

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ  
ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ  
З ДИСЦИПЛІНИ  
"ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ"

Київ – 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор (декан)  
\_\_\_\_\_ ММІ \_\_\_\_\_  
(назва інституту/факультету)  
\_\_\_\_\_ (М.І. Бобир) \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015\_р.

Методичні вказівки до практичних занять та  
самостійної роботи студентів з курсу  
ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ  
(назва навчальної дисципліни)

підготовки \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_  
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)  
напряму 6.050502 Інженерна механіка 6.050503 Машинобудування  
(шифр і назва)  
спеціальності 8(7).05050302 Інструментальне виробництво  
(шифр і назва)  
форми навчання \_\_\_\_\_ денна \_\_\_\_\_  
(денна/заочна)

Ухвалено методичною комісією  
\_\_\_\_\_ ММІ \_\_\_\_\_  
(назва інституту/факультету)  
Протокол від \_\_\_\_\_ 2015 р. № \_\_\_\_\_  
Голова методичної комісії  
\_\_\_\_\_ (О.А. Охріменко)  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2015 р.

Київ – 2015

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів з курсу технологія машинобудування  
(назва кредитного модуля)

для студентів за напрямом підготовки 6.050502 Інженерна механіка, 6.050503 Машинобудування  
за спеціальністю 8(7).05050302 Інструментальне виробництво  
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за денною формою навчання  
складена відповідно до програми навчальної дисципліни технологія машинобудування  
(назва навчальної дисципліни)

РОЗРОБНИКИ:

доц. каф. ТМ, к.т.н., доц. Данилова Л.М. \_\_\_\_\_  
(підпис)

доц. каф. ТМ, к.т.н., доц. Фролов В.К. \_\_\_\_\_  
(підпис)

ст.викладач каф. ТМ Задерій О.М. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)  
(підпис)

Рецензенти С.С.Добрянський, к.т.н., доц. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Ю.Й.Бесарабець, к.т.н., доц. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Відповідальний редактор Ю.В.Петраков, д.т.н., проф. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Затверджено на Вченій раді механіко-машинобудівного інституту  
Протокол від «25» травня 2015 року № 10  
Декан ММІ

\_\_\_\_\_ (М.І. Бобир)  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«25»травня 2015 р.

ЗМІСТ

|  |     |
|--|-----|
| 1. Послідовність розроблення технологічного процесу виготовлення деталі                      | 4   |
| 2. Технологічний контроль кресленника  | 4   |
| 3. Аналіз службового призначення деталі і умов її роботи у вузлі                             | 5   |
| 4. Визначення типу і форми організації виробництва   | 7   |
| 5. Відпрацювання конструкції деталі на технологічність                                       | 9   |
| 6. Вибір заготовки і його техніко-економічне обґрунтування                                   | 13  |
| 6.1. Литі заготовки  | 14  |
| 6.2. Ковані та штамповані заготовки  | 19  |
| 6.3. Зварні заготовки  | 22  |
| 6.4. Заготовки з прокату   | 26  |
| 7. Розроблення маршрутного технологічного процесу  | 28  |
| 7.1. Основні правила і послідовність розроблення технологічного маршруту виготовлення деталі | 28  |
| 7.2. Вибір типового технологічного процесу і типових схем оброблення поверхонь               | 30  |
| 7.2.1. Корпусні деталі   | 30  |
| 7.2.2. Деталі класу “круглі стержні”   | 31  |
| 7.2.3. Деталі класу “порожністі циліндри”  | 32  |
| 7.2.4. Деталі класу “диски”  | 32  |
| 7.2.5. Деталі класу “некруглі стержні”   | 33  |
| 7.2.6. Типові схеми оброблення поверхонь   | 34  |
| 7.3. Вибір технологічних баз і обґрунтування прийнятої схеми базування                       | 34  |
| 7.4. Вибір обладнання, верстатних пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів          | 39  |
| 8. Розроблення операційного технологічного процесу   | 48  |
| 8.1. Розрахунок припусків на механічне оброблення  | 48  |
| 8.2. Розрахунок режимів різання і норм часу  | 80  |
| 9. Остаточне оформлення технологічної документації   | 82  |
| 10. Конструювання і розрахунок пристроїв   | 93  |
| 11. Техніко-економічне обґрунтування вибраного варіанту технологічного процесу               | 95  |
| ДОДАТКИ  | 97  |
| Список літератури  | 109 |

У процесі вивчення дисциплін, пов'язаних з проектуванням технологічних процесів, студенти повинні засвоїти основні положення розроблення технологічних процесів і проектування технологічного оснащення при виготовленні деталей і складанні машин, навчитися застосовувати здобуті знання на практиці. Для набуття відповідних навичок передбачені практичні заняття.

Мета цих методичних рекомендацій – надати допомогу студентам при розробці технологічних процесів виготовлення деталей машин та при виконанні передбаченої навчальним планом роботи.

## 1. ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

При розробленні технологічного процесу виготовлення деталі необхідно виконати наступне [16]:

- виконати технологічний контроль креслення;
- проаналізувати службове призначення деталі і умови її роботи у вузлі;
- визначити тип і форму організації виробництва;
- відпрацювати конструкцію деталі на технологічність;
- вибрати заготованку і обґрунтувати цей вибір техніко-економічно;
- розробити маршрутний технологічний процес;
- розробити операційний технологічний процес;
- сконструювати, розрахувати і описати технологічне оснащення (пристрій);
- підготувати технологічну документацію.

Також студентом виконується графічна частина роботи по розробленню технологічного процесу виготовлення деталі. А саме: кресленник деталі та заготованки, схематичне зображення кількох технологічних операцій, складальні креслення кількох верстатних пристроїв. Приклади містяться у Додатку 8.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ КРЕСЛЕНИКА

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вихідним документом є її креслення. Технолог повинен проконтролювати робоче креслення деталі у відповідності до ГОСТ 14.206-73. У креслення входять відомості, необхідні для якісного виготовлення деталі, які також дають повне уявлення про її конструкцію, усі проекції, розрізи, перерізи, які пояснюють конфігурацію деталі.

На робочому кресленні показують лінійні і кутові розміри з допустимими відхиленнями за ДСТУ 2500-94, • ДСТУ ISO 286-1-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286-1:1988, IDT), • ДСТУ ISO 286-2-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилень отворів і валів (ISO 286-2:1988, IDT), "вільні" розміри за • ДСТУ ISO 2768-1-2001 Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768-1:1989, IDT) із зазначенням у технічних умовах квалітету їх виконання (звичайно в загальному і хімічному машинобудуванні "вільні" зовнішні розміри виконують за h14, внутрішні – за H14, інші – за  $\pm IT 14/2$ ), шорсткість оброблених поверхонь, позначену у відповідності до ГОСТ 2789-73, ГОСТ 2.309-73, а також відхилення форми і розміщення поверхонь, позначені у відповідності до • ДСТУ ISO 1101:2009 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Геометричні допуски. Допуски форми, орієнтації, розташування та биття (ISO 1101:2004, IDT), ДСТУ ГОСТ 2.308:2013.

У технічних умовах на виготовлення деталі можна вказувати додаткові відомості про матеріал деталі, види термічного оброблення її окремих поверхонь, застосовувані захисні і декоративні покриття, тощо.

При технологічному контролі креслення студентові необхідно використовувати раніше перераховані стандарти, а також [5, т. 3, гл.14; 16, дод.; 18, гл.3-6; 19; 20].

## 3. АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ І УМОВ ЇЇ РОБОТИ У ВУЗЛІ

Усі вказані на кресленні відомості дозволяють зробити висновок про можливий спосіб отримання заготованки і намітити орієнтовний маршрут виготовлення деталі.

Для правильної побудови маршруту виготовлення деталі необхідно звернути увагу на її конструктивні особливості (наявність точних розмірів оброблених поверхонь і їх взаємного розміщення, наявність поверхонь з низькою шорсткістю, тощо) і службове призначення.

У процесі вивчення службового призначення деталі необхідно розглядати і аналізувати складальні креслення вузла, в який входить деталь, та функції вузла в роботі всього виробу. При навчальному проектуванні не завжди є можливість ознайомитися з складальними кресленнями виробу, тому студентам дозволяється на свій розсуд описувати службове призначення деталі, керуючись наступними загальними правилами.

Необхідно визначити клас, до якого відноситься деталь (корпусні деталі, круглі стержні, порожнисті циліндри, диски, не круглі стержні, невеликі деталі складної форми, кріпильні деталі, зубчасті колеса, спеціальні деталі), і провести аналіз деталі, що відноситься до конкретного класу.

Вали. Служать як опори для деталей, за допомогою яких передається обертальний рух і крутий момент. Службове призначення вала визначає точність базування закріплених на ньому деталей, крутий момент, що передається, і частота обертання.

Корпусні деталі, станини, плити, рами. Вони є в машинах базовими елементами. Тому уточнене формулювання службового призначення деталей цього класу в першу чергу повинно визначати точність відносного положення деталей, які входять, або приєднуються до неї. Крім того, корпусні деталі часто використовуються як резервуари, камери згорання, різні блоки тощо.

Зубчасті колеса. Служать для передавання крутного моменту з одного вала на інший, передавання і перетворення частоти обертання. Уточнення службового призначення зубчастих коліс повинні включати в себе крутий момент, що передається з валу на вал, частоту обертання зубчастих коліс і передатне відношення.

Фланці, трубопроводи, кришки, які працюють під тиском. Призначені для зберігання і транспортування рідини та газів. При уточненні службового призначення цих деталей необхідно указувати робочий тиск, агресивні властивості робочої рідини або газу, характеристику приєднаних поверхонь, за якими виконується з'єднання даної деталі з іншими.

Важелі, шатуни, тяги тощо. Призначені для передавання і зміни напрямку руху, для перетворення обертального руху в обернено-поступальний і навпаки. При уточненні службового призначення цих деталей необхідно вказувати сили і круті моменти, що передаються, частоти зміни навантаження і їх характер.

Специфічність призначення кожної деталі і умови її роботи повинні бути, по можливості, докладно відображені при описуванні службового призначення.

Для цього необхідно проаналізувати форму, точність і якість виготовлення всіх поверхонь деталі, точність їх розміщення відносно інших поверхонь деталі. При аналізі необхідно звернути увагу на найменування деталі, технічні умови її виготовлення (термооброблення та інше) і матеріал, з якого виготовляється деталь. Необхідно привести коротку характеристику матеріалу, указати його склад, фізико-механічні і технологічні властивості (наприклад, ливарні, оброблюваність тиском,

різанням, зварюванням), після чого визначити можливий спосіб отримання заготовки (вилівок, ковбанка, штампована заготовка тощо).

При цьому студент може скористатись рекомендаціями [1, с.11-19; 5, т.2, гл.2-4; 15, с.11, 27-32; 16; 17, с.24-25; 25, с.132-136, 248-368; 26, с.368-450; 27, с.304-368; 29, с.20-56; 42, с.5-14, 74-77, 132-136, 254-256, 283-287, 308-310, 324, 331-335, 380-383, 393- 394, 417-418, 461].

#### 4. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва визначається кількістю продукції, яку випускає підприємство за одиницю часу, і її характером. У свою чергу тип виробництва визначає форми організації технологічних процесів, які залежать від установаного порядку виконання операцій, розміщення технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку їх руху при виготовленні.

У машинобудуванні умовно розрізняють три основних типи виробництва: одиничне, серійне і масове.

Одиничним називається виробництво, при якому вироби виготовляються в одному або декількох екземплярах. Повторне виготовлення цих виробів може не виконуватися або здійснюватися через невизначений час. Цей тип виробництва характеризується застосуванням універсального обладнання (токарно-гвинторізні, вертикально- і радіально-свердлильні, вертикально- і горизонтально-фрезерні, плоско- і круглошліфувальні та інші верстати), універсальних і нормалізованих пристроїв (наприклад, лещата, косинці, прихвати, універсальні ділильні головки, координатні столи тощо), стандартних інструментів (стандартні різці, свердла, зенкери, розвертки, фрези, мітчики, плашки тощо).

У цьому випадку дільниці цехів звичайно компонується за типом обладнання (дільниця токарних верстатів, дільниця фрезерних верстатів тощо). Технологічний процес оброблення має ущільнений характер, тобто на одному верстаті виконується декілька операцій або відбувається повне виготовлення різних деталей.

Серійним називається виробництво, при якому вироби виготовляються серіями, що повторюються через певний проміжок часу. У залежності від кількості виробів у серії, їх розмірів і продуктивності їх виготовлення умовно розрізняють мало-, середньо- та великосерійне виробництво (табл.1).

Таблиця 1

Допоміжна таблиця для орієнтовного визначення типу виробництва [26]

| Тип виробництва | Кількість виробів в серії |          |          |
|-----------------|---------------------------|----------|----------|
|                 | великих                   | середніх | малих    |
| малосерійне     | 2...5                     | 5...25   | 10...50  |
| середньосерійне | 5...25                    | 25...150 | 50...300 |
| великосерійне   | > 25                      | > 150    | > 300    |

У серійному виробництві дільниці цехів компонується у вигляді потокових ліній, в яких обладнання розташоване в порядку виконання технологічних операцій (дільниця виготовлення валів, дільниця виготовлення корпусних деталей, дільниця виготовлення шестерень тощо).

Технологічний процес розділяється на операції, які закріплені за окремими верстатами. Малосерійне виробництво впритул наближається до одиничного, а великосерійне – до масового. Тому серійне виробництво передбачає використання верстатів різних видів: від універсальних до спеціалізованих і спеціальних (токарно-револьверні верстати, токарні автомати та напіваавтомати, агрегатні верстати тощо), а також верстатів з числовим програмованим керуванням (ЧПК) і багатоопераційних (багатоцільових).

У серійному виробництві поряд з універсальними застосовують універсально-збірні пристрої (УЗП), а також спеціалізовані і спеціальні пристрої і інструменти.

Для більш рівномірної і ритмічної роботи в серійному виробництві деталі виготовляють партіями. Кількість їх у партії:

$$n = N \cdot t / F, \text{ шт.}, \quad (1)$$

де  $N$  - річна програма випуску деталей, шт.;

$t$  - кількість днів, на які необхідно мати запас деталей (для великих деталей – 1,2,5; для малих – 5,10,20), шт.;

$F$  - число робочих днів у році (приймають рівним 240...250), шт.

**Масовим** називається виробництво, при якому здійснюється великий масштаб випуску однакових виробів і їх виготовлення проводиться шляхом безперервного виконання на робочих місцях одних і тих же операцій, які постійно повторюються.

У масовому виробництві дільниці цехів компонується у вигляді безперервно-потокових або автоматичних ліній. Обладнання розставлено в порядку виконання технологічних операцій.

Для цього типу виробництва характерне застосування високопродуктивного вузькоспеціалізованого і спеціального обладнання, оснастки та інструменту.

Тип виробництва визначають розрахунково-аналітичним методом з визначенням коефіцієнта серійності або коефіцієнта закріплення операцій, а також аналоговим методом, який дає наближений результат.

На попередньому етапі проектування можна скористатися аналоговим методом, який ураховує масу деталі і річну програму випуску (табл.2).

Таблиця 2

Залежність типу виробництва від обсягу випуску і маси деталі

| Маса деталі, кг | Тип виробництва |             |                 |                |         |
|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|----------------|---------|
|                 | одиничне        | малосерійне | середньосерійне | великосерійне  | масове  |
| до 1,0          | до 10           | 10...2000   | 2000...75000    | 75000...200000 | >200000 |
| >1,0...2,5      | до 10           | 10...1000   | 1000...50000    | 50000...100000 | >100000 |
| >2,5...5,0      | до 10           | 10...500    | 500...35000     | 35000...75000  | >75000  |
| >5,0...10,0     | до 10           | 10...300    | 300...25000     | 25000...50000  | >50000  |
| >10,0           | до 10           | 10...200    | 200...10000     | 10000...25000  | >25000  |

Для більш глибокого ознайомлення з визначенням типу виробництва рекомендується вивчити [1, с.19-24; 8, с.35-39; 17, с.28-34; 26, с.16-25; 27, с.153-160; 28, с.7-11; 29, с.6-18; 39, с.9-11; 40, с.20-23; 44, с.22-26].

## 5. ВІДПРАЦЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ

Мета аналізу технологічності деталі - виявити можливість зменшення металомісткості деталі, трудомісткості її механічного оброблення і використання високопродуктивних методів оброблення. При аналізі технологічності деталі використовують ГОСТ 14.201-83 та ГОСТ 14.205-83.

