної системи), ступінь впливу яких на процес механічної обробки змінюється в процесі обробки, тобто з часом . При моделюванні дії цих факторів використання апарата випадкових процесів (випадкових функцій) дозволяє одержати набагато більший обсяг інформації, чим використання для цієї мети лише однієї реалізації випадкової величини. Теорію випадкових процесів застосовують також при створенні різноманітного роду систем автоматичного регулювання.

2.6. Питання для самоконтролю.

1. Сформулюйте основну задачу технології машинобудування.
2. В чому різниця між детермінованою і ймовірною математичними моделями?
3. У чому полягає сутність методу координатних систем з зв'язками, що деформуються?
4. Що являє собою еквівалентна схеми технологічної системи?
5. У чому різниця між похибкою обробки і похибкою деталі?
6. Як будується еквівалентна схема?
7. Приведіть етапи побудови математичної моделі методом координатних систем з деформуючими зв'язками.
8. У чому різниця між математичними моделями похибок статичного і динамічного налаштування технологічної системи?
9. Відносно яких баз визначаються похибки установки заготовки й інструмента?
10. Наведіть векторні зв'язки еквівалентної схеми збирання деталей.
11. Коли застосовується закон Бернуллі (біноміальний розподіл)?
12. Коли застосовується закон нормального розподілу?
13. Коли застосовується закон розподілу Пуассона?
14. Коли застосовується закон розподілу Сімпсона?
15. Коли застосовується закон розподілу рівної ймовірності?

3. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

3.1. Заготовки для деталей машин.

3.1.1. Заготовки для деталей машин, їх вибір та первинна обробка

Основні види заготовок, які сьогодні використовуються на машинобудівних заводах та заводах будівельної індустрії це:

- 1) відливки з чорних та кольорових металів;
- 2) заготовки із металокераміки;
- 3) ковані та штамповані заготовки;
- 4) штамповка із листових матеріалів;
- 5) прокат;
- 6) зварні заготовки;
- 7) заготовки із неметалічних матеріалів.

Деталі машин в основному виготовляють із сталі та чавуну, одержання заготовок з яких можна зобразити схемою (рис.3.1):

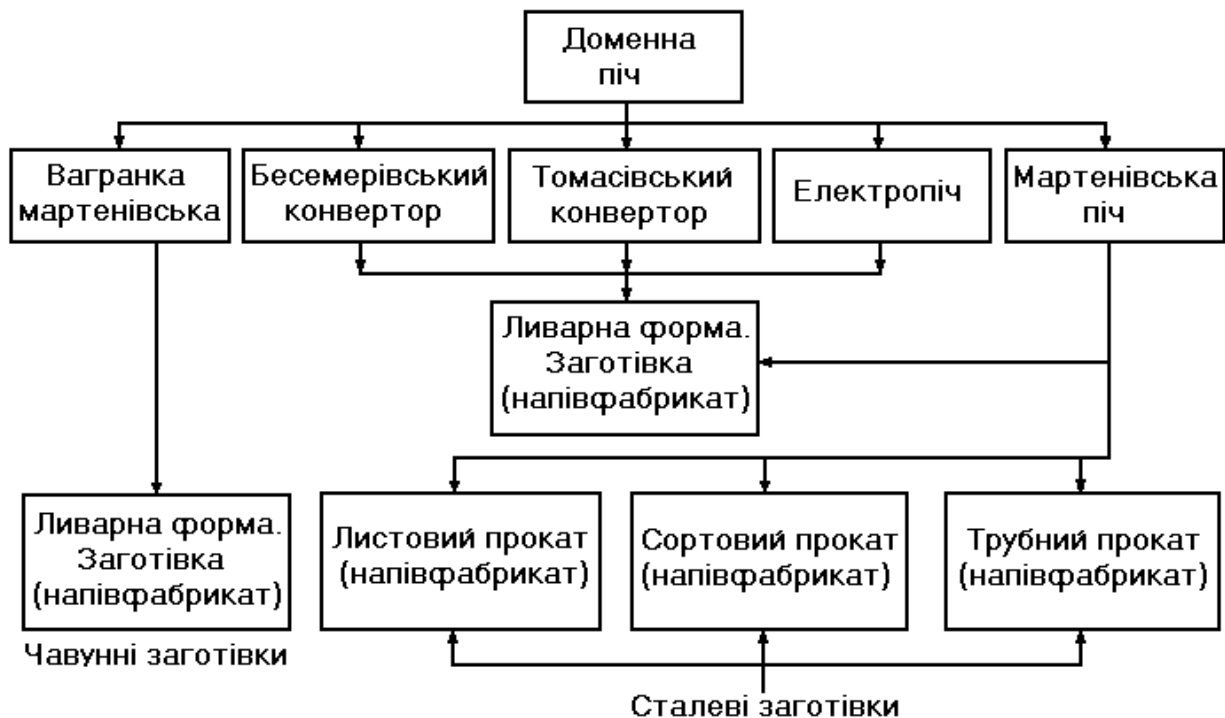


Рис. 3.1 Схема одержання із сталі та чавуну у машинобудуванні

Реально для одиничного виробництва конструкцію деталей наближають до більш простих видів заготовок, щоб уникнути використання спеціальної обробки; при цьому використовують:

- 1) стандартний прокат; (стандартизований).
- 2) зварні конструкції;
- 3) при відсутності, або неможливості використання (для відповідальних деталей) перших двох – лиття (відкрита формовка, закрита формовка в ґрунті по моделям, ручна формовка в опоках);
- 4) вільна ковка із прокату від 40кг до 1500кг;гідравлічні преси – для важких поковок..

Для серійного виробництва :

- 1) лиття:
 - машинна формовка (деталі малої та середньої ваги);
 - лиття у металічні форми (кокіль);
 - лиття під тиском.
- 2) гаряча штамповка в закритих штампах, на горизонтально-ковочних машинах, на гідравлічних пресах

Для масового виробництва:

- 1) Точні види лиття (під тиском, відцентрове, в кокіль, машинна формовка, по виплавленим моделям);
- 2) холодна та гаряча штамповка (у закритих багаторівчачкових штампах);
- 3) спеціальні профілі холодного та гарячого прокату;
- 4) прогресивні види заготовок (порошкових матеріалів, пластмас).

Вибрати заготовку означає :

- 1) встановити спосіб (метод) її отримання; описати спосіб;
- 2) вказати припуски на обробку кожної поверхні;
- 3) розрахувати розміри;
- 4) вказати допуски на неточність виготовлення.
- 5) Порівняти два методи по коефіцієнту використання матеріалу: (γ_1, γ_2)

Варіанти вибирають виходячи з типу виробництва: (одиночного, серійного, масового) і порівнюють (γ_1, γ_2).

На практиці при виборі виду та методу виконання заготовки для конкретної деталі необхідно враховувати наступні показники:

- 1) Конфігурацію, розміри та масу деталі.
- 2) Матеріал для виготовлення деталі та вимоги до нього.
- 3) Кількість деталей, які необхідно виготовити.
- 4) Точність та чистота обробки поверхонь деталі.
- 5) Собівартість деталі.
- 6) Наявність технологічного обладнання.

3.1.2. Вибір методу отримання заготовки

Метод виконання заготовок визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, типом виробництва, економічністю.

Правильний вибір способу виготовлення заготовок дозволяє зменшити об'єм механічної обробки, обмежуючи її у багатьох випадках чистовими оздоблювальними операціями з найбільшою продуктивністю та найменшими витратами матеріалу.

Метод отримання заготовки вибирають, порівнюючи декілька варіантів заготовок по коефіцієнту використання матеріалу (γ) та вартості заготовок:

$$\gamma = g / Q, \quad (3.1)$$

де g - маса готової деталі;

Q – маса заготовки.

Варіанти для порівняння вибирають, виходячи з типу виробництва

Метод отримання заготовки на виробництві здійснюється порівнянням собівартості деталі (C_d):

$$C_d = M + P_{заг} + Z_{заг} + C_{ос} * 100 / N + P_{мех} + Z_{мех}, \quad (3.2)$$

де: M – витрати на матеріал;

$P_{заг}$, $P_{мех}$ – заробітна плата робочих заготівельного і механічного цехів;

$Z_{заг}$, $Z_{мех}$ – накладні витрати (транспорт, ІТР, служби);

$C_{ос}$ – витрати на оснастку;

N – випуск деталей.

3.1.3. Первинна обробка заготовок перед обробкою на металообробних верстатах

Обробка відливків – включає видалення літників, заусенців, очистка кірки лиття, термічного пилю, ТО, ХТО при необхідності.

Обробка поковок – видалення окалини, облою, ТО(відпал-нормалізація, покращення), (галтовка, дробо-струменева обробка, правка на гідравлічних пресах).

Обробка прокатного матеріалу:

1) правка на пресах, правильних верстатах;

2) різка на приводних ножівках, дискових, стрічкових пилах, токарних, фрезерно-відрізних верстатах, прес-ножицях, різка листового матеріалу та елементів металоконструкцій – ацетилено-кисневими горілками.

Вибір заготовки з прокату:

1) По максимальному діаметру (розміру) деталі D та довжині L_0 вибирають орієнтовний діаметр заготовки та припуск на механічну обробку (табл. 3.1)

2) Вибрати тип прокату: перевірити чи випускається сортамент з матеріалу вказаного у кресленні (табл. нормативних документів); вибрати рівний, або найближчий більший діаметр, вказаний в нормативному документі.

3) Вибирається спосіб отримання заготовки (газовою різкою, абразивом, фрезою, пилкою, різцем і т.д.)

4) Вказати (розрахувати) масу заготовки.

5) Розрахувати коефіцієнт використання матеріалу γ .

6) Порівняти два види заготовок по γ і вибрати кращий.

7) Користуючись НД на сортамент, таблицями шорсткості та точності поверхонь при різних видах обробки накреслити заготовку і вказати на ній допуски та параметри шорсткості.

8) Вказати умовне позначення сортаменту, та розшифрувати.

9) Обґрунтувати ТО заготовки з умов кращої оброблюваності.

Таблиця 3.1

Попередній вибір діаметру заготовки

D, мм	Діаметр заготовки								Припуск загальний, мм	
	L ₁	d ₃	L ₂	d ₃	L ₃	d ₃	L ₄	d ₃		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
8	≤32	10	64	10	96	10	160	11	2÷3	L=L ₀ +ρ, де ρ - із Табл.2.4
10	≤40	12	80	12	120	13	200	13	2÷3	
12	≤48	14	96	14	144	15	240	15	2÷3	
15	≤60	17	120	17	180	18	300	18	2÷3	
18	≤72	20	144	20	216	21	360	21	2÷3	
20	≤80	22	160	22	240	23	400	24	2÷4	
22	≤88	25	176	25	264	25	440	26	3÷4	
25	≤100	28	200	28	300	28	500	30	3÷5	
28	≤112	32	224	32	330	32	560	32	4÷5	
30	≤120	33	240	33	360	34	600	34	3÷4	
35	≤140	38	280	38	420	39	700	39	3÷4	
40	≤160	43	320	45	480	45	800	45	3÷5	
45	≤180	48	360	48	540	50	900	50	3÷5	
50	≤200	54	400	54	600	55	1000	55	4÷5	
55	≤220	58	440	60	660	60	1100	60	3÷5	
60	≤240	65	480	65	720	65	1200	70	5÷10	
65	≤260	70	520	70	780	70	1300	75	5÷10	
70	≤280	75	560	75	840	80	1400	85	5÷15	
75	≤300	80	600	80	900	85	1500	90	5÷15	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80	≤320	85	640	90	960	95	1600	95	5÷15
85	340	90	680	95	1020	100	1700	100	5÷15
90	360	95	720	100	1080	105	1800	105	5÷15
100	400	105	800	110	1200	115	1900	115	5÷15
105	420	110	840	115	1260	120	2000	120	5÷15
110	440	115	980	120	1320	125	2100	125	5÷15
120	480	125	960	130	1440	140	2200	140	5÷20
130	520	140	1040	140	1560	150	2400	150	10÷20
140	560	150	1120	150	1680	160	2600	160	10÷20

Таблиця 3.2

Визначення припуску на підрізання

Припуск ρ, мм	D прокату, мм				
	≤ 30	30 ≥ 50	> 50 ≥ 60	> 60 ≥ 80	> 80 ≥ 150
На підрізання після відрізання	2	2	3	3	3
На оброблення по контуру після відрізання	4 -5	6	7	9	9

Таблиця 3.3

Якість поверхні прокату

D, мм	Калібрований прокат			Гарячекатаний прокат			
				Підвищеної точності		Звичайної точності	
	R _z , мкм	Деф. шар, мкм	Характеристика прокату	R _z мкм	Деф. шар, мкм	R _z мкм	Деф. шар, мкм
≤ 25	60	60	Гладкотягнутий	100	100	150	150
25 ≤ 75	20	20	Шліфований	100	150	150	250
75 ≤ 150				150	200	200	300
150 ≤ 250				250	300	300	400

Таблиця 3.4

Оптимальний режим ТО

Марка сталі	Режим ТО	Найкраща структура
15	Нормалізація при 950 ⁰	Тонкопластинчатий перліт
40	Нормалізація (900-950 ⁰) або гартування з високим відпуском (680-750 ⁰)	Зернистий перліт
40X	Відпал (900 ⁰) або гартування з високим відпуском (680-750 ⁰)	Тонкопластинчастий перліт, зернистий перліт
У12	Відпал (750 ⁰)	зернистий перліт
35ХГС	Відпал ізотермічний (900 ⁰) ізотермічна витримка (700 ⁰)	зернистий перліт
Р9, Р18	Відпал ізотермічний (870 ⁰) ізотермічна витримка (740 ⁰)	Зернистий перліт з дрібновкрапленими карбідами

3.2 Технологічність конструкції деталі

3.2.1 Визначення та класифікація

Під технологічністю розуміють: Ступінь відповідності деталі виробничим умовам, які дозволяють застосувати такі технологічні методи обробки, при яких забезпечиться максимальна продуктивність та мінімальна собівартість.

Технологічність конструкції виробу визначена стандартом як сукупність властивостей конструкції виробу, які визначають її пристосованість для досягнення оптимальних затрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості, об'єму випуску та умов виконання робіт.

Технологічність конструкції виробу – поняття комплексне. Технологічність конструкції не можливо розглядати ізольовано, без взаємного зв'язку та врахування умов виконання заготівельних процесів, процесів обробки, складання та контролю. У відповідності з характером та можливими областями виявлення властивостей, які складають технологічність конструкції необхідно розрізнити наступні види технологічності:

По області виявлення

1) Виробнича:

- при технологічній підготовці виробництва,
- при виготовленні,
- при монтажі поза межами заводу-виробника.

Виробнича технологічність проявляється у скороченні витрат коштів та часу на конструкторську підготовку виробництва (КПВ); технологічну підготовку виробництва (ТПВ); виготовлення виробу, включаючи контроль. Вона вирішується у процесі конструювання, технологічного забезпечення та виготовленні виробу.

1) Експлуатаційна:

- при підготовці до використання по призначенню,
- при технічному обслуговуванні,

- при поточному ремонті,
- при утилізації.

Експлуатаційна технологічність проявляється у скороченні витрат коштів та часу на технічне обслуговування та утилізацію.

- 2) Ремонтна (при всіх видах ремонту крім поточного).
Проявляється у скороченні витрат коштів та часу на ремонт.

По характеризуючим властивостям:

- 1) Технологічна раціональність конструкції;
- 2) Конструктивно-технологічне наслідування.

Технологічна раціональність конструкції характеризує можливість виготовлення і експлуатації конкретного виробу при використанні матеріальних та трудових ресурсів, які знаходяться у розпорядженні суспільства(підприємства).

Конструктивно-технологічне наслідування розглядається у вигляді сукупності властивостей, які утворюють технологічність конструкції виробу, але при цьому максимально використовується все краще, що створено раніше у процесі науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних розробок, а також освоєне у виробничих умовах та перевірене в умовах експлуатації.

Головні фактори, які визначають вимоги до технологічності конструкції:

- 1) вид виробу;
- 2) об'єм випуску;
- 3) тип виробництва.

Вид виробу визначає головні конструктивні та технологічні ознаки, які обумовлюють основні вимоги до технологічності конструкції. Об'єм випуску та тип виробництва визначають ступінь технологічного оснащення, механізації та автоматизації технологічних процесів та спеціалізації всього виробництва.

Аналіз технологічності деталі (виробу) включає її оцінку:

- 1) Якісну;
- 2) Кількісну.

Якісна оцінка - здійснюється по матеріалу, геометричній формі, якості поверхонь, точності, простановці розмірів, можливим способам отримання заготовки і т.д. Вона допустима на всіх стадіях проектування, коли здійснюється вибір кращого конструктивного рішення і нема потреби визначати ступінь відмінності технологічності порівнюваних варіантів. Якісна оцінка при порівнянні варіантів конструкції передує кількісній і визначає доцільність кількісної оцінки.

Кількісна оцінка – здійснюється при оцінці технологічності конструкції даного виробу у порівнянні з іншою (базовою конструкцією) по абсолютним та відносним показникам.

Номенклатура показників технологічності виробів наведена на (рис.3.2 - 3.3)

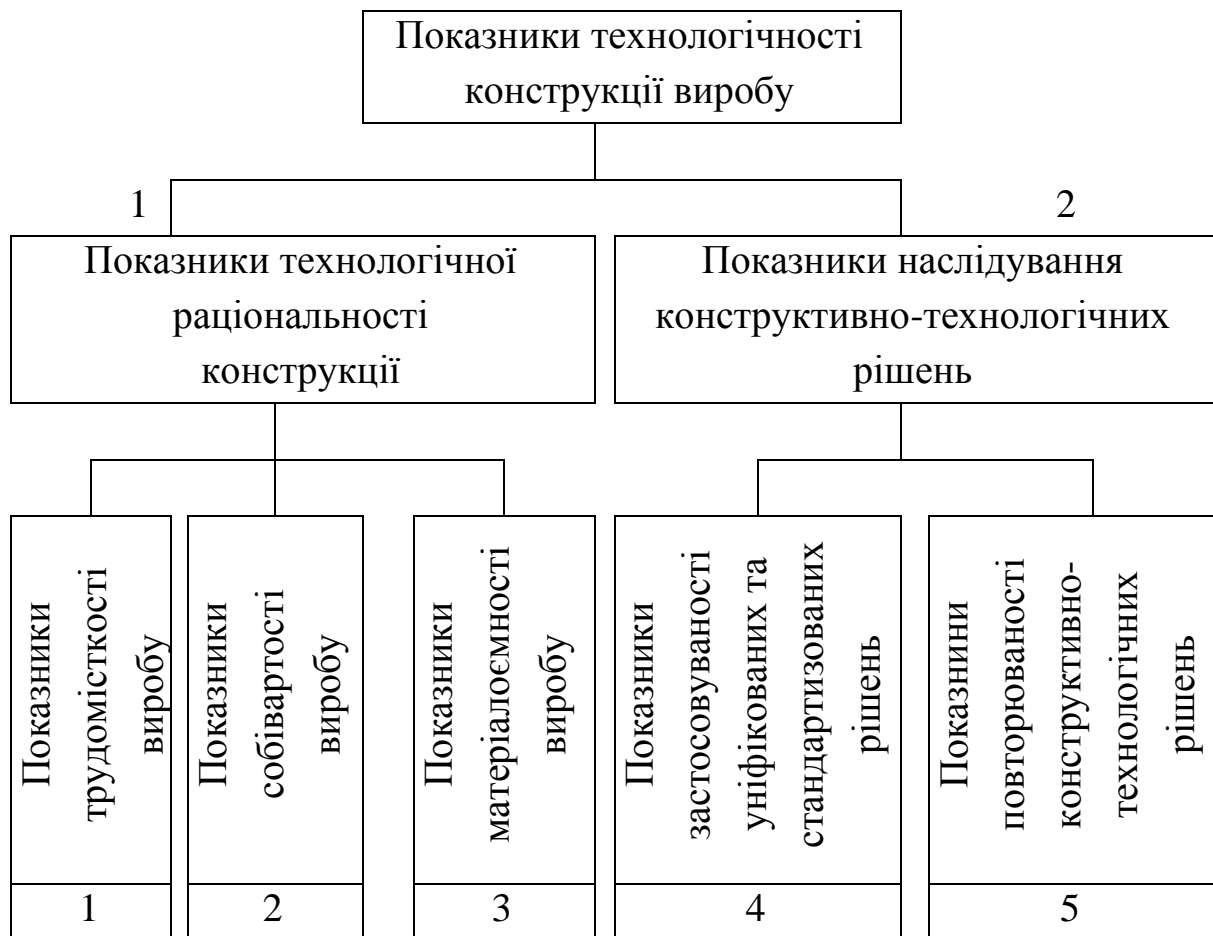


Рис.3.2 Класифікація показників технологічності.

До показників застосовуваності уніфікованих та стандартизованих рішень відносять:

- 1) коефіцієнт уніфікації виробу;
- 2) коефіцієнт стандартизації виробу;
- 3) коефіцієнт перспективного використання в інших виробках;
- 4) коефіцієнт застосування типових технологічних процесів;
- 5) коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів;
- 6) коефіцієнт збирання виробу.

До показників повторюваності конструктивних рішень відносять:

- 1) коефіцієнт повторюваності складових частин виробу;
- 2) коефіцієнт повторюваності конструктивних елементів.





Рис.3.3 Види показників технологічності.

3.2.2. Відпрацювання конструкції деталі (виробу) на технологічність

При оцінці технологічності виробу необхідно провести технологічний аналіз. При аналізі враховують велику кількість конструктивних ознак виробу. Їх порівнюють з факторами майбутнього технологічного процесу з метою виявлення елементів конструкції, які найбільш сильно впливають на технологію виготовлення деталі, а особливо на трудомісткість та собівартість процесу. У відповідності з цими ознаками вибирають показники технологічності, які використовуються для порівняльної оцінки. Технологічний аналіз починають з службового визначення поверхонь деталі. Наприклад, для деталі вал-шестерня (рис. 3.4):

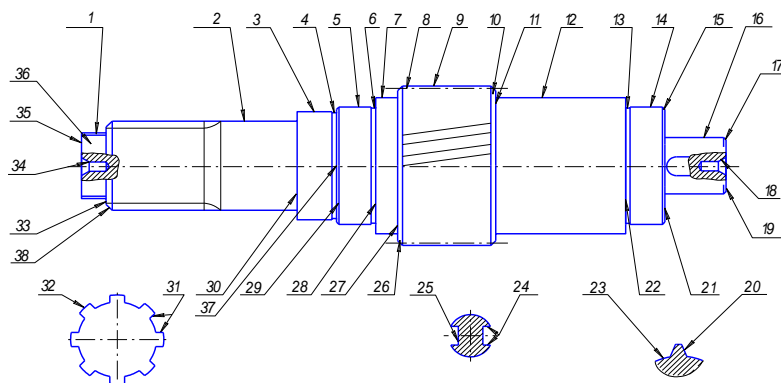


Рис. 3.4. Систематизація поверхонь

Таблиця 3.5

Класифікація поверхонь по службовому призначенню

№ п/п	Вид поверхонь	Номери поверхонь
1	Виконуючі	9,24,31,36
2	Основні конструкторські бази (ОКБ)	5,14,22,28
3	Допоміжні конструкторські бази (ДКБ)	32,16,34
4	Вільні	інші

Послідовність аналізу конструкції виробу (деталі) при виборі показників технологічності можна зобразити схемою:

Вид виробу (деталь, складальна одиниця, комплекс, комплект)



Об'єм випуску



Тип виробництва (одиничне, серійне, масове)



Вид технологічності (виробнича, експлуатаційна, ремонтна)



Область виявлення



Вид оцінки (якісна, кількісна)



Показники технологічності конструкції виробу.

Таблиця 3.6

Технологічний аналіз креслення деталі

Конструктивні ознаки деталі, об'єм випуску	Фактори технологічного процесу												
	Вид заготовельної операції	Види операцій обробки різнанням	Послідовність операцій	Концентрація та диференціація операцій	Термічна або термохімічна обробка	Вид кінцевої обробки	Метод забезпечення точності	Вибір технологічних баз	Режими обробки різанням	Застосовуваний інструмент	Пристрої	Обладнання	Кваліфікація виконавців
Матеріал	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-
Загальна конфігурація	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-
Порядок постановки розмірів	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-
Точність:													
-розмірів поверхонь	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+
- форми поверхонь	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+
- відносного розміщення													
поверхонь	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+
Шорсткість поверхонь	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+
Структура поверх. шару		-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Твердість поверхні	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-
Герметичність стінок	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Магнітні властивості	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Покриття	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
Об'єм випуску	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+

Примітка. Знак “+” означає сильний вплив. Знак “-” означає слабкий вплив або відсутність впливу.

Основну роботу по відпрацюванню конструкції деталі на технологічність виконують, починаючи з стадії ескізного проекту, коли в конструкцію закладають ознаки технологічності деталі як об'єкту виготовлення – з одного боку, так і складової частини складальної одиниці – з другої. На стадії розробки технічного проекту виконують роботи по забезпеченню технологічності основних складних деталей. На стадії розробки робочої документації проводять: технологічний контроль конструкторської документації на деталі (за виключенням документації на вироби кріплення та придбані деталі); оцінку технологічності конструкції деталі на відповідність основним вимогам, які висуваються до технологічності конструкції деталей та їх конструктивних елементів з урахуванням умов складання виробів.

Роботи по забезпеченню технологічності конструкції деталі виконують у загальному випадку у такій послідовності: виявляють конструктивні елементи, які впливають на якість виконання виробом робочих функцій в умовах експлуатації, відпрацьовують конструкцію деталі на технологічність по головним конструктивним елементам та на технологічність по іншим конструктивним елементам.

Кількісну оцінку технологічності конструкції деталі виконують на вимогу розробника у випадку:

- 1) при відносно високій трудоемкості (собівартості) деталі у порівнянні з витратами в цілому на складальну одиницю;
- 2) для контролю якісної оцінки ;
- 3) для накопичення статистичних даних про технологічність типових деталей та подальшого їх використання при відпрацюванні на технологічність конструкцій однотипних деталей.

Визначення рівня технологічності конструкції деталі, для якої у технічному завданні встановлені базові показники технологічності, є обов'язковим.

Таблиця 3.7

Загальні вимоги до технологічності конструкції деталі та сфера виявлення ефекту при їх виконанні

Зміст вимог	Сфера виявлення ефекта				
	КПВ	ТПВ	Процеси виготовлення	Технічне обслуговування	Ремонт виробу
1	2	3	4	5	6
Конструкція деталі повинна містити стандартизовані та уніфіковані елементи і по можливості бути стандартизованою в цілому.	+	+	+	+	+
Фізико-хімічні та механічні властивості матеріалу деталі, її форма та розміри повинні відповідати вимогам технології виготовлення (включаючи процеси зміцнення, захисту від корозії та ін.), зберігання та транспортування.	-	+	+	+	+
Вимоги точності розмірів, форми та відносного розміщення поверхонь деталі, а також шорсткість поверхонь повинні бути економічно та конструктивно обґрунтовані.	-	+	+	-	+
Параметри баз (точність, шорсткість) деталі повинні забезпечувати достатню точність її встановлення при обробці та контролі.	-	+	+	-	-
Конструкція деталі повинна забезпечувати можливість застосування типових технологічних процесів її виготовлення та універсальних пристроїв	-	+	+	-	-

Примітка. Знак “+” означає, що ефект проявляється.

Знак “-” означає відсутність ефекту.

**Відпрацювання конструкції виробу на технологічність по
стадіям проектування**

N п/п	Стадії проектування	Роботи по відпрацюванню на технологічність	Розподіл робіт по етапам, %	
1	Технічні пропозиції	1.Визначення базових показників технологічності конструкції. 2. Аналіз варіантів схем і компонування виробу.	5 20	
2	Ескізний проект	1. Аналіз принципів конструктивних рішень по компонуванню конструкції.	50	
3	Технічний проект	1. Кінцеве рішення по технологічності складальних одиниць та виробу в цілому.	80	
4	Розробка робочої документації	Дослідного зразка	1.Відпрацювання конструкції деталей на технологічність. 2.Узгодження із складальними одиницями.	90
Установочно ї серії		1. Відпрацювання на технологічність з урахуванням конкретних даних заводу- виробника.	95	
Серійного або масового виробництва		Закінчення відпрацювання конструкції відповідно до умов постійного виробництва	100	

3.3 Базы і базування при обробці заготовок та складанні деталі

Базування – задає заготівці або виробу необхідне положення відносно вибраної системи координат і необхідне для досягнення необхідної точності обробки заготовок та складання машин.

База – поверхня (або поєднання поверхонь), вісь, точка, яка належить заготівці і використовується для базування.

Із означення випливає, що поняття “база” включає в себе весь комплект поверхонь, які необхідні для орієнтації деталі при її виготовленні та складанні виробу (рис. 3.5).

3.3.1 Різновиди та класифікація баз

Різновиди баз :

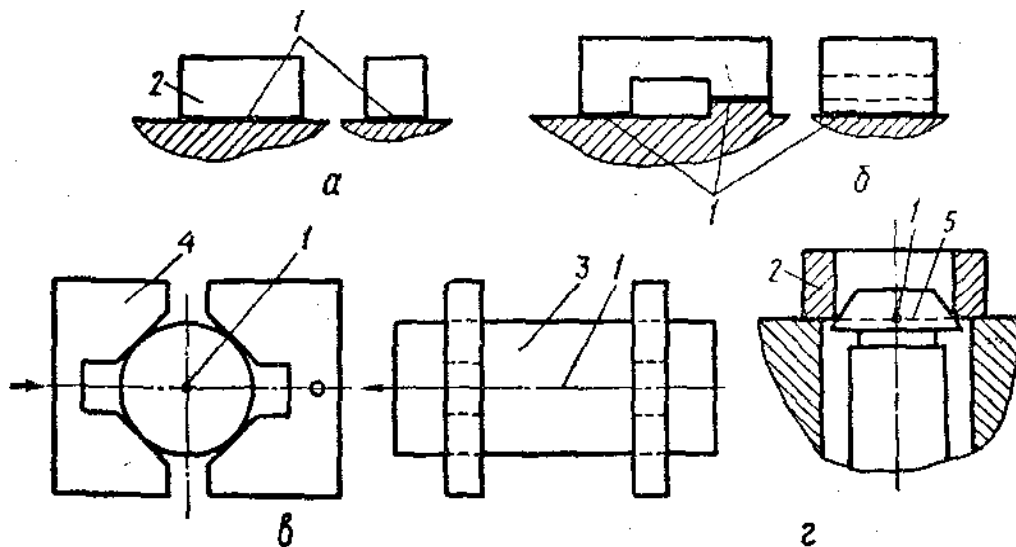


Рис.3.5 Різновиди баз:

а) – поверхня; б) – поєднання поверхонь; в) – вісь; г) – точка:
1 – база; 2 – деталь; 3 – заготовка; 4 – губки самоцентруючих лещат;
5 – центруючий конус пристрою.

Класифікація баз:

Конструкторська – база, яка використовується для визначення положення деталі або складальної одиниці у виробі.

Основна – це конструктивна база даної деталі або складальної одиниці, яка використовується для визначення їх положення у виробі.

Допоміжна – це конструктивна база деталі або складальної одиниці, яка використовується для визначення положення приєднаних виробів (виробу).

Вимірвальна – база, яка використовується для визначення відносного положення заготовки та засобів вимірювання.

Технологічна – база, яка використовується для визначення відносного положення заготовки або виробу при складанні, виготовленні або ремонті.

Поділяються:

- чорнові (первинні);
- чистові.

Чорнові – необроблені поверхні заготовки, якими вона торкається з установчими елементами пристрою.

В якості чорнових поверхонь вибирають поверхні, які:

- 1) забезпечують врівноважене положення заготовки у пристрої;
- 2) необроблювані, або оброблювані з найменшим припуском і від яких задаються розміри або положення інших оброблюваних поверхонь;
- 3) найбільш чисті та точні;
- 4) використовувані тільки один раз.

На чорнових базах (в перші операції) необхідно обробляти поверхні, які будуть чистовими базами .

Чистові бази – це оброблені поверхні, якими вона встановлюється у пристрій.

Правила вибору чистових баз (поверхонь):

- 1) поверхня повинна дозволити обробляти на ній заготовку у всіх операціях, крім першої.
- 2) при обробних операціях установка повинна виконуватись на основні бази.

3) проти дії сил затискання повинна знаходитись основна або допоміжна опора пристрою.

4) базою повинна бути поверхня, від якої розмір задається з найменшим допуском.

Технологічна база повинна бути оброблена з точністю, яка забезпечить отримання деталі необхідної якості.

5) Точність обробки базових поверхонь повинна бути в 2÷3 вища точності обробки поверхонь, які обробляються від цих баз.

6) В якості установочних вибирають ті поверхні, від яких витримуються задані розміри.

7) Установочні поверхні не повинні допускати деформації деталі (від сил затискання або різання).

8) Технологічні бази по можливості повинні бути одночасно конструкторськими та вимірювальними.

Установочна база – база, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, які обмежують їй три ступеня вільності : пересування вздовж однієї координатної осі і поворотів навколо двох інших.

Направляюча – це база, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, які обмежують їй два ступеня вільності : пересування вздовж однієї координатної осі і повороту навколо іншої.

Опорна база - це база, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, що позбавляють її одного ступеня вільності : пересування вздовж однієї координатної осі або повороту навколо осі.

Подвійна направляюча база - це база, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, що позбавляє її чотирьох ступенів вільності : переміщення вздовж двох координатних осей та поворотів навколо них.

Подвійна опорна база - це база, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, що позбавляє її двох ступенів вільності : переміщення вздовж двох координатних осей.

Прихована база – умовна поверхня, вісь, точка.

Явна база - у вигляді реальної поверхні, розмітаної риски, або точки перетину рисок.

Утворення термінів баз здійснюється по класифікаційним ознакам:

- по призначенню;
- по позбавленню ступенів вільності;
- по характеру виявлення.

Наприклад: Технологічна направляюча прихована база. Основна установочна явна база і т. д.

Методи базування заготовок перед обробкою:

1) з вивіркою по перевірочним установочним базам (у якості перевірочних баз використовують оброблювані поверхні або розмітні риски – тобто приховані бази).

2) без вивірки по опорним установочним базам (в серійному та масовому виробництві).

3.3.2 Основні схеми базування.

Основні схеми базування по опорним базам:

1) базування призматичних деталей (деталі типу плит, кришок, картерів і т. д.) (рис. 3.6)

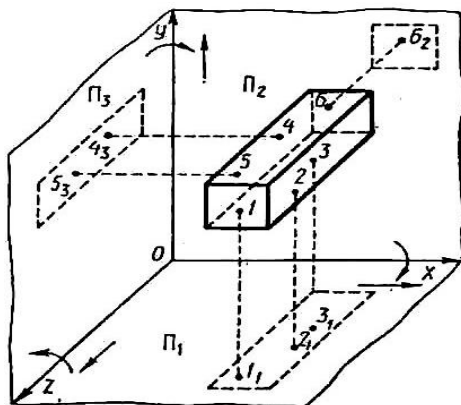


Рис. 3.6 Схема базування призматичних деталей

де: точки 1, 2, 3 – утворюють головну установочну базу і позбавляють виріб 3-х ступенів вільності: зміщення вздовж осі Oy , і обертального навколо Ox і Oz ; точки 5, 4 - утворюють направляючу базу і обмежують виріб двох ступенів вільності: зміщення вздовж осі Ox і обертального навколо осі Oy ; опорна точка 6 – визначає опорну базу і позбавляє виріб

одного ступеня вільності – зміщення вздовж осі Oz.

Принцип базування із позбавленням виробу всіх шести ступенів вільності називається у технології машинобудування правилом “шести точок”.

2)Базування довгих циліндричних деталей (валів, гвинтів, штоків, шпинделів і т. д.) (рис.3.7)

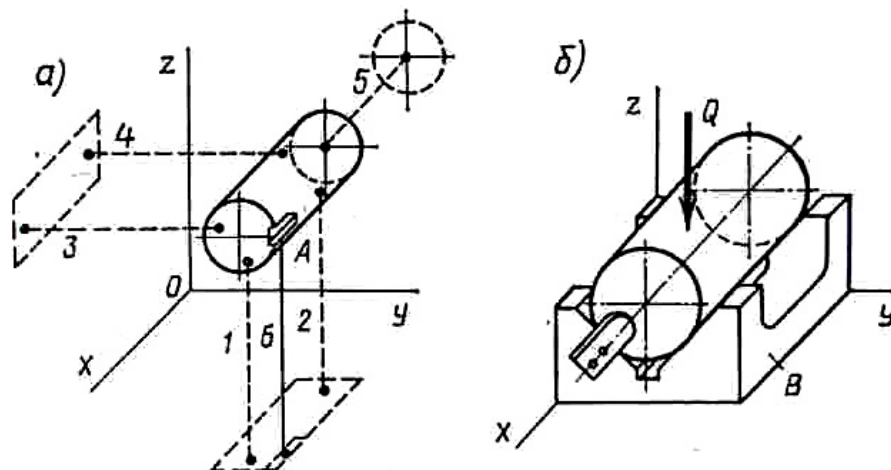


Рис. 3.7 Схема базування довгих циліндричних деталей

Положення деталі у просторі визначається 5-ма координатами, які обмежують заготовку 5-ти ступенів вільності: переміщень вздовж осей Ox, Oy, Oz та обертання навколо осей Ox, Oz.. Шоста ступінь вільності (обертання навколо Oy) обмежується шпоночною канавкою А (рис.3.7,а). На рис.3.7,б зображена схема пристрою для встановлення подібних деталей (валика) у призму В.

3)Схема базування коротких циліндричних деталей (диски, кільця, втулки, фланці і т.д.)

На рис.3.8 показана схема базування дискової заготовки на шість точок.

точки 1, 2, 3 - утворюють головну установочну базу;

точки 5, 6 - утворюють подвійну опорну базу;

шоста ступінь вільності – обмежується шпон очним пазом 4 або при встановленні в самоцентруючих пристроях – силовим замкненням.

Схему повного базування, тобто базування з обмеженням всіх шести ступенів вільності, застосовують при необхідності отримати точну координацію розмірів у 3-х напрямках по осям Ox , Oy , Oz ; для базування таких заготовок потрібен комплект із 3-х баз.

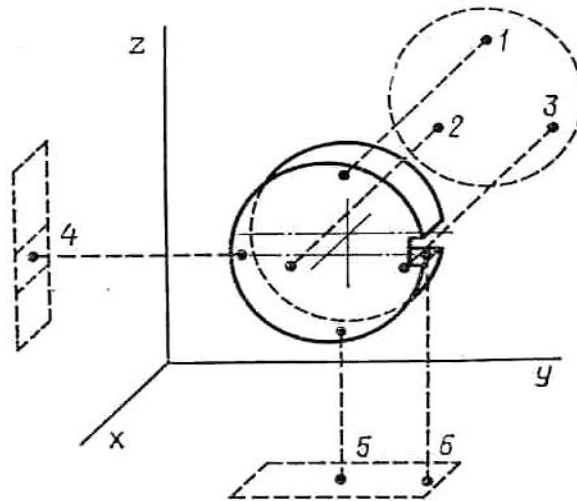


Рис.3.8 Схема базування дискової заготовки

При необхідності отримання розмірів у двох або одному напрямку можна застосовувати схему спрощеного базування .

Для здійснення базування необхідно передбачити комплект баз (сукупність трьох баз, які утворюють систему координат), які мають опорні точки, що символізують один із зв'язків заготовки або виробу з обраною системою координат.

При розробці технологічних процесів велике значення має розробка теоретичної схеми базування, тобто схеми розташування опорних точок на базах.

Всі опорні точки на схемі базування зображають умовними позначками, кожній точці дають порядковий номер, починаючи з установочної бази, яка має найбільше (три) число опорних точок, і закінчуючи опорною базою, яка має найменше (одну) число опорних точок. При накладанні в якій-небудь проекції однієї опорної точки на іншу відтворюють одну точку і біля неї проставляють номери сумісних точок. Число проєкцій заготовки або виробу на схемі базування повинно бути достатнім для формування чіткого уявлення про опорні точки.

У відповідності з положенням теорії базування визначення положення тіла відносно обраної системи координат $OXYZ$ здійснюється після фіксування положення зв'язаної з цим тілом системи координат $O_1 X_1 Y_1 Z_1$, тому що жорсткий зв'язок системи $O_1 X_1 Y_1 Z_1$ з тілом дає змогу віднести ці зв'язки, які накладаються на тіло, до системи координат.

Система координат $O_1 X_1 Y_1 Z_1$ будується, як правило, таким чином на базах заготовки або виробу, що площина $X_1 O_1 Y_1$ співпадає з установочною базою, площина $X_1 O_1 Z_1$ – з направляючою базою, а площина $Y_1 O_1 Z_1$ – з опорною базою. Так як дані площини системи координат взаємно перпендикулярні, то ці ж вимоги пред'являються і до відносного положення баз, які входять у склад комплекту баз. Звідси слідує і визначення поняття “комплект баз.”

Комплект баз – це сукупність трьох баз, які утворюють систему координат заготовки або виробу (для типових деталей згідно з типізацією комплекти вказані на рис.3.9.).

Так як базування здійснює значний вплив на точність і трудомісткість виготовлення деталей и виробів, при проектуванні виробів і технологічних процесів необхідно намагатись дотримуватись двох основних правил – дотримання єдності баз та їх постійності.

На рисунку (3.9) та у таблиці (3.9) наведені приклади базування заготовок у процесі обробки. Слід відмітити, що на якість обробки деталі здійснює вплив не тільки схема базування, але й практична реалізація теоретичної схеми. Точність обробки обумовлена різноманітними факторами. Велике значення має жорсткість системи СПД. Наприклад, похибка базування деталі типу втулка найменша при базуванні її по внутрішньому діаметру на цангу. Однак на практиці віддають перевагу, як правило, здійсненню базування на призму, так як у цьому випадку значно зростає жорсткість системи СПД, що зумовлено збільшенням жорсткості пристрою.

Таким чином, для орієнтації деталей (заготовок) при їх обробці можуть бути використані бази, які складаються з одної, двох або трьох базуючих поверхонь. При цьому вони накладають три, чотири, п'ять або шість опорних точок.

При цьому термін “базуючі поверхні” відноситься до поверхонь деталей. Поверхні пристроїв або верстатів, які контактують з базуючими поверхнями заготовок, називають установочними.

При оформленні технологічної документації на операційних ескізах оброблюваних заготовок всі базуючі поверхні рекомендується показувати умовними знаками із вказівкою кількості опорних точок, яку повинна мати дана поверхня.

При виборі бази (комплекта базуючих поверхонь) необхідно намагатись використовувати найменшу кількість базуючих поверхонь з найменшою кількістю опорних точок, з якою може бути забезпечено виконання заданих кресленням розмірів деталі.

При конструюванні реальних деталей або пристроїв не можна обмежуватись тільки створенням необхідних шести опорних точок; при цьому потрібно ще й забезпечити щільне та безперервне торкання відповідних поверхонь заготовки з опорними точками за допомогою прижимів та інших пристроїв. При цьому прижими розглядаються в конструкціях механізмів або пристроїв як необхідні складові, які у сукупності з опорними точками створюють двосторонній утримуючий зв'язок. Тому збільшення або зменшення кількості прижимних пристроїв не впливає на кількість опорних точок, передбачених правилом шести точок.

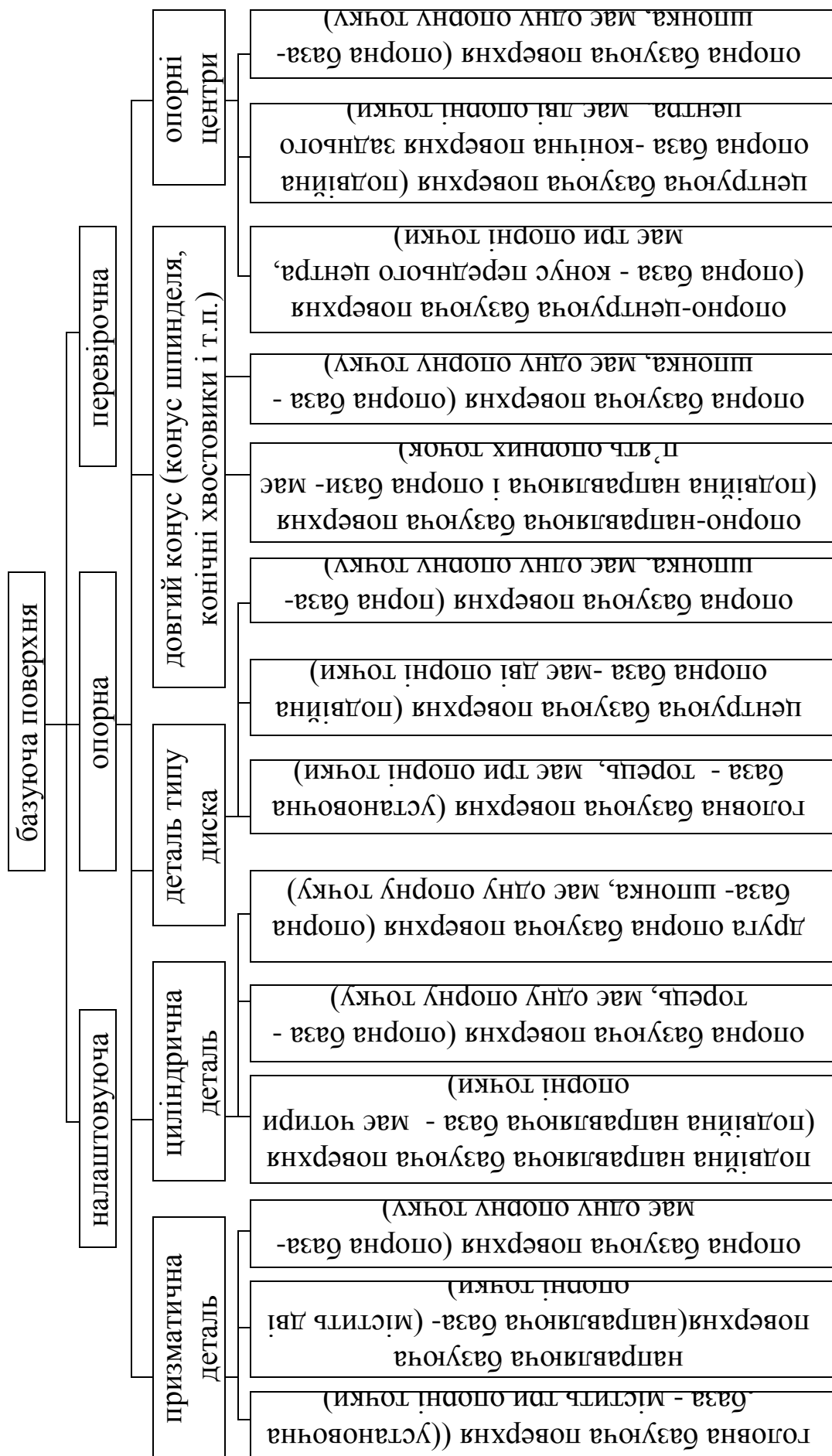

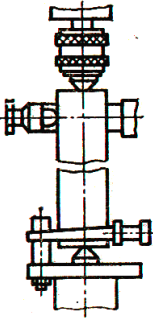
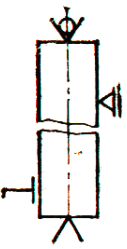

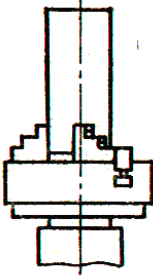
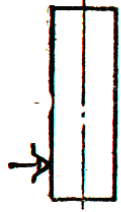



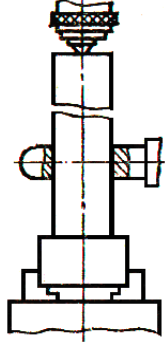
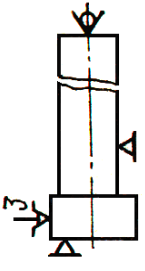

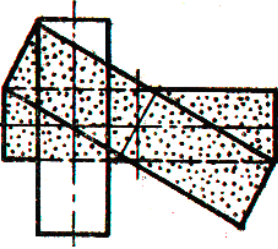
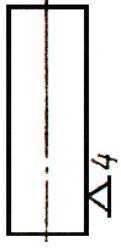
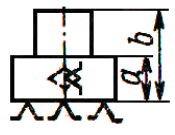
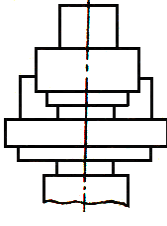
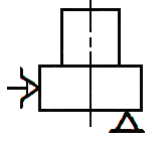
Рис. 3.9 - Схема класифікації технологічних базуочих поверхонь для типових деталей

Таблиця 3.9

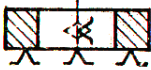
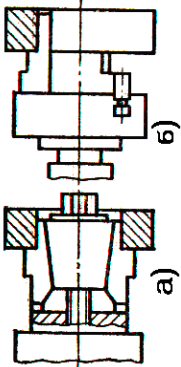
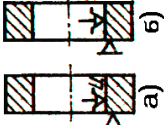
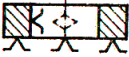
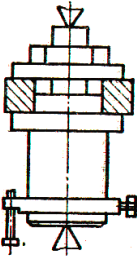
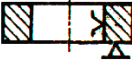
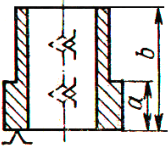
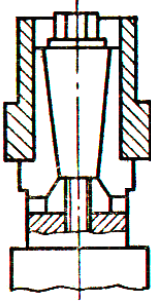
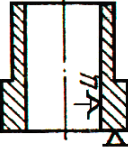
Схеми базування та встановлення заготовок у пристроях та на верстатах

Характеристика встановлення або зміст операції	Теоретична схема базування	Число обмежуваних ступенів вільності	Приклад можливої конструктивної реалізації	Умовне зображення на технологічному ескізі
1	2	3	4	5
Встановлення валу у нерухомому передньому центрі з поводковим патроном та задньому центрі, що обертається, з рухомим люнетом		5		
Встановлення валу в двох- або трикулачковому самоцентруючому патроні з довгими кулачками без упора по торцю		4		