Застосовують якісний та кількісний методи оцінки технологічності. Останній передбачає розрахунок таких показників технологічності деталі, як коефіцієнт точності оброблення, коефіцієнт шорсткості та інше. Проте в зв'язку з тим, що повна формалізація конструкції деталі утруднена, кількісний і якісний методи застосовують паралельно. При цьому аналізі технологічності рекомендується виконувати в такій послідовності:

- на основі вивчення робочого креслення деталі, умов її роботи і заданого масштабу виробництва визначити вид заготовки і спосіб її отримання, урахувавши при цьому економічні фактори;

- визначити поверхні, які можуть бути використані при базуванні деталі, а також необхідність і можливість введення допоміжних баз;

- установити можливість застосування високопродуктивних методів оброблення;

- з метою отримання високого ступеня точності і потрібної низької шорсткості поверхонь визначити необхідність в додаткових викінчувальних операціях;

- порівняти точність, шорсткість, відхилення форми і взаємного розташування поверхонь деталі з можливостями металорізальних верстатів;

- визначити можливість безпосереднього контролю розмірів, що задані на кресленні;

- визначити конструктивні елементи деталі, які перешкоджають її жолобленню в процесі термооброблення, а також відповідність матеріалу деталі прийнятним видам термічного оброблення.

Далі наведені загальні рекомендації до аналізу технологічності окремих типів деталей і заготовок.

При аналізі технологічності литих заготовок необхідно вибрати спосіб лиття, визначити положення вилівка у формі, призначити площину рознімання, намітити базові поверхні для механічного оброблення, вибрати кількість і розміщення стержнів, визначити товщину стінок вилівка тощо.

Спосіб лиття вибирають з урахуванням матеріалу деталі, її конфігурації і точності, програми випуску. Необхідно урахувати, що якщо прийняти вартість 1 т вилівоків з сірого чавуну за одиницю, то вартість 1 т вилівоків з інших матеріалів складає: з ковкого чавуну – 1,3; з вуглецевої сталі – 1,6; з кольорових сплавів – 3...6.

Конфігурація вилівка повинна забезпечувати її безперешкодне витягування з форми, а стержнів – з стержньових ящиків. Для цього передбачають формувальні уклони, наведені в ГОСТ 3212-92, і радіуси заокруглень. Ливарна форма повинна мати одну площину рознімання, усі западини, виїмки, ребра та інші елементи повинні мати напрям, перпендикулярний до площини рознімання форми. Залишки додатків та ливників необхідно суміщати з припуском на оброблення.

При литті в піщані форми мінімальна товщина стінок:

$$\Delta_{\min} = (L / 200) + 4, \text{ мм} \quad (2)$$

де L – найбільший габаритний розмір заготовки, мм.

При литті в металеві форми (кокілі): для силуміну  $\Delta_{\min} = 3$  мм; для сталі  $\Delta_{\min} = 8...10$  мм; для чавуну (без вибілювання)  $\Delta_{\min} = 15$  мм. При литті за моделями, що виплавляються,  $\Delta_{\min} = 1...2$  мм, а мінімальний діаметр литого отвору – 2 мм.

При аналізі технологічності гарячештампованих заготовок необхідно враховувати наступне:

- технологічні бази для механічного оброблення повинні формуватися в одній порожнині штампа;

- форма заготовки повинна забезпечувати вільне її витягування з штампа, для чого передбачають штампувальні уклони і радіуси переходів;

- штамп повинен розніматися по площині, в якій розміщені найбільші габаритні розміри заготовки.

При виготовленні деталей на металорізальних верстатах аналіз технологічності їх конструкції має свої особливості в залежності від класу деталей.

При аналізі технологічності корпусних деталей необхідно відповісти на наступні запитання:

- чи допускає дана конструкція оброблення площин напрохід і що заважає такому виду оброблення?

- чи дозволяє форма отворів розточувати їх напрохід з одного або двох боків?

- чи можна оброблювати отвори одночасно на багатощпindelних верстатах з урахуванням відстаней між осями цих отворів?

- чи є вільний доступ різального та вимірювального інструменту до оброблюваних поверхонь?

- чи потрібне підрізування торців отворів з внутрішніх сторін вилівка і чи можна його усунути?

- чи є глухі отвори і чи можна їх замінити наскрізними?

- чи є оброблювані площини, які розміщені під тупими і гострими кутами, і чи можна їх замінити площинами, що розміщені взаємно-паралельно або перпендикулярно?

- чи є отвори, що розміщені не під прямим кутом до площини входу інструмента, і чи можна змінити ці елементи?

- чи достатня жорсткість деталі, чи не обмежує вона режими різання?

- чи немає в конструкції деталі внутрішньої різьби великого діаметра і чи можна замінити її іншими конструктивними елементами?

- чи передбачені в конструкції деталі достатні за розмірами і відстанями між ним базові поверхні, якщо їх немає, то які треба вибрати допоміжні бази?

- наскільки простий спосіб отримання заготовки (виливка, штампованої заготовки, тощо)?

- чи правильно вибрані елементи конструкції, які обумовлюють спосіб отримання заготовки?

- чи доцільно, урахувавши програму випуску, замінити матеріал деталі і спосіб отримання заготовки (наприклад, замість лиття отримувати заготовку зварюванням)?

При аналізі технологічності валів визначають наступне:

- чи можна оброблювати поверхні вала напрохід?

- чи зменшуються у напрямі до кінців діаметральні розміри шийок вала?

- чи можна зменшити діаметри великих фланців і буртів, або виключити їх взагалі, як це вплине на коефіцієнт використання металу?

- чи можна замінити закриті шпонкові канавки відкритими, які оброблюються більш продуктивними дисковими фрезами?

- чи можна замінити ступінчасті вали менш трудомісткими гладкими?

- чи мають поперечні канавки ступінчастих валів форму і розміри, придатні для оброблення на гідрокопіювальних верстатах?

- чи допускає жорсткість вала отримання високої точності оброблення (вал вважається недостатньо жорстким для отримання 6...8 квалітетів точності при відношенні його довжини до діаметра  $L/D > 10...12$ ; для менш точних валів це відношення може дорівнювати 15; при багаторізцевому обробленні його необхідно зменшити до 10).

При аналізі технологічності зубчастих коліс необхідно визначити можливість застосування високопродуктивних методів формоутворення зубчастого вінця пластичним деформуванням у гарячому або холодному стані.

Ознаки технологічної конструкції зубчастого колеса такі:

- простота форми центрального отвору, оскільки складні отвори значно підвищують вартість оброблення, викликаючи необхідність застосування револьверних верстатів і токарних напівавтоматів;

- простота конфігурації зовнішнього контуру зубчастого колеса, тому що найбільш технологічні зубчасті колеса – без маточин, які виступають за ширину вінця;

- наявність маточин, розміщених з одного боку, тому що в цьому випадку на оправці одночасно установлюють дві заготовки колеса, що підвищує продуктивність збонарізування на 25...30%;

- симетричне розміщення перемичок між маточиною і вінцем для зубчастих коліс, що підлягають термічному обробленню, порушення цієї вимоги приводить до значних односторонніх деформацій при термообробленні;

- правильна форма та розміри канавок для виходу інструментів;

- можливість багаторізцевого оброблення в залежності від співвідношення діаметрів вінців і відстані між ними.

Подібним чином проводять аналіз технологічності і для інших деталей, які мають аналогічні елементи конструкції.

Необхідно враховувати, що поняття технологічності відносне. Одна і та ж деталь може бути технологічною для масового виробництва і нетехнологічною для малосерійного (наприклад, складний ажурний корпус, отриманий литтям під тиском з силуміну), тому що витрати на виготовлення дорогого оснащення в малосерійному виробництві не окупляться.

Для повнішого аналізу технологічності деталей рекомендується використати [1, с.11-19; 17, с.26-28; 24, с.419-429; 26, с.30-36; 27, с.160-184; 29, с.9-13; 30, с.127-150; 43, гл.3].

## 6. ВИБІР ЗАГОТОВАНКИ І ЇЇ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі починають з вибору заготовки. На вибір способу отримання заготовки впливають такі характеристики: матеріал деталі, її конфігурація, форми поверхонь і їх розміри, технічні умови на виготовлення деталі, обсяг і серійність випуску.

Вибрати заготовку – означає визначити спосіб її отримання, розрахувати або підібрати за таблицями припуски на механічне оброблення усіх поверхонь і указати допуски на виготовлення заготовки, передбачити необхідні ливарні або штампувальні уклони і радіуси переходів і скласти креслення заготовки з зазначенням площини рознімання ливарної форми або штампу.

Остаточне рішення про вибір способу отримання заготовки приймають після комплексного розрахунку собівартості заготовки і деталі. При цьому порівнюють декілька варіантів і обирають такий, при якому забезпечується мінімальна собівартість деталі, що включає в себе вартість виготовлення заготовки і її механічного оброблення.

При економічному обґрунтуванні вибору виду будь-якої заготовки для проєктованого технологічного процесу можливі наступні три варіанти:

- спосіб отримання заготовки приймають аналогічним до того, який уже існує в даному виробництві, оскільки в цьому випадку вартість заготовки не змінюється, то вона не враховується при визначенні технологічної собівартості виготовлення деталі, при обґрунтуванні правильності вибору заготовки достатньо послатися на довідкову

літературу, де для заданих умов рекомендується цей варіант як оптимальний;

- спосіб отримання заготовки змінюється відносно базового варіанту, проте при цьому не змінюється технологічний процес механічного оброблення, у цьому випадку перевагу віддають заготованці, яка характеризується кращим використанням металу і меншою вартістю;

- спосіб отримання заготовки змінюється відносно базового варіанту і в результаті цього суттєво змінюється ряд операцій механічного оброблення заготовки, у цьому випадку питання про доцільність застосування нового виду заготовки вирішують тільки після визначення повної технологічної собівартості деталі, що включає затрати на виготовлення заготовки і її механічне оброблення.

Основні види заготовок для деталей машин у залежності від їх матеріалу, призначення і форми такі:

- литі заготовки з чавунів, сталей і кольорових сплавів;
- гаряче- і холодноштамповані, ковані та пресовані заготовки з сталей, алюмінієвих сплавів і латуней;
- заготовки з пруткового прокату і листового матеріалу;
- заготовки з неметалевих матеріалів (пластмас, текстоліту, деревини, скла, гуми та інші);
- зварні заготовки.

### 6.1. Литі заготовки

Складні фасонні деталі, які не підлягають ударним навантаженням, виготовляють з чавунних виливків. Деталі складної конфігурації, що працюють у важких умовах, отримують із сталевих виливків.

Якість і вартість литих заготовок у великій мірі залежить від способу їх виготовлення. Найбільш розповсюджені способи лиття чорних металів – у земляні форми за дерев'яними моделями при ручному формуванні, в земляні форми при машинному формуванні за металевими моделями та інші. У табл.3 наведені основні характеристики литих заготовок[8].

Застосування машинного формування за металевими моделями дозволяє суттєво підвищити якість і продуктивність виготовлення виливків у порівнянні з ручним формуванням.

Лиття в оболонкові форми застосовують головним чином при отриманні складних відповідальних виливків. При автоматизації цей спосіб дозволяє отримати до 450 напівформ за годину.

Лиття в металеві форми (кокілі) економічно обґрунтоване при розмірі партії не менше 300...500 шт. Лиття за моделями, що виплавляються,

економічно доцільне для литих деталей складної конфігурації з важкооброблюваних сталей при розмірі партії понад 100 шт.

Лиття під тиском економічно доцільне при розмірі партії 1000...2000 шт. та більшому і застосовується для виготовлення заготовок з алюмінієвих, цинкових та латунних сплавів. Продуктивність – до 1000 виливків за годину.

Відцентрове лиття застосовують для отримання заготовок, що мають форму тіл обертання.

Економічна доцільність застосування виливків [28]:

$$C_3 = G_3 \cdot C_{рм} + A \cdot (1 + q_3/100) + C_m/n + B \cdot T \cdot (1 + q/100), \text{ грн.} \quad (3)$$

де  $G_3$  – маса рідкого металу, що витрачається на заготовку, кг;

$C_{рм}$  – вартість 1 кг рідкого металу, грн.;

$A$  – сума заробітної плати за роботи заготівельного цеху, грн.;

$q_3$  – накладні витрати заготівельного цеху, %;

$C_m$  – вартість моделі і стержньових ящиків, грн.;

$n$  – кількість заготовок, яку можна вилити за допомогою однієї моделі, шт.;

$B$  – годинна зарплата робітника, що виконує чорнове оброблення, грн.;

$T$  – калькуляційний час оброблення заготовки, год.;

$q$  – накладні витрати механічного цеху, %.

Таблиця 3

Характеристики способів виготовлення литих заготовок з чавуну, сталі, кольорових і спеціальних сплавів [2,8]

| Спосіб виготовлення заготовки                                  | Розміри або маса |          | Точність виконання розмірів заготовки класу (ГОСТ 26645-85) | Шорсткість Rz, мкм (Ra, мкм) | Тип виробництва        |
|--|------------------|----------|---|------------------------------|------------------------|
|  | найбільші        | найменші |   |                              |                        |
| Лиття в землю при ручному формуванні за дерев'яними моделями   | не обмежені      |          | 8...16  | 320...80 (80...20)           | одиничне, мало-серійне |
| Лиття в землю при машинному формуванні за дерев'яними моделями | 10...15 т        |          | 6...13  | 80...20 (20...5)             | серійне                |



|  |            |                           |        |                       |                        |
|--|------------|---------------------------|--------|-----------------------|------------------------|
| Лиття в землю при машинному формуванні за металевими моделями зі складанням стержнів в кондукторах | 3...5 т    | товщина стінки 3...8 мм   | 4...12 | 40...10<br>(10...2,5) | велико-серійне, масове |
| Лиття в напівпостійні (цементні, графітові, асбесто- і графітоалебастрові) форми                   | 30 т       |                           | 6...13 | 320...80<br>(80...20) | серійне                |
| Лиття в оболонкові форми, алюмінієве   | 100 кг     | товщина стінки 1...1,5 мм | 4...10 | 40...10<br>(10...2,5) | серійне, масове        |
| Лиття в оболонкові форми, сталеве  |            | товщина стінки 3...5 мм   |        |                       |                        |
| Лиття сталеве за моделями, що виплавляються  | 50 кг      | товщина стінки 0,5 мм     | 3...6  | 40...10<br>(10...2,5) | серійне, масове        |
| Лиття під тиском (зі сплавів кольорових металів)   | 100 кг     |                           |        | 20 (5) і менше        | велико-серійне, масове |
| Лиття в металеві форми   | 0,5...7 т  | 4...15 мм                 | 4...12 | 80...10<br>(10...2,5) | серійне, масове        |
| Відцентрове лиття  | 0,01...3 т | 0,5 мм                    |        | 160...40<br>(40...10) |                        |

В (3) входять коефіцієнти, що залежать від економічних показників роботи конкретного ливарного цеху, які студентам звичайно невідомі.

Для проектних робіт вартість литих заготованок, а також заготованок, отриманих гарячим штампуванням, визначають так [1]:

$$C_3 = (C_i/1000) \cdot G \cdot K_t \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_m \cdot K_n - (G - g) \cdot (C_{\text{відх}}/1000), \text{ грн.} \quad (4)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 т заготованок, грн.;

$K_t$ ,  $K_c$ ,  $K_b$ ,  $K_m$ ,  $K_n$  – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготованок;

$G$  – маса заготованки, кг;

$g$  – маса готової деталі, кг;

$C_{\text{відх}}$  – вартість 1 т відходів, грн.

Допускається для наближеного економічного обґрунтування правильного вибору заготованки приймати [1]:

- вартість 1 т виливків з сірого чавуну (СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20, СЧ 21 масою 1...3 кг, 14...16-го класів точності розмірів за ГОСТ 26645-85), отриманих литтям у звичайних земляних формах та кокілях, складає  $C_1 = 7200$  грн.; для інших металів вона збільшується в  $K_m$  разів; значення коефіцієнта  $K_m$  наведені в табл.4;

- для виливків з вуглецевих сталей, отриманих литтям за моделями, що виплавляються, вартість 1 т складає  $C_2 = 39700$  грн.;

- для виливків з алюмінієвих сплавів, отриманих литтям під тиском, вартість 1 т складає  $C_3 = 25300$  грн.

Таблиця 4

Значення коефіцієнта  $K_m$  для різних матеріалів [1]

| Матеріал виливка   | $K_m$     |
|--|-----------|
| Чавун  | 1,00      |
| СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20, СЧ 21  | 1,09      |
| СЧ 24, СЧ 25, СЧ 30, СЧ 35, СЧ 40, СЧ 45   | 1,24      |
| ВЧ 38-17, ВЧ 42-12, ВЧ 45-5, ВЧ 50-7, ВЧ 50-2, ВЧ 60-2, ВЧ 70-2, ВЧ 80-2, ВЧ 100-2, ВЧ 120-2 | 1,15      |
| КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 45-6, КЧ 50-4, КЧ 56-4, КЧ 60-3, КЧ 63-2            | 1,21      |
| Сталь  | 1,60      |
| Вуглецева  | 2,2...2,6 |
| Низьколегована   | 4,15      |
| Легована   | 3,40      |
| Мідноцинкові сплави і бронзи олов'янисті   |           |
| Цинкові сплави   |           |

Можна прийняти значення решти коефіцієнтів, що входять в (4), рівним одиниці. Вартість відходів наведена в табл.5.