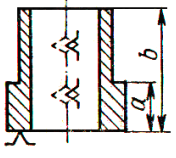
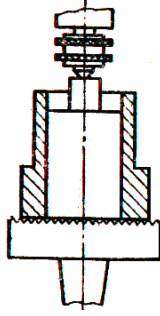
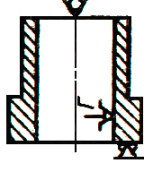
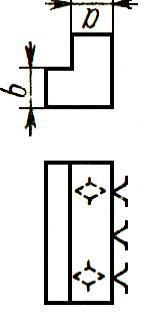
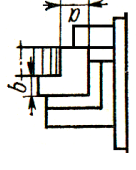
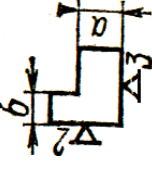
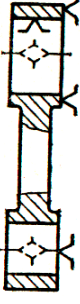
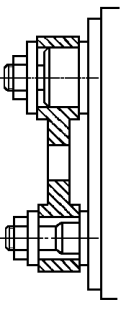
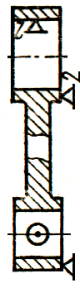
Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4	5
<p>Встановлення валу в самоцентруючому трикулачковому патроні з механічним зажимом з упором в торець і в центрі, що обертається, з нерухомим люнетом</p>		<p>5</p>		
<p>Без центрове шліфування гладкого валика</p>		<p>4</p>		
<p>Встановлення диска(втулки) в двох- або трикулачковому патроні з базуванням по торцю</p>		<p>5</p>		


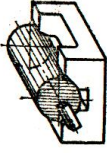
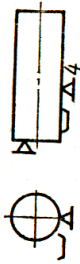
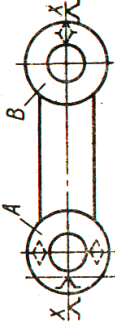
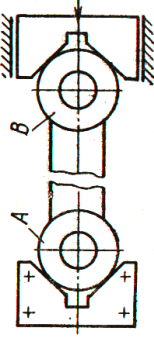

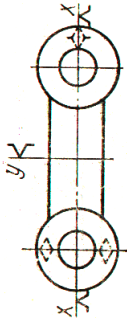
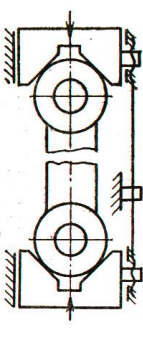

Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4	5
<p>Встановлення короткої втулки-диска на розжимній (цанговій) оправці (а) або в трикулачковому патроні в розжим (б) з базуванням по торцю</p>		<p>5</p>		
<p>Встановлення короткої втулки-диска на гладкій циліндричній оправці з базуванням по торцю</p>		<p>5</p>		
<p>Обробка довгої втулки на розжимній (цанговій) оправці з упором по торцю, забезпечуючи сувору концентричність поверхонь обертання</p>		<p>5</p>		

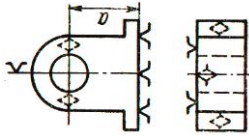
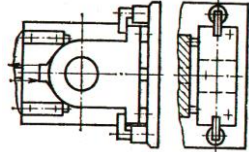
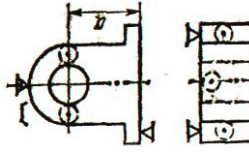
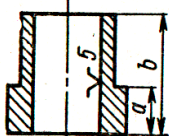
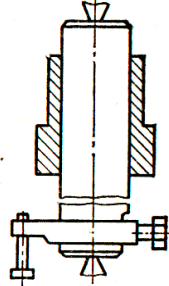
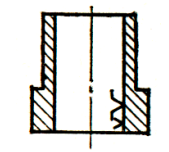
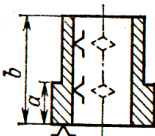
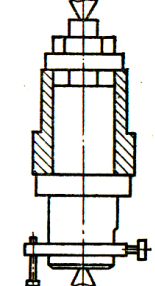
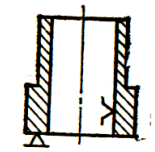
Продовження таблиці 3.9

<p>1</p> <p>Обробка втулки , встановленій на циліндричній оправці з гідро пластовим зажимом, з упором в торець на рифлену поверхню і з під жимом центром, що обертається, забезпечуючи сувору концентричність поверхонь обертання</p>	<p>2</p> 	<p>3</p> <p>5</p>	<p>4</p> 	<p>5</p> 
<p>Фрезерування уступу, витримуючи розміри a та b</p>		<p>5</p>		
<p>Установка шатуна на площині торців і по отворах головок для обробки зовнішнього контуру</p>		<p>6</p>		

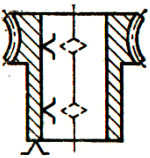
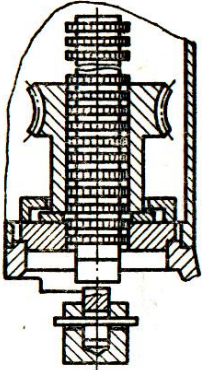
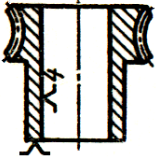
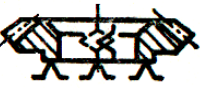
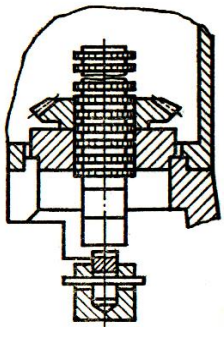
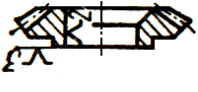
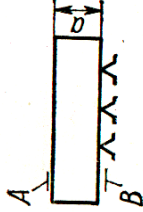
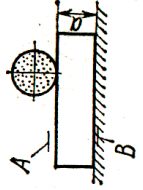
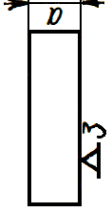
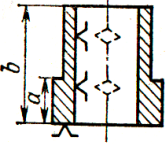
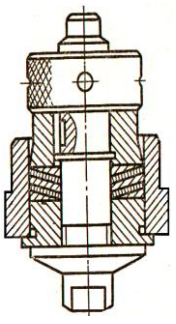
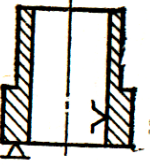
Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4	5
Установка валу на призмі		5		
Установка ричала для розточування отворів, забезпечуючи симетричне розміщення їх осей відносно зовнішніх поверхонь головок та перпендикулярність осей головок до торців		6		
Установка ричала для розточування отворів, забезпечуючи симетричність отвору А по контуру головки, за безпечуючи концентричність отвору А по контуру головки, забезпечуючи симетричність розміщення осей отворів відносно зовнішнього контуру та їх перпендикулярність до торців головок		6		

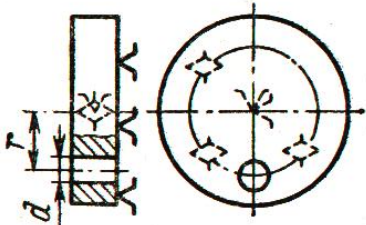
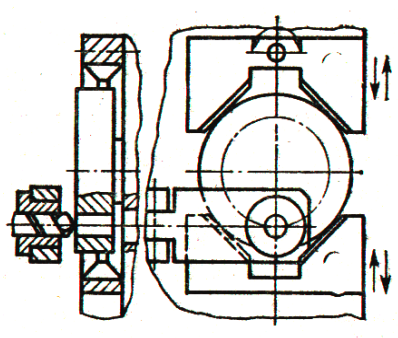
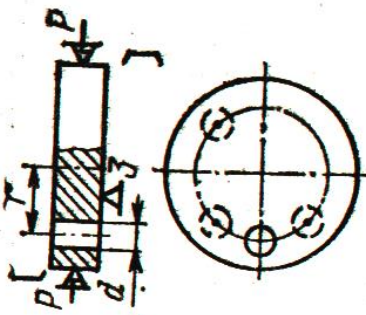
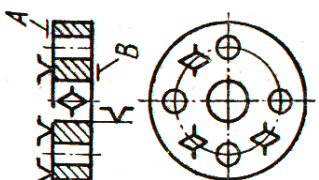
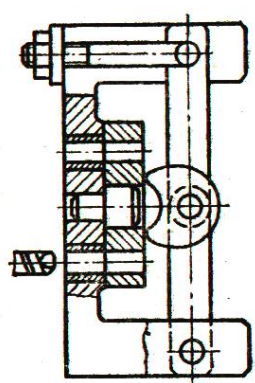
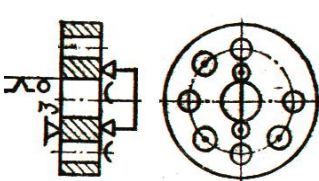
Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4	5
<p>Установка заготовки для розточки отвору, забезпечуючи розмір і перпендикулярність осі та площини відносно основи і розміщення осі отвору в площині симетрії</p> <p>заокруглення зовнішнього контуру</p>		<p>6</p>		
<p>Обробка довгої циліндричної втулки на конусній жорсткій оправці (на “оправці тертя”), забезпечуючи сувору концентричність поверхонь</p> <p>обертання</p>		<p>5</p>		
<p>Обробка довгої втулки на гладкій циліндричній оправці з гайкою, допускаючи ексцентриситет поверхонь</p> <p>обертання</p>		<p>5</p>		

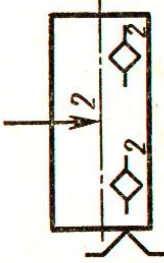
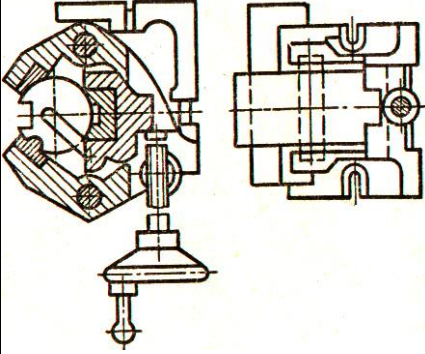
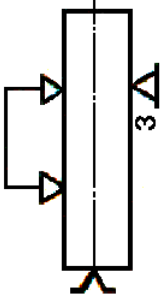
Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4	5
Протягування довгого отвору		5		
Протягування короткого отвору		5		
Шліфування площини А на магнітному столі, витримуючи паралельність та відстань між площинами А і В		3		
На оправці в розжим, з базуванням по отвору		5		

Продовження таблиці 3.9

1	<p>Свердління отвору d в диску із забезпеченням перпендикулярності осі отвору до торця диску та відстані його від центру на величину r із закріпленням в самоцентруючих призматичних губках з пневматичним зажимом</p>		3		5	
<p>Свердління чотирьох отворів перпендикулярно до площини A з центруванням на циліндричний палець, з упором на три нерухомі опори (або на площину A) із застосуванням електричного подвійного зажиму, який має сферичні робочі поверхні</p>		5				

Закінчення таблиці 3.9

<p>1</p> <p>В призматичних лещатах</p>	<p>2</p> 	<p>3</p> <p>6</p>	<p>4</p> 	<p>5</p> 
--	--	-------------------	--	--

Правила використання баз :

- 1) Принцип постійності баз – полягає у використанні у всіх операціях технологічного процесу виготовлення однієї бази (за базу обирають для різних ТО одну й ту ж саму поверхню (поверхні), або їх сполучення).
- 2) Принцип суміщення баз – у якості баз різного призначення необхідно вибирати одну й ту ж поверхню(-ні), або їх поєднання (необхідно розробляти такі схеми пристроїв, які б суміщали вимірювальні та технологічні бази (5,стр.46)).
- 3) Головне правило розмірного ланцюга – при розрахунку похибки базування використовують основне рівняння розмірного ланцюга – допуск на останню ланку розмірного ланцюга дорівнює сумі допусків на розміри всіх попередніх ланок.

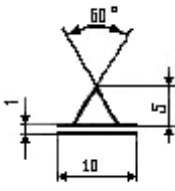
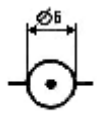

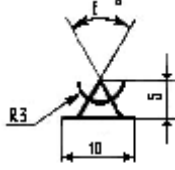
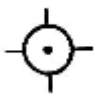

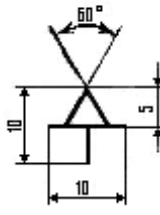


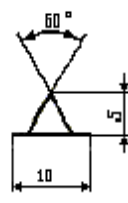


У деяких випадках дотримання цих правил настільки важлива, що у креслення деталі вводять спеціальні конструктивні елементи (виступи, бобишки), призначенням яких є лише забезпечення базування у процесі обробки і вимірювання розмірів деталей. Так як базування на практиці відбувається по реальних поверхнях, які мають відхилення від ідеальних поверхонь як по своїй формі, так і за взаємним розташуванням, то в процесі базування виникають похибки.

3.3.3 Умовні позначення технологічних баз.

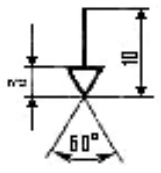
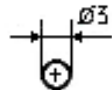

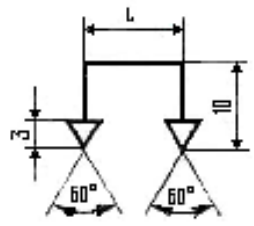
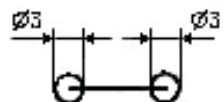

Умовно технологічні бази та затискні елементи позначаються спеціальними знаками (табл. 3.10 – 3.16):

Таблиця 3.10


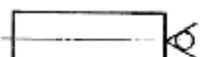
Опори

Назва опори	Позначення опор на видах		
	Попереду, ззаду	зверху	знизу
1. Регульована			
2. Плаваюча			
3. Регульована			
4. Регульована			

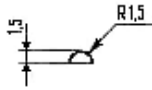
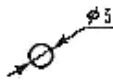
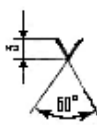
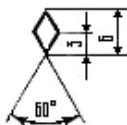
Таблиця 3.11

Назва зажиму	Позначення зажиму на видах		
	Спереду, ззаду	зверху	знизу
1. Одиночний			
2. Подвійний			

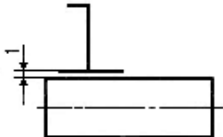
Таблиця 3.12

Назва	Приклади нанесення позначень опор, зажимів і установ. елементів
1. Центр нерухомий (гладкий)	
2. Центр рифлений	
3. Центр плаваючий	
4. Центр, що обертається (рухомий)	
5. Центр рухомий, обернений, з рифленою поверхнею	

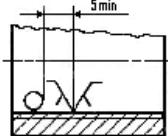

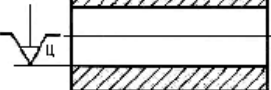
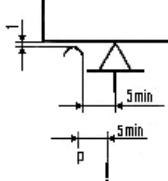
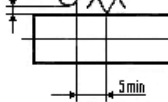
Таблиця 3.13

Назва форми робочої поверхні	Позначення форми робочої поверхні на всіх видах
1. Плоска	
2. Сферична	
3. Циліндрична	
4. Призматична	
5. Конічна	
6. Ромбовидна	

Таблиця 3.14

Назва	Приклади нанесення позначень опор, зажимів і установочних пристроїв
1. Патрон поводковий	
2. Люнет рухомий	
3. Люнет нерухомий	
4. Оправка циліндрична	
5. Оправка конічна, роликова	

Таблиця 3.15

Назва	Приклади нанесення позначень опор, зажимів і установочних пристроїв
1. Оправка різбова, циліндрична, із зовнішньою різбою	
2. Оправка шлицьова	
3. Оправка цангова	
4. Опора регульована із сферичною випуклою робочою поверхнею	
5. Зажим пневматичний з циліндричною рифленою робочою поверхнею	

3.4. Вибір необхідного технологічного обладнання (металообробних верстатів)

У відповідності з розробленим технологічним маршрутом вибирають верстати для кожної операції ТП. Вибір обладнання виконується виходячи з технологічних можливостей верстатів та їх технічних характеристик. Тому коротко розглянемо класифікацію металоріжучих верстатів.

3.4.1 Класифікація металообробних верстатів

По ступеню спеціалізації обладнання ділять на 4 групи :

- 1) Верстати широкого призначення (універсальні) - з широким діапазоном швидкостей та подач, розмірів заготовок, обладнання на них. Їх раціонально використовувати в одиничному та дрібносерійному виробництві.
- 2) Верстати високої продуктивності – напівавтомати вони мають більше обмеження по розмірам заготовок, по швидкостям та подачам. Застосовуються в серійному та масовому виробництві.
- 3) Спеціалізовані верстати – агрегати та перероблені з верстатів високої продуктивності. Застосовуються у масовому та крупносерійному виробництві при груповій обробці деталей.
- 4) Спеціальні верстати – це верстати, спроектовані та виготовлені для обробки заготовок у конкретній операції. Вони економічно вигідні при випуску виробів на протязі декількох років.

Всі верстати в залежності від виду обробки діляться на 10 груп (по технологічному призначенню: 1) токарні; 2) свердлильні та розточні; 3) шліфувальні, доводочні, полірувальні та заточні; 4) комбіновані; 5) зубо- та різьбообробляючі; 6) фрезерні; 7) строгальні, довбальні та протяжні; 8) розрізні; 9) різні; 0-й) резервна). В свою чергу кожна група ділиться на 10 типів, а кожен тип на 10 типорозмірів.

Вибір верстатів для розроблюваного ТП виконується після попередньої розробки технологічних операцій.

3.4.2 Вибір технологічного обладнання

Передумови вибору технологічного обладнання. Повинні бути визначені:

- 1) метод обробки поверхні або поєднання поверхонь (точіння, фрезерування, свердління і т. д.).
- 2) Точність та класи чистоти поверхонь.
- 3) Припуск на обробку.
- 4) Ріжучий інструмент.

Схема взаємозв'язку документів та матеріалів для вибору верстатів

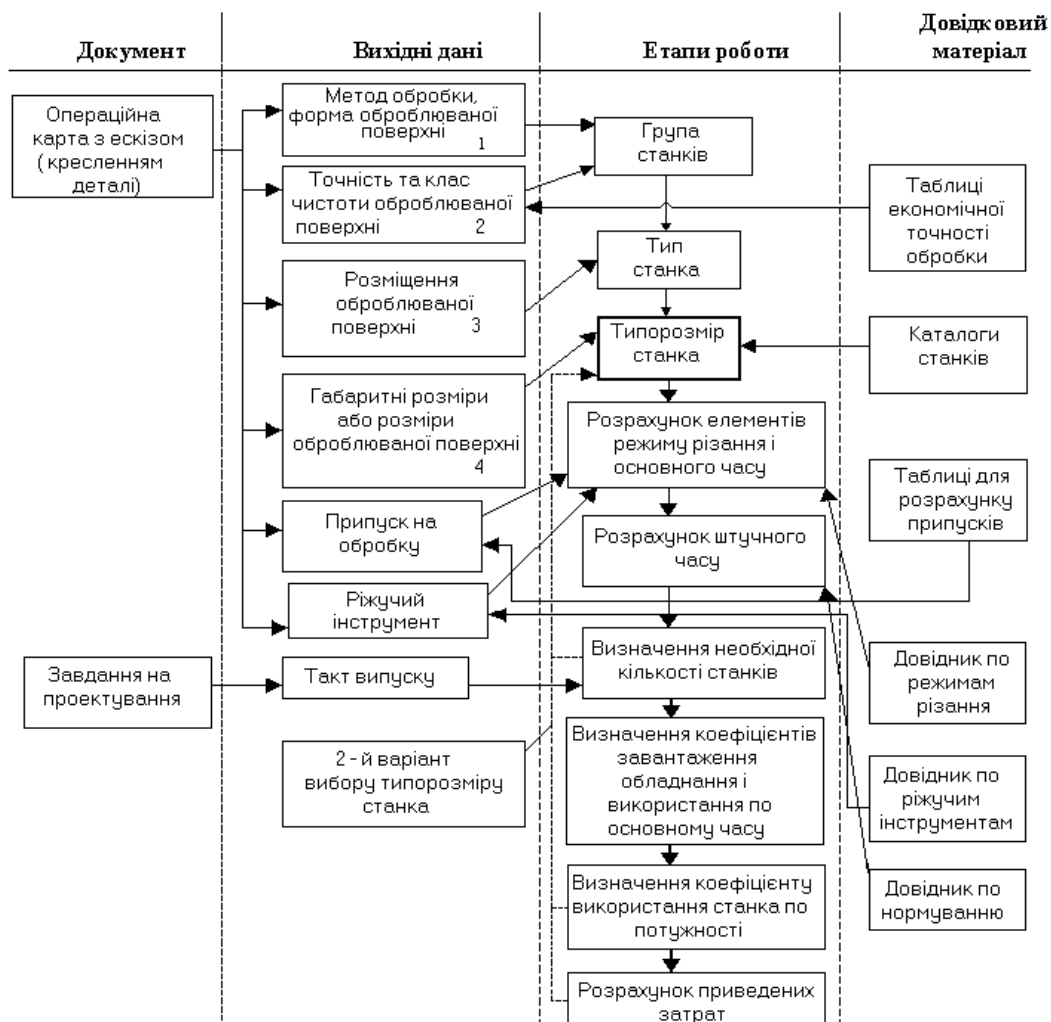


Рис. 3.10 Вибір технологічного обладнання

Як видно із схеми типорозмір (модель) верстату порівняно швидко можна вибрати на основі вихідних даних (1-4). Але вибір не буде достатньо обґрунтованим, тому що не дає уяви про продуктивність верстату. Тому при можливості обробки на різних верстатах, конкретний з них вибирають, виходячи із наступних міркувань:

- 1) - відповідність основних розмірів верстату габаритам оброблюваних заготовок;
- 2) - відповідність верстату по продуктивності прийнятому типу виробництва;
- 3) – раціональне використання верстату по режимам різання і повне використання по потужності;
- 4) – можливість механізації та автоматизації обладнання для операцій процесу;
- 5) – реальна можливість придбання верстату;
- 6) – відповідна вартість верстату.

Обґрунтованість вибору обладнання перевіряється розрахунками коефіцієнтів використання обладнання по часу η_o , по потужності η_n та розрахунком технологічної собівартості операції C^T_d :

$$\eta_o = T_o / T_{умт}, \text{ або } \eta_o = T_o / T_k, \quad (3.1)$$

де:

T_o , $T_{умт}$, T_k – основний машинний, штучний та штучно-калькуляційний час (хв).

$$\eta_n = N_{різ} / N_{умт} , \quad (3.2)$$

де: $N_{різ}$ - потужність, яка витрачається на різання (кВт),

$N_{умт}$ - $\eta * N_{дв}$ - потужність на шпинделі верстата,

$N_{дв}$ - потужність двигуна.

$$C^m_d = Z_{роб.} + A_{ст.} + L_{ст.} + A_{пр.} + У + E + Д + P_n, \quad (3.3)$$

де: $Z_{роб.}$ - заробітна плата робочого;

$A_{ст.}$ - амортизація верстата;

$L_{ст.}$ - затрати на ремонт, перевірку, огляд верстата, віднесені до даної операції;

$У$ - витрати на інструмент при виконанні даної операції;

E - витрати на електроенергію (на даній операції);
 D - доплата та нарахування на основну заробітну плату робочих;
 P_n - витрати на наладку верстата, віднесені до даної операції.

У масовому та серійному виробництві раціональність вибору обладнання визначається коефіцієнтами:

1) коефіцієнт використання автоматів та напівавтоматів:

$$K_{a.ob} = Q_{a.ob} / Q_{ob.}; \quad K_{a.ob} \geq 0.6 \quad (3.4)$$

2) коефіцієнт використання обладнання:

$$K_{ag.ob} = Q_{ag.ob} / Q_{ob.}; \quad K_{ag.ob} \geq 0.38 \quad (3.5)$$

де $Q_{a.ob}$, $Q_{ob.}$, $Q_{ag.ob}$ - відповідно кількість напівавтоматів, обладнання та агрегатних верстатів, використовуваних у технологічному процесі.

3.4.3 Основи проектування пристроїв для металообробних верстатів

Призначення та класифікація

Пристроями (або технологічною оснасткою) називається допоміжне обладнання, яке використовується для механічної обробки складання та контролю заготовок.

Використання пристроїв може забезпечувати:

1. підвищення продуктивності праці;
2. полегшення умов праці;
3. розширення технологічних можливостей обладнання;
4. підвищення безпеки праці;
5. підвищення точності обробки, та якості оброблюваної поверхні;
6. зменшення собівартості продукції;
7. виключення операцій розмітки (для кондукторів);
8. скорочення часу на технологічну підготовку виробництва; економія енергоресурсів.

Пристрої ділять:

- По призначенню:

1. Станочні пристрої;

1. Пристрої для встановлення та закріплення робочого інструменту;

2. Складальні пристрої;

3. Контрольні пристрої;

4. Пристрої для захвата, переміщення та перевертання оброблюваних заготовок та вузлів.

По ступеню спеціалізації:

1. універсальні (для одиничного та дрібносерійного виробництва);

2. групові;

3. спеціалізовані (застосування в умовах крупносерійного та масового виробництва);

4. спеціальні (застосування в умовах крупносерійного та масового виробництва).

По конструктивним особливостям:

1. універсальні безналадочні пристрої (УБП); - універсальні

2. універсально-безналадочна оснастка (УБО); - універсальні

1. складально-розбиральні пристрої (СРП); -
спеціалізовані

2. універсально-налагоджувальні пристрої (СРП); - спеціалізовані

3. універсально-складальні пристрої (УНП); -
спеціалізовані

4. спеціалізовані налагоджувальні пристрої (СНП); - спеціалізовані

5. нерозбірні спеціальні пристрої (НСП); - спеціальні.

Універсальні - пристрої, призначені для встановлення та закріплення заготовок різних по формату та розмірам.

Універсально-безналадочні (УБП) - призначені для обробки різних заготовок при різноманітних операціях. Конструкції елементів виконують так, щоб в даному пристрої могли оброблятися різні по формі та розмірам заготовки.

Допоміжні елементи, які входять до УБП, дозволяють змінювати положення установочних та зажимних елементів. Їх переваги: невеликі терміни проектування та виготовлення та

відносно низька собівартість завдяки великій кількості виготовлення: вони експлуатуються до повного зношування (кулачкові та поводкові патрони, та ін.).

Універсально-безналагодочна оснастка (УБО) - завжди готова до застосування і при зміні оброблюваних заготовок зберігається. Недоліком УБО є необхідність вивірки заготовки і часто заготовка попередньо повинна бути розмічена для правильної установки, машинні лещата, ділильні головки.

Спеціалізовані пристрої (СРП,УНП,УСП,СНП) – призначенні для обробки конкретної заготовки для конкретних операцій. По закінченні обробки партії таких заготовок ці пристрої переналагоджують для обробки інших деталей. Забезпечують точність до 6-го квалітету.

Складально-розбиральні пристрої (СРП) - складаються із нормалізованих деталей, які конструктивно змінюються в залежності від вимог.

Універсально-налагоджувальні (УНП) – застосовують при груповій обробці, коли деталі однієї групи виготовляють в одних і тих же пристроях, а змінюють тільки установочні або направляючі елементи. УНП оснащуються швидкодіючими зажимними елементами і забезпечують зручність, надійність та високу продуктивність.

Їх недоліками є моральне зношування.

Універсально-складальні пристрої (УСП) – складаються із стандартних загартованих деталей та складальних одиниць для різних видів механічної обробки, зварювання, складання та контролю. Після використання пристрій розбирають на окремі елементи, із яких потім багаторазово складають інші пристрої. УСП сприяють створенню швидкісної підготовки виробництва та швидкому виготовленню деталей або вузлів з мінімальними матеріальними витратами на технічну підготовку (до 8-го квалітету).

Спеціалізовані налагоджувальні пристрої (СНП) – їх komponують із ряду складальних одиниць, які дозволяють складати

пристрої для обробки заготовок споріднених конфігурацій, при невеликих переналадках пристроїв, а також доповнюють наявні пристрої конкретними складальними одиницями.

Спеціальні пристрої – мають постійні установочні бази та зажимні елементи і призначені для установки однакових по формі та розмірами заготовок. По своєму призначенні спеціалізовані пристрої у виробництві є необоротними. Забезпечують точність до 4-го квалітету.

Нерозбиральні спеціальні пристрої (НСП) - призначені для обробки конкретної заготовки на відповідних операціях. При зміні геометрії деталі або операції обробки, пристрій, як правило, не використовують.

Їх переваги: швидкодія, досягнення великої точності та взаємозамінності.

Їх недоліки: довгий час на проектування та виготовлення, велика трудоемкість, неможливість використання на іншій операції.

Їх переваги: швидкодія, досягнення великої точності та взаємозамінності.

Їх недоліки: довгий час на проектування та виготовлення, велика трудоемкість, неможливість використання на іншій операції.

Економічна доцільність оснащення станочних операцій пристроями.

При дотриманні наступної умови

$$\frac{\mathcal{E}}{S_{\text{общ}}} \geq 1, \quad (3.6)$$

де: \mathcal{E} - величина очікуваної економії цехової собівартості обробки деталі, в результаті застосування пристрою;

$S_{\text{общ}}$ - вартість виготовлення та експлуатації пристрою.

Таблиця 3.17

Трудомісткість складання та виготовлення пристроїв.

Масштаб виробництва	Види пристроїв	Характер підготовки пристроїв для нового виробництва	Трудомісткість розробки та виготовлення одного пристрою, людгод.	
			Розробка робочих креслень	Виготовлення
Масове або крупносерійне	Спеціальні з механізованим управлінням	Конструкторська розробка та виготовлення	20-40	50-150
	Спеціальні з ручним управлінням		15-25	30-100
Крупносерійне	Спеціалізовані (УНП,СНП)	Доробка пристроїв виготовлення	5-12	15-30
серійне	Спеціалізовані (УСП,СРП)	Доробка та виготовлення	-	2-3 на складання
Дрібносерійне індивідуальне	Універсальні	Надходять у виробництво готовими	-	-

Основні елементи пристроїв:

1. Установочні елементи – деталі та механізми, які забезпечують вірне та одноманітне розміщення оброблюваних заготовок відносно інструмента;
2. Затискні елементи – деталі та механізми, які утримують оброблювані заготовки на установочних елементах від зміщення та вібрацій, які виникають під дією сил різання.

3. Направляючі елементи – деталі , які пов’язують положення інструменту при обробці заготовок з установочними елементами (надають необхідного напрямку руху ріжучого інструмента відносно оброблюваної поверхні);
4. Допоміжні (ділильні або поворотні) - для точної зміни положення оброблюваної поверхні заготовки відносно ріжучого інструмента;
5. Корпуси пристроїв – основна частина (деталь), на якій розміщені вказані вище елементи, або частина з них;
6. Кріпильні елементи – для з’єднання окремих елементів між собою;
7. Механізований привод – для зажиму оброблюваної заготовки. В деяких пристроях установку та зажим оброблюваної заготовки виконують одним механізмом – установочно-зажимним.

Установочні елементи пристроїв:

- призначені для забезпечення точності обробки для надання заготовці необхідного положення відносно інструменту.

1. штирі – для встановлення заготовок по плоским поверхням
 - а) з плоскою головкою (для встановлення по обробленій поверхні)
 - б) з сферичною головкою (-“- по необробленій поверхні)
 - в) з насіченою головкою (-“- по необробленій поверхні)
 - г) з перехідною втулкою.

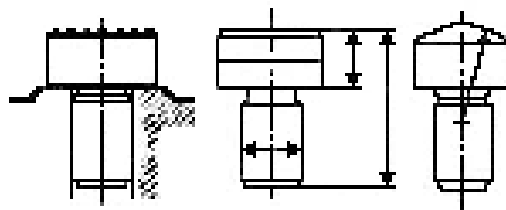


Рис. 3.11 Види опор (штирі)

2. опорні пластини: - для встановлення заготовок по плоским поверхням
 - а) гладкі (для бокових та вертикальних опор)
 - б) з косими заглибленнями для отворів під гвинти (для бокових та вертикальних опор).

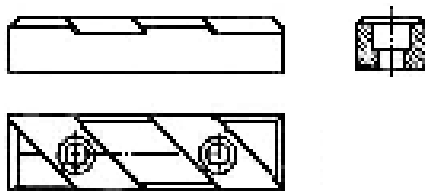


Рис. 3.12 Опорна пластина

3. опори:

а) регульовані (якщо заготовка має велику не площинність)

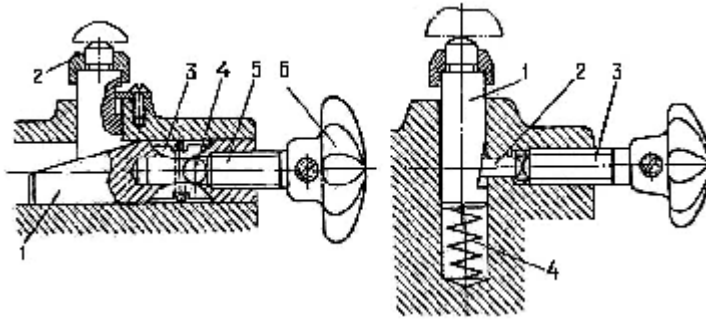


Рис. 3.13 Регульовані та самовстановлюючі опори.

б) самовстановлюючі (якщо заготовка має велику не площинність)

в) опори, які підводяться (якщо заготовка має велику не площинність)

4. призми – для встановлення заготовок по циліндричним поверхням з кутом $=90^\circ$, та $=120^\circ$

а) нерухомі

б) регульовані

в) рухомі

5. установочні конусні пальці:

а) постійні;

б) змінні;

в) висувні;

г) самовстановлюючі;

д) гладкі циліндричні;

є) гладкі конічні;

ж) зрізані;

6. Оправки:

6.1 Розжимні оправки - для встановлення заготовки на отвір:

а) з розжимною цангою (цангова):

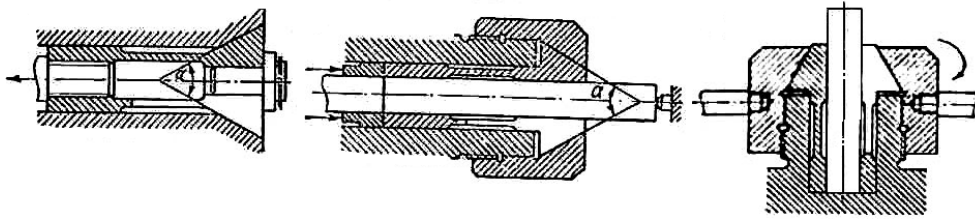


Рис. 3.14 Цангові оправки

- б) консольна розжимна оправка;
- в) консольна розжимна с трьома сухариками;
- г) з пружною гільзою;

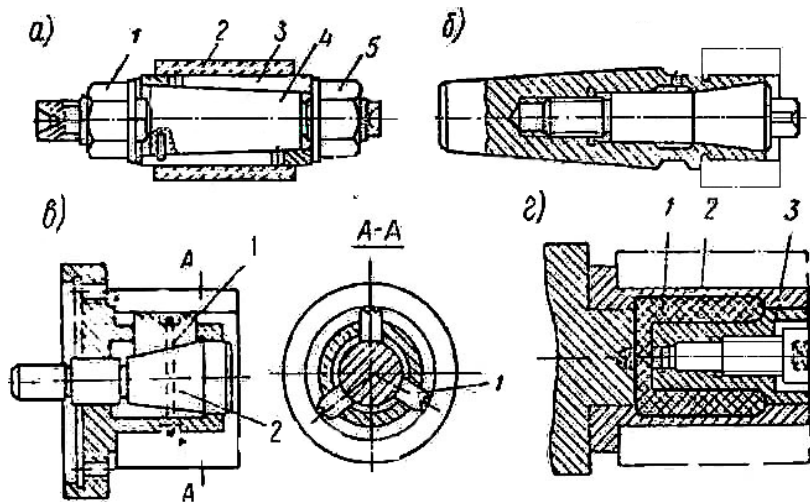


Рис. 3.15 Види розжимних оправок: а) центрова; б) з пружною гільзою; в) з пружною гільзою(гідропластна).

- д) трикулачкова;
- е) розсувна оправка.

6.2 Жорсткі оправки (суцільні):

- а) конусні;
- б) циліндричні.

7. центри – для обробки валів (та інших) з центровими гніздами:

- а) жорсткий звичайний;
- б) зрізаний;
- в) центр, що обертається;
- г) зрізаний зубчиками;
- д) поводковий центр (із рифленою поверхнею);
- е) плаваючий передній (для точного встановлення по довжині);

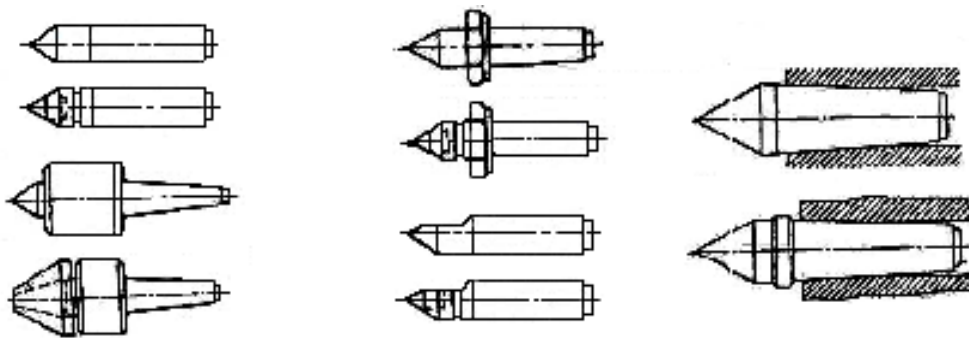


Рис. 3.16 Види центрів

8. установчі елементи зубчатих коліс в спеціальних патронах:

- а) ролики;
- б) шарики;
- в) зубчаті сектори;
- г) важелі, що качаються.

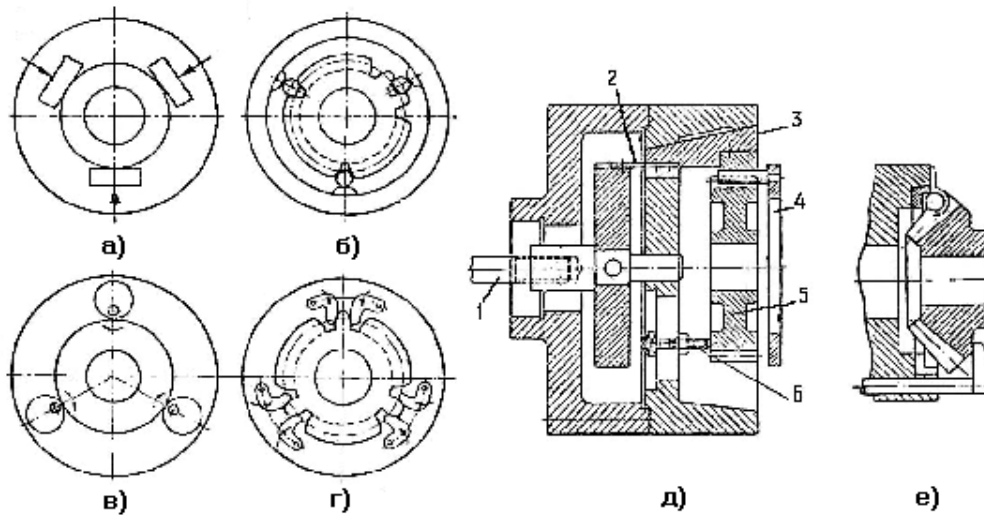


Рис. 3.17 Схеми встановлення зубчатих коліс та види установочних елементів: а) ролики; б) шарики; в) зубчаті сектори; г) важелі; д) схема патрона для встановлення циліндричних зубчатих коліс по роликам; е) схема встановлення конічних зубчатих коліс по сферичним елементам.

Затискні елементи пристроїв

– призначені для забезпечення надійного контакту заготовки з установчими елементами, та для запобігання зміщенню і вібрації в процесі обробки, а в деяких випадках для правильності встановлення та центрування.

Їх ділять на :

1. механічні зажими:

- а) гвинтові(рис. 3.18, а);
- б) гайкові зажими (рис. 3.19, а-в);
- в) швидкодіючі (рис. 3.20);
- г) ексцентрикові (рис. 3.21);
- д) клинові;
- е) гідропластові (рис. 3.22);

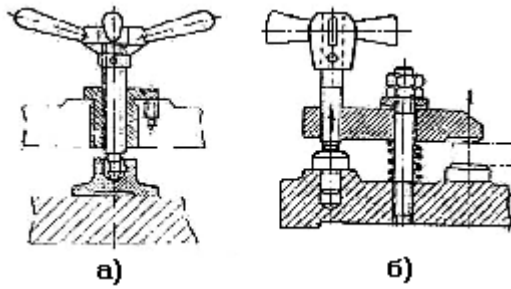


Рис.3.18 Види зажимів: а) зажимний гвинт; б) гвинтовий прихват

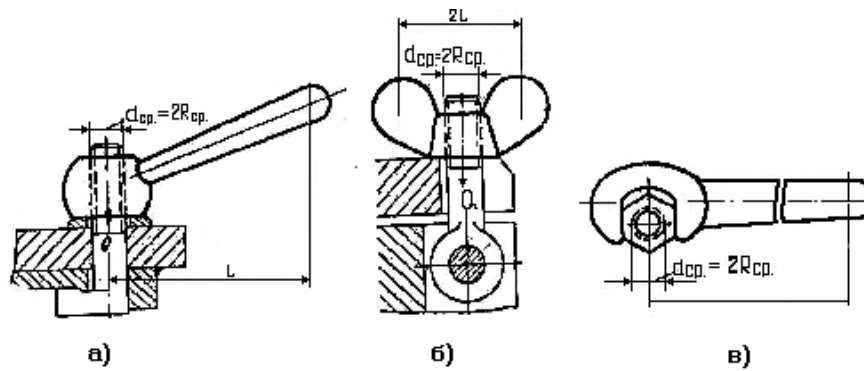


Рис. 3.19 Гайкові затискні пристрої: а) з рукояткою; б) з гайкою-баранцем; в) з гайкою.

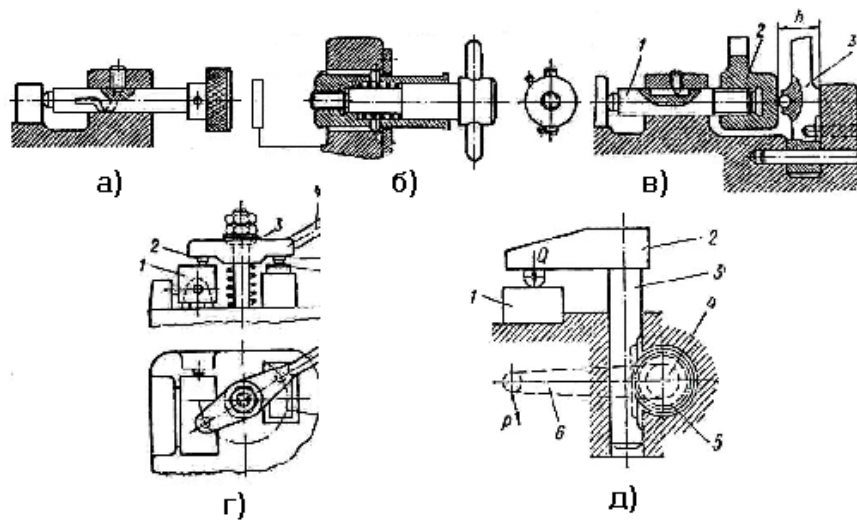


Рис. 3.20 Швидкодіючі затискні пристрої:
а) штиковий; б) плунжерний; в) з відкидним упором; г) важільний; д) рейково-важільний

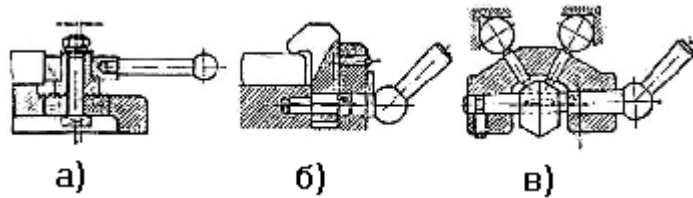


Рис. 3.21 Види ексцентрикових затискних пристроїв

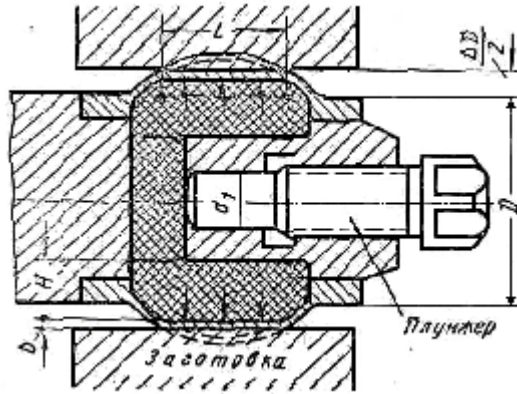


Рис.3.22 Гідропластовий затискний пристрій

- ж) цангові з натяжною трубкою, з розпірною трубкою, вертикального типу;
- з) мембранні (рис. 3.23);
- і) з пружними тарільчатими шайбами (рис. 3.24);
- й) комбіновані (рис. 3.25);
- к) багатомісні (рис. 3.26);

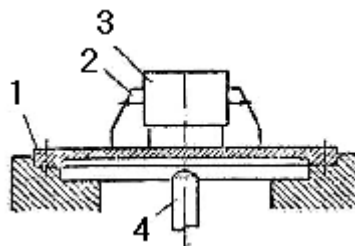


Рис. 3.23 Мембранний затискний пристрій

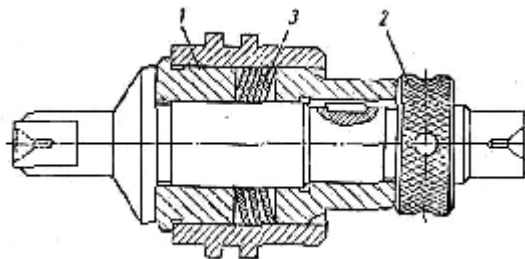


Рис.3.24 Приклад затискання тарільчатими шайбами

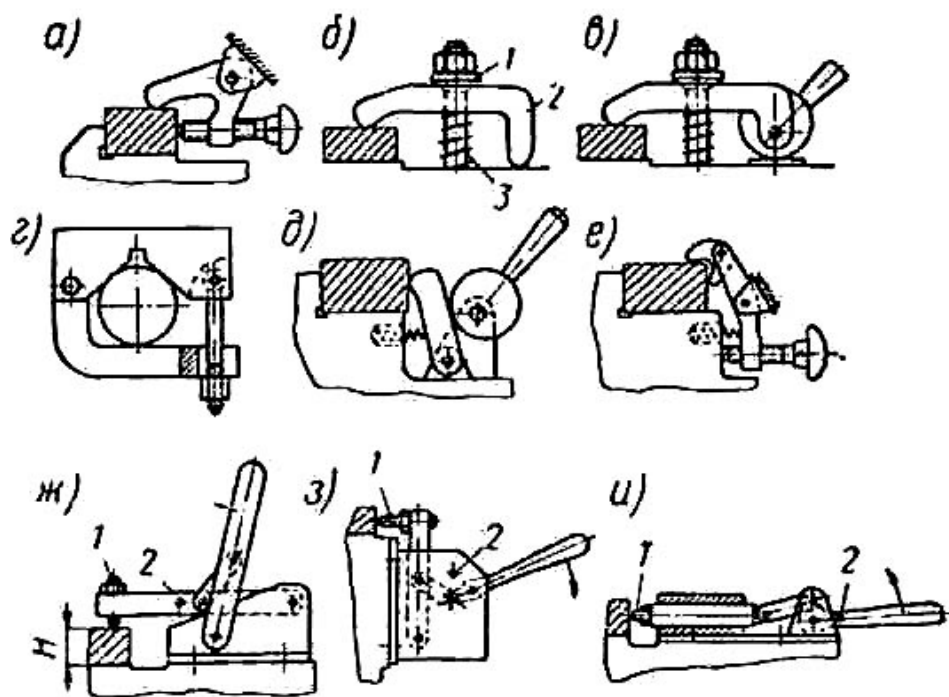


Рис. 3.25 Види комбінованих затискних пристроїв

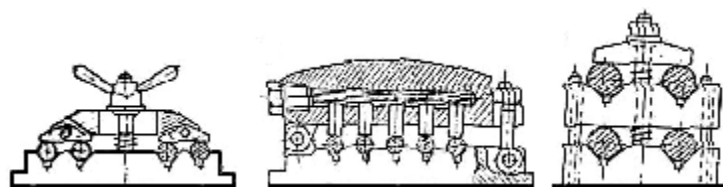


Рис. 3.26 Багатомісні затискні пристрої безперервної дії.

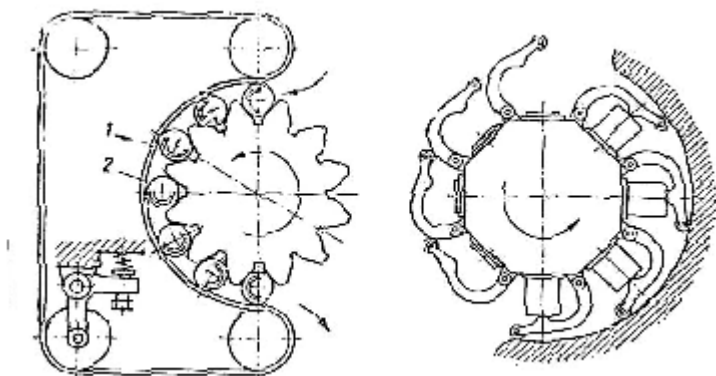


Рис. 3.27 Затискні пристрої безперервної дії

Швидкодія закріплення заготовок затискними елементами

Вид затискного пристрою		Швидкодія закріплення, сек.
Плунжерний з механізованим (пневматичним або гідравлічним) приводом		0.5-1.2
Ексцентриковий або байонетний з ручним приводом		0.6-2.0
Гвинтовий з ручним приводом	З рукояткою або маховиком	1.5-4.2
	Із застосуванням гайкового ключа	3-12
Лещата або кулачковий патрон із застосуванням гайкового ключа		6-18

Направляючі елементи пристроїв

– для направлення та виключення пружного віджимання інструменту відносно заготівки.

Кондукторні втулки (рис. 3.28) (для свердлильних та розточних пристроїв):

- постійні;
- змінні;
- швидкозмінні;
- спеціальні (для свердління отворів нахилених поверхонь, подовжені швидкозмінні, зрізані, блочні);
- для направлення розточних оправок.

Ділильні та поворотні елементи пристроїв

- застосовуються у багатопозиційних пристроях для надання оброблюваній заготівці різних положень відносно робочого інструменту та її фіксації у заданому положенні.

Ділильні:**Фіксатори (рис. 3.29):**

- шарикові;

- з витяжним циліндричним пальцем;
- з витяжним конічним пальцем;
- з гідропластовою втулкою;
- клинові та фіксатори з прорізом.