Таблиця 5

Заготівельні ціни за 1 т стружки чорних та кольорових металів

| Вид стружки | Вартість, грн. |
|-------------|----------------|
| чавунна     | 496            |
| сталева     | 452...562      |
| латунна     | 6820...8080    |
| бронзова    | 10140...21660  |
| алюмінієва  | 4800...6300    |

Після економічного обґрунтування правильності вибору виду заготовки розробляють її креслення (ескіз).

Креслення вилівка з технічними вимогами повинно включати усі дані, що необхідні для виготовлення, контролю і приймання вилівка, і виконується у відповідності з вимогами стандартів ЄСКД і ГОСТ 3.1125-88.

При викреслюванні вилівка ураховують усі припуски на механічне оброблення разом з технологічними формувальними уклонами і радіусами переходів.

Контур заготовки наводять суцільною основною лінією, а контур вписаної в заготовку деталі – тонкою суцільною. Приклад оформлення креслення литої заготовки наведений в ГОСТ 3.1125-88.

Формувальні уклони литих заготовок, що забезпечують вільне витягування моделей з форми або визволення стержнів з стержньових ящиків, призначають поверх припуску на механічне оброблення за ГОСТ 3212-80 (табл.6). В ребрах жорсткості уклони доводять до 5...8<sup>0</sup>, а в невисоких бобишках, платиках і планках – до 30...45<sup>0</sup>.

При виборі заготовки, отриманої литтям, рекомендується використовувати ГОСТ 1412-85, ГОСТ 4832-80, ГОСТ 7293-85, ГОСТ 7769-82, ГОСТ 1215-79, ГОСТ 26358-84, ГОСТ 977-75, ГОСТ 2176-77, ГОСТ 21357-87, ГОСТ 19200-80, ГОСТ 18169-86, ГОСТ 26645-85, ГОСТ 17819-84, ГОСТ 18111-72.

Більш детально про литі заготовки можна прочитати в [1, с.28-39; 2, т.1, с.116-134; 3, с.142-153; 5, т.3, с.8-37; 39 с.58-73; 40, с.81-83].

Радіуси заокруглень у литих деталях приймають рівними 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40 мм, попередньо визначивши їх за залежностями, наведеними в табл.7.

Таблиця 6

Формувальні уклони зовнішніх поверхонь моделей або стержньових ящиків (ГОСТ 3212-80)[2]

| Вимірювальна висота поверхні моделі, мм | Уклони (не більше) при моделях |                  |           |            |
|---|--------------------------------|------------------|-----------|------------|
|   | таких, що виплавляються        | оболонкових форм | металевих | дерев'яних |
| до 20                                   | 0°20'                          | 0°45'            | 1°30'     | 3°00'      |
| >20...50                                | 0°15'                          | 0°30'            | 1°00'     | 1°30'      |
| >50...100                               | 0°10'                          | 0°30'            | 0°45'     | 1°00'      |
| >100...200                              | -                              | 0°20'            | 0°30'     | 0°45'      |

|             |   |       |       |       |
|-------------|---|-------|-------|-------|
| >200...300  | - | 0°20' | 0°30' | 0°30' |
| >300...800  | - | -     | 0°20' | 0°30' |
| >800...2000 | - | -     | -     | 0°20' |
| >2000       | - | -     | -     | 0°15' |

Допустимі відхилення розмірів виливків визначають за ГОСТ 26645-85 (табл.8). Значення граничних відхилень, розміщених симетрично відносно номінальних розмірів вилівка, наносять на креслення вилівка.

## 6.2. Ковані та штамповані заготовки

Заготовки у вигляді кованок застосовуються для виготовлення деталей, що працюють на вигин, крутіння, розтягування і які мають значну різницю розмірів поперечних перерізів окремих елементів. При цьому прагнуть отримати конфігурацію заготовок, максимально наближену до форми деталі.

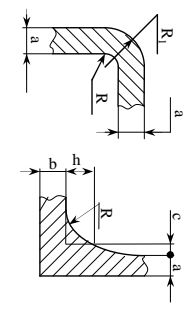
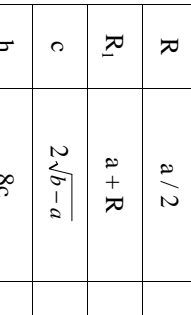
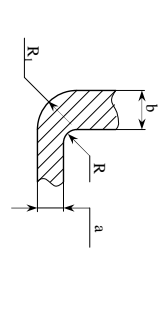
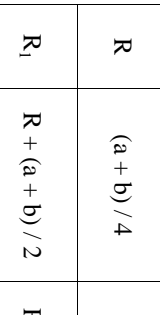
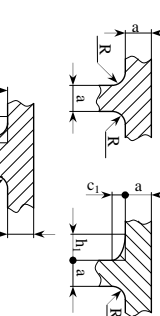
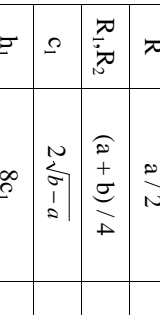
Кованки, що отримують вільним куванням, застосовують в одиничному та малосерійному виробництві, а також при виготовленні великогабаритних деталей. Для цих кованок ГОСТ 7829-70 установлює припуск на механічне оброблення різанням, граничні відхилення на номінальні розміри кованки, а також напуски для кованок та умови їх призначення.

У серійному та масовому виробництві заготовки отримують у відкритих або закритих штампах на ковальсько-пресовому обладнанні. У табл.9 наведені основні способи отримання заготовок і їх характеристики.

При виборі заготовок, отриманих під тиском, необхідно мати на увазі, що найпродуктивніші способи – це холодне висадження на автоматах та поперечно-гвинтове прокатування (продуктивність до 350 шт./хв.).

Радіуси заокруглень в литих заготовках [2]

Таблиця 7

| Ескіз   | Пара-метр                       | Формули для визначення параметрів для литва |                       |
|---|---------------------------------|---|-----------------------|
|   |                                 | У піщаній формі                             | У кокіль і під тиском |
|  | R                               | $a / 2$                                     | $a / 3$               |
|   | R <sub>1</sub>                  | $a + R$                                     | $a + R$               |
|  | c                               | $2\sqrt{b-a}$                               | $2\sqrt{b-a}$         |
|   | h                               | 8c  | 8c                    |
|   | R                               | $(a + b) / 4$                               | $(a + b) / 6$         |
|   | R <sub>1</sub>                  | $R + (a + b) / 2$                           | $R + (a + b) / 2$     |
|   | R                               | $a / 2$                                     | $a / 3$               |
|   | R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> | $(a + b) / 4$                               | $(a + b) / 6$         |
|    | c <sub>1</sub>                  | $2\sqrt{b-a}$                               | $2\sqrt{b-a}$         |
|   | h <sub>1</sub>                  | 8c <sub>1</sub>                             | 8c <sub>1</sub>       |
|    | c <sub>2</sub>                  | $1,5\sqrt{b-a}$                             | $1,5\sqrt{b-a}$       |
|   | h <sub>2</sub>                  | 12c <sub>2</sub>                            | 12c <sub>2</sub>      |

Штампування на кривошипних пресах у 2...3 рази продуктивніше, припуски і допуски на 20...35% менші у порівнянні зі штампуванням на молотах, розхід металу на кованки знижується при цьому на 10...15%.

Заготованки деталей типу стержнів з потовщенням, кілець, втулок, деталей з наскрізними або глухими (у тому числі глибокими) отворами та деякі інші [8] доцільно отримувати на горизонтально-кувалдних машинах (ГКМ). Кування і штампування підвищують механічні властивості металу, які дуже часто регламентуються технічними вимогами на виготовлення деталі.

Таблиця 8

Допустимі відхилення на розміри виливків за ГОСТ 26645-85

| Інтервали номінальних розмірів, мм | Допуски розмірів виливків, мм, не більше, для класів точності розмірів виливків |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |    |    |   |
|------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|----|----|---|
|                                    | 1   | 2    | 3Г   | 3    | 4    | 5Г   | 5    | 6    | 7Г   | 7    | 8    | 9Г  | 9    | 10   | 11Г  | 11   | 12   | 13Г  | 13   | 14 | 15 |   |
| До 4                               | 0.06  | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.16 | 0.20 | 0.24 | 0.32 | 0.40 | 0.50 | 0.64 | 0.8 | 1.0  | 1.2  | 1.6  | 2.0  | -    | -    | -    | -  | -  | - |
| >4...6                             | 0.07  | 0.09 | 0.11 | 0.14 | 0.18 | 0.22 | 0.28 | 0.36 | 0.44 | 0.56 | 0.70 | 0.9 | 1.1  | 1.4  | 1.8  | 2.2  | 2.8  | -    | -    | -  | -  | - |
| >6...10                            | 0.08  | 0.10 | 0.12 | 0.16 | 0.20 | 0.24 | 0.32 | 0.40 | 0.50 | 0.64 | 0.80 | 1.0 | 1.2  | 1.6  | 2.0  | 2.4  | 3.2  | 4.0  | 5.0  | -  | -  | - |
| >10...16                           | 0.09  | 0.11 | 0.14 | 0.18 | 0.22 | 0.28 | 0.36 | 0.44 | 0.56 | 0.70 | 0.90 | 1.1 | 1.4  | 1.8  | 2.2  | 2.8  | 3.6  | 4.4  | 5.6  | 7  | -  | - |
| >16...25                           | 0.10  | 0.12 | 0.16 | 0.20 | 0.24 | 0.32 | 0.40 | 0.50 | 0.64 | 0.80 | 1.00 | 1.2 | 1.6  | 2.0  | 2.4  | 3.2  | 4.0  | 5.0  | 6.4  | 8  | 10 | - |
| >25...40                           | 0.11  | 0.14 | 0.18 | 0.22 | 0.28 | 0.36 | 0.44 | 0.56 | 0.70 | 0.90 | 1.10 | 1.4 | 1.8  | 2.2  | 2.8  | 3.6  | 4.4  | 5.6  | 7.0  | 9  | 11 | - |
| >40...63                           | 0.12  | 0.16 | 0.20 | 0.24 | 0.32 | 0.40 | 0.50 | 0.64 | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.6 | 2.0  | 2.4  | 3.2  | 4.0  | 5.0  | 6.4  | 8.0  | 10 | 12 | - |
| >63...100                          | 0.14  | 0.18 | 0.22 | 0.28 | 0.36 | 0.44 | 0.56 | 0.70 | 0.90 | 1.10 | 1.40 | 1.8 | 2.2  | 2.8  | 3.6  | 4.4  | 5.6  | 7.0  | 9.0  | 11 | 14 | - |
| >100...160                         | 0.16  | 0.20 | 0.24 | 0.32 | 0.40 | 0.50 | 0.64 | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.60 | 2.0 | 2.4  | 3.2  | 4.0  | 5.0  | 6.4  | 8.0  | 10.0 | 12 | 16 | - |
| >160...250                         | -   | -    | 0.28 | 0.36 | 0.44 | 0.56 | 0.70 | 0.90 | 1.10 | 1.40 | 1.80 | 2.2 | 2.8  | 3.6  | 4.4  | 5.6  | 7.0  | 9.0  | 11.0 | 14 | 18 | - |
| >250...400                         | -   | -    | 0.32 | 0.40 | 0.50 | 0.64 | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.60 | 2.00 | 2.4 | 3.2  | 4.0  | 5.0  | 6.4  | 8.0  | 10.0 | 12.0 | 16 | 20 | - |
| >400...630                         | -   | -    | -    | -    | 0.56 | 0.70 | 0.90 | 1.10 | 1.40 | 1.80 | 2.20 | 2.8 | 3.6  | 4.4  | 5.6  | 7.0  | 9.0  | 11.0 | 14.0 | 18 | 22 | - |
| >630...1000                        | -   | -    | -    | -    | -    | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.60 | 2.00 | 2.40 | 3.2 | 4.0  | 5.0  | 6.4  | 8.0  | 10.0 | 12.0 | 16.0 | 20 | 24 | - |
| >1000...1600                       | -   | -    | -    | -    | -    | -    | 1.40 | 1.80 | 2.20 | 2.80 | 3.6  | 4.4 | 5.6  | 7.0  | 9.0  | 11.0 | 14.0 | 18.0 | 22   | 28 | -  |   |
| >1600...2500                       | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 2.00 | 2.40 | 3.20 | 4.0  | 5.0 | 6.4  | 8.0  | 10.0 | 12.0 | 16.0 | 20.0 | 24   | 32 | -  |   |
| >2500...4000                       | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 3.20 | 3.60 | 4.4  | 5.6 | 7.0  | 9.0  | 11.0 | 14.0 | 18.0 | 22.0 | 28   | 36 | -  |   |
| >4000...6300                       | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 5.0  | 6.4 | 8.0  | 10.0 | 12.0 | 16.0 | 20.0 | 24.0 | 32   | 40 | -  |   |
| >6300...10000                      | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 16.0 | 20.0 | 24.0 | 32.0 | 40   | 50 | -  |   |

Таблиця 9

Характеристики основних способів виготовлення заготовок тиском  
(вуглецеві, леговані сталі і спеціальні сплави) [2,8]

| Спосіб виготовлення заготовки  | Розміри або маса |                       | Точність виконання розмірів заготовки           | Шорсткість Rz, мкм (Ra, мкм) |
|--|------------------|-----------------------|---|------------------------------|
|  | найбільші        | найменші              |   |                              |
| Штапування на молотах і пресах   | 200 кг           | товщина стінки 2,5 мм | за ГОСТ 7505-89, 7062-79                        | 320...160 (80...40)          |
| Штапування з наступним карбуванням   | 100 кг           |                       | 0,05...0,1 мм                                   | 40...10 (10...2,5)           |
| Штапування (висадка) на ГКМ  |                  | діаметр 200 мм        | 0,1 кг  | за ГОСТ 7505-89              |
| Штапування видавлюванням   | 0,2...0,5 мм     |                       | 320...160 (80...40)                             |                              |
| Фасонне вальцювання на кувальних вальцях                                       | 50 кг            | товщина стінки 2,5 мм | за ГОСТ 7505-89                                 | 320...160 (80...40)          |
| Прокатування штучних заготовок на поперечно-гвинтових та спеціальних верстатах | 250 кг           | 0,1 кг                | 0,5...2,5 мм                                    |                              |
| Холодна висадка на автоматах   | діаметр 30 мм    | діаметр 1 мм          | 8...12 квалітет                                 | 20...10 (5...2,5)            |
| Штапування на калібрувальних кривошипних пресах                                | 100 кг           | товщина стінки 2,5 мм | на 20...25% вища, ніж при штапуванні на молотах | 320...160 (80...40)          |

При економічному обґрунтуванні вибору заготовки вартість штапованої кованки і її чорнового оброблення складає:

$$C_3 = G_3 \cdot C_n + C_{ш} \cdot (1 + q_3/100) + C_{шт}/n + B \cdot T \cdot (1 + q/100), \text{ грн.}, \quad (5)$$

де  $G_3$  – маса матеріалу, що витрачається на заготовку, кг;

$C_n$  – ціна 1 кг прокату, грн.;

$C_{ш}$  – вартість штапувальних робіт, грн.;

$q_3$  – накладні витрати заготівельного цеху, %;

$C_{шт}$  – вартість штампа, грн.;

$n$  – кількість кованок, що виготовляють одним штампом, шт.;

$B$  – годинна зарплата робітника, що виконує чорнове оброблення, грн.;

$T$  – калькуляційний час оброблення штапованої заготовки, год.;

$q$  – накладні витрати механічного цеху, %.

Для розрахунку за (5) необхідне знання багатьох економічних показників конкретного виробництва. Тому розрахунок вартості штапованої кованки можна виконувати за (4). У цьому випадку за базову приймають вартість 1 т штапованих кованок  $C_i = 7460$  грн.[1] (штаповані кованки з конструкційної вуглецевої сталі масою 2,5...4 кг, середнього класу точності за ГОСТ 7505-89, ступінь складності С1).

Коефіцієнти вибирають за наступними даними.

В залежності від класу точності штаповинок за ГОСТ 7505-74 значення коефіцієнта  $K_T$  приймають [1]:

- для першого класу точності – 1,05;

- для другого класу точності – 1.

В залежності від марки матеріалу штапованої кованки значення коефіцієнта  $K_M$  складає:

- для вуглецевої сталі (сталь 08...сталь 85) – 1;

- для сталі 15Х...сталі 50Х – 1,18;

- для сталі 18ХГТ...сталі 30ХГТ – 1,27;

- для сталі ШХ15 – 1,62;

- для сталі 12ХН3А...сталі 30ХН3А – 1,98.

Усі інші коефіцієнти, що входять в (4), можна прийняти рівними одиниці. Вартість відходів приведена в табл.5.

При виконанні креслення штапованої кованки, як і при виконанні креслення вилки, повинні бути вказані усі технічні умови, усі дані, необхідні для виготовлення штапованої кованки і її контролю. При викреслюванні штапованої кованки враховуються усі припуски на механічне оброблення, штапувальні уклони і радіуси переходів. Контур заготовки наводиться суцільною основною лінією, а контур вписаної в заготовку деталі викреслюється тонкою штрих-пунктирною лінією з двома точками за ГОСТ 3.1126-88.