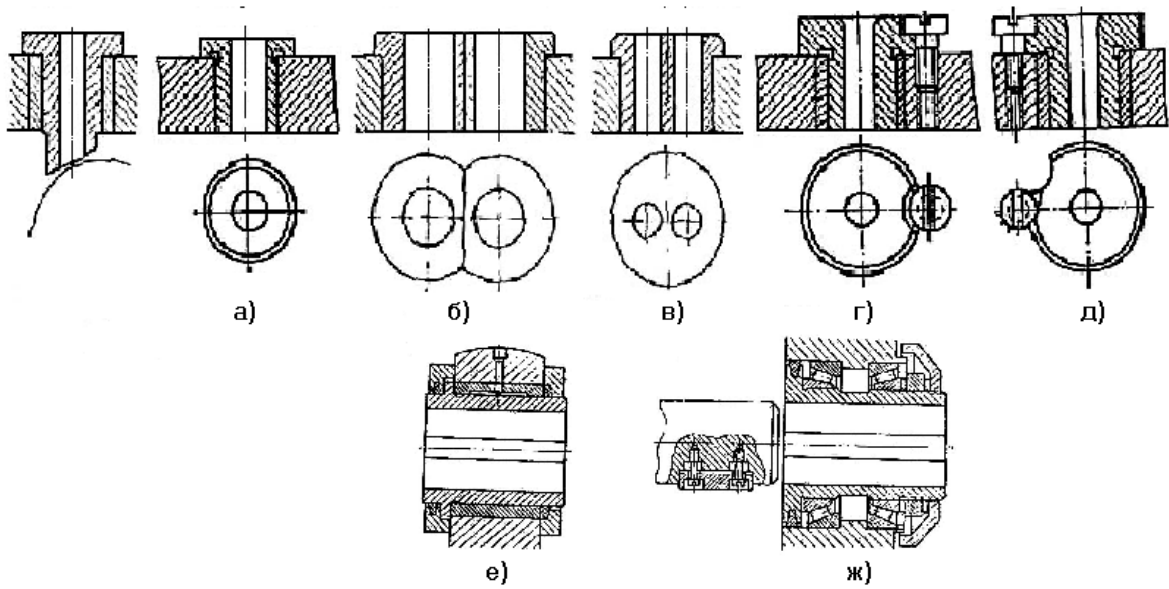


Рис. 3.28 Види кондукторних втулок

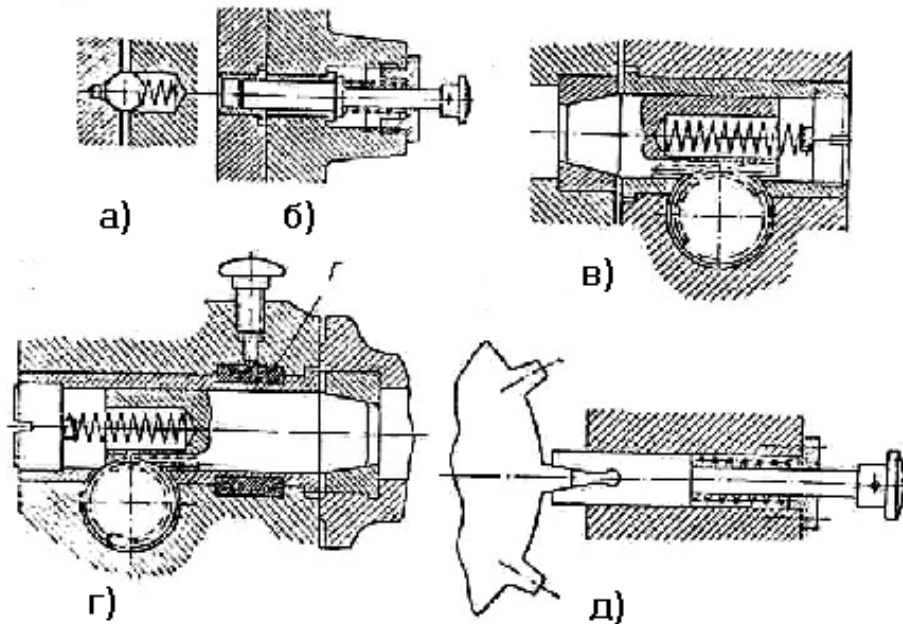


Рис. 3.29 Фіксатори

Поворотні: зубчаті передачі; редуктори; клинопасові передачі; ланцюгові передачі; фрикційні передачі.

Корпуси пристроїв

- вони є базовою деталлю пристрою, де монтують установочні затискні, направляючі елементи а також допоміжні деталі та механізми.

Найпростіші корпуси представляють собою прямокутну плиту. Корпуси можуть мати форму планшайби, кутника, тавра, корита або більш складну.

Корпуси можуть бути: литі; зварні; складені; ковані .

Елементи кріплення (рис. 3.30) призначені для нерухомого з'єднання елементів та деталей пристрою.

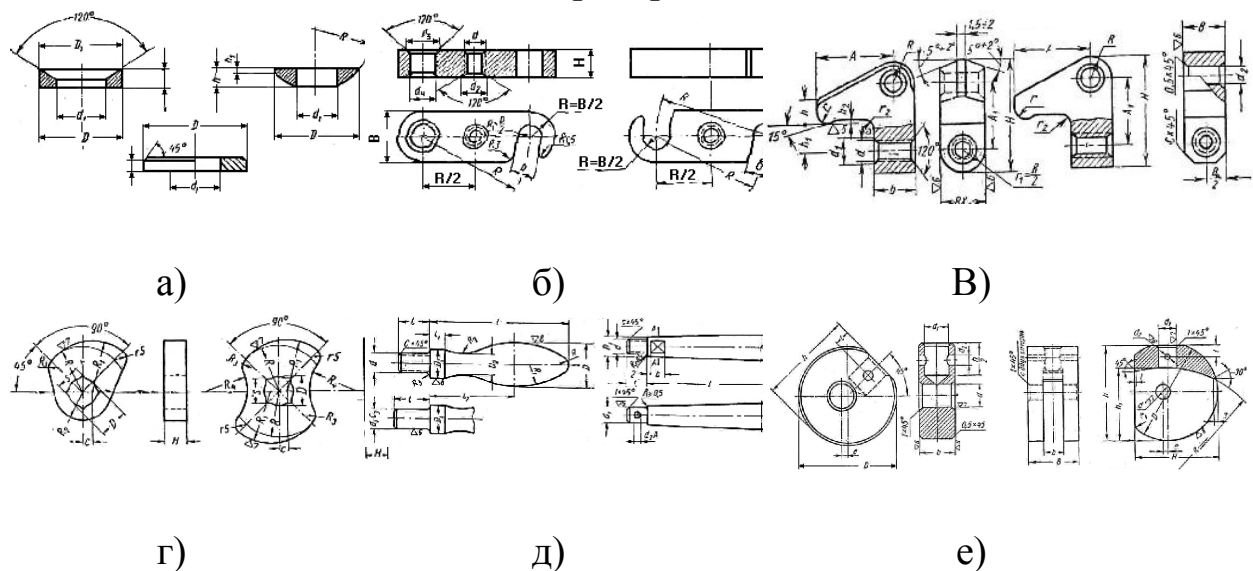


Рис. 3.30 Елементи кріплення: а) шайби; б) планки; в) прихвати; г) кулачки; д) рукоятки; е) ексцентрики.

Механізовані приводи пристроїв (рис. 3.31, 3.32) – призначені для затискання оброблюваної заготовки та діляться на:

- механічні;
- пневматичні (поршневі та діафрагмові);
- гідравлічні;
- пневмо гідравлічні;
- вакуумні;
- електромеханічні.

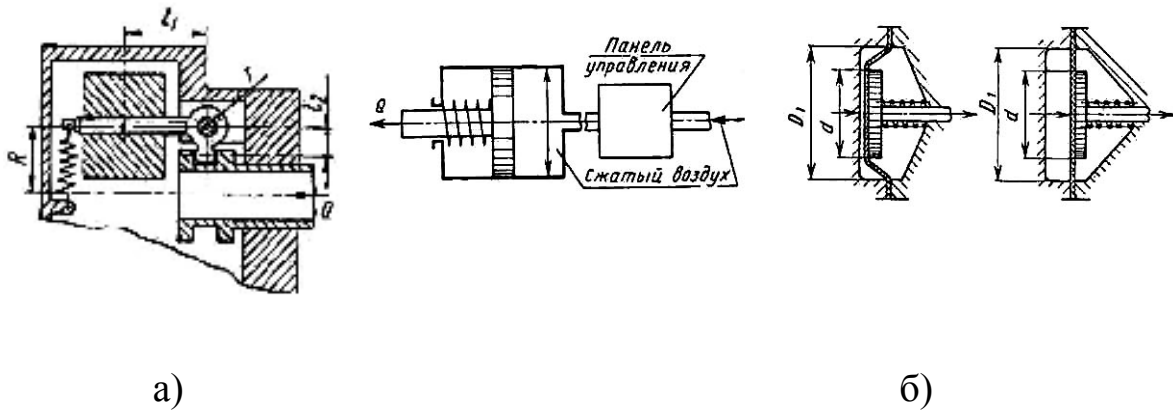


Рис. 3.31 Приводи: а) – механічний; б) – пневматичний.

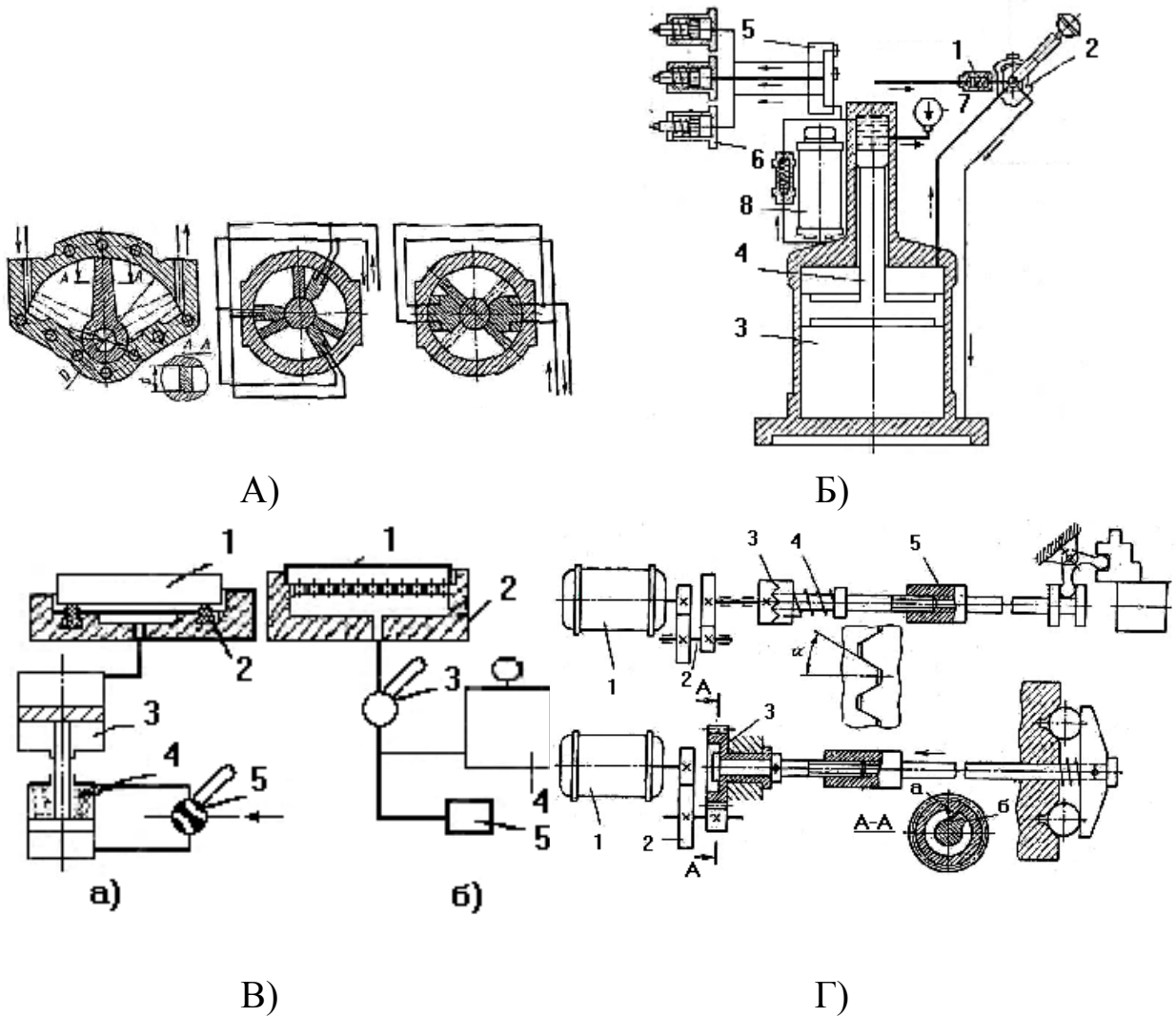


Рис. 3.32 Приводи: А) гідравлічні поворотної дії; Б) пневмо-гідравлічний; В) вакуумний; Г) електромеханічний.

Стандартні універсальні пристрої загального використання:

Станочні:

- стандартні центри;
- поводкові пристрої: поводкові патрони, хомутики, центри-поводки;
- кулачкові токарні патрони (рис. 3.33);
- ексцентрик та станочні лещата (рис. 3.34);
- ділильні головки (рис. 3.35, а);
- електромагнітні та магнітні плити (рис. 3.35, б).

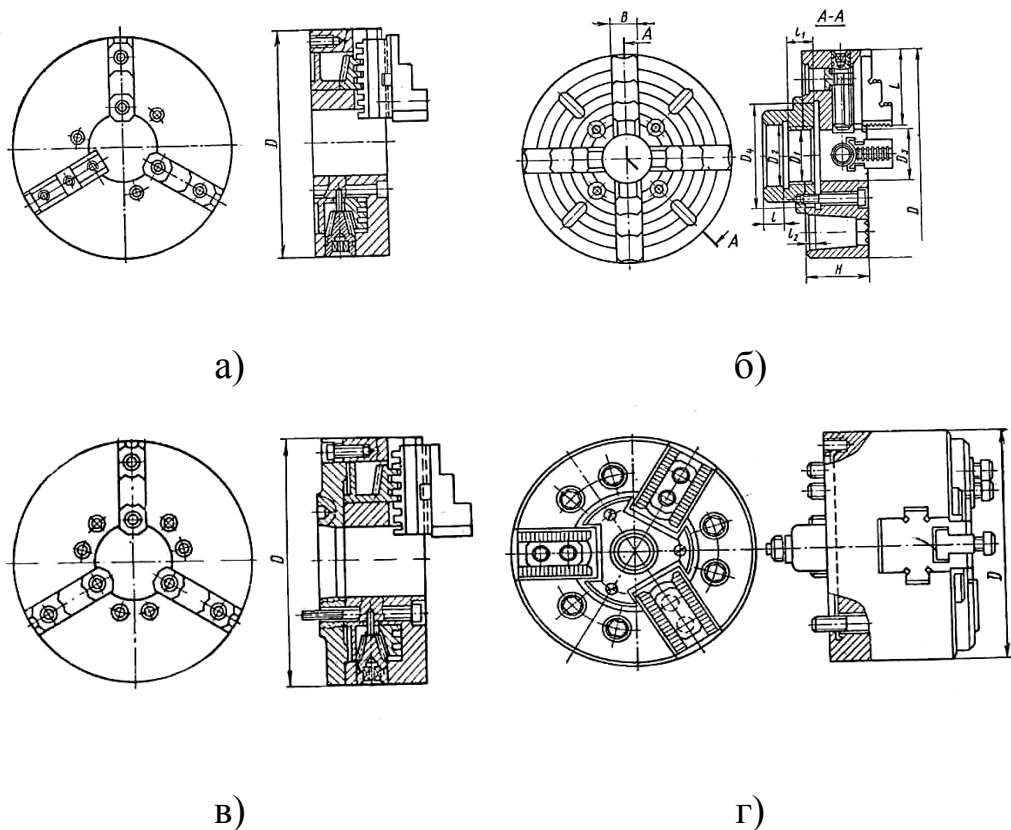
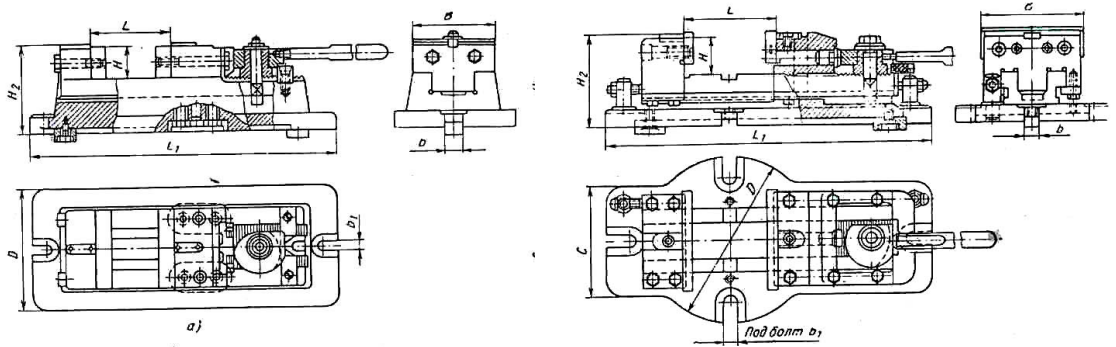
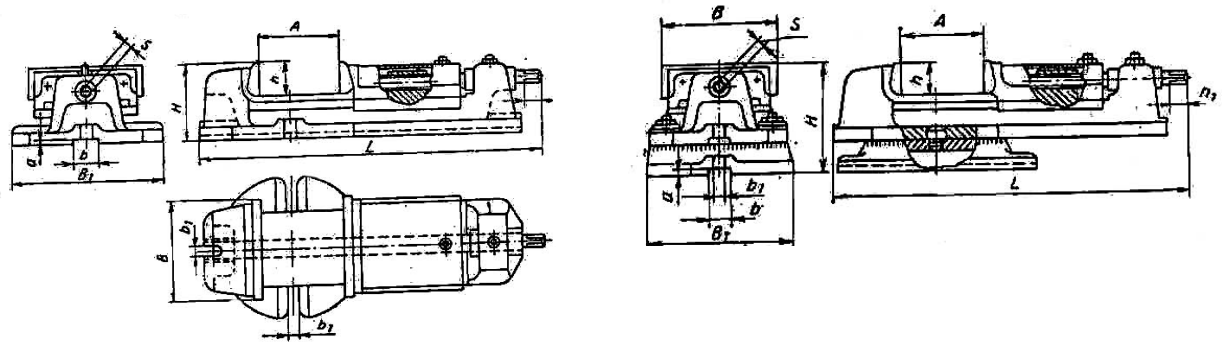


Рис. 3.33 Патрони: а) трикулачковий самоцентруючий без фланців; б) чотирьохкулачковий з незалежним зміщенням кулачків; в) трикулачковий самоцентруючий з фланцями; г) трикулачковий пневматичний.



а)

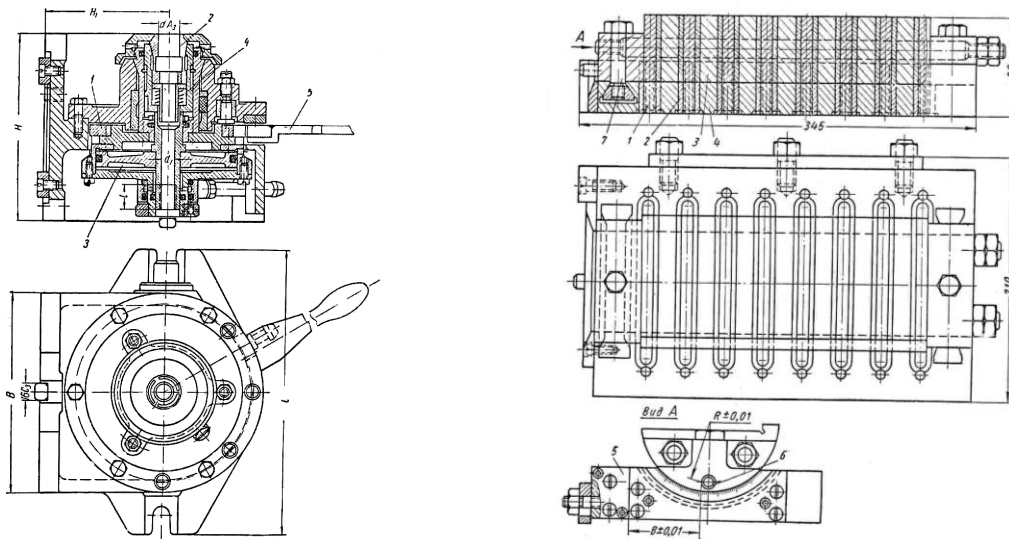
б)



в)

г)

Рис.3.34 Лещата: а) эксцентриків з однією рухомою губкою; б) эксцентриків з двома рухомими губками; в) станочні неповоротні; г) станочні поворотні.

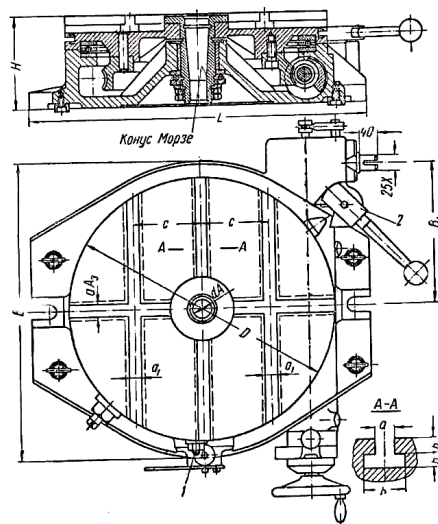


а)

б)

Рис.3.35 Універсальні пристрої: а) пневматична ділильна головка; б) магнітна плита

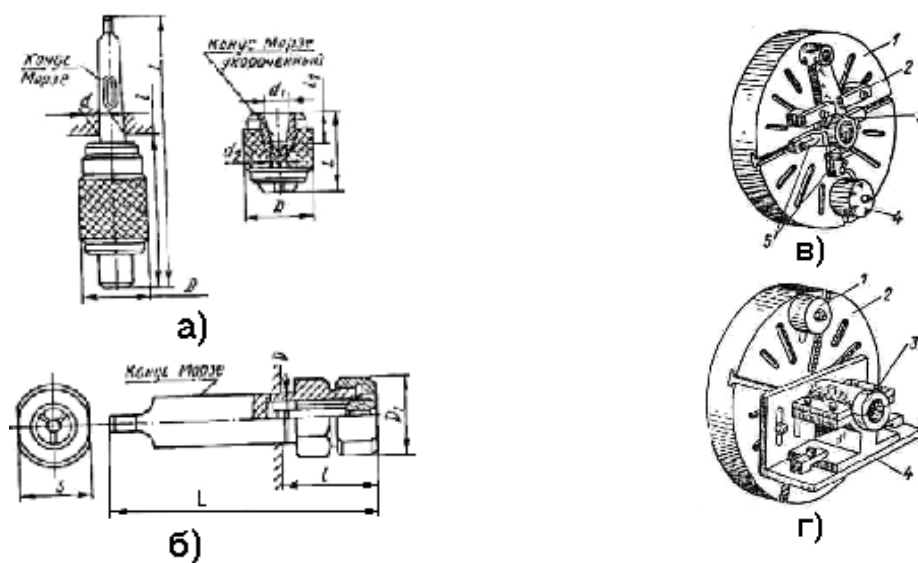
- столи поворотні (рис. 3.36, а);
- люнети (рис. 3.36, б);
- для кріплення інструменту:
- різцетримачі;
- свердлильні патрони (рис. 3.37, а, б);
- планшайби (рис. 3.37, в, г);
- контрольні пристрої: штангенциркуль; мікрометр;
- мікрометричний нутромір.



а)

б)

Рис. 3.36. Універсальні пристрої: а) поворотний стіл; б) нерухомий люнет.



а)

б)

в)

г)

Рис. 3.37 Універсальні пристрої: а), б) – сверлильні патрони; в), г) – планшайби.

3.5. Визначення припусків на механічну обробку

3.5.1. Основні поняття та визначення

Припуском називається шар металу, який підлягає видаленню з поверхні заготовки в процесі обробки для отримання готової деталі.

Розмір припуску визначається різницею між розміром заготовки a_z та розміром деталі a_d по робочому кресленню. Припуск задається на сторону.

Припуски ділять на :

1) загальний припуск (Z_o), який визначається на протязі всього процесу обробки даної поверхні.

$$\text{- для зовнішніх поверхонь} \quad Z_o = a_z - a_d \quad (3.7)$$

$$\text{- для внутрішніх поверхонь} \quad Z_o = a_d - a_z \quad (3.8)$$

2) міжопераційний припуск (Z_m), який знімається при виконанні окремої операції.

$$\text{- для зовнішніх поверхонь} \quad Z_m = a - b \quad (3.9)$$

$$Z_m = b - a \quad \text{поверхонь} \quad (3.10)$$

де: a – розмір отриманий на попередній операції;

b – розмір, який повинен бути отриманий на даній операції.

$$Z_o = \Sigma Z_m \quad (3.11)$$

Розрізняють також:

симетричний припуск – отримують при обробці циліндричних поверхонь (тіл обертання):

$$\text{- для зовнішніх поверхонь} \quad 2Z_{o \text{ сим}} = D_z - D_d \quad (3.12)$$

$$\text{- для внутрішніх поверхонь} \quad 2Z_{o \text{ сим}} = D_d - D_z \quad (3.13)$$

При обробці плоских поверхонь отримують асиметричний допуск (формул 3.7 – 3.10). Припуски вимірюють по нормалі до оброблюваної поверхні.