В ГОСТ 7505-89, ГОСТ 7062-79 та ГОСТ 7829-70 наведені допуски на розміри і припуски на механічне оброблення, ковальські напуски і радіуси заокруглень зовнішніх та внутрішніх кутів штапованих кованок. Там же наведені приклади оформлення креслення кованки. ГОСТ 3.1126-88 установлює правила виконання графічних матеріалів на кованки.

Загальні технічні умови виготовлення кованок з конструкційної углецевої та легованої сталей наведені в ГОСТ 8479-84. Там же наведені рекомендації по вибору марки сталі в залежності від діаметру (товщини) кованки і необхідної міцності.

При проектуванні кованки необхідно враховувати, що виконання наскрізних отворів або заглибин у кованках, що виготовляються на пресах та молотах, обов'язкове в тих випадках, коли осі отворів або заглибин співпадають з напрямом руху повзуна преса або баби молота, а розміри або діаметри отворів і заглибин більші або дорівнюють висоті кованок, але не менші 30 мм. Заглибини виконуються загальною глибиною не більшою, ніж 0,8 від їх діаметра.

При виготовленні кованок на ГKM виконання наскрізних отворів і заглибин обов'язкове у випадку, коли осі отворів і заглибин у кованках співпадають з напрямом руху висаджувального повзуна, а діаметри або розміри отворів і заглибин, що прошиваються, не менші 30 мм, їх довжина не перевищує трьох діаметрів.

При оформленні креслення кованки штампувальні уклони, які розміщуються паралельно руху баби молота або повзуна преса, повинні призначатися за ГОСТ 7505-89 (табл.10), а радіуси заокруглень – за даними, наведеними в табл.11.

Величина зміщення кованок по поверхні рознімання штампа не повинна перевищувати значень допусків на розміри штампованих кованок, що вказані в ГОСТ 7505-89.

Значення допусків на неконцентричність отворів, що прошиваються в кованках, неточність плоских поверхонь і відхилення міжцентрових відстаней наведені в табл.12...14.

Зауважимо, що допуски на неплоскостність і непрямолінійність, а також на зігнутість і радіальне биття не включають у себе інших відхилень і є додатком до них.

При виборі кованої або штампованої заготовки рекомендується використовувати ГОСТ 7062-79, ГОСТ 7505-89, ГОСТ 7829-70, ГОСТ 8479-84, ГОСТ 18323-86, ГОСТ 3.1126-88. Більш детально про ковані та штамповані заготовки можна прочитати в [1, с.28-39; 2, т.1, с.134-168; 3, с.142-153; 5, т.3, с.8-37; 39, с.58-73; 40, с.79-81].

### 6.3. Зварні заготовки

Заводи хімічного машино- і апаратобудування відрізняються одиничним та малосерійним виробництвом. У цих умовах зварні конструкції корпусних деталей успішно конкурують з литими. При визначенні економічної доцільності застосування зварних заготовок

необхідно враховувати [25], що маса зварних конструкцій в 2...3 рази менша від маси литих чавунних при однаковому призначенні, тому що механічні властивості (особливо межа міцності при розтягуванні) листової сталі, яку застосовують у зварних конструкціях, приблизно в 2,5 рази вище, ніж у чавуну.

Таблиця 10  
Величина штампувальних уклонів (ГОСТ 7505-89)

| Штампувальне обладнання       | Штампувальні уклони |           |
|-------------------------------|---------------------|-----------|
|                               | зовнішні            | внутрішні |
| молоти                        | 7°                  | 10°       |
| преси з виштовхувачами        | 5°                  | 7°        |
| горизонтально-кувальні машини | 5°                  | 7°        |

Примітка: 1. При виготовленні кованок з западинами або наскрізними отворами на горизонтально-кувальних машинах уклони на поверхнях западин або отворів не повинні перевищувати 3°. 2. При виготовленні кованок на пресах без виштовхувачів та для кованок висотою до 20 мм допускається застосовувати такі ж уклони, як при штампуванні на молотах.

Таблиця 11  
Найменші радіуси заокруглення R зовнішніх кутів кованок, мм

| Маса кованок, кг | Глибина порожнини ривчака штампа, мм |         |         |     |
|------------------|--------------------------------------|---------|---------|-----|
|                  | до 10                                | 10...25 | 25...50 | >50 |
| до 1             | 1,0                                  | 1,5     | 2,0     | 3,0 |
| >1...6           | 1,5                                  | 2,0     | 2,5     | 3,5 |
| >6...16          | 2,0                                  | 2,5     | 3,0     | 4,0 |
| >16...40         | 2,5                                  | 3,0     | 4,0     | 5,0 |
| >40...100        | 3,0                                  | 4,0     | 5,0     | 7,0 |
| >100             | 4,0                                  | 5,0     | 6,0     | 8,0 |

Примітка: внутрішні радіуси заокруглень  $r = 3R$ .

При зростанні серійності виробництва собівартість модельного комплексу знижується, але необхідність у зварних пристроях збільшується. Це негативно впливає на економічність зварних деталей при великій серійності виробництва.

Затрати на механічне оброблення для литих деталей завжди більші, ніж для зварних, тому що в першому випадку припуски значно більші.

Переважає більшість апаратів внаслідок конструктивних особливостей виготовляється і монтується за допомогою зварювання. Тому якість металу повинна забезпечувати можливість створення надійних зварних з'єднань, в яких механічні і фізико-механічні властивості однакові

з властивостями основного металу або дуже близькі до них. Для зварних деталей у більшості випадків застосовують листову сталь Ст.3, а для деталей, що підлягають великим навантаженням, – сталь Ст.5. Найчастіше використовують листи товщиною від 10 до 15 мм і тільки для окремих потовщених деталей – до 25 мм. В апаратобудуванні широко застосовуються двошарові сталі.

Таблиця 12

Допуски на неконцентричність отворів, що прошиваються в кованках, відносно зовнішніх контурів кованок (ГОСТ 7505-89), мм

| Найбільший розмір кованки, мм |      |     |      | Допустиме найбільше відхилення від концентричності прошитого отвору |     |     |     |     |     |
|-------------------------------|------|-----|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
|                               |      |     |      | T1  | T2  | T3  | T4  | T5  |     |
|                               | до   | 100 | вкл. | 0,3   | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 |     |
| понад                         | 100  | >>  | 160  | >>  | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| >>                            | 160  | >>  | 250  | >>  | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| >>                            | 250  | >>  | 400  | >>  | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,6 |
| >>                            | 400  | >>  | 630  | >>  | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
| >>                            | 630  | >>  | 1000 | >>  | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,5 |
| >>                            | 1000 | >>  | 1600 | >>  | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 3,2 |
| >>                            | 1600 | >>  | 2500 | >>  | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 3,2 | 4,0 |

Таблиця 13

Допустимі відхилення по зігнутості, від площинності та від прямолінійності для плоских поверхонь (ГОСТ 7505-89), мм

| Найбільший розмір кованки мм |      |     |      | Допустимі відхилення по зігнутості для класів точності |     |     |     |     |     |
|------------------------------|------|-----|------|--|-----|-----|-----|-----|-----|
|                              |      |     |      | T1   | T2  | T3  | T4  | T5  |     |
|                              | до   | 100 | вкл. | 0,3  | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 |     |
| понад                        | 100  | >>  | 160  | >>   | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| >>                           | 160  | >>  | 250  | >>   | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| >>                           | 250  | >>  | 400  | >>   | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,6 |
| >>                           | 400  | >>  | 630  | >>   | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
| >>                           | 630  | >>  | 1000 | >>   | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,5 |
| >>                           | 1000 | >>  | 1600 | >>   | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 3,2 |
| >>                           | 1600 | >>  | 2500 | >>   | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 3,2 | 4,0 |

Таблиця 14  
Допустимі відхилення міжосьової відстані між отворами, прошитими в кованках (ГОСТ 7505-89), мм

| Міжосьова відстань мм |      |    |      | Допустиме відхилення міжосьової відстані для класів точності |       |       |       |       |       |
|-----------------------|------|----|------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       |      |    |      | T1   | T2    | T3    | T4    | T5    |       |
|                       | до   | 60 | вкл. | ±0,10  | ±0,15 | ±0,20 | ±0,25 | ±0,30 |       |
| понад                 | 60   | >> | 100  | >>   | ±0,15 | ±0,20 | ±0,25 | ±0,30 | ±0,50 |
| >>                    | 100  | >> | 160  | >>   | ±0,20 | ±0,25 | ±0,30 | ±0,50 | ±0,80 |
| >>                    | 160  | >> | 250  | >>   | ±0,25 | ±0,30 | ±0,50 | ±0,80 | ±1,20 |
| >>                    | 250  | >> | 400  | >>   | ±0,30 | ±0,50 | ±0,80 | ±1,20 | ±1,60 |
| >>                    | 400  | >> | 630  | >>   | ±0,50 | ±0,80 | ±1,20 | ±1,60 | ±2,00 |
| >>                    | 630  | >> | 1000 | >>   | ±0,80 | ±1,20 | ±1,60 | ±2,00 | ±3,00 |
| >>                    | 1000 | >> | 1600 | >>   | ±1,20 | ±1,60 | ±2,00 | ±3,00 | ±4,50 |
| >>                    | 1600 | >> | 2500 | >>   | ±1,60 | ±2,00 | ±3,00 | ±4,50 | ±7,00 |

Недоліком зварних конструкцій є те, що в результаті зварювальних операцій виникають різні деформації, що не дозволяє вести складання апаратів за принципом взаємозамінності, знижує точність і підвищує вартість механічного оброблення.

Оскільки усі апарати складаються із однотипних деталей (обичайок, днищ, фланців, трубних решіток і перегородок, корпусів апаратів, тарілок, змійовиків та інше), то для зниження собівартості зварних конструкцій і підвищення їх якості доцільні наступні заходи:

- організація комплексно-механізованих потокових ліній для очищення, виправлення і різання листового металу з застосуванням камер струминного очищення, травлення і пасивування, листоправильних машин, потужних гільотинних ножиць, газорізальних автоматів;
- організація комплексно-механізованих ліній для складання і зварювання хімічної апаратури в цілому і її елементів з пристроями для фотокопіювального різання за копірами і кресленнями, а також на спеціальних програмованих установках з ЧПК;
- впровадження плазмового різання кольорових сплавів і нержавіючих сталей;
- механізація процесів газового вирізування отворів під арматуру в корпусах обичайок та днищ;
- механізація полірування внутрішніх поверхонь апаратури з нержавіючих сталей та титанових сплавів;

- впровадження автоматичного і напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу;

- впровадження установок для електрошлакового зварювання корпусів, фланців, заготовок днищ та інших товстостінних деталей;

- впровадження автоматичного зварювання без розчищення кромок металу товщиною до 20 мм та однопрохідного зварювання металу товщиною до 12 мм.

При впровадженні потокових методів в одиничне і малосерійне виробництво необхідно керуватися наступними основними вимогами:

- приділяти особливу увагу технологічності конструкції, тому що задовільною можна вважати тільки таку конструкцію, яка, будучи ефективною та надійною в експлуатації, разом з тим найменш металоємна при виготовленні;

- максимально застосовувати в конструкції машин та апаратів нормалізовані і уніфіковані деталі та складальні одиниці;

- розділяти апарат на ряд закінчених незалежних складальних одиниць;

- при проектуванні ненормалізованих складальних одиниць максимально використовувати нормалізовані деталі.

На заводах хімічного апаратобудування організовані і успішно працюють поточкові лінії виготовлення обичайок, днищ, фланців, корпусів апаратів тощо.

#### 6.4.Заготовки з прокату

У машинобудуванні застосовують прокат різних форм та розмірів. Широко використовується прокат гарячекатаний звичайної точності, який має форму поперечного перерізу у вигляді круга, квадрата, шестигранника, штаби, кутнього, таврового та інших перерізів. Вітчизняна промисловість випускає круглий прокат діаметром від 5 до 250 мм, квадратного перерізу зі стороною квадрату від 8 до 250 мм, шестигранний прокат з розміром під ключ від 3 до 100 мм, товстостінні безшовні труби діаметром від 25 до 820 мм та інше. Основні види прокату, його характеристики і область застосування наведені в табл.15.

У машинобудуванні заготовки з прокату звичайно найбільше розповсюджені і дешеві. З прокату також відрізають заготовки для штампування.

Промисловість випускає і холоднотягнутий прокат круглого, квадратного, шестигранного та інших перерізів. Тому що холоднотягнутий метал значно тонший і якісніший від гарячекатаного, то заготовки з нього потребують меншого механічного оброблення і є більш

економічними в серійному і великосерійному виробництві. Холоднотягнутий прокат необхідно також застосовувати при затисканні в цанзі на токарних пруткових автоматах і токарно-револьверних верстатах. Як заготовки широко використовуються безшовні товстостінні труби, тонколистова сталь і дріт.

Таблиця 15  
Сортовий, спеціальний прокат та профілі постійного поперечного перерізу.  
Область застосування [2,8]

| Вид прокату або профілю   | Стандарт   | Область застосування  |
|---|--|---|
| <u>Сортовий сталевий</u><br>Круглий гарячекатаний<br>Круглий калібрований<br>Квадратний гарячекатаний<br>Шестигранний гарячекатаний<br>Штабовий гарячекатаний<br>Квадратний калібрований<br>Шестигранний калібрований | ГОСТ 2590-88<br>ГОСТ 7417-75<br>ГОСТ 2591-88<br>ГОСТ 2878-88<br>ГОСТ 8103-76<br>ГОСТ 8559-75<br>ГОСТ 8559-78 | Гладкі та ступінчасті вали з невеликим перепадом діаметрів уступів, стакани діаметром 50 мм, втулки з зовнішнім діаметром до 25 мм, кріпильні деталі, невеликі деталі типу важелів, тяг, планок та клинів |
| <u>Листовий</u><br>Листовий гарячекатаний<br>Листовий холоднотягнутий   | ГОСТ19903-74<br>ГОСТ19904-74   | Фланці, кільця, плоскі деталі різної форми, циліндричні порожнисті деталі типу втулок   |
| <u>Труби сталеві</u><br>Безшовні гарячедеформовані<br>Безшовні холоднотформовані  | ГОСТ8732-78<br>ГОСТ8734-75   | Циліндри, втулки, гільзи, шпинделі, стакани, ролики, вали   |
| <u>Профільовий сортовий сталевий</u><br>Швелери<br>Кутники рівносторонні<br>Кутники нерівносторонні<br>Балки двотаврові   | ГОСТ8509-86<br>ГОСТ8510-86<br>ГОСТ8239-72<br>ГОСТ8240-72   | Балки, кронштейни, полиці, зварні конструкції (рами, плити, станини, корпуси)   |

Для отримання заготовок фасонних деталей доцільно застосовувати профільний прокат.

Найширше застосовують круглий прокат, з якого виготовляють гладкі і ступінчасті вали (якщо перепад діаметрів не перевищує 40...50 мм, у

інших випадках застосовуються штамповані заготованки), осі, гвинти, шпильки тощо.

У масовому виробництві кріпильні деталі, пальці, штовхачі, ролики та інші аналогічні деталі рекомендується отримувати на пресах-автоматах для холодного висаджування з каліброваного прута діаметром до 25 мм. При цьому точність розмірів відповідає 6...12 квалітетам, шорсткість  $Ra = 0,8...2,5$  мкм і економиться до 40% металу у порівнянні з виготовленням деталей зі зніманням стружки.

Якщо деталь виготовляється з прокату, вартість заготованки складає:

$$C_3 = G \cdot C_{\text{п}} + B \cdot T \cdot (1 + q/100) - (G - g) \cdot C_{\text{відх}}/1000, \text{ грн.}, \quad (6)$$

де  $G$  – маса заготованки, кг;

$C_{\text{п}}$  – ціна 1 кг прокату, грн.;

$B$  – погодинна зарплата робітника, що виконує чорнове оброблення, грн.;

$T$  – калькуляційний час чорнового оброблення заготованки, год.;

$q$  – накладні витрати механічного цеху, %;

$g$  – маса деталі, кг;

$C_{\text{відх}}$  – ціна 1 т відходів, грн.

При порівнянні вартості двох заготованок з прокату другу складову в (6) можна не враховувати.

Вартість деяких металів наведена в [1, с.32-33], а заготівельні ціни на стружку наведені в табл.5.

При проектуванні заготованок з прокату рекомендується використовувати стандарти, наведені в табл.15.

Більш детально про заготованки з прокату можна прочитати в [1, с.25-31; 2, т.1, с.168-173; 6, с.64-582; 8, с.39-48; 39, с.58-73; 40, с.75-79].

Відмітимо, що остаточне оформлення креслення будь-якої заготованки (проставлення розмірів) виконують тільки після визначення припусків на оброблення усіх поверхонь.

## 7. РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 7.1. Основні правила і послідовність розроблення технологічного маршруту виготовлення деталі

При розробленні технологічного процесу механічного оброблення перед технологом виникає завдання вибрати з декількох можливих варіантів оброблення один, який забезпечує найбільш економічне рішення.