Фактори, які впливають на величину припуску:

- 1) матеріал та спосіб отримання заготовки;
- 2) конфігурація заготовки;

- 3) структура технологічного маршруту обробки;
- 4) якість оброблюваних поверхонь;
- 5) точність готової деталі.

Визначення величин припусків може здійснюватись двома методами:

- 1) дослідно-статистичним.
- 2) Розрахунково-аналітичним.

3.5.2 Дослідно-статистичний метод визначення припусків.

Дослідно-статистичний метод – полягає у тому, що міжопераційні припуски знаходять по спеціальним таблицям нормативів, складених на основі досвіду роботи передових заводів.

Цей метод не враховує конкретних умов виконання операції і розрахований на умови, при яких припуск повинен бути найбільшим. Недоліком методу є завищення припусків у ряді випадків.

Переваги методу – простота використання (рекомендований для одиничного та дрібносерійного виробництва).

Для курсового проекту:

По довідникам знаходять припуски і допуски на кожну операцію, визначають міжопераційні розміри і розміри заготовок. Для зручності контролю та самоконтролю кожне із вибраних значень припуску обґрунтовують посиланням на довідник і заносять їх у таблицю розрахунку припусків (табл. 3.20).

Графа 1. Заповнюється, використовуючи технологічний процес для кожної оброблюваної поверхні по всім операціям та переходам.

Графа 2. Значення найменшого припуску визначають із довідників для кожної операції (переходу) в залежності від діаметру та довжини.

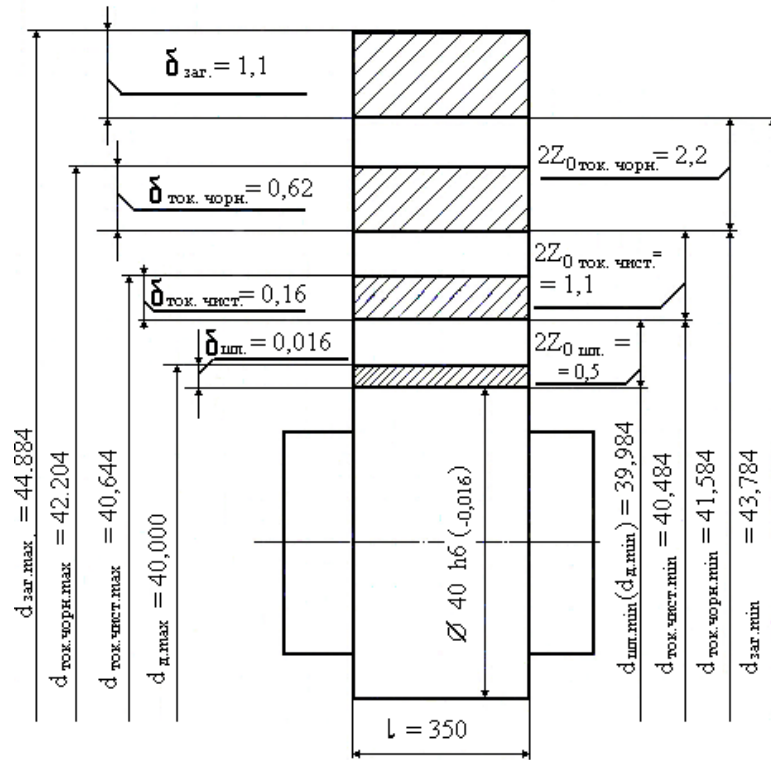


Рис. 3.39 Поля припусків для валу

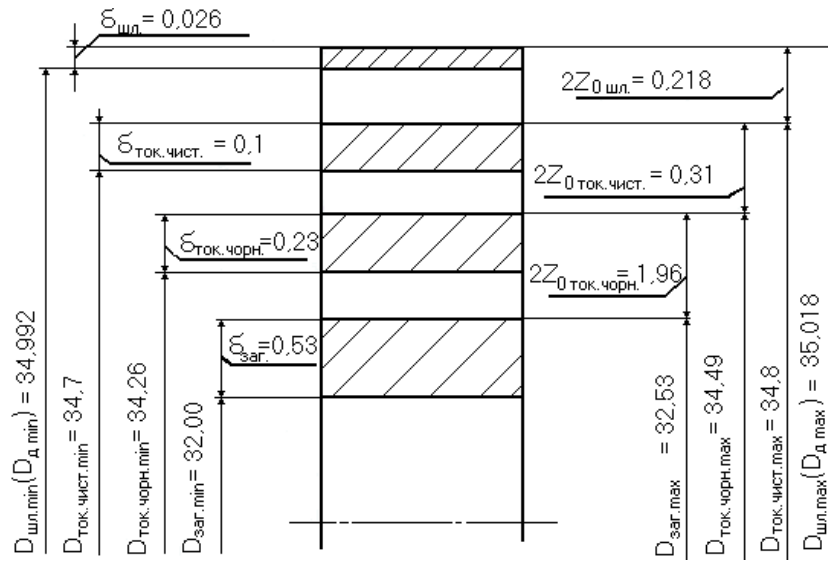


Рис. 3.40 Поля припусків для отвору

Таблиця 3.20

Розрахунок припусків, допусків та міжопераційних розмірів дослідно-статистичним методом

Технологічні операції	Табличні значення припусків $2Z_{i \min}$, мм	джерело	Розрахунковий розмір, мм	Допуск δ_i , мкм	Джерело	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
						Max	Min	Max	Min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.Зовнішня поверхня валу									
Розмір заготовки									
Обточування:									
1)-чорнове									
2)-чистове									
Шліфування									
								Загальні припуски:	

Продовження таблиці 3.20

2)-чистове	1,1	[2,стр. 153]	40,484	160	[3,стр. 34]	40,644	40,484	1560	1100
3)шліфуван ня	0,5	[2,стр. 490]	39,984	16	Креслення деталі	40,000	39,984	644	500
2.Внутрішн я поверхня кришки Ø35. ^{+0,018} _{0,008}		Рис.7.2						Загальні припуски: 4884	3800
Розмір заготівки		Розрахун ковий	32,53	530		32,53	32,00	--	--
1)-чорнове	1,96		34,49	230	Довідников а	34,49	34,26	2260	1960
2)-чистове	0,31		34,80	100	літерагура	34,80	34,70	440	310
3)шліфуван ня	0,218		35,018	26		35,018	34,992	292	218
								Загальні припуски 2992	2488

Графа 3. Навпроти кожного значення припуску вказується джерело, сторінку та таблицю.

Графа 4. Розрахунковий розмір для кожної операції :

$$D_{(i-1)\min} = D_{i\min} + 2Z_{i\min} - \text{при обробці валу};$$

$$d_{(i-2)\max} = d_{i\max} - 2Z_{i\min} - \text{для отворів.}$$

Графа 5. Підставою для допуску на кінцевий розмір є робоче креслення. На попередній операції підставою служить квалітет точності і відповідний цьому класу допуск.

Графа 6. Джерело заповнення графи 5.

Графа 7. В цю графу заносять дані, які отримують складанням розрахункового розміру із відповідним допуском (графа 5).

Графа 8. Заноситься найменший граничний розмір.

Графи 9,10.Значення граничних припусків:

$$2Z_{i\max} = a_{\max} - b_{\max} - \text{для валу};$$

$$2Z_{i\min} = a_{\min} - b_{\min} - \text{для валу};$$

$$2Z_{i\max} = b_{\min} - a_{\min} - \text{для отвору};$$

$$2Z_{i\min} = b_{\max} - a_{\max} - \text{для отвору.}$$

3.5.3 Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків

Метод запропонований професором В.М.Кованом і базується на аналізі виробничих похибок, які виникають при конкретних умовах виконання та наступній обробці заготовки, та визначенні величин елементів, які складають припуск, та подальшого їх сумування.

До цих елементів відносять:

- 1) - Товщину поверхневого дефектного шару матеріалу на попередньому технологічному переході (операції) – T_{i-1} ;
- 2) - Шорсткість поверхні на попередньому технологічному переході – R_{zi-1} ;

- 3) - Просторові відхилення на попередньому технологічному переході – ρ_{i-1} ;
- 4) - похибка встановлення на даному технологічному переході ξ_{yi} (ΔE).

Мінімальний припуск визначається складанням значень параметрів $T_{i-1}; R_{zi-1}; \rho_{i-1}; \xi_{yi}$

- 1) При обробці симетрично розміщених поверхонь тіл обертання:

$$2Z_{i\min} = 2\left(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \xi_{yi}^2}\right) \quad (3.14)$$

- 2) При обробці асиметрично розміщених поверхонь (послідовна обробка протилежних або окремо розміщених поверхонь) :

$$Z_{i\min} = R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \xi_{yi} \quad (3.15)$$

- 3) При обробці симетрично розміщених поверхонь (при паралельній обробці протилежних поверхонь - паралельне фрезерування плоских поверхонь, паралельне підрізання торців у тіл обертання).

$$2Z_{i\min} = 2\left(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \xi_{yi}\right) \quad (3.16)$$

- 4) Обточування циліндричної поверхні в центрах, безцентрове шліфування:

$$2Z_{i\min} = 2\left(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}\right) \quad (3.17)$$

- 5) Обробка плаваючою розгорткою, протягування отворів:

$$2Z_{i\min} = 2\left(R_{zi-1} + T_{i-1}\right) \quad (3.18)$$

- 6) Суперфінішування, полірування та вальцування (обкатка, розкатка):

$$2Z_{i\min} = 2R_{zi-1} \quad (3.19)$$

- 7) Обробка лезовим або абразивним інструментом без витримки розміру чорнової поверхні:

$$Z_{\text{л}} = 2Z_{i\min} = R_{zi-1} + T_{i-1} + 0,25\delta_{i-1} \quad (3.20)$$

- 8) Шліфування після термічної операції:

- при наявності ξ_{yi} :

$$\text{тіл обертання : } 2Z_{i\min} = 2\left(R_{zi-1} + \rho_{i-1} + \xi_{yi}\right) \quad (3.21)$$

$$\text{асиметричних : } Z_{i\min} = R_{zi-1} + \rho_{i-1} + \xi_{yi} \quad (3.22)$$

- при відсутності ξ_{yi} (в центрах) :

$$\text{тіл обертання : } 2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + \rho_{i-1}) \quad (3.23)$$

$$\text{асиметричних : } Z_{i\min} = R_{zi-1} + \rho_{i-1} \quad (3.24)$$

3.5.4 Порядок розрахунку припусків на обробку і граничних розмірів по технологічним переходам.

Таблиця 3.21

Розрахунок припусків, допусків та міжопераційних розмірів розрахунково-аналітичним та дослідно-статистичним методами

Для зовнішніх поверхонь	Для внутрішніх поверхонь
1. Користуючись робочим кресленням деталі та маршрутною картою ТП механічної обробки, записати у розрахункову таблицю оброблювані елементарні поверхні заготовки і технологічні переходи обробки в порядку послідовності їх виконання	
2. Записати значення $R_z, T, \rho, \varepsilon, \delta$ (тільки для розрахунково-аналітичного методу)	
3. Визначити розрахункові або табличні величини мінімальних припусків Z_{\min} по всім технологічним переходам (операціям).	
4. Записати для останнього переходу в графу “Розрахунковий розмір” найменший граничний розмір деталі по кресленню.	4. Записати для останнього переходу в графу “Розрахунковий розмір” найбільший граничний розмір деталі по кресленню.
5. Для переходу, який передуює останньому, визначити розрахунковий розмір шляхом сумування до найбільшого граничного розміру по кресленню розрахункового припуску $Z_{i\min} (2Z_{i\min})$.	5. Для переходу, який передуює останньому, визначити розрахунковий розмір шляхом віднімання із найбільшого граничного розміру по кресленню розрахункового припуску $Z_{i\min} (2Z_{i\min})$.
6.Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу шляхом сумування до розрахункового розміру слідуючого	6.Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу шляхом віднімання із розрахункового розміру слідуючого

за ним суміжного переходу розрахункового припуску $Z_{i\min} (2Z_{i\min})$.	за ним суміжного переходу розрахункового припуску $Z_{i\min} (2Z_{i\min})$.
7. Записати найбільші граничні розміри по всім технологічним переходам, округлюючи їх шляхом збільшення розрахункових розмірів; округлення виконувати до того ж знаку десятичного дробу, з яким дано допуск на розмір для кожного переходу.	7. Записати найбільші граничні розміри по всім технологічним переходам, округлюючи їх шляхом зменшення розрахункових розмірів; округлення виконувати до того ж знаку десятичного дробу, з яким дано допуск на розмір для кожного переходу.
8. Визначити найбільші граничні розміри шляхом сумування допуску до округленого най меншого граничного розміру.	8. Визначити найменші граничні розміри шляхом віднімання допуску із округленого най меншого граничного розміру.
9. Записати граничні значення припусків $Z_{i\max} (2Z_{i\max})$, як різницю найбільших граничних розмірів і $Z_{i\min} (2Z_{i\min})$, як різницю найменших граничних розмірів попереднього і виконувального переходів.	9. Записати граничні значення припусків $Z_{i\max} (2Z_{i\max})$, як різницю найбільших граничних розмірів і $Z_{i\min} (2Z_{i\min})$, як різницю найменших граничних розмірів попереднього і виконувального переходів.
10. Визначити загальний припуск $Z_{0\max}$ і $Z_{0\min}$, складаючи проміжні припуски на обробку.	
11. Перевірити правильність виконання розрахунків по формулам: $Z_{i\max} - Z_{i\min} = \delta_{i-1} - \delta_i$ $2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = \delta_{Дi-1} - \delta_{Дi}$ $Z_{0\max} - Z_{0\min} = \delta_3 - \delta_{Д}$ $2Z_{i\max} - 2Z_{0\min} = \delta_{Д3} - \delta_{ДД}$	
12. Визначити загальний номінальний припуск по формулам: [12, стр.116, Кован] $Z_{0ном} = Z_{0\min} + H_3 - H_{Д}$ $2Z_{0ном} = 2Z_{0\min} + H_{Д3} - H_{ДД}$ де: H_3 , $H_{Д}$ – нижні відхилення по розмірам заготовки і деталі.	12. Визначити загальний номінальний припуск по формулам: [12, стр.116, Кован] $Z_{0ном} = Z_{0\min} + B_3 - B_{Д}$ $2Z_{0ном} = 2Z_{0\min} + B_{Д3} - B_{ДД}$ де: B_3 , $B_{Д}$ – верхні відхилення по розмірам заготовки і деталі.
13. Визначити допуск на припуск.	

3.6. Контрольні питання.

1. Які методи отримання заготовок знайшли широке застосування?.
2. Які види заготовок використовуються на машинобудівних заводах?
3. Як впливає тип виробництва на вибір методу отримання заготовок?
4. Яка первинна обробка заготовок?
5. Вибір заготовки з прокату.
6. Як розраховується собівартість виготовлення деталі?
5. Поняття технологічності конструкції деталі.
6. Поділ технологічності по області виявлення?
7. Поділ технологічності по характеризуючим властивостям?
8. Які показники технологічності виробів використовують для кількісної оцінки?
9. Як здійснюється відпрацювання конструкції деталі на технологічність?
10. Які основні схеми базування ви знаєте?
11. Як відбувається базування призматичних деталей?
12. Як відбувається базування довгих циліндричних деталей?
13. Які правила використання баз ви знаєте?
14. Як класифікуються металообробні верстати?
15. Передумови та вибір технологічного обладнання?
16. Класифікація пристроїв.
17. Припуски. Основні поняття та положення.
18. Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків.
19. Порядок розрахунку припусків для зовнішніх циліндричних поверхонь.
20. Порядок розрахунку припусків для внутрішніх циліндричних поверхонь.
21. Порядок розрахунку припусків для асиметричних поверхонь.
22. Існуючі методи визначення припусків. Їх недоліки та переваги.
23. Побудова полів припусків, допусків та міжопераційних розмірів для зовнішніх циліндричних поверхонь.

24. Побудова полів припусків, допусків та міжопераційних розмірів для отворів.

25. Побудова полів припусків, допусків та міжопераційних розмірів для асиметричних поверхонь.

4. РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ

4.1 Основні поняття та визначення.

Елементи режиму різання :

1) Глибина різання t , мм – товщина шару металу, який знімається за один прохід. Вона визначається відстанню між оброблюваною та обробленою поверхнями, і вимірюється перпендикулярно до останньої:

$$t = (D - d) / 2 \quad \text{або} \quad t = (D_{i-1} - D_i) / (2 \cdot i), \quad (4.1 - 4.2)$$

де: D – діаметр заготовки;

D – діаметр обробленої пов-ні, мм;

i – кількість проходів.

2) Подача S , мм/об – це переміщення ріжучої кромки інструменту відносно заготовки у напрямку подачі за один оберт або подвійний хід заготовки або інструменту з відповідними розмірностями: мм/об; мм/дв.хид.

В залежності від напрямку руху вона може бути:

1) - поздовжньою; 2) – поперечною; 3) – похилою; 4) – вертикальною;

5) – тангенціальною; 6) – коловою, та інші.

S обмежується: 1) недостатньою потужністю приводу;

2) низькою жорсткістю заготовки; 3) ненадійним закріпленням і т. д.

3) Швидкість різання V , м/с – це швидкість головного руху. Вона представляє собою шлях точки, розміщеної на оброблюваній поверхні заготовки відносно ріжучої кромки інструмента в

одиницю часу. При головному обертальному русі (точінні, свердлінні, фрезеруванні):

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \quad (4.3)$$

Де: D - діаметр заготовки (або фрези), мм

n - частота обертання заготовки або інструменту, c^{-1} .

Фактори, які впливають на швидкість різання :

- 1) стійкість інструменту T ;
- 2) фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу і матеріалу ріжучої частини інструменту;
- 3) величина подачі та глибина різання;
- 4) геометричні параметри ріжучої частини інструменту;
- 5) наявність та метод охолодження.

Критерії оптимальності режиму різання

Оптимальний режим різання встановлюють із умови забезпечення критеріїв, або одного з критеріїв:

- 1) найбільшої продуктивності (визначається нормою виробітку Q – кількістю деталей, оброблених за визначений час).

$$Q = T_{zm} / T_k \quad (4.4)$$

де: T_{zm} – зміна, год.;

T_k – час обробки деталі:

$$T_k = T_{um} + T_{n.z.} \quad (4.5)$$

де: T_{um} – штучний час, який витрачається на 1 деталь

$T_{n.z.}$ – підготовчо-заключний час, віднесений до 1-ї деталі

$$T_{um} = T_o + T_e + T_{ob} + T_n \quad (4.6)$$

де: T_o – основний час, витрачений на різання;

T_e – допоміжний час (встановлення, зняття деталі, вимірювання її при обробці, керування верстатом та ін.);

T_{ob} – час обслуговування верстату та робочого місця, віднесений до першої деталі;

T_n – час перерви на відпочинок та особисті потреби, віднесені до однієї деталі;

- 2) найменшої собівартості.

3) заданої якості оброблюваної деталі: (R_a) шорсткості поверхні, точності обробки (δ - допуска в залежності від якості точності);

При виконанні цих умов не повинна порушуватись динамічна рівновага системи СПІД (станок-пристрій-інструмент-деталь).

При обробці одним інструментом режим найбільшої продуктивності, як правило, є і режимом найменшої собівартості при дотриманні вимог до якості оброблюваної деталі.

Існуючі методи розрахунку режимів різання:

- 1) лінійний;
- 2) диференціального та геометричного програмування (на ЕОМ);
- 3) послідовного визначення елементів.

В практиці машинобудування застосовуються найчастіше 3-й: послідовного визначення елементів. Його суть: спочатку призначають або розраховують один із елементів режиму, а інші – в залежності від нього.

Він виконується:

- табличним способом (одиничне, дрібносерійне виробництво)
- аналітичним способом (масове та крупносерійне виробництво).

Критеріями правильності вибору режиму є:

- основний час обробки $T_0(t_0)$;
- стійкість інструменту $T(xv)$.

4.2 Вибір режимів різання по таблицям нормативів.

Режим різання може бути вибраний по таблицям нормативів. В них містяться основні таблиці (карти) для вибору подачі та швидкості різання, яку допускає інструмент, а також для визначення потужності, яка витрачається на різання. В таблицях наводяться необхідні дані для вибору марки матеріалу, геометричних параметрів та допустимого зношування ріжучої частини інструменту, для розрахунку основного технологічного (машинного) часу, для перевірки вибраного режиму різання по

крутному моменту $M_{рез}$, по тангенціальній силі P_z та силі подачі, міцності державки різця та пластини твердого сплаву, жорсткості системи СПД.

Режим різання може вибиратись або по стійкості інструменту, або по потужності верстата в залежності від співвідношення між швидкістю різання V_u , яка допускається стійкістю інструмента, та швидкістю різання V_{cm} , яка допускається потужністю верстата.

Якщо $V_u < V_{cm}$ – вибір по стійкості.

Якщо $V_u > V_{cm}$ – вибір по потужності.

Завжди інструмент або станок залишаються недонавантаженими.

Порядок визначення режиму різання (табличним способом).

Обробка на токарних верстатах:

При точінні за вихідні дані приймають фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, припуск та характер обробки (чорнова або чистова).

1) По припуску на обробку з урахуванням наступних переходів встановлюється глибина різання $t_{[мм]}$ (максимальна по можливості). Припуск на обробку вигідно видаляти за один прохід, коли до якості оброблюваної поверхні не ставлять високих вимог(при чорновій обробці). В цьому випадку $t = h$ (припуску). Напівчистова обробка для припуску $h > 2$ мм виконується за два проходи. Перший здійснюється з $t = (2/3 \dots 3/4)h$, а другий – при $t = (1/3 \dots 1/4)h$.

Але глибина різання обмежується жорсткістю системи СПД і береться у межах:

2,5...5,0 для чорнової токарної обробки;

0,5...2,0 – для напівчистої токарної обробки;

0,1...0,4 – для чистої обробки.

2) Вибирають ріжучий інструмент і його стійкість.

Марку твердого сплаву або швидкоріжучої сталі визначають в залежності від оброблюваного матеріалу та умов роботи інструменту.

3) В залежності від глибини різання, розмірів інструменту та заготівки, необхідної шорсткості поверхні вибирається максимальна подача $S_{[мм/об]}$. При підвищених вимогах до жорсткості S для заданого прогину f деталі розраховується по формулам.

Після співставлення з паспортними даними верстата приймається робоча подача $S_{факт}$. При чорновій обробці в пункті 6 перевіряється подача по силі, яка допускається верстатом:

$$P_x = (0,3...0,5) \cdot P_z \text{ — для швидко ріжучих різців } V \leq 1 м/с ;$$

$$P_x = (0,3...0,4) \cdot P_z \text{ для твердосплавних різців } V \geq 1 м/с$$

4) Для прийнятої глибини різання та подачі по відповідній таблиці (карті) знаходиться швидкість різання $V_{табл} = V_i$ по інструменту для стійкості $T = 60xв$. Табличне значення швидкості різання $V_{табл}$ (м/хв) не враховує конкретні умови різання. Тому розраховується $V_{розрах}$:

$$V_{розрах} = V_{табл} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5, \quad [м/хв] \quad (4.7)$$

де: $k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$ — коефіцієнти, які враховують стійкість різця, міцність оброблюваного матеріалу (для сталі), або твердість (для чавуна); стан оброблюваної поверхні; головного кута різця в плані відповідно.

5) По знайдений швидкості різання визначається необхідна кутова швидкість або частота обертання шпінделя n , коректується по паспорту верстатом (n_{ϕ}) і визначається фактична швидкість різання V_{ϕ} :

$$n = 1000 V_{розрах} / (\pi \cdot D) \quad [хв^{-1}] \quad (4.8)$$

$$V_{\phi} = \pi \cdot D \cdot n_{\phi} / 1000 \quad [м/хв]. \quad (4.9)$$

6) Визначається сила різання P_z (головна складова). Потужність від сили P_x складає 1...2% від всієї потужності, тому нею нехтують:

$$P_z = k \cdot t \cdot S_{факт}^{0.75} [H], [мм], [мм/об] \quad (4.10)$$

Де k – коефіцієнт різання, який визначається в залежності від межі міцності оброблюваного матеріалу

Таблиця 4.1

Коефіцієнт різання k

Матеріал	Межа міцності при розтягуванні σ_s		Коефіцієнт різання k	
	Кгс/мм ²	МПа	Кгс/мм ²	МПа
Сталь	40...50	392...490	150	1471
	51...60	491...588	160	1569
	61...70	588...686	178	1746
	71...80	687...785	200	1961
	81...90	786...883	220	2158
	91...100	884...980	235	2305
Сталь	101...110	981...1079	255	2501
	>110	> 1080	280	2744
Алюміній і силумін			40	392
Дюралюміній	25	245	60	588
	35	343	80	785
	> 35	>343	110	1079
Бронза середньої твердості			55	539
Бронзи свинцеві			35	343
Мідь			95...115	932...1128
Чавун	140...160 НВ		100	981
	160...180 НВ		108	1059
	180...200 НВ		114	1118
	200...220 НВ		120	1177

7) Вибраний режим різання перевіряється по потужності верстата (якщо недостатній то замість V_i приймається V_{cm}):

$$N_{piз} = P_z \cdot V_\phi / (9,8 \cdot 60 \cdot 120); \quad [кВм], [H], [м/хв] \quad (4.11)$$

$$N_e \geq K_n \cdot N_{piз}, \quad (4.12)$$

$$N_{\deltaв} = N_e / \eta \quad (4.13)$$

де: N_e – ефективна потужність, [кВм]; V_ϕ – фактична швидкість різання, [м/хв];

P_z – сила різання, [H]; $N_{piз}$ – потужність різання, [кВм];

$K_n = 1,1 \dots 1,25$ – коефіцієнт запасу;

$\eta = 0,7 \dots 0,8$ – к. п. д. верстата.