Плануючи технологічний маршрут виготовлення деталі, необхідно дотримуватися наступних правил:

- з метою економії часу та праці, що витрачаються на технологічне підготовлення виробництва, використовувати типові, перевірені на практиці, процеси виготовлення деталей і оброблення їх основних поверхонь;

- без детального економічного обґрунтування не проектувати оброблення на унікальних верстатах;

- використовувати по можливості тільки стандартний різальний і мір'яльний інструмент;

- намагатися застосовувати найбільш досконалі форми організації виробництва (безперервні та групові потокові лінії, групові технологічні процеси і групове налагодження окремих верстатів);

- оброблювати найбільшу кількість поверхонь деталі за один установ;

- по можливості в механічних цехах виконувати напівчистове та чистове оброблення, а чорнове, що дозволяє розкрити внутрішні дефекти заготованок (тріщини, раковини тощо), – в заготівельних;

- у першу чергу оброблювати поверхні, які будуть базовими для наступних операцій;

- наскільки точнішою повинна бути поверхня, настільки пізніше її необхідно оброблювати;

- не рекомендується суміщення чорнового і чистового оброблення немірним інструментом на одному і тому ж верстаті.

З урахуванням указаних вимог може бути рекомендована наступна приблизна схема послідовності операцій процесу механічного оброблення [30]:

- оброблення поверхонь, які утворюють технологічні бази для усіх наступних операцій;

- чорнове оброблення основних поверхонь деталі (підрізування торців і центрування валів, обточування валів, свердління, зенкерування і розточування отворів, нарізування зубців і шліців, фрезерування, стругання і протягування поверхонь);

- чистове оброблення основних поверхонь деталі (при обробленні на одному верстаті багатьох поверхонь можна суміщати чорнові і чистові операції);

- чорнове і чистове оброблення другорядних поверхонь (свердління малих отворів, знімання фасок, виправлення центрів, нарізування різі, фрезерування і зенкерування невеликих площадок, заглибин, лисок тощо);

- термічне оброблення заготованки деталі, якщо вона передбачена креслеником;

- виконання вікінчувальних операцій над основними поверхнями (чорнове і чистове шліфування, тонке розточування, чистове розвертання, протягування, шевінгування);



- виконання довершувальних операцій над основними поверхнями (хонінгування, притирання, суперфініш, доведення);
- остаточний контроль.

## 7.2. Вибір типового технологічного процесу і типових схем оброблення поверхонь

Згідно з класифікацією деталей, яка основана на ідентичності службового призначення, форми деталей і процесів їх оброблення, всю багатобразність наявних деталей можна звести до основних класів. Для цих класів покажемо типові схеми оброблення, які можуть бути базисом при розробленні технологічних процесів конкретних деталей.

### 7.2.1. Корпусні деталі

Характерні представники даного класу деталей – блоки циліндрів, корпуси насосів, редукторів, компресорів, приладів, станини, кришки баків, підшипників, коробок тощо.

Базування. Найбільш надійними базами є одна з площин найбільшої протяжності і два точні отвори на ній. На указаних базах слід виконувати чорнове і чистове оброблення усіх поверхонь, включаючи точні, які взаємозв'язані розмірами з допусками до 0,03 мм. Необхідно використовувати максимально віддалені між собою отвори.

Якщо отвори відсутні, їх необхідно створити, щоб забезпечити раціональне базування.

Першими двома операціями механічного оброблення повинні бути (по можливості): оброблення базової площини; свердління і розвертання двох отворів на базовій площині.

Подальше оброблення виконується в такій послідовності:

- чорнове і чистове оброблення інших значних площин фрезеруванням або протягуванням;
- чорнове і чистове розточування основних отворів корпусної деталі;
- фрезерування невеликих другорядних площин в основному за один перехід;
- свердління, зенкерування і нарізування різі, розвертання малих отворів з різних боків деталі;
- доведення до остаточних розмірів основних точних отворів тонким розточуванням або хонінгуванням;
- при вимозі точної перпендикулярності торців або осі точних основних отворів їх доведення виконують фрезеруванням, шліфуванням або проточуванням; при цьому базою служить точний отвір.

Більш детальні відомості про типові процеси оброблення корпусних деталей викладені в [22, с.404-446, 495-496; 29, с.69-96; 30, 39, с.347-355; 42, с.154-201, 208-229; 43, с.176-184].

### 7.2.2. Деталі класу “круглі стержні”

Характерні представники цього класу деталей – гладкі і ступінчасті вали, колінчасті вали, кулачкові вали, штоки, штовхачі, вали-шестерні, тяги, поворотні кулаки автомобілів тощо.

Базування. Основними базовими поверхнями є центрові кінчні отвори, при базуванні на яких виконується чорнове і чистове оброблення усіх поверхонь обертання, а також доведення точних поверхонь. Крім центрових отворів в якості баз використовуються оброблені циліндричні поверхні, які прилягають до центрових отворів, що має місце при обробленні з великими зусиллями різання (фрезерування, свердління, протягування тощо). При обробленні довгих деталей ( $l \geq 10d$ ) застосовують додаткові поверхні (оброблені шийки або виточки), які встановлюються в лонетах. Крутний момент деталі, оброблюваної в центрах, передається повідковими патронами.

Перші операції, що визначають постійні бази при обробленні, – підрізування торців, оброблення центрових отворів.

Подальше оброблення може виконуватись в такій послідовності:

- чорнове токарне оброблення однієї, а після – іншої половини деталі;
- чистове токарне послідовне оброблення двох половин деталі; на багатопозиційних токарних напівавтоматах чорнове і чистове оброблення можуть бути суміщені; при обробленні порожнистих валів перед чистовим обробленням виконується свердління і чорнове розточування отворів;
- при необхідності фрезерування, протягування фасонних поверхонь, токарного оброблення ексцентрично розміщених шийок, розточування отворів на одному з кінців деталі виконується шліфування кінцевих шийок деталі;
- виправлення стержня при обробленні деталей довжиною  $l \geq 10d$  при  $d < 100$  мм;
- чорнове і чистове оброблення фасонних поверхонь (нарізування зубців і шліців, фрезерування кулачків, розточування наскрізних і кінцевих отворів, токарне оброблення ексцентричних шийок);
- свердління, розвертання і нарізування різі в малих отворах, нарізування різі на шийках вала, фрезерування шпонкових канавок та лисок;
- термічне оброблення усієї деталі або окремих її ділянок;
- виправлення деталей довжиною  $l \geq 6d$  при  $d < 100$  мм;

- чорнове і чистове шліфування внутрішніх і зовнішніх поверхонь;
- чистове шліфування фасонних зовнішніх поверхонь;
- виправлення видовжених деталей;
- доведення особливо точних поверхонь.

Більш детально про процеси оброблення деталей класу “круглі стержні” можна прочитати в [22, с.404-446, 516-517, 523-524; 29, с.96-123; 30, 39, с.355-360; 42, с.254-324; 43, с.169-176].

### 7.2.3. Деталі класу “порожністі циліндри”

Характерні представники деталей даного класу – барабани, втулки, гільзи, стакани, циліндри тощо.

Базування. Чорновими базами завжди є один торець і зовнішня або внутрішня циліндрична поверхня деталі.

В якості чистових баз приймають оброблену циліндричну поверхню (внутрішню або зовнішню) і оброблений торець, що прилягає до неї.

Послідовність оброблення деталей цього класу наступна:

- чорнове токарне оброблення усіх поверхонь деталі з одного її боку при установленні на одну з циліндричних поверхонь і торець;
- чорнове токарне оброблення усіх поверхонь з другого боку деталі при її установленні на оброблені циліндричну поверхню і торець;
- напівчистове і чистове токарне оброблення усіх поверхонь деталі з усіх боків;
- фрезкування площин при установленні на оброблені циліндричну поверхню і торець;
- фрезкування невеликих поверхонь на виступах, свердління, zenкерування, розвертання, нарізування різі в малих отворах фланців, зовнішніх виступів;
- викінчувальне оброблення точних циліндричних, конічних, фасонних внутрішніх та зовнішніх поверхонь при установленні на циліндричну поверхню і торець.

Детальніше про оброблення деталей класу “порожністі циліндри” можна прочитати в [22, с.404-446, 505; 29, с.123-136; 30; 43, с.184-185].

### 7.2.4. Деталі класу “диски”

До цього класу відносяться деталі, що мають форму тіл обертання з відношенням висоти і найбільшого діаметра  $h \leq 0,5D$ , а також шестерні типу дисків. Характерні представники деталей даного класу – шківни, маховики, колеса, катки вагонів, гальмівні барабани, диски зчеплення,

фланці, корпуси муфт, днища, плоскі шестерні, зірочки, кільця підшипників тощо.

Базування. Чорновими базами є зовнішній діаметр деталі і один торець. Для усього наступного оброблення базами є оброблені на першій операції торець і циліндрична зовнішня або внутрішня поверхня.

При обробленні деталей даного класу необхідно додержуватися такої послідовності:

- чорнове і чистове оброблення торця і отвору, а також чорнове оброблення вільної зовнішньої поверхні;
- чорнове і чистове токарне оброблення другого торця, а також чорнове і чистове оброблення зовнішньої поверхні при базуванні деталі на чисто оброблені внутрішню поверхню і торець (кріплення деталі кулачками, що розтискаються, або на розтискній оправці);
- свердління і розвертання малих отворів і нарізування в них різі, фрезерування малих поверхонь, протягування шпонкових канавок;
- чорнове і чистове нарізування зубців шестерень при базуванні на отвір і торець;
- дрібні операції – закруглення зубців, свердління змашувальних отворів через западину зуба, притуплення гострих кромок;
- термічне оброблення (при необхідності);
- викінчувальне оброблення точних поверхонь шліфуванням і шевінгуванням – шліфування отворів і торців при базуванні по зовнішній циліндричній поверхні або по бокових поверхнях зубців.

Детальніші відомості про оброблення деталей класу “диски” викладені в [22, с.404-446; 29, с.136-160; 30; 42, с.324-331].

### 7.2.5. Деталі класу “некруглі стержні”

Характерні представники деталей даного класу – важелі, шатуни, коромисла, планки, бруски, клини, вилки перемикачів коробок швидкостей, тяги тощо. Заготованки – кованки, виливки, прокат різних перерізів. Оброблюються в основному отвори і їх торці.

Базування. Чорновими базами майже завжди є торці основних отворів і зовнішні контури їх бобишок. Чистові бази – оброблені основні отвори і їх торці.

При обробленні рекомендується притримуватись такої послідовності:

- чорнове оброблення торців і основних отворів, розміщених головним чином на кінцях стержня;
- чистове оброблення торців і основних отворів (часто суміщають з чорновим обробленням);
- чорнове і чистове оброблення решти отворів;

- другорядні операції;
- доведення точних отворів і їх торців.

Детальніше з маршрутами оброблення деталей класу “некруглі стержні” можна ознайомитись в [22, с.404-446; 29, с.160-169; 30; 42, с.417-472].

### 7.2.6. Типові схеми оброблення поверхонь

Поряд з описаними раніше типовими технологічними процесами при розробленні технологічного маршруту необхідно керуватися даними по економічній точності оброблення на металорізальних верстатах і можливостями отримання заданої якості поверхонь (зокрема, точності та шорсткості) при використанні окремих способів оброблення (табл.16...20).

Застосування рекомендацій, наведених в табл. 16...20, дозволяє отримати необхідний розмір і точність обробленої поверхні.

Проте при розробленні технологічних процесів необхідно враховувати, що похибки відхилення форми і, особливо, взаємного розміщення оброблених поверхонь в основному визначаються точністю обладнання і пристроїв (табл. 26...29).

Детальніше питання точності оброблення викладені в [2, т.1, с. 6-89; 3, с. 16-33; 39, с.13-37; 40, с. 23-45; 43, с. 55-79; 44, с.106-126].

### 7.3. Вибір технологічних баз і обґрунтування прийнятої схеми базування

Якість виготовлення деталей в значній мірі залежить від правильного вибору технологічних баз, тому що неправильний вибір викривляє положення заготовки відносно інструменту, приводить до похибок обробленої поверхні, викликає нерівномірність припусків на оброблення і може бути причиною браку.

При виборі технологічних баз необхідно керуватися наступними рекомендаціями [8; 24; 26; 27]:

- за чорнові технологічні бази необхідно приймати поверхні достатніх розмірів, що забезпечують велику точність і надійність базування і закріплення заготовки в пристрої; ці поверхні повинні бути досить точними, не мати ливарних додатків, ливників, слідів від облою та інших дефектів;

- чорнові бази необхідно розглядати тільки як вихідні для отримання чистових технологічних баз; повторне базування на чорнові бази, як правило, не допускається;

- якщо заготовка оброблюється не повністю, то в якості чорнових баз необхідно призначити необроблені поверхні, щоб не отримати різностінності деталі;

- якщо заготовка оброблюється повністю з усіх боків, то в якості чорнових технологічних баз необхідно приймати поверхні з мінімальним припуском, щоб після оброблення не залишилось “чорноти”;

- необхідно притримуватися найважливішого принципу “єдності баз” на різних операціях (за винятком перших, на яких підготовлюються чистові бази); усяка зміна баз вносить похибки оброблення;

- при чистовому обробленні рекомендується додержуватися принципу “суміщення баз”, за яким в якості технологічних базових поверхонь застосовують конструкторські і вимірювальні бази; при суміщенні технологічних і вимірювальних баз похибка базування дорівнює нулеві;

- бази для остаточного оброблення повинні мати найвищу точність і найменшу шорсткість поверхонь; вони не повинні деформуватися під дією сил різання, затискання і власної маси заготовки;

- вибрані технологічні бази повинні разом з затискними пристроями забезпечувати надійне і міцне закріплення заготовки та незмінність її положення в процесі оброблення;

- прийняті бази повинні забезпечувати найбільш просту і надійну конструкцію пристрою, зручність при установленні і зніманні заготовки.

Таблиця 16

Середня точність і шорсткість оброблення плоских поверхонь

| Спосіб оброблення   | Квалітет точності | Шорсткість Ra, мкм |
|---|-------------------|--------------------|
| Стругання і фрезерування циліндричними (торцевими) фрезами: |                   |                    |
| - чорнове   | 14...11           | 20...1,25          |
| - напівчистове  | 12...11           | 5...1,25           |
| - чистове   | 10                | 2,5...0,63         |
| - тонке   | 8...6             | 2,5...0,16         |
| Протягування:   |                   |                    |
| - чорнове литих і штампованих поверхонь                     | 11...10           | 5...0,63           |
| - чистове   | 8...6             | 2,5...0,32         |
| Шліфування:   |                   |                    |
| - однократне  | 8...7             | 2,5...0,16         |
| - попереднє   | 8                 | 2,5...0,32         |
| - чистове   | 7                 | 0,63...0,08        |
| - тонке   | 6                 | 0,32...0,04        |

Примітка: 1. Дані відносяться до оброблення жорстких деталей з габаритними розмірами до 1 м при базуванні на чисто оброблені поверхні.

2. Точність оброблення торцевими фрезами при рівних умовах вища, ніж циліндричними, приблизно на один квалітет.

3.Тонке фрезерування виконують тільки торцевими фрезами.

Таблиця 17

Середня точність і шорсткість оброблення зовнішніх поверхнь тіл обертання

| Спосіб оброблення  | Квалітет точності | Шорсткість Ra, мкм |
|--|-------------------|--------------------|
| Обточування однократне   | 12                | 10...5             |
| Обточування попереднє<br>Обточування чистове   | 11...10           | 5...2,5            |
| Обточування однократне<br>Шліфування однократне  | 10...8            | 2,5...0,63         |
| Обточування попереднє<br>Обточування чистове<br>Обточування тонке  | 8...6             | 1,25...0,63        |
| Обточування однократне<br>Шліфування попереднє<br>Шліфування чистове   | 7...6             | 0,63...0,32        |
| Обточування попереднє<br>Обточування чистове<br>Шліфування попереднє<br>Шліфування чистове                     | 6                 | 0,63...0,32        |
| Обточування попереднє<br>Обточування чистове<br>Шліфування попереднє<br>Шліфування чистове<br>Шліфування тонке | 6...4             | 0,32...0,16        |

Таблиця 18

Середня точність і шорсткість оброблення циліндричних отворів

| Спосіб оброблення  | Квалітет точності | Шорсткість Ra, мкм |
|--|-------------------|--------------------|
| У суцільному металі  |                   |                    |
| Свердління   | 12                | 40...5             |
| Свердління і зенкерування  | 10                | 10...2,5           |
| Свердління і розвертання   | 9                 | 5...1,25           |
| Свердління і протягування  |                   | 5...0,32           |
| Свердління, зенкерування і розвертання   |                   | 2,5...0,32         |
| Свердління і двократне розвертання   | 8...7             | 2,5...0,32         |
| Свердління, зенкерування і двократне розвертання                                       | 8...7             | 1,25...0,32        |
| Свердління, зенкерування і шліфування  |                   |                    |
| Свердління, протягування і калібрування  |                   |                    |
| У заготовках з отворами  |                   |                    |
| Зенкерування або розточування  | 12                | 10...2,5           |
| Розсвердлювання  |                   | 40...5             |
| Двократне зенкерування або двократне розточування                                      | 10                | 20...5             |
| Зенкерування і розточування  | 9                 | 5...1,25           |
| Двократне зенкерування і розвертання або двократне розточування і розвертання          |                   | 2,5...0,63         |
| Зенкерування або розточування і двократне розвертання                                  | 8...7             | 1,25...0,32        |
| Зенкерування або двократне розточування і двократне розвертання або тонке розточування | 8...7             | 1,25...0,16        |
| Зенкерування, двократне розточування і хонінгування                                    | 6...5             | 0,32...0,04        |
| Зенкерування, розточування, тонке розточування і хонінгування                          | 6...5             | 0,16...0,02        |
| Прогресивне протягування і шліфування  | 7...6             | 1,25...0,16        |

Таблиця 19  
Середня точність і шорсткість оброблення зубців зубчастих коліс

| Способи оброблення         | Ступінь точності за ГОСТ 1643-81 | Шорсткість Ra, мкм |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------|
| Фрезерування:              |                                  |                    |
| - попереднє                | 9...10                           | 20...2,5           |
| - чистове дисковою фрезю   | 8...9                            | 10...1,25          |
| - чистове черв'ячною фрезю | 7...8                            | 10...1,25          |
| Довбання чистове           | 6...8                            | 5...0,63           |
| Протягування               | 6...7                            | 5...0,63           |
| Стругання чистове          | 5...7                            | 5...0,63           |
| Шевінгування               | 6...7                            | 2,5...0,32         |
| Шліфування                 | 4...5                            | 1,25...0,16        |

Таблиця 20  
Середня точність і шорсткість поверхонь різі

| Спосіб оброблення                                  | Ступінь точності за ГОСТ 16093-81 | Шорсткість Ra, мкм |
|--|-----------------------------------|--------------------|
| Круглими плашками                                  | 8                                 | 40..5              |
| Мітчиками  | 7                                 | 10...2,5           |
| Фрезерування:                                      |                                   |                    |
| - дисковими фрезами                                | 6                                 | 10...2,5           |
| - гребінчастими фрезами                            |                                   |                    |
| Точіння:   |                                   |                    |
| - різцями  | 4                                 | 5...0,63           |
| - гребінками                                       | 8                                 | 10...2,5           |
| - різцями, що обертаються (вихровий метод)         | 6                                 | 5...1,25           |
| - різьбонарізними головками, що самі розкриваються | 4...6                             | 10...1,25          |
| Накатування:                                       |                                   |                    |
| - плоскими плашками                                | 6...8                             |                    |
| - різьбонакатними головками                        | 6                                 | 1,25...0,16        |
| - різьбонакатними роликками                        | 4...6                             |                    |
| Нарізування з обкатуванням                         | 4...6                             |                    |

У технологічних документах, зокрема при оформленні операційних ескізів, застосовують умовне зображення баз з указуванням розміщення і

кількості опорних точок у відповідності до ГОСТ 3.1107-81 та ГОСТ 21495-76. Умовні позначення баз та опорних точок наведені в табл.21. З прикладами позначення баз можна ознайомитись в [2, т.1, с.49-51; 22, с.8-10]. Детальніше основи базування викладені в [1, с.40-49; 2, т.1, с.45-51; 8, с.56; 14, с.4-11; 22, с.7-20, 446-455; 24, с.128-150; 26, с.36-46; 27, с.38-55; 29, с.56-62; 39, с.45-58; 40, с.45-57; 43, с.42-54; 44, с.143-193].

#### 7.4. Вибір обладнання, верстатних пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів

Питання вибору груп, типів і моделей верстатів розглядається на різних стадіях розроблення технологічного процесу виготовлення деталі. Попередній вибір груп обладнання виконується при призначенні методу оброблення поверхні, що забезпечує досягнення технічних вимог до оброблених поверхонь (див. підр.7.2.).

Після вибору типового технологічного процесу і попереднього вибору обладнання необхідно у відповідності з табл.26...29 перевірити, чи забезпечується цим обладнанням необхідна точність форми і взаємного розміщення поверхонь, тобто вибір моделі верстата в першу чергу визначається його можливістю забезпечити точність розмірів і форми, а також якість поверхні оброблюваної деталі.

Остаточний вибір моделі верстата для проектного технологічного процесу виконується (для цього можна скористатися табл.22...25) після попереднього розроблення кожної операції. Це означає, що визначені метод оброблення поверхні або сукупності поверхонь (точіння, свердління, фрезерування тощо); точність і шорсткість поверхні на кожній операції і переході; припуски на оброблення; застосовуваний різальний інструмент; такт випуску і тип виробництва.

Якщо ці вимоги можна забезпечити на різних верстатах, то конкретну модель вибирають, виходячи з наступних міркувань:

- відповідність основних розмірів верстата габаритам оброблюваної заготовки;
- відповідність верстата по продуктивності заданому масштабові виробництва;
- можливість роботи на оптимальних режимах різання;
- відповідність верстата за потужністю;
- можливість механізації і автоматизації виконуваного оброблення;
- найменша собівартість оброблення;
- реальна можливість придбання верстата або необхідність використання наявних верстатів.

Таблиця 21  
Опори, затискачі і установочні пристрої. Графічні зображення  
(ГОСТ 3.1107 - 81)

| Найменування             | Позначення на видах |        |       | Форма робочих поверхонь     | Позначення |
|--------------------------|---------------------|--------|-------|-----------------------------|------------|
|                          | спереду, ззаду      | зверху | знизу |                             |            |
| Опора нерухома           |                     |        |       | Плоска                      |            |
| Опора рухома             |                     |        |       | Рифлена, різьбова, шліцьова |            |
| Опора плаваюча           |                     |        |       |                             |            |
| Опора, що регулюється    |                     |        |       | Сферична                    |            |
| Затискач одиничний       |                     |        |       | Циліндрична, куляста        |            |
| Затискач подвійний       |                     |        |       | Призматична                 |            |
| Нерухомий центр          |                     | —      | —     |                             | Конічна    |
| Центр, що обертається    |                     | —      | —     | Ромбічна                    |            |
| Плаваючий центр          |                     | —      | —     |                             | Тригранна  |
| Циліндрична оправка      |                     |        |       | Тригранна                   |            |
| Кулькова (ролик) оправка |                     |        |       |                             |            |
| Повідковий патрон        |                     |        |       |                             |            |

Примітка: 1. Допускаються відхилення від указаних розмірів зображення. 2. Позначення форми робочих поверхонь наносять зліва від позначення пристрою. 3. Кількість точок прикладання затискної сили записують арабською цифрою справа від зображення затискача. 4. Вид пристрою затискача позначають прописною літерою зліва від його позначання (пневматичний – Р, гідравлічний – Н, гідропластовий – Г, електричний – Е, електромагнітний – ЕМ).

Таблиця 22  
Основні види обладнання, що використовується при обробленні корпусних деталей

| Група операцій   | Обладнання універсального типу для одиничного і малосерійного виробництва  | Обладнання для великосерійного та масового виробництва  |
|--|--|---|
| Оброблення базових площин та двох отворів                                  | Фрезерні, плоскошліфувальні (ЗБ722, ЗБ732, ЗБ724) для точних площин, стругальні. Радіально-свердлильні, одношпindelні свердлильні        | Багатофрезерні барабанного та карусельного типів (621М, 623М), протяжні, карусельні плоскошліфувальні (ЗБ750, ЗБ756, ЗБ772Б). Свердлильні агрегатні верстати карусельного і барабанного типів |
| Чорнове і чистове оброблення основних площин                               | Обробляючі центри, верстати з ЧПК  | Багатошпindelні вертикально- і горизонтально-розточувальні верстати (2615, 2620В, 2636). Багатоцільові верстати з ЧПК, обробляючі центри  |
| Чорнове і чистове оброблення великих отворів                               | Вертикально- і горизонтально-розточувальні верстати (2615, 2620В, 2636). Багатоцільові верстати з ЧПК, обробляючі центри                 | Агрегатні верстати та автоматичні лінії. Багатопозиційні агрегатні напівавтомати і автомати   |
| Оброблення другорядних невеликих площин                                    | Вертикально- і горизонтально-фрезерні (6Н10, 6Н11, 6М12П, 6М13П, 6Н80Г, 6М82Г). Верстати з ЧПК, обробляючі центри                        | Агрегатні верстати та автоматичні лінії. Багатопозиційні агрегатні напівавтомати і автомати   |
| Свердління, цекування, зенкерування, нарізування різі, розвертання отворів | Радіально- (2М53, 2Н55) і вертикально-свердлильні (2Н118, 2Н125, 2Н135), свердлильні верстати з ЧПК (2Н55Ф2, 2М57Ф2), обробляючі центри  | Багатошпindelні розточувальні (2705В, 2706В, 2712В) і вертикально-розточувальні, хонінгувальні (3М82, 3М83, 3Г833, 3Н84), а також верстати-напівавтомати                                      |
| Доведення розмірів основних точних отворів                                 | Одношпindelні горизонтально- (2615, 2620В, 2636) і вертикально-розточувальні, хонінгувальні (3М82, 3М83, 3Г833, 3Н84), обробляючі центри | Плоскошліфувальні (ЗБ722, ЗБ732, ЗБ724, ЗБ740, ЗБ756) або карусельно-фрезерні (621М, 623М, 6М23В)   |
| Остаточне оброблення торців  | Токарно-карусельні, фрезерні, плоскошліфувальні, обробляючі центри   |   |

Таблиця 23  
Основні види обладнання, що використовується при обробленні деталей класу "круглі стержні"

| Група операцій   | Обладнання універсального типу для одиничного і малосерійного виробництва   | Обладнання для великосерійного та масового виробництва   |
|--|---|--|
| Підрізання торців, оброблення центрових отворів                    | Токарні (1А616, 16К20, 1К625, 1А64), токарно-револьверні верстати (1Н318, 1Н325, 1Г325, 1К341). За дві операції: фрезерні (підрізання торців), свердлильні (2Н125, 2Н135) або центрувальні верстати | Двопозиційні або барабанні фрезерно-центрувальні (ФЦ-1, МР-71М, МР-73М, МР-76М)  |
| Чорнове і чистове токарне оброблення послідовно двох кінців деталі | Токарні, токарно-револьверні, в тому числі з ЧПК (1723Ф3, 1734Ф3, 1751Ф3, 16В16Ф3, 16К20Ф3)   | Одношпиндельні багаторізцеві токарні напівавтомати (1712, 1А720, 1722, 1А730, 1708, 1713, 1732); багатшпиндельні вертикальні токарні напівавтомати (1283, 1284, 1К282) |
| Свердління і розточування отворів (для порожнистих валів)          | Свердлильні, розточувальні верстати для глибоких отворів, токарні верстати з ЧПК  | Багатшпиндельні розточувальні верстати (2712В, 2706В)  |
| Чорнове оброблення фасонних поверхонь зубців                       | Зубофрезерні (5К310, 5А312, 5К324А, 5К32)   | Двох- та восьмишпиндельні зубофрезерні, зубопротяжні напівавтомати (5245)  |
| Чистове і викінчувальне оброблення фасонних поверхонь зубців       | Зубофрезерні  | Шевінгувальні (5712, 5702, 5А703)  |
| Свердління і розвертання отворів на шийках деталі                  | Свердлильні (2А125, 2А135)  | Свердлильні з багатшпиндельними головками (2С135, 1С150, 2150М, 2170М), агрегатні  |
| Шліфування зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей                | Круглошліфувальні (3А110, 3Б12, 3А151, 3Б151, 3225, 3А227, 3А228Б), внутрішньо-шліфувальні  | Круглошліфувальні, багатокаменеві напівавтомати, безцентрово-шліфувальні, внутрішньо-шліфувальні (3М182, 3А184, 3185)  |

Особливо перспективним для виготовлення складних корпусних деталей та деталей з фасонними поверхнями в малосерійному і серійному виробництві є застосування верстатів з числовим програмованим керуванням (ЧПК) та багатоопераційних (багатоцільових) верстатів і обробляючих центрів.

Детальніше з моделями металорізальних верстатів можна ознайомитися в [1, с.51-61; 2, т.2, с.5-66; 8, с.170-204; 22, с.20-110; 31; 33; 36; 43, с.203-209].

При обробці деталей класу "некруглі стержні" в одиничному і малосерійному виробництві застосовують фрезерні, розточувальні, свердлильні верстати універсального типу, а також верстати з ЧПК. У великосерійному і масовому виробництві використовують багатопозиційні свердлильні і фрезерні агрегатні верстати і автоматичні лінії, багатшпиндельні розточувальні і алмазно-розточувальні верстати (моделі верстатів вибрані з табл.22...25).

Таблиця 24  
Основні види обладнання, що використовується при обробленні деталей класу "порожністі циліндри"

| Група операцій  | Обладнання універсального типу для одиничного і малосерійного виробництва   | Обладнання для великосерійного та масового виробництва   |
|---|---|--|
| Чорнове, напівчистове, чистове токарне оброблення поверхонь | Для оброблення великих деталей – токарно-карусельні (1508, 1531М, 1541, 1525). Для середніх і малих деталей – токарні універсальні і токарно-револьверні, токарні з ЧПК | Багатшпиндельні токарні автомати (1А225-6, 1А240-6, 1А240-8, 1265М-6) та напівавтомати (1А720, 1А730, 1А721, 1А712, 1А722)                           |
| Свердлильні операції  | Для оброблення великих та середніх деталей – радіально-свердлильні. Для малих деталей – вертикально-свердлильні, свердлильні з ЧПК                                      | Багатопозиційні агрегатно-свердлильні напівавтомати карусельного та барабанного типів; свердлильні верстати, що оснащені багатшпиндельними головками |
| Шліфування зовнішніх і внутрішніх поверхонь                 | Круглошліфувальні, внутрішньо-шліфувальні, хонінгувальні  | Круглошліфувальні, безцентрово-шліфувальні, внутрішньо-шліфувальні, хонінгувальні  |

Таблиця 25

Основні види обладнання, що використовується при обробленні деталей класу "диски"

| Група операцій  | Обладнання універсального типу для одиничного і малосерійного виробництва                            | Обладнання для великосерійного та масового виробництва   |
|---|--|--|
| Чорнова і чистова токарна обробка поверхонь               | Токарно-карусельні (1508, 1531М, 1541, 1525). Токарно-револьверні (1Г325, 1341, 1316), токарні з ЧПК | Багатошпиндельні вертикальні токарнінапівавтомати з багатошпиндельними свердлильними головками |
| Свердління і розвертання малих отворів                    | Радіально-свердлильні (2М53, 2Н55, 2Н57), свердлильні з ЧПК  | Агрегатні свердлильні, багатошпиндельні, багатопозиційні                                       |
| Свердління отворів, зенкерування фасок, нарізування різби |  |  |
| Шліфування торців   | Плоскошліфувальні (ЗГН, ЗБ722, ЗБ732)  | Карусельні плоскошліфувальні (ЗБ740, ЗБ756, 3772Б)   |
| Шліфування отворів  | Внутрішньо-шліфувальні (3225, 3227)  | Внутрішньо-шліфувальні (3225, 3А227, 3А228Б, 3А229Б)   |

Примітка: моделі верстатів, що не указані, необхідно приймати за табл. 22 і 23.

Таблиця 26

Точність розміщення отворів, що оброблюються на агрегатних верстатах і автоматичних лініях [2]

| Перехід      | Діаметр оброблюваного отвору, мм | Зміщення осі отвору від нормального положення при зазорах між кондукторною втулкою і інструментом, мкм |     |     |
|--------------|----------------------------------|--|-----|-----|
|              |                                  | 30   | 100 | 150 |
| Свердління   | 10...18                          | 120  | 180 | 240 |
|              | 18...30                          | 140  | 210 | 270 |
| Зенкерування | 10...18                          | 80   | 160 | 210 |
|              | 18...30                          | 60   | 130 | 180 |
| Розвертання  | 10...18                          | 60   | 130 | 180 |
|              | 18...30                          | 40   | 110 | 150 |

Примітка: 1. Дані таблиці відносяться до деталей із сірого чавуну. При обробленні алюмінієвих сплавів відхилення помножити на 0,7.

2. Інструмент жорстко закріплений у шпинделі, заготовка базується на два отвори і перпендикулярно до них площину.