8) Визначається основний технологічний час

$$T_o = L \cdot i / (n \cdot S) = \pi \cdot D \cdot L / (1000 \cdot V \cdot S) \quad (4.14)$$

де: $L = l + l_1 + l_2 + l_3$ – довжина шляху, який проходить інструмент у напрямку подачі, [мм];

l – довжина оброблюваної поверхні;

l_1 – шлях врізання інструменту; при $\varphi = 45^\circ$ $l_1 = t$;

l_2 – перебіг інструменту, (1 ÷ 3 мм);

l_3 – допоміжна довжина (на взяття пробних стружек, наладку верстата, підведення і виведення інструменту (1 ÷ 3 мм));

i – кількість проходів.

Порядок вибору режимів фрезерування .

Обробка на фрезерних верстатах

- 1) Визначають діаметр фрези із врахуванням умов обробки:
 - орієнтовна глибини різання;
 - ширини оброблюваної поверхні.

- 2) Визначають глибину різання в залежності від припуску h на обробку, кількості проходів та потужностей верстату.

Припуск рекомендується знімати за один прохід ($t = h$). А при підвищених вимогах до точності та шорсткості обробленої поверхні – за два проходи: чорновий та чистовий

($t_{чист} = 0,75 \dots 2$ мм). При фрезеруванні кінцевими фрезами:

$t \leq 10 \dots 12$ мм; торцевими фрезами: $t \leq 12 \dots 15$ мм.

При великих припусках обробку виконують в два чорнових проходи та один чистовий.

3) Встановлюють поправочні коефіцієнти в залежності від жорсткості системи СПД: K_v, K_n, K_s – на швидкість різання, на частоту обертання, на хвилинну подачу.

4) Вибирають подачу на зуб S_z [мм]:

4.1 Визначають подачу на один оберт S_o , та хвилинну подачу S_M :

$$S_o = S_z \cdot z \quad (4.15)$$

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n \quad (4.16)$$

де: z – кількість зубів фрези;

n – частота обертання фрези [об/хв].

5) Вибирають бажану стійкість фрези T у межах 120...240 хв. – для торцевих фрез із швидко ріжучої сталі; 120...420 хв. – з пластинками із твердих сплавів.

6) Визначають швидкість різання в залежності від діаметра фрези, ширини фрезерування, глибини різання та подачі:

$$V_{piz} = \frac{C_v \cdot D^{sv} \cdot K_u \cdot K_M \cdot K_\varphi \cdot K_{II}}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S_z^{yv} \cdot Z^{hv} \cdot B^{Pv}}, [M/xв] \quad (4.17)$$

де: D, S_z, t, B – [мм].

7) В залежності від умов роботи (зміни стійкості, робота з охолодженням, фрезерування по кромці, відмінні від прийнятих марки оброблюваного матеріалу або фрези і т.д.) встановлюють швидкість різання для даних конкретних умов.

8) Визначають частоту обертання фрези, після чого уточнюють її по паспорту верстата:

$$n = 1000 \cdot V_{piz} / (\pi \cdot D), [xв^{-1}] \quad (4.18)$$

9) Визначають фактичну швидкість різання, хвилинну подачу, крутний момент та необхідну потужність:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_M^{v_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{g_p} \cdot n^{w_p}} \cdot k_p, [H] \quad (4.19)$$

$$M_{kp} = P_z \cdot D / 1000, [H \cdot m] \quad (4.20)$$

$$N_{piz} = P_z \cdot V_{piz} / (102 \cdot 60), [кВт] \quad (4.21)$$

10) По паспорту верстата визначають допустимий крутний момент із урахуванням міцності механізму подачі та потужності при даній частоті обертання.

11) При вибраному верстату визначають потужність на шпінделі:

$$N_{um} = N_{cm} \cdot \eta \quad (4.22)$$

12) Визначають коефіцієнт використання потужності n_N :

$$n_N = N_{piz} / N_{um} \quad (4.23)$$

При перевантаженні, коли потужність верстату недостатня, спочатку зменшують швидкість різання і лише потім, при необхідності, - подачу.

Порядок вибору режимів свердління та розсвердлювання
Обробка на свердлильних верстатах.

Режими різання (глибина різання, подача, швидкість різання) визначають у такій послідовності:

- 1) По глибині та діаметру оброблюваного отвору вибирають серію свердла.
- 2) В залежності від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу (матеріал ріжучої частини [82], стр.292 та ін.) вибирають форму заточки ріжучої частини свердла ([72], стр.145; [19], стр.189).
- 3) Визначається глибина різання:

$$t = D/2 \text{ – при свердлінні;} \quad (4.24)$$

$$t = (D - d)/2 \text{ – при розсвердлюванні;} \quad (4.25)$$

зенкуванні, розвертанні.

- 4) В залежності від технологічних факторів, властивостей оброблюваного матеріалу, діаметра обробки, вибирається подача S і коректується у відповідності з паспортом верстату.
- 5) Призначається період стійкості свердла T .

6) Визначають швидкість різання v :

$$V = \frac{C_v \cdot D^{z_v} \cdot K_v}{60 \cdot T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}} \quad (4.26)$$

де: D – [мм], T – [хв], S – [мм/об], t – [мм].

Значення коефіцієнтів можна знайти : [72], стр.151, табл.IX.11 – IX.15.

$$K_y = K_{M_v} \cdot K_{H_v} \cdot K_{l_v} \cdot K_{\phi_v} \quad (4.27)$$

7) По знайдений швидкості різання визначається частота обертання, яка коректується по паспортним даним верстату (береться найближче більше або менше, яке не перевищує 5%). Після цього знаходиться дійсна швидкість різання.

8) Визначається крутячий момент та осьова сила:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^{z_M} \cdot t^{x_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_M, [H \cdot m] \quad (4.28)$$

$$P = 10 \cdot C_M \cdot D^{z_P} \cdot t^{x_P} \cdot S^{y_P} \cdot K_P, [H] \quad (4.29)$$

9) Визначається потужність різання:

$$N_{риз} = 2 \cdot M_{кр} \cdot V / D, [кВт] \quad (4.30)$$

де: V – [м/с]; D – [мм]; $M_{кр}$ – [H·м].

10) Знайдені осьова сила P та потужність різання $N_{риз}$ не повинні перевищувати, відповідно, допустимого зусилля подачі верстату та потужності двигуна.

Призначення режимів при зенкуванні та розвертанні

Призначення режимів при зенкуванні та розвертанні починають з визначення на основі необхідних точності та шорсткості обробленої поверхні та глибини різання t .

Після цього уточнюють конструктивно-технологічні параметри зенкера або розвертки (у відповідності з фізико-механічними властивостями матеріалу), вибирають групу подач із врахуванням наступної обробки отвору і по його діаметру визначають подачу s , знаходять технологічну швидкість різання.

Призначення режимів зубонарізання

Зубчаті колеса отримують литтям, штампуванням, порошковою металургією, накатуванням у гарячому та холодному стані, а також шляхом нарізання зубів на верстатах зуборізними інструментами. Профіль зуба зубчатого колеса утворюється шляхом видалення матеріалу впадини ріжучими інструментами при фрезеруванні, струганні, довбанні, протягуванні, шевінгуванні та шліфуванні. Фрезерування здійснюється профільними, дисковими або пальчиковими фрезами, циліндричними або конічними черв'ячними фрезами, торцевими зуборізними головками з різцями для чорнової та чистової обробки конічних зубчатих коліс. Стругання здійснюється різцями з прямолінійною ріжучою кромкою на спеціальних зубостругальних верстатах, призначених для обробки конічних зубчатих коліс. Довбання виконується на зубодовбальних верстатах багатолезовим інструментом. Протягування виконується за допомогою спеціального інструменту і застосовується рідко. Шевінгування та шліфування використовуються для чистової обробки. При цьому нарізання зубів здійснюється двома методами:

1) методом копіювання; 2) методом обкатки.

Порядок вибору режимів зубонарізання

- 1) Визначається метод та спосіб виготовлення зубчатого колеса.
- 2) Вибирається ріжучий інструмент.
- 3) Режими зубонарізання та припуски вибираються конкретно для кожного випадку в залежності від методу та способу обробки зубчатого колеса.
- 4) Вибирається металоріжуче обладнання.

Призначення режимів різьбонарізання

Різьби отримують трьома методами: 1) нарізанням ріжучим інструментом: різцями, гребінками, фрезами, мітчиками, плашками, різцевими та різьбонарізними головками; 2) шліфуванням дрібнозернистими різьбошліфувальними кругами; 3) пластичним деформуванням: накатними роликками, плоскими накатними плашками, обкаточними різцями.

- 1) В залежності від заданого класу точності та шорсткості різьби вибирається спосіб різьбоутворення та тип інструменту.
- 2) Вибирається матеріал та характеристики інструменту в залежності від матеріалу заготовки.
- 3) Вибираються режими різання різьбонарізними інструментами (швидкість різання, подача, крутячий момент) в залежності від методу різання, матеріалу заготовки, діаметру та кроку різьби. Вибирають СОЖ (змащувально-охолоджувальну рідину), (Визначають потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = M_{\text{кр}} \cdot n / 9550, [\text{кВт}] \quad (4.31)$$

де $M_{\text{кр}}$ – крутний момент, $[\text{Н} \cdot \text{м}]$; n – частота обертання деталі або інструменту, $[\text{хв}^{-1}]$.

- 4) Вибирають станок.

Призначення вибору режимів шліфування.

Види шліфування

В залежності від вимог до точності та якості оброблених поверхонь здійснюють обдирне (чорнове), попереднє, кінцеве (чистове) і тонке шліфування. Обдирне шліфування зазвичай застосовується замість попередньої обробки лезовим інструментом. Ця операція частіше всього виконується на режимах силового та швидкісного шліфування.

При обдирному шліфуванні часто застосовують сегментні круги. Попереднє шліфування зазвичай застосовується після лезової обробки. Воно виконується для створення базових поверхонь до термічної обробки або у якості проміжної операції для підготовки поверхні до кінцевої обробки.

Кінцеве (чистове) та тонке шліфування застосовують для забезпечення високого ступеню точності і низької шорсткості поверхні.

За характером оброблюваних поверхонь схеми шліфування можна поділити на три основні види: кругле (зовнішнє і внутрішнє), плоске та профільне шліфування.

Кругле зовнішнє шліфування в центрах (у патроні) може здійснюватись трьома способами: з поздовжньою подачею, з поперечною подачею (врізанням) і глибинним способом. При круглому зовнішньому чистовому шліфуванні досягається точність обробки по 6-7 квалітетам, шорсткість поверхні $R_a = 1,25 \dots 0,32 \text{ мкм}$. Тонке шліфування дає можливість отримати 5-6 квалітет точності і шорсткість поверхні $R_a = 0,16 \dots 0,08 \text{ мкм}$.

Кругле зовнішнє безцентрове шліфування може виконуватись двома способами: з поздовжньою подачею (на прохід або до упора) і з поперечною подачею (врізанням). Безцентрове шліфування на прохід забезпечує обробку по 5-6 квалітетам точності і шорсткість поверхні $R_a = 0,32 \dots 0,16 \text{ мкм}$.

Кругле внутрішнє шліфування виконується на прохід і врізанням по наступним трьом схемам: у патроні, безцентрове і планетарне. На внутрішньошліфувальних верстатах забезпечується обробка до отримання 6-7 квалітетів точності і шорсткості поверхні $R_a = 1,25 \dots 0,32 \text{ мкм}$.

Плоске шліфування виконується периферією або торцем круга. В обох випадках обробка може виконуватись як з поперечною подачею, коли ширина оброблюваної поверхні більше ширини (діаметра) круга, так і без неї, при зніманні припуску за декілька ходів (багатопрохідне шліфування) або за один хід (глибинне шліфування). При плоскому шліфуванні периферією круга забезпечується шорсткість поверхні при чистовій обробці $R_a = 1,0 \dots 0,4 \text{ мкм}$.

До профільного шліфування відноситься обробка різьбових і зубчастих поверхонь, сфер та інших профільних поверхонь на спеціалізованих верстатах.

Порядок вибору режимів різання при шліфуванні

Подача і швидкість руху деталі можна приблизно розрахувати по емпіричним залежностям. Однак, у більшості випадках режими

шліфування вибирають з дослідно-статистичних даних. Вибір режимів різання починають з встановлення характеристик інструменту.

- 1) Вибирають шліфувальний круг в залежності від конкретних умов обробки:
 - 1.1) Призначають абразивний матеріал зерен круга в залежності від матеріалу заготовки.
 - 1.2) Вибирають зернистість круга в залежності від необхідної якості оброблюваної поверхні та величини поверхні дотику круга із заготовкою.
 - 1.3) Вибирають в'язуче абразивного інструменту.
 - 1.4) Вибирають твердість шліфувального круга.
 - 1.5) Вибирають структуру шліфувального круга виходячи із умов обробки.
 - 1.6) Вибирають форму та розміри інструменту із зв'язаним абразивом – вони стандартизовані в залежності від конструкції та призначення верстата, а також від форми та розмірів оброблюваних деталей.
 - 1.7) Вибирають клас точності абразивного інструменту (точність розмірів та геометричну форму). Для найменш відповідальних операцій використовують інструмент класу Б. Більш точним і якісним є інструмент класу А. Для роботи в автоматичних лініях, високоточних та багатокругових верстатах використовують високоточний інструмент класу АА, який відрізняється найбільш високою точністю геометричних розмірів, однорідністю зернового складу, врівноваженістю абразивної маси та виготовленням із кращих сортів шліфувальних матеріалів.
 - 1.8) Визначають шорсткість, яку отримують після обробки, і коректують при необхідності, змінюючи зернистість абразивного круга.
- 2.) Призначають елементи режиму різання при шліфуванні:

- 2.1) Визначають швидкість обертання круга. Вибирається максимально можливою у відповідності з характеристиками міцності круга та кінематичними даними верстата.
- 2.2) Призначаються елементи режиму різання в залежності від виду шліфування та параметрів інструменту: швидкість обертання круга та заготівки, глибину різання, поперечну або поздовжню подачу. Вибирається СОЖ.
- 2.3) Розраховується потужність, яка витрачається на різання(ефективна потужність). Розраховується через параметри режиму різання в залежності від схеми шліфування:
 - при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею,
 - при шліфуванні периферією круга з радіальною подачею,
 - при шліфуванні торцем круга.
- 2.4) Розраховується необхідна потужність електродвигуна і порівнюється із реальною потужністю електродвигуна верстата.

Розрахунок режимів різання може виконуватись також за допомогою спеціальних та універсальних логарифмічних лінійок, по номограмам і циклограмам, картам налаштування .

4.3 Розрахунок режимів різання аналітичним способом.

Цей спосіб пов'язаний із значними витратами часу і рекомендується лише для масового та крупно серійного виробництва при використанні швидкодіючих обчислювальних засобів.

Порядок розрахунку :

- 1) По нормативним документам або довідникам вибирається марка інструментального матеріалу і геометричні параметри

ріжучої частини інструменту. Основні розміри інструменту призначаються по стандартам в залежності від розмірів оброблюваних поверхонь та елементів кріплення верстата.

- 2) Призначається, керуючись довідковою літературою, максимально можлива глибина різання t , яка дорівнює припуску на обробку: $t = z$, [мм].

Якщо по технологічним причинам (точність обробки, жорсткість, шорсткість і т.д.) такого співвідношення добитись не вдається то: при першому проході $t_1 = (0,8...0,9) \cdot z_i$, а при другому $t_2 = (0,1...0,2) \cdot z_i$.

- 3) Розраховуються найбільші: допустима сила різання P_z , подача S , в залежності від виду обробки, оброблюваного матеріалу, необхідної шорсткості оброблюваної поверхні, інструменту, необхідної жорсткості системи СПД, способу кріплення деталі (в патроні, в центрах, в патроні з піджиманням і т. д.), глибині різання t .
- 4) Порівнюються подачі, які допускаються по силам різання та по шорсткості обробленої поверхні. Подальший розрахунок ведеться по меншій подачі.
- 5) Знайдена подача порівнюється з паспортними даними верстата та вибирається найближча менша.
- 6) Розраховується або підбирається по нормативам період стійкості інструмента.
- 7) Розраховується швидкість різання, допустима по стійкості інструменту та по потужності верстата. В якості розрахункової приймається менше значення. Якщо меншою виявиться швидкість різання, допустима по потужності верстата, необхідно уточнити глибину різання або кількість проходів.
- 8) Визначається необхідна частота обертання шпинделя і порівнюється з паспортними даними верстата. Вибирається найближче.
- 9) Для верстатів з розділеним приводом подачі визначається швидкість подачі та порівнюється із паспортними даними.

Для розрахунку необхідні вихідні дані: форма та розміри деталі і заготовки (з операційними припусками та допусками); матеріал заготовки, його механічні властивості і, відповідно, величини коефіцієнтів та показників ступенів у формулах для розрахунку сили різання; послідовність обробки поверхонь (по запроєктованому технологічному процесу), типи застосовуваних інструментів; матеріал та попередньо вибрані (стандартні) геометричні параметри ріжучої частини інструменту; основні паспортні дані верстата (ефективна потужність, частота обертання шпинделя, ефективний крутний момент, подача).

Для визначення режимів різання, які забезпечують найбільшу продуктивність (інтенсивність) процесу різання, необхідно попередньо вибрати інструмент та станок.

Вибір інструменту

При виборі типу та конструкції ріжучого інструменту необхідно враховувати характер виробництва, метод обробки, тип верстата, розмір, конфігурацію та матеріал оброблюваної деталі, необхідну якість поверхні, точність обробки.

У всіх випадках потрібно віддавати перевагу нормалізованому інструменту і тільки для великих партій деталей застосовувати спеціальні інструменти. Особливу увагу необхідно приділяти вибору інструментального матеріалу. Особливу увагу необхідно звернути на використання найбільш прогресивних інструментальних матеріалів, які забезпечують значне підвищення продуктивності праці і стійкість інструментів.

При обґрунтуванні вибору різця вказують: форму та спосіб кріплення багатогранної непереточуваної пластинки (випуск твердосплавних різців з напайками по стандарту припинено), а також кути різця: головні (передній, задній, загострення, різання), кут фаски, головний кут різця в плані.

Крім того необхідно вказати розміри державки (знаходяться із умов міцності під дією згинаючої сили P_z : (На практиці по розмірам різцетримачів.

$$P_z \times l = [\sigma_u] \times W, \quad (4.32)$$

де: $[\sigma_u]$ -допустиме напруження на згин матеріалу державки кгс/мм²; l - плече; $W = B \times H^2 \div 6$; B, H – ширина та висота державки різця ($H \div B = 1,6$ – для чистового та напівчистового режимів; $H \div B = 1,25$ – для чорнових режимів

Далі необхідно вказати умовне позначення різця по стандарту.

Наприклад:

Різець 2100 – 1596 (вказати стандарт) з пластинкою по відповідному стандарту

При обґрунтуванні вибору свердла, розвертки або іншого інструменту також необхідно вказати його основні параметри та умовне позначення.

Кінцевий вибір матеріалу ріжучої частини інструменту, а також оптимальних геометричних параметрів здійснюється на останній стадії – при розрахунку режимів різання на конкретному верстаті. Але ще до уточнення моделі необхідно попередньо вибрати матеріал ріжучої частини.

4.4 Вибір вимірювальних засобів. Допустимі похибки вимірювання

4.4.1 Вибір засобів вимірювань

Вибирають вимірювальні засоби (вид інструмента і ціну його поділки) відповідно до вимог технології виготовлення і складання. У нормативно-технічних документах наводиться перелік контрольно-вимірювальних інструментів, що застосовуються при виконанні тієї чи іншої операції. Нижче розглядаються лише загальні положення методики вибору універсальних

вимірювальних засобів лінійних розмірів (діаметрів і довжин) у діапазоні розмірів до 500 мм.

Правильний вибір вимірювальних засобів залежно від точності контрольованої деталі-елемента має велике практичне значення. Як відомо, вибір засобів вимірювання без урахування точності призводить до небажаних наслідків. Так, коли користуються не досить точним інструментом, деталі-вироби, що за результатами вимірювання вважаються придатними, можуть виявитися непридатними. Іноді вироби, вибракувані інструментом, насправді виявляються придатними, тобто такими, що перебувають у полі допуску. Під час складання деталі-елементи, перевірені не досить точним інструментом, можуть дати інші зазори або натяги, ніж це передбачав конструктор. Коли ж застосовують надмірно точний, отже, й дорожчий та складніший в обслуговуванні інструмент, зростає вартість виготовлення і відновлення деталі-елемента чи виробу.

При виборі вимірювальних засобів і методів контролю виробів враховують сукупність метрологічних, експлуатаційних і економічних показників. До метрологічних показників належать: допустима похибка вимірювального приладу або інструмента, ціна поділки шкали, поріг чутливості, границі вимірювання та ін. Експлуатаційними економічними показниками є вартість і надійність вимірювальних засобів, тривалість роботи (до ремонту), час, затрачений на налагодження і процес вимірювання, маса, габаритні розміри і робоче навантаження.

Основним фактором є допустима похибка вимірювальних засобів, що впливає із стандартизованого визначення дійсного розміру як і розміру, який дістаємо в результаті вимірювання з допустимою похибкою.

4.4.2 Допустимі похибки вимірювання

Похибки вимірювання є найбільшими допустимими похибками вимірювання, до яких входять всі складові, що залежать від

вимірювальних засобів, установочних мір, температурних деформацій, базування тощо. Значення допустимих похибок вимірювання встановлені залежно від номінальних розмірів і допусків на виготовлення. Значення похибок установлені для квалітетів IT 2 — IT 18 для номінальних розмірів до 500 мкм

Таблиця 4.2

Допустимі похибки вимірювання (δ), визначені залежно від допусків IT, мкм

Номінальні розміри, мм	6		7		8		9		10		12		14	
	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ
Від	для квалітетів													
До	6													
3	6	1,8	10	3,0	14	3,0	25	6	40	8	100	20	250	50
6	8	2,0	12	3,0	18	4,0	30	8	48	10	120	30	300	60
10	9	2,0	15	4,0	22	5,0	36	9	58	12	150	30	360	80
18	11	3,0	18	5,0	27	7,0	43	10	70	14	180	40	430	90
30	13	4,0	21	6,0	33	8,0	52	12	84	18	210	50	520	120
50	16	5,0	25	7,0	39	10,0	62	16	100	20	250	50	620	140
80	19	5,0	30	9,0	46	12,0	74	18	120	30	300	60	740	160
120	22	6,0	35	10,0	54	12,0	87	20	140	30	350	70	870	180
180	25	7,0	40	12,0	63	16,0	100	30	160	40	400	80	1000	200
250	29	8,0	46	12,0	72	18,0	115	30	185	40	460	100	1150	240
315	32	10,0	52	14,0	81	20,0	130	30	210	50	520	120	1300	260
400	36	10,0	57	16,0	89	24,0	140	40	230	50	570	120	1400	280
500	40	12,0	63	18,0	97	26,0	155	40	250	50	630	140	1550	320

Прийнято значення похибок: до 30 % (для ІТ 6 — ІТ 9), від 20 % (для ІТ 10 і грубіших).

Допустимі похибки вимірювання наведено в табл. 9.1. Це випадкові та невраховані систематичні похибки вимірювання. Випадкову складову похибки можна виявити практично в усіх видах вимірювання. Цю частину похибки інколи беруть за всю похибку вимірювання. Ось чому в стандарті було визнано за необхідне окремо вказати, що випадкова складова похибки вимірювання має не перевищувати 0,6 нормованої допустимої похибки вимірювання. Обмежити невраховану систематичну похибку вимірювання неможливо, бо для її безпосереднього визначення треба мати зразкові міри, що, особливо в точних вимірюваннях, практично неможливо.

4.4.3 Вибір засобів та методів контролю

При виборі та призначенні вимірювальних засобів необхідно виконувати наступні вимоги:

- 1) намагатися по можливості розширювати виробничі допуски;
- 2) по можливості зменшувати витрати на вимірювальні засоби та на утримання органів технічного контролю;
- 3) обмежувати дійсні розміри контрольованих об'єктів граничними розмірами, рекомендованими стандартами.

Вибір засобів та методів вимірювання розмірів у машинобудуванні виконується з урахуванням метрологічних, експлуатаційних та економічно обґрунтованих показників.

До основних метрологічних показників відносяться: 1) допустима похибка вимірювального приладу; 2) ціна поділки шкали; 3) границі вимірювань; 4) допустима похибка вимірювань; 5) поріг чутливості та ін.

До експлуатаційних показників відносять: 1) надійність вимірювальних засобів, 2) тривалість роботи до ремонту, 3) зручність вимірювання та час, який витрачається на налагодження, 4) габаритні розміри та 5) вимірювальне зусилля.

До економічних показників відносять: 1) вартість вимірювальних засобів; 2) витрати на експлуатацію та ремонт.