Таблиця 27

Точність форми та взаємного розміщення оброблювальних площин (на довжині 300 мм) в залежності від типу обладнання [2]

| Метод оброблення            | Верстати   | Характер оброблення | Величина відхилень, мкм        |                                  |  |                                       |  |
|-----------------------------|--|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------------|--|
|                             |  |                     | Неплоскість, непрямолінійність | Непаралельність по відношенню до |  | Неперпендикулярність по відношенню до |  |
|                             |  |                     |                                | установчої поверхні              | іншої поверхні що оброблюється при тому ж установі | установчої поверхні                   | іншої поверхні що оброблюється при тому ж установі |
| Стругання                   | Поперечно-стругальні                                     | Чорнова             | 60...160                       | 100...200                        | 100...250  | 100...200                             | 100...250  |
|                             |  | Чистова             | 10...40                        | 16...40                          | 16...60  | 25...60                               | 25...60  |
| Фрезерування                | Поздовжньо-фрезерні                                      | Чорнова             | 40...100                       | 60...160                         | 60...100   | 60...100                              | 60...100   |
|                             |  | Чистова             | 16...40                        | 10...40                          | 10...25  | 10...25                               | 10...25  |
|                             |  | Тонка               | 10...25                        | 6...16                           | 6...16   | 2,5...6                               | 2,5...6  |
|                             | Барабанно-фрезерні                                       | Чорнова             | 60...160                       | 60...160                         | 60...100   | 60...100                              | 60...100   |
|                             |  | Чистова             | 25...60                        | 10...40                          | 10...25  | 10...40                               | 10...40  |
|                             | Карусельно-фрезерні                                      | Чорнова             | 60...160                       | 60...160                         | 60...100   | 60...100                              | 60...100   |
|                             |  | Чистова             | 25...60                        | 16...60                          | 16...40  | 16...60                               | 16...40  |
|                             | Тонка  | 16...40             | 10...25                        | 10...25                          | 10...25  | 10...25                               | 10...25  |
|                             |  | Чорнова             | 60...160                       | 60...200                         | 100...250  | 100...200                             | 100...250  |
|                             | Чистова  | 25...60             | 25...60                        | 25...60                          | 25...60  | 25...60                               | 25...60  |
|                             |  | Тонка               | 16...40                        | 16...25                          | 16...25  | 16...25                               | 16...25  |
|                             | Фрезерні горизонтальні і універсальні звичайної точності | Фрезерні            | Чорнова                        | 60...160                         | 60...160   | 60...100                              | 60...160   |
| Чистова                     |  |                     | 25...60                        | 16...60                          | 16...40  | 16...60                               | 16...40  |
| Тонка                       |  |                     | 16...40                        | 10...25                          | 10...25  | 10...25                               | 10...25  |
| Горизонтально-розточувальні | Горизонтально-розточувальні                              | Чорнова             | 60...100                       | 100...160                        | 100...160  | 100...160                             | 100...160  |
|                             |  | Чистова             | 25...60                        | 25...60                          | 25...60  | 25...60                               | 25...60  |
|                             |  | Тонка               | 16...25                        | 16...25                          | 16...25  | 16...25                               | 16...25  |
| Агрегатно-фрезерні          | Агрегатно-фрезерні                                       | Чорнова             | 40...160                       | 60...200                         | 60...200   | 60...200                              | 60...200   |
|                             |  | Чистова             | 16...40                        | 10...40                          | 10...40  | 10...40                               | 10...40  |
|                             |  | Тонка               | 10...25                        | 6...16                           | 6...16   | 6...16                                | 6...16   |
| Шліфування                  | Плоскошліфувальні звичайної точності                     | Чорнова             | 16...40                        | 25...100                         | 25...100   | 60...160                              | 60...160   |
|                             |  | Чистова             | 6...16                         | 6...25                           | 6...25   | 16...40                               | 16...40  |
|                             |  | Тонка               | 4...6                          | 4...10                           | 4...10   | 10...25                               | 10...25  |



Таблиця 28

Точність взаємного розміщення отворів з перпендикулярними осями [2]

| Верстати                    | Метод координації інструмента                         | Неперпендикулярність на довжині 100 мм, мкм |
|-----------------------------|---|---|
| Свердління отворів          |   |   |
| Вертикально-свердлильні     | За розміткою  | 5000...1000                                 |
|                             | За кондуктуром  | 100   |
| Розточування отворів        |   |   |
| Фрезерні                    | Поворотом ділильної головки                           | 50...100                                    |
|                             | Поворотом стола                                       | 20...50                                     |
| Горизонтально-розточувальні | За розміткою  | 500...1000                                  |
|                             | Поворотом заготовки на столі з вивірянням індикатором | 50...150                                    |
|                             | Поворотом стола                                       | 60...300                                    |
|                             | За кондуктором  | 40...200                                    |
| Агрегатні                   | За кондуктором  | 50...100                                    |

Примітка: при розточуванні отворів, що перпендикулярні в просторі, похибку міжосьової відстані приймають з урахуванням координації інструмента за табл.29.

При розробленні операційного технологічного процесу і заповнюванні операційних карт необхідно проставляти числові значення обертів шпинделів, подач тощо.

Таблиця 29

Точність взаємного розміщення отворів з паралельними осями [3]

| Верстати                            | Метод координації інструмента | Відхилення міжосьової відстані, мкм |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Свердління отворів                  |                               |                                     |
| Вертикально-і радіально-свердлильні | За розміткою                  | 500...1000                          |
|                                     | За кондуктором                | 100...200                           |
| Розточування отворів                |                               |                                     |
| Вертикально-і радіально-свердлильні | За кондуктором                | 50...100                            |

|                             |  |             |
|-----------------------------|--|-------------|
| Токарні                     | За розміткою   | 1000...2000 |
|                             | На косинці з полозками   | 100...300   |
| Горизонтально-розточувальні | За розміткою   | 400...600   |
|                             | За шкалою з ноніусом   | 200...400   |
|                             | За штихмасом та щупом  | 50...250    |
|                             | За координатним шаблоном   | 80...200    |
|                             | За кінцевими мірами  | 50...100    |
|                             | За кондуктором, індикаторним упором, на верстатах з програмованим керуванням | 40...80     |
| Агрегатні багатшпиндельні   | За кондуктором   | 50...200    |
| Алмазно-розточувальні       | -  | 10...50     |
| Координатно-розточувальні   | За оптичними приладами   | 4...20      |

Примітка: для свердлильних, горизонтально-розточувальних і агрегатних верстатів наведені для розточування відхилення відносяться також до оброблення розвертанням.

До технологічного оснащення відносяться пристрої, інструменти і засоби контролю. По можливості слід застосовувати стандартизоване і нормалізоване оснащення, характеристики якого наведені в стандартах, каталогах та довідковій літературі. Стандартизоване інструментальне оснащення наведене в [ 2, т.2, с.111-261; 4; 5, т.3; 22, с.239-312, 315-363, 378-404, 455-492; 33; 34], з конструкцією універсальних і спеціалізованих пристроїв можна ознайомитись в [ 2, т.2, с.66-111; 7; 22, с.182-238; 32-34; 39, с.121-124, 157-161; 40, с.114-176, 41; 43, с.81; 45], з контрольно-вимірювальною апаратурою – в [2, т.2, с.462-478; 22, с.532-580; 23; 33; 39; с.108-120; 40, с.159-162; 42; 43, с.82].

## 8. РОЗРОБЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 8.1. Розрахунок припусків на механічне оброблення

Припуском на механічне оброблення називається шар металу, що видаляється з поверхні заготовки в процесі оброблення різанням, тобто зі зніманням стружки.

Проміжним припуском  $Z_i$  називається шар металу, що знімається при виконанні  $i$ -го технологічного переходу,:

- для зовнішніх поверхонь заготовки

$$Z_i = a - b, \text{ мм}; \quad (7)$$

- для внутрішніх

$$Z_i = b - a, \text{ мм}, \quad (8)$$

де  $a$  – розмір, отриманий на суміжному попередньому технологічному переході;

$b$  – розмір, який може бути отриманий на виконуваному технологічному переході.

Загальним припуском називають шар металу, необхідний для виконання усіх переходів, тобто для отримання з чорної поверхні заготовки обробленої поверхні готової деталі:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n Z_i, \text{ мм}. \quad (9)$$

Необхідно визначити загальний припуск на 1...2 поверхні, указані викладачем (звичайно на циліндричну і плоску), розрахунково-аналітичним методом, а на решту поверхонь – аналоговим методом (за таблицями) [2, т.1, с.175-197; 3, с.174-283; 22, с.581-609], а також за ГОСТ 26645-85 (для чавунних і сталевих виливків), ГОСТ 7062-79 (для кованок з вуглецевої і легованих сталей, що виготовляються куванням на пресах), ГОСТ 7505-89 (для кованок сталевих штампованих), ГОСТ 7829-70 (для кованок з вуглецевої і легованої сталей, що виготовляються куванням на молотах).

Розрахунок припуску слід оформляти у вигляді таблиці, наведеної в [1-3; 16], що полегшує роботу і перевірку результатів розрахунку.

В технологічних процесах, в основному застосовується метод автоматичного отримання розмірів (оброблення виконується на попередньо налагоджених верстатах), характерний для серійного та масового виробництва. Для цього випадку схема розміщення проміжного припуску показана на рис.1.а.

Для одиничного виробництва, коли розміри оброблених поверхонь отримують за методом пробних ходів, схема розміщення проміжного припуску показана на рис. 1.б.

Схема розміщення загального припуску для валу при роботі на попередньо налагоджених верстатах показана на рис.2, де  $T$  – допуски на відповідних переходах;  $Z$  – припуски на оброблення різанням. Аналогічну схему можна навести і для отвору. Детальна методика і порядок розрахунку припусків приведені в [1, с.62-96; 2, т.1, с.175-197; 3, с.174-283; 17, с.61-72; 22, с.581-609; 39, с.75-82; 40, с.109-114; 44, с.253-265].

Розрахункові формули для визначення симетричних і асиметричних припусків на оброблення різанням наведені в табл.31.

В цих формулах  $R_{z_{i-1}}$  – середня висота мікронерівностей, отриманих на попередньому переході або операції, мкм;  $h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару, отримана на попередньому переході або операції і яку необхідно видалити, мкм;  $\rho_{\Sigma_{i-1}}$  – векторна сума просторових відхилень взаємозв'язаних поверхонь оброблюваної заготовки, яку отримали на попередньому переході або операції, мкм;  $\epsilon_i$  – векторна сума похибок базування і закріплення, тобто похибка установлення на виконуваній операції, мкм.

Значення  $R_{z_{i-1}}$  і  $h_{i-1}$  беруть з [1, табл. 27-30, дод.ІІІ; 2, т.1, гл.4, табл. 1-3, 5-7, 10-12, 14, 24-27; 3, гл.3, табл. 2-5, 7-9, 11, 14, 16, 18-21, 23, 24, 26, 27, 29]. Необхідно звернути увагу, що для деяких матеріалів, що не піддаються наклепу,  $h_{i-1}$  після механічного оброблення можна приймати рівним нулеві.

Найскладнішим є визначення векторної суми просторових відхилень  $\rho_{\Sigma_{i-1}}$ , яка включає викривлення і жолоблення заготовок, похибки від зміщення верхньої і нижньої порожнин штампів відносно один одного та від зміщення опок ливарних форм і стержнів, неспіввісність та ексцентричність оброблених поверхонь відносно базових, зміщення центрових отворів відносно геометричної осі заготовки валу, викривлення та зміщення свердла при обробленні отвору тощо. У більшості випадків напрям складових  $\rho_1$  і  $\rho_2$  векторної суми  $\rho_{\Sigma}$  невідомий, тому приймають, що вони направлені під кутом  $90^0$  один до одного, тобто

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}. \quad (10)$$

Методика і табличні дані для визначення просторових відхилень наведені в [1, табл.31-35; 2, т.1, гл.3, табл.4, 8, 9, 15-19, 21-23, 28, 30; 3, гл.3, табл.1, 6, 10, 12, 13, 15, 17, 22, 25].

Деякі відхилення розмірів литих і штампованих заготовок наведені в табл.8, 12...14 цих рекомендацій.

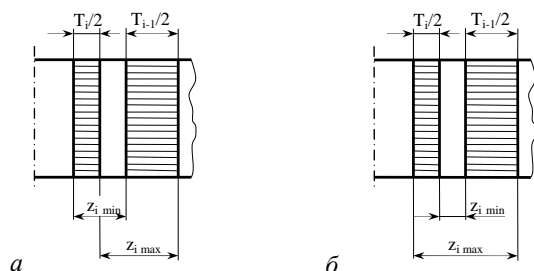


Рис.1. Схема розміщення припусків на обробку вала

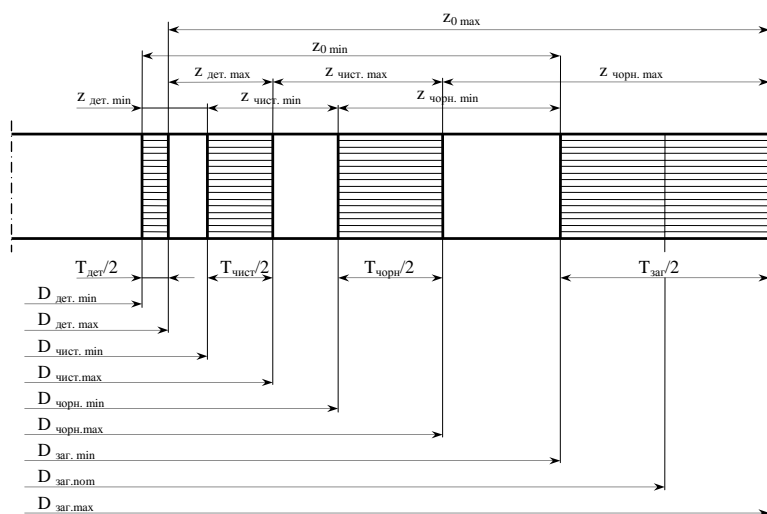


Рис.2. Схема розміщення припусків і допусків на оброблення вала на попередньо налагоджених верстатах

Таблиця 30

Розрахункові формули для визначення припуску на оброблення

| Вид оброблення  | Розрахункова формула  |
|---|---|
| Послідовне оброблення протилежних або окремо розміщених поверхонь | $Z_{i \min} = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{\Sigma_{i-1}} + \epsilon_i$     |
| Паралельне оброблення протилежних поверхонь                       | $2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{\Sigma_{i-1}} + \epsilon_i)$ |

|  |  |
|--|--|
| Оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання  | $2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{\Sigma_{i-1}}^2 + \epsilon_i^2})$ |
| Обточування циліндричної поверхні заготовки, що установлена в центрах; безцентрове шліфування      | $2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{\Sigma_{i-1}})$                         |
| Розвертання плаваючою розверткою; протягування отворів   | $2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1})$   |
| Суперфінішування, полірування і розкочування(обкатування)  | $2Z_{i \min} = 2R_{Z_{i-1}}$   |
| Оброблення лезовим або абразивним інструментом без витримування розміру (як чисто) чорної поверхні | $Z_q = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + 0,25T_{i-1}$  |
| Шліфування після термооброблення площин при наявності $\epsilon_i$                                 | $Z_{i \min} = R_{Z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \epsilon_i$                        |
| Шліфування після термооброблення площин при відсутності $\epsilon_i$                               | $Z_{i \min} = R_{Z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma_{i-1}}$                                     |
| Шліфування поверхонь тіл обертання при наявності $\epsilon_i$                                      | $2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \epsilon_i)$                    |
| Шліфування поверхонь тіл обертання при відсутності $\epsilon_i$                                    | $2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma_{i-1}})$                                 |

$$\epsilon = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2} \quad (11),$$

що включають похибки базування  $\epsilon_6$  і закріплення  $\epsilon_3$  заготовки на виконуваний операції, необхідно намагатися мінімізувати, суміщаючи технологічні і вимірвальні бази (при цьому похибка базування  $\epsilon_6 = 0$ ).

Похибки базування і закріплення залежать від конкретної схеми установлення заготовки в пристрої і конструкції останнього.

Рекомендації для визначення похибок установлення наведені в [1, с.87; 2, табл.36-39; 2, т.1, гл.1, табл.12-18; 3, с.65-75].

Усі знайдені дані для визначення  $Z_i$  для кожної операції (переходу) вписують у зведену таблицю [1, с.87; 2, с.193; 3, с.268-272; 17, с.66] і визначають проміжні розміри заготовки з допусками і загальний припуск  $Z_0$ .

Відмітимо, що отримані розрахункові значення припусків повинні бути прийняті за основу при призначенні глибин різання для розрахунку режимів різання і заповнення операційних технологічних карт.