Порядок визначення КВІ:

- 1) Визначається достатній квалітет точності контрольованих розмірів та відповідні їм допуски ІТ.
- 2) Згідно стандарту встановлюються похибки вимірювання, які визначаються залежно від допусків ІТ.
- 3) Встановлюються значення допустимих похибок засобів та методів вимірювання, а потім прийнятне співвідношення між цими похибками та допусками контрольованих розмірів, після чого вибираються засоби вимірювання.

4.5. Питання для самоконтролю.

1. Критерії оптимальності режимів механічної обробки.
2. Послідовність вибору режимів різання дослідно-статистичним методом.
3. Інструментальні матеріали.
4. Елементи режиму різання. Фактори, які впливають на швидкість різання.
5. Вибір режимів різання по таблицям нормативів.
6. Порядок вибору режимів різання при обробці на токарних верстатах.
7. Порядок вибору режимів різання при фрезеруванні.
8. Порядок вибору режимів різання при шліфуванні.
9. Порядок вибору контрольно-вимірювального інструменту.

5. ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ МАШИН

5.1 Загальні поняття та визначення:

Технологічний процес складання машин і механізмів представляє собою частину виробничого процесу, яка характеризується послідовним з'єднанням деталей у підгрупи, групи та готовий виріб.

Ця частина процесу є сукупністю операцій по з'єднанню готових деталей у визначеній послідовності з метою отримання машин або механізму, які повністю відповідають встановленим для них технічним вимогам.

Первинним елементом будь-якої машини або механізму є деталь.

Деталь - первинний елемент виробу, характерною ознакою якого є відсутність в ньому з'єднань.

Декілька деталей, зібраних і з'єднаних між собою яким-небудь способом, складають вузол.

Вузол - це складова частина машини, яка може бути зібрана самостійно, окремо від інших елементів машини.

Групою - називається вузол, який безпосередньо входить у виріб.

Підгрупа - вузол, який входить у виріб у складі групи. Підгрупа першого порядку - вузол, який безпосередньо входить у групу; підгрупа 2-го порядку - вузол, який входить у підгрупу 1-го порядку і т.д..

Комплект - вузол, який самостійно складається та перевіряється, але вимагає часткового розбирання при встановленні його у виріб.

Склад виробу (машини) схематично представлений схемою

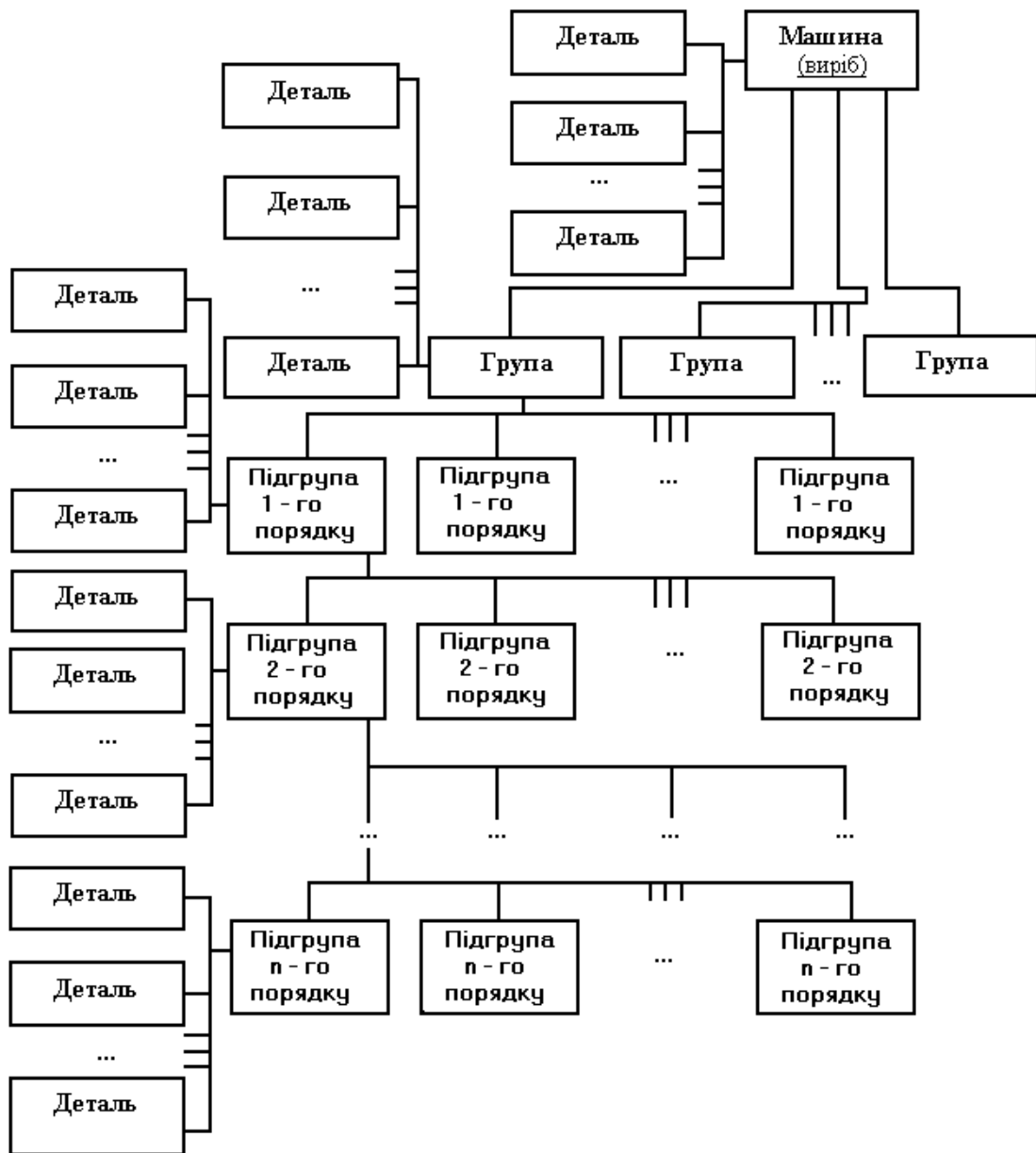


Рис.5.1 Склад виробу (машини)

Базовим складальним елементом (деталлю)- називається деталь або вузол, з яких починається складання виробу.

У сучасному машинобудуванні складання ділиться на вузлове та загальне.

Вузлове складання – послідовне складання груп та підгруп.

Загальне складання – складання готового виробу з деталей.

5.2 Вибір виду та організаційної форми виробничого процесу

5.2.1 Методи виконання складання

У сучасному машинобудуванні розрізняють два методи роботи при складанні:

- 1) непоточний :
 - 1.1 - індивідуальний;
 - 1.2 - бригадний;
 - 1.3 - ланцюговий.
- 2) поточний.

Індивідуальний метод роботи – представляє собою стаціонарне складання без розчленування процесу. Машина повністю збирається з окремих деталей одним робочим або однією бригадою на одному робочому посту від початку і до кінця. Цей метод притаманний одиничному виробництву.

Бригадний метод роботи – машину збирає бригада робочих із окремих деталей і складальних одиниць, попередньо зібраних іншими робочими поза стендом загального складання. Метод розповсюджений у дрібносерійному виробництві.

Ланцюговий метод роботи - суть методу полягає в тому, що машину збирають послідовно, починаючи з базової складальної одиниці. Але весь процес загального складання розробляють і організують так, що на визначених етапах зібрані раніше в групи складальні одиниці можна було б без порушення якості подальших робіт розібрати та відправити замовнику. Таким чином, необхідні для складання площі скорочуються та зменшується цикл складання. Застосовується для складання крупних та важких виробів.

Поточний метод роботи – це рухома форма складання із розчленуванням технологічного процесу на окремі операції, причому кожна з них (або декілька, які повторюються) виконується на одному визначеному робочому місці (рухомому або

нерухомому) конкретним робочим або групою робочих. Робочі місця та обладнання розміщені по ходу технологічного процесу.

5.2.2 Технологічні методи (види) вузлового та загального складання

В залежності від кількісного співвідношення між підгоночними та чисто складальними роботами в машинобудуванні розрізняють п'ять основних методів складання:

- 1.) По принципу повної взаємозамінності.
- 2.) По принципу неповної взаємозамінності:
 - 2.1.) шляхом індивідуального підбору;
 - 2.2.) шляхом групового підбору (групової взаємозамінності);
 - 2.3.) складання із застосуванням компенсаторів (метод регулювання).
- 3) По принципу індивідуальної підгонки.

1.) Складання по принципу повної взаємозамінності – метод передбачає складання машини без попереднього сортування або підбору деталей, без їх допоміжної механічної обробки та підгонки при встановленні або заміні будь-якої деталі.

Застосовується в крупносерійному та масовому виробництві. В цьому випадку деталі обробляються лише в механічних цехах по межовим калібрам.

Переваги методу:

- мала трудоемкість;
- висока продуктивність;
- можливість роботи в потоці;
- можливість виробничого кооперування при виготовленні деталей та вузлів;
- спрощення ремонту машини в процесі її експлуатації.

2.) Складання методами по принципу неповної (часткової) взаємозамінності – суть методів заключається у тому, що допуски на розміри деталей збільшуються до економічно обгрунтованої точності обробки їх на верстатах. При складанні необхідна посадка з'єднаних деталей (які також виготовляються по межовим калібрам, але з більшими допусками) забезпечується шляхом попереднього підбору деталей по розмірам, або шляхом застосування компенсаторів.

Переваги методів:

- зменшується собівартість механічної обробки.

Недоліки:

- підвищується собівартість складальних робіт, в наслідок підбирання та сортування деталей;
- з'являється великий процент деталей, які вимагають доробки.

2.1.) Метод індивідуального підбору – попередній підбір деталей здійснюється із всіх деталей, які потрапляють на складання, виготовлених у межах встановленого допуску.

Застосування методу обгрунтоване при складанні вузлів з короткими розмірними ланцюгами та при забезпеченні достатньою кількістю деталей.

2.2.) Метод групового підбору – деталі попередньо сортують на розмірні групи у межах одного і того ж допуску. Метод застосовується, коли по умовам роботи з'єднання необхідний зазор або натяг настільки малий, що допуски основних розмірів деталей, що входять у з'єднання, технологічно важко виконати. У цьому випадку розширюють поля допусків розмірів, а задана точність з'єднання забезпечується відповідним підбором деталей.

Переваги: метод дозволяє отримати дуже точні з'єднання.

Недоліки: деталі повинні виготовлятись великими партіями.

2.3.) Метод складання із застосуванням компенсаторів (метод регулювання) – заключається в тому, що необхідний в останній ланці зазор забезпечують введенням рухомого компенсатора.

Цей метод зручний для об'єктів, які мають багатоланкові розмірні ланцюги.

Переваги:

1) метод дозволяє здійснювати обробку контактуючих деталей із розширеними допусками; 2) можливість регулювання зазорів не лише при виготовленні, а й при експлуатації машини.

3.) Метод індивідуальної підгонки – дозволяє отримати задану точність з'єднань допоміжною ручною, або станочною обробкою контактуючих деталей без застосування межових калібрів.

Задана точність при цьому досягається знаттям із одної з контактуючих деталей необхідного шару матеріалу. Заданий зазор Δ_z досягається підгонкою деталі 1 з допомогою шабрування, притирання і т.д.

Метод застосовують у одиночному та дрібносерійному виробництві.

У масовому - лише для отримання підвищеної точності та герметичності з'єднань (притирання прецизійних плунжерних пар, клапанів).

Недоліки:

- 1) необхідність робочих високої кваліфікації;
- 2) підвищена трудоемкість;
- 3) труднощі при врахуванні та нормуванні підгоночних робіт;
- 4) необхідність допоміжних слюсарних та механічних операцій;
- 5) підвищена забрудненість робочих місць.

5.3 Технологічні схеми складання (розбирання) вузла (машини)

Технологічна схема процесу складання – це умовне зображення послідовності комплектування виробу та його вузлів при складанні.

Розрізняють розгорнуту та укрупнену схеми технологічного процесу складання виробу. Схема називається розгорнутою, якщо всі складові елементи виробу розчленовані і подані умовно у вигляді окремих деталей, і при цьому показні всі контрольні операції та наведено додаткові пояснення. Цю схему виконують для нескладних виробів чи складальних груп.

Схема складання називається укрупненою, якщо всі складові елементи виробу (або їх частини) не розчленовані на підгрупи та деталі. Укрупнені схеми доцільно будувати для складних машин та агрегатів (автомобіль, двигун і т.д. із зазначенням контрольних операцій, що виконуються при загальному складанні виробу.

Кожен елемент виробу позначається (рис.5.2) на схемі прямокутником, який поділено на три частини. У верхній частині зазначають назву деталі за каталогом (специфікацією) або назву складальної групи, у лівій нижній частині номер деталі за каталогом (специфікацією) або індекс, номер складальної групи чи підгрупи, або індекс, номер позиції на складальному кресленні. Індекс групи та підгрупи позначається скорочено: “Зб. ”. у правій нижній частині позначається кількість таких деталей (груп або підгруп), що складаються при виконанні даної операції.

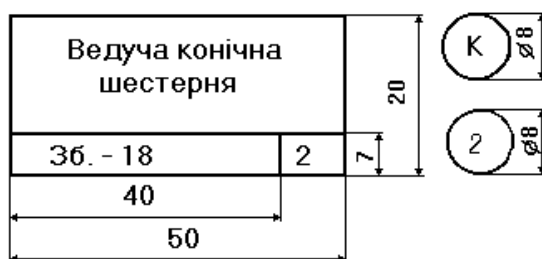


Рис. 5.2. Позначення Елементу виробу.

Контрольні операції умовно зображаються у вигляді кола Ø8 з великою літерою К. додаткові операції (вказівки) вказують у вигляді кола Ø8 арабськими цифрами: 1, 2, 3, ... , розшифровка яких дається під схемою.

Стандартні вироби (підшипники, сальники і т.д.) зображають на схемах як складальні одиниці без розчленування на окремі деталі.

Приклад: Скласти розгорнуту схему складання ступиці (рис.5.3)

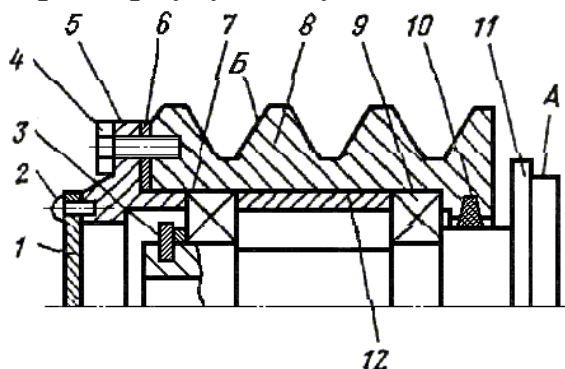


Рис.5.3 Ескіз маточини

Рішення: Технологічна схема складання – це графічне зображення послідовності комплектування виробу та складальних одиниць. Розробка технологічної схеми складання починається з визначення базової деталі (або складальної одиниці) і поділу виробу на складальні одиниці та деталі. Від прямокутника із зображенням базового елемента до прямокутника, який зображає готовий виріб (або складальну одиницю), проводиться горизонтальна лінія. Над нею розміщують у порядку послідовності складання прямокутники, які умовно зображають деталі, а нижче – прямокутники, які умовно зображають складальні одиниці. Для кожної складальної одиниці (першого, другого та більш високих порядків) можуть бути побудовані аналогічні схеми.

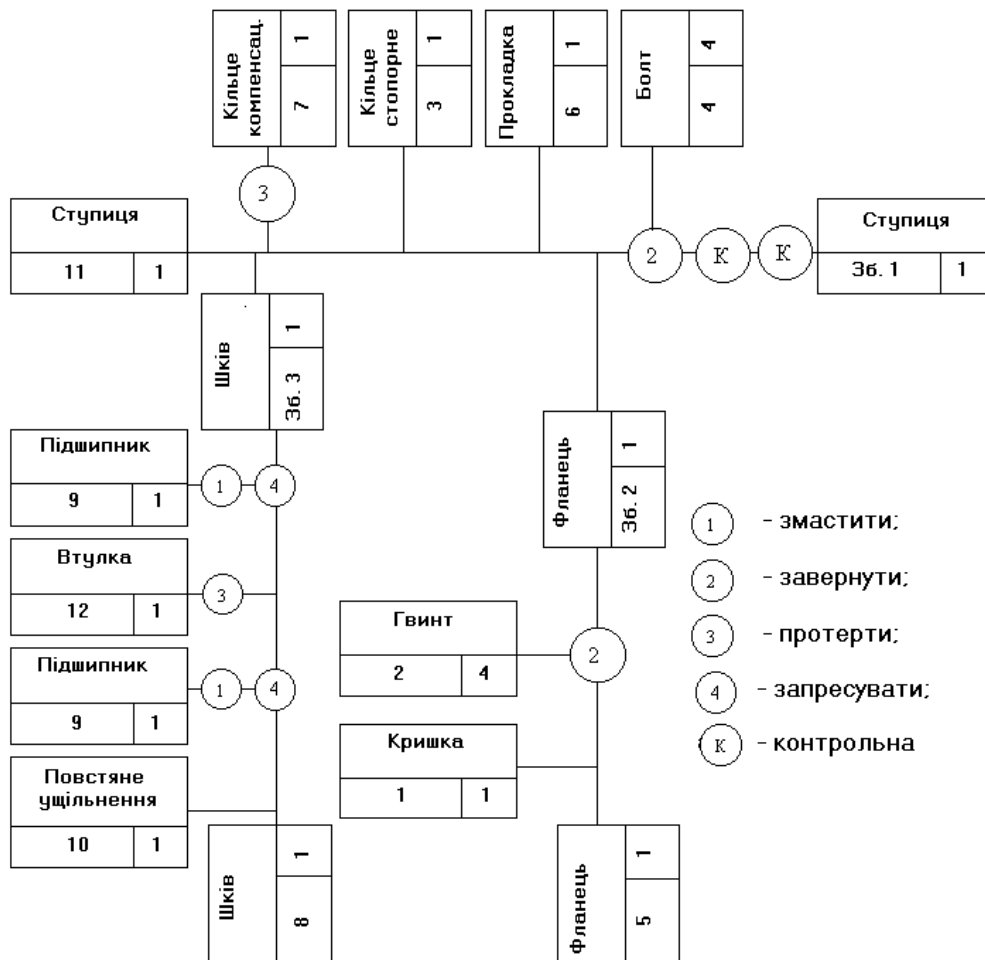


Рис.5.4 Схема складання маточини

На виробництві порядок розробки ТП складання включає:

- 1) вивчення конструкції виробу, що складається;
- 2) вибирається схема та метод організації складання;
- 3) встановлюється порядок комплектування вузлів і виробу в процесі складання, складається схема розчленування виробу на елементи. Виріб розбивається на групи та підгрупи;
- 4) розробляється план складання : визначається зміст складальних операцій і встановлюється найбільш раціональна послідовність їх виконання;
- 5) встановлюється режим складання та норми часу на виконання операцій;

Зміст операцій складання

№ операції	Найменування операції	Зміст операції по переходам
1	Складання шків (Зб.3)	Закріпити шків в пристрої. Встановити ущільнююче кільце. Змастити і встановити підшипник. Протерти і встановити втулку. Змастити і встановити підшипник.
2	Встановлення шків (Зб.3)	Закріпити ступицю у пристрої. Встановити шків (Зб.1) на ступицю. Протерти й встановити компенсаційне кільце. Встановити стопорне кільце. Встановити прокладку.
3	Складання фланця (Зб.2)	Встановити фланець у пристрої. Встановити кришку. Закріпити кришку гвинтами.
4	Встановлення фланця (Зб.2)	Встановити фланець (Зб.2). Закріпити фланець (Зб.2) болтами.
5	Контрольна	Перевірити легкість обертання шків. Перевірити биття поверхні А відносно поверхні Б.

- 6) вибирається (розробляється) обладнання, пристрої та інструмент;
- 7) призначаються технічні умови на складання елементів та загальне складання виробу по операціям;
- 8) вибираються методи та засоби технічного контролю складання;

- 9) визначаються раціональні способи транспортування при складанні, підбираються та проектуються транспортні засоби;
- 10) розробляється технологічне планування складального цеху;
- 11) розробляється і оформляється технологічна документація.

5.4 Технічні показники складальних процесів:

- 1) Час складального процесу:

$$T_{c\phi} = (\tau_{c\phi} / B) \times N_c, \quad (5.1)$$

де: $\tau_{c\phi}$ – трудомісткість складального процесу (нормогод);

B – кількість робочих у складальній бригаді;

N_c – кількість виробів, що складається.

- 2) Темп поточного складання (номінальний темп):

$$t_n = 60\Phi / N_2, \quad (5.2)$$

де: Φ – річний фонд робочого часу (год.);

N_2 – річна виробнича програма (шт).

- 3) Ритм складання (кількість виробів, які складаються в одиницю часу) номінальний, дійсний):

$$r_n = 1/t_n; r_d = 1/t_d, \quad (5.3)$$

де: $t_n; t_d$ – номінальний та дійсний темп.

- 4) продуктивність складального поста :

$$Q = TB_n / t_{щ}, \quad (5.4)$$

де: T – робочий час (зміна, год) ;

B_n – кількість робочих на посту;

$t_{щ}$ – штучний час виконання складальної операції.

- 5) Цикл складання (час від моменту надходження деталей в цех до моменту випуску зібраного виробу):

$$Z = t_d n_n + (a-1) \times t_d - \sum n_n t_d, \quad (5.5)$$

де: a – кількість комплектів вузлів, які збираються в запас;

$\sum n_n t_d$ – кількість постів.

- 6) Собівартість складання виробу:

$$S_{c\phi} = \sum S_0, \quad (5.6)$$

де: S_0 – вартість виконання операції.

7) Коефіцієнт завантаження поточної лінії складання:

$$k_n = 1/n_n \sum 1^m(k_n), \quad (5.7)$$

де: k_n – коефіцієнт завантаження складального поста.

5.5. Питання для самоконтролю.

1. Типізація технологічних процесів.
2. Технологія складання машин (загальні поняття та визначення).
3. Технологічні методи вузлового та загального складання.
4. Складання по принципу повної взаємозамінності.
5. Складання по принципу неповної взаємозамінності.
6. Метод індивідуальної пригонки.
7. Технологічні схеми складання (розбирання) вузла.
8. Порядок розробки ТП на виробництві.
9. Технологічні показники складальних процесів.
10. Методи виконання складання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навч. посіб. / О. В. Дерібо – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
2. Руденко П.О., Харламов Ю.О., Шустик О.Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. -К.: Вища школа. 1993 -288 с.
3. Якимов О.В., Марчук В.І., Якимов О.О., Ларшин В.П. Технологія машино- та приладобудування. Підручник: Луцьк, ЛДТУ – 2005.- 710 с.
4. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування. Підручник.: Житомир, ЖДТУ – 2005. – 835 с.
5. Технологія машинобудування / Є. О. Горбатюк, М. П. Мазур, А. С. Зенкін та ін. – Львів : Новий Світ – 2000, 2009. – 358 с.
6. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – К., 1993. – 544 с.
7. В.М.Токаренко “Технологія автотранспортного машинобудування і ремонт машин. Курсове проектування”. К.”Вища школа”,1992р. 127 с.
8. Г.А Саранча “Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю” Підручник.- К.:Центр навчальної літератури, 2006. – 672 с.
9. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.
10. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Лінчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994.– 400 с.
11. Аверченков В. І. Збірник задач і вправ з технології машинобудування: навч. посіб. / В. І. Аверченков, О. О. Горленко, В. Б. Ільцький – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 314 с.
12. Програмування обробки деталей на верстатах з ЧПК [Текст] : навч. посібник для студ. спец. "Технологія машинобудування" і "Металоріжучі верстати та інструменти" / Л. М. Сєдінкін ; ІСДО, Сумський ун-т. - К. : [б.в.], 1994. - 106 с. - ISBN 5-7763-1875-0.

13. Технологія обробки на верстатах з ЧПК [Текст] : навч. посіб. для студ. машинобуд. спец. вищ. техн. навч. закл. / Гевко Б. М. [та ін.] ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, Каф. технології машинобуд. та автомобілів. - Т. : Крок, 2014. - 131 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 126-128. - 300 прим. - ISBN 978-617-692-168-4.
14. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Онови творення машин / [За редакцією О.В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. – Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с. : 52 іл. ISBN 978-966-2989-39-7.
15. Гевко, Б. М. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої [Текст] : Навчальний посібник. / Б. М. Гевко, М. Г. Дичковський, А. В. Матвійчук. – К. : ТОВ «Кондор» , 2009. — 220 с.
16. Григурко, І. О. Технологія машинобудування: дипломне проектування: [Текст] : Навчальний посібник для ВНЗ / І.О. Григурко, М.Ф. Брендуля, С.М. Доценко. – Львів : Новий світ , 2011 – 573 с.
17. Захаркін, О. У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): [Текст]: Навчальний посібник / О. У Захаркін. — Суми : Сумський державний університет , 2011. – 137 с.

Навчальне видання

Іван Іванович **НАЗАРЕНКО**
Микола Миколайович **РУЧИНСЬКИЙ**
Олег Павлович **ДЄДОВ**
Євген Олександрович **МІЩУК**

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Навчальний посібник

Видавець **ФОП Ямчинський О.В.**
03150, Київ, вул. Предславинська, 28
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
Суб'єкта видавничої справи ДК №6554 від 26.12.2018 р.

Формат 60x84/16. Наклад 100 пр. Ум. др. арк.12. Зам. №25

Виготовлювач **ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ»**
03150, Київ, вул. Предславинська, 28
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 4131 від 04.08.2011 р.