Таблиця 31

Послідовність розрахунку припусків на оброблення та граничних розмірів за технологічними переходами

| Для зовнішніх поверхонь<br>1  | Для внутрішніх поверхонь<br>2  |
|---|--|
| 1. Користуючись робочим кресленням деталі та картою технологічного процесу механічного оброблення, записати в розрахункову таблицю назву елементарної поверхні заготовки та технологічні переходи оброблення в послідовності їх виконання для елементарної поверхні від чорнкової заготовки до завершального переходу |  |
| 2. Записати значення $R_z$ , $h$ , $\rho$ , $\epsilon$ та $IT$  |  |
| 3. Визначити розрахункові мінімальні припуски на оброблення для усіх технологічних переходів (операцій)   |  |
| 1   | 2  |
| 4. Записати для завершального переходу в графу «Розрахунковий розмір» найменший граничний розмір поверхні з креслення   | 4. Записати для завершального переходу в графу «Розрахунковий розмір» найбільший граничний розмір поверхні з креслення   |
| 5. Для передостаннього переходу визначити розрахунковий розмір додаванням до найменшого граничного розміру з креслення розрахованої величини припуску $Z_{min}$   | 5. Для передостаннього переходу визначити розрахунковий розмір відніманням від найбільшого граничного розміру з креслення розрахованої величини припуску $Z_{min}$   |
| 6. Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу додаванням до розрахункового розміру величини припуску $Z_{min}$ наступного за ним суміжного переходу  | 6. Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу відніманням від розрахункового розміру величини припуску $Z_{min}$ наступного за ним суміжного переходу                                     |
| 7. Записати найменші граничні розміри для усіх технологічних переходів, округлюючи їх в бік збільшення розрахункових розмірів (округлення проводити до того знаку, з яким визначено допуск на розмір для кожного переходу)  | 7. Записати найбільші граничні розміри для усіх технологічних переходів, округлюючи їх в бік зменшення розрахункових розмірів (округлення проводити до того знаку, з яким визначено допуск на розмір для кожного переходу) |

|   |   |
|---|---|
| 8. Визначити найбільші граничні розміри додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру   | 8. Визначити найменші граничні розміри шляхом віднімання допуску від округленого найбільшого граничного розміру   |
| 9. Записати граничні значення припусків $Z_{max}$ як різницю найбільших граничних розмірів та $Z_{min}$ як різницю найменших граничних розмірів попереднього переходу та того, що виконується   | 9. Записати граничні значення припусків $Z_{max}$ як різницю найменших граничних розмірів та $Z_{min}$ як різницю найбільших граничних розмірів попереднього переходу та того, що виконується |
| 10. Визначити загальні припуски $Z_{\Sigma max}$ та $Z_{\Sigma min}$ складанням проміжних припусків на оброблення   |   |
| 11. Виконати перевірку вірності проведених розрахунків за формулами:<br>$z_{imax} - z_{imin} = IT_{i-1} - IT_i$ $2z_{imax} - 2z_{imin} = IT_{Di-1} - IT_{Di}$ або<br>$z_{zmax} - z_{zmin} = IT_z - IT_d$ $2z_{zmax} - 2z_{zmin} = IT_{Dz} - IT_{Dd}$ де $IT_{i-1}$ , $IT_i$ , $IT_{Di-1}$ , $IT_{Di}$ , $IT_z$ , $IT_d$ , $IT_{Dz}$ , $IT_{Dd}$ – відповідно допуски на попередньому та тому, що виконується переходах на поверхні з одностороннім припуском; те ж з симетричним припуском та допуски на заготовку і деталь при односторонньому припуску; те ж саме при симетричному припуску |   |

Параметри шорсткості поверхонь заготовок та поверхонь, отриманих різними методами оброблення, а також товщина їх дефектного поверхневого шару приведені в таблицях 32, 33, 34.

Допуск та параметри якості поверхні на кінцевому технологічному переході ( $R_z$  та  $h$ ) приймають з креслення деталі, перевіряючи за нормативами можливості отримання їх запроєктованим способом оброблення.

Для сірого та ковкого чавуну, а також для кольорових металів та сплавів, після першого технологічного переходу та для сталі після термооброблення при розрахунку припуску складова  $h$  з формули виключається.

Розрахункові формули для визначення сумарного просторового відхилення форми та розташування поверхонь різних видів заготовок при їх обробленні на першій операції чи переході з урахуванням схем базування заготовок приведені в таблиці 36. В таблиці 37 містяться

відомості про питому кривизну заготованок. Зміщення штампованих заготованок містяться в таблиці 38, а похибка ексцентриситету в таблиці 39. Питоме відхилення та зміщення осі отвору при свердлінні приведені у таблиці 40.

Просторові похибки заготовки внаслідок копіювання їх при обробленні частково зберігаються на деталях. Їх величина зменшується пропорційно коефіцієнтові зменшення похибки (коефіцієнтові уточнення  $K_y$ ).

Значення коефіцієнта зменшення похибки для різних методів оброблення приймаються наступними:

- одноразове та чорнове оброблення:  $K_y = 0,06$ ;
- напівчистове оброблення:  $K_y = 0,04$ ;
- чистове оброблення:  $K_y = 0,02$ .

Похибка установа заготовки на операції чи переході визначається за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{зак}^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \quad (12)$$

де:  $\varepsilon_{\delta}$ ,  $\varepsilon_{зак}$ ,  $\varepsilon_{пр}$  – похибки відповідно базування, закріплення, положення в пристрої.

Похибка  $\varepsilon_{пр}$  – є наслідком неточності виготовлення пристроїв та зношування їх установочних елементів, а також похибки установа самого пристрою. Складову  $\varepsilon_{пр}$  як самостійне значення виявити складно, але можна врахувати при настроюванні верстата.

Для однопозиційного оброблення формула визначення похибки установа має вигляд:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{зак}^2}$$

При обробленні площини, паралельної до установчої бази:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_{зак}.$$

При суміщенні технологічної та виміральної баз похибка базування  $\varepsilon_{\delta} = 0$ . Значення  $\varepsilon_{\delta}$  залежить від прийнятої схеми базування, точності розмірів установочних елементів пристроїв, точності розмірів форми і відносного розташування базових поверхонь заготовки. Приблизно визначити  $\varepsilon_{\delta}$  можна за таблицею 41, а похибки закріплення  $\varepsilon_{зак}$  за таблицями 42, 43.

Залишкова похибка установа заготовки при наступних переходах становить 0,06; 0,04; 0,02 від початкової на першому переході.

Для визначення допусків литих заготованок з чорних металів користуються ГОСТ 26648-85 (Додаток 1). Для кованок допуски регламентуються ГОСТ 7505-89 відповідно до вихідних індексів. Вихідний індекс визначається в залежності від маси заготовки, марки сталі,

ступеня складності та класу точності кованки (див. Додатки 2, 3, 4). Розрахункова маса кованки визначається як маса кованки чи її частина, що піддається деформації, та визначається виходячи з її мінімальних розмірів. Орієнтовно величину розрахункової маси кованки  $M_{п.р}$  допускається обчислювати по формулі:

$$M_{п.р} = M_d K_p, \quad (13)$$

де  $M_{п.р}$  – розрахункова маса кованки, кг,

$M_d$  – маса деталі, кг,

$K_p$  – розрахунковий коефіцієнт, визначається відповідно до Додатку 5.

Клас точності кованки визначається в залежності від технологічного процесу і обладнання для її виготовлення (див. Додаток 6), а також виходячи з вимог до точності розмірів кованки.

Ступінь складності, одна з характеристик форми кованок, що якісно оцінює її і використовується для визначення припусків і допусків. Ступінь складності визначається шляхом обчислення відношення маси (чи об'єму)  $G_n$  кованки до маси (об'єму)  $G_f$  геометричної фігури, в яку вписується форма кованки. Геометричною фігурою може бути куля, паралелепіпед, циліндр з перпендикулярними до його осі торцями, чи пряма правильна призма (рис.5 Додатку 3).

При визначенні співвідношення  $G_n/G_f$  приймають ту з геометричних фігур, маса (об'єм) якої найменша. Ступеню складності кованки відповідають наступні числові значення відношення  $G_n/G_f$ :

S1 – більше ніж 0,63;

S2 – від 0,32 до 0,63 включно;

S3 – від 0,16 до 0,32 включно;

S4 – до 0,16.

Для кованок, отриманих на ГKM (горизонтально кувальних машинах) допускається визначати ступінь складності форми в залежності від числа переходів:

S1 – не більше ніж при двох переходах кування,

S2 – при трьох переходах,

S3 – при чотирьох переходах,

S4 – більше ніж при чотирьох переходах або при виготовленні

кованки на двох кувальних машинах.

Для визначення вихідного індексу користуються Додатком 4. В графі «Маса кованки» знаходять відповідний даній масі рядок і переміщуючись по горизонтальній лінії вправо чи по потовщеній нахилений лінії вправо - вниз до перетину з вертикальними лініями, що відповідають заданим значенням сталі М, ступеня складності  $S_i$ , класу точності Т, встановлюють вихідний індекс (від 1 до 23).

Допуски та допустимі відхилення лінійних розмірів кованок визначаються за ГОСТ 7505-89, Додаток 7.

Таблиця 32

Якість поверхонь заготовок

| Вид заготовки                             | Квалітет | h   | R <sub>z</sub> |
|---|----------|-----|----------------|
|   |          | мкм |                |
| Лиття в земляні форми:                    |          |     |                |
| 1-го класу:                               |          |     |                |
| найбільший габаритний розмір вилівка, мм: |          |     |                |
| до 1250                                   |          | 600 |                |
| більше 1250 до 3150                       |          | 800 |                |
| 2-го класу:                               |          |     |                |
| найбільший габаритний розмір вилівка, мм: |          |     |                |
| до 1250                                   |          | 700 |                |
| більше 1250 до 3150                       |          | 900 |                |
| Лиття в циліндр                           | 12...14  | 200 | 300            |
| Лиття в оболонкові форми                  | 12...14  | 40  | 260            |
| Лиття під тиском                          | 9...12   | 20  | 140            |
| Лиття за моделями, що виплавляються       | 6...12   | 30  | 170            |
| Штамповані заготовки масою, кг:           |          |     |                |
| до 0,25                                   |          | 150 | 150            |
| 0,25...2,5                                |          | 150 | 200            |
| 2,5...25                                  |          | 150 | 250            |
| 25...100                                  |          | 200 | 300            |
| 100...200                                 |          | 300 | 300            |
| Прокат гарячекатаний діаметром, мм:       |          |     |                |
| 5...25                                    |          | 150 | 150            |
| 26...75                                   |          | 150 | 250            |
| 80...150                                  |          | 200 | 300            |
| 160...250                                 |          | 300 | 400            |
| Прокат калібрований                       | 7...12   | 60  | 60             |

Примітка. Для вилівок в земляні форми показано сумарне значення R<sub>z</sub>+ h.

Таблиця 33

Якість торцевої поверхні після розрізування заготовок з гарячекатаного прокату

| Спосіб розрізки  | Діаметр заготовки, мм | Допуск на довжину заготовки, мм | R <sub>z</sub> + h, мм | Перпендикулярність торця до осі |
|--|-----------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| За упором на ножицях дисковими пилами і приводними ножівками | 5...25                | ± 1                             | 0,3                    | 0,01D                           |
|  | 26...75               | ± 1,3                           |                        |                                 |
|  | 80...150              | ± 1,8                           |                        |                                 |
|  | Більше 150            | ± 2,3                           |                        |                                 |
| На пресах і фрезами на відрізних верстатах                   | 5...25                | ± 0,3                           | 0,2                    | 0,0007D                         |
|  | 26...75               | ± 0,4                           |                        |                                 |
| Відрізними різцями на верстатах токарного типу               | 5...25                | ± 0,25                          | 0,2                    | 0,045D                          |
|  | 26...75               | ± 0,35                          |                        |                                 |
|  | 80...150              | ± 0,4                           |                        |                                 |
|  | 160...250             | ± 0,5                           |                        |                                 |

Примітка. При різанні на прес-ножицях і пресах на заготовках утворюються вдвітина і скіс: вдвітина в напрямку, перпендикулярному до поверхні різку, досягає 0,2D, а скіс до торця – до 3°, що необхідно враховувати при розрахунку припусків на оброблення діаметру та торця.

Таблиця 34

Параметри, що досягаються після механічного оброблення

| Вид оброблення  | R <sub>z</sub> | h   |
|---|----------------|-----|
|   | мкм            |     |
| <i>Обробленнязовнішніх поверхонь</i>  |                |     |
| Обдирне оброблення лезовим інструментом вилівок 2-го класу, гарячого прокату звичайної точності, нежорстких валів, кованок з великими припусками. | 100            | 100 |
| Чорнове оброблення лезовим інструментом заготовок усіх видів  | 50             | 50  |
| Чистове оброблення лезовим інструментом та одноразовим обробленням заготовок із малими припусками   | 30             | 30  |
| Чистове торцеве фрезерування  | 10             | 15  |
| Протягування зовнішнє   | 5              | 10  |
| Тонке оброблення лезовим інструментом   | 3              | -   |
| Шліфування попереднє  | 10             | 20  |
| Те ж, чистове   | 5              | 15  |
| Безцентрове шліфування каліброваного прокату до   | 6              | 12  |

|                                   |           |    |
|-----------------------------------|-----------|----|
| термооброблення                   |           |    |
| Те ж, після термооброблення       | 0,3...0,8 |    |
| <i>Оброблення отворів</i>         |           |    |
| Свердління спіральними свердлами  | 40        | 60 |
| Глибоке свердління                | 20        | 30 |
| Зенкерування:                     |           |    |
| чорнове                           | 50        | 50 |
| чистове                           | 30        | 40 |
| Розточування:                     |           |    |
| чорнове                           | 50        | 50 |
| чистове                           | 20        | 25 |
| Розвертання:                      |           |    |
| нормальне                         | 10        | 25 |
| точне                             | 5         | 10 |
| тонке                             | 3         | -  |
| Протягування                      | 4         | 6  |
| Калібрування кулькою або оправкою | 0,6       | -  |

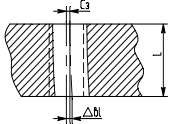
Примітка. Види розвертання (нормальне, точне, тонке) визначаються допусками на діаметральні розміри розверток.

Таблиця 35

Сумарне значення просторових відхилень поверхонь для різних видів заготовок і механічного оброблення

| Тип деталі і метод базування  | Ескіз | Розрахункові формули  |
|---|-------|---|
| <i>Литі заготовки</i>   |       |   |
| Корпусні деталі, установлені по отворах і перпендикулярні до них площини                |       | $\rho_d = \sqrt{\rho_{ж}^2 + \rho_{с}^2};$<br>$\rho = \rho_{ж} + \rho_{с};$<br>$\rho_{с} = \Pi T;$<br>$\rho_{ж} = \Delta_K L$     |
| Те ж, по площині, протилежній до оброблюваної   |       | $\rho = \rho_{ж}$   |
| Циліндричні деталі, тіла обертання в самоцентрувальних патронах по зовнішньому діаметру |       | $\rho_D = \rho_{ж} = \Delta_K D;$<br>$\rho_d = \sqrt{\rho_{ж}^2 + \rho_{с}^2};$<br>$\rho_{с} = \Pi T_B;$<br>$\rho_B = \Delta_K B$ |
| <i>Штамповані заготовки</i>   |       |   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| Стержневі деталі (вали ступінчасті, важелі й ін.) з базуванням по крайній шийці |  | $\rho = \sqrt{\rho_{ж}^2 + \rho_{с}^2};$<br>$\rho_{ж} = \Delta_K l$  |
| Стержневі деталі при обробленні в центрах                                       |  | $\rho = \sqrt{\rho_{ж}^2 + \rho_{с}^2 + \rho_{г}^2};$<br>$\rho_{ж} = \Delta_K l$<br>(при $l \leq L/2$ )                                    |
| Деталі типу дисків з установленням по зовнішньому діаметру і торцю              |  | $\rho = \sqrt{\rho_{ж}^2 + \rho_{ексц}^2}$   |
| Те ж, при обробленні торцевих поверхонь   |  | $\rho = \rho_{ж};$<br>$\rho_{ж} = \Delta_K D = \Delta_K \cdot 2R$  |
| <i>Заготовки із сортового прокату</i>   |  |  |
| При консольному закріпленні в самоцентрувальних патронах                        |  | $\rho = \rho_{ж}$<br>$\rho_{ж} = \Delta_K l$   |
| При обробленні в центрах  |  | $\rho = \sqrt{\rho_{ж}^2 + \rho_{г}^2};$<br>$\rho_{ж} = \Delta_K l$<br>(при $l \leq L/2$ )   |
| <i>Зацентрування заготовок</i>  |  |  |
| При установленні в самоцентрувальних затискних пристроях                        |  | $\rho_{ж} = 0,25 \text{ мм}$   |
| При установленні на призмах з однобічним притиском                              |  | $\rho_{г} = \sqrt{\Pi^2/2 + 0,25^2}$<br>(при $\alpha = 90^\circ$ );<br>$\rho_{г} = \sqrt{\Pi^2/3 + 0,25^2}$<br>(при $\alpha = 120^\circ$ ) |
| <i>Свердління отворів</i>   |  |  |

|   |   |  |
|---|---|--|
| Деталі всіх типів, при обробленні отвору в нерухомій деталі |  | $\rho = \sqrt{c_s^2 + (\Delta_k l)^2}$ |
|---|---|--|

Таблиця 36

Питома кривина заготованок  $\Delta_k$  (мкм) на 1 мм довжини

| Заготованки                               | Діаметр заготованки, мм |         |         |          |           |       |
|---|-------------------------|---------|---------|----------|-----------|-------|
|   | 5...25                  | 25...50 | 50...75 | 75...120 | 120...150 | ≥ 150 |
| Прокат калібрований:                      |                         |         |         |          |           |       |
| 6-й квалітет                              | 0,5                     | 0,5     | -       | -        | -         | -     |
| 9-й квалітет                              | 1                       | 0,75    | 0,5     | -        | -         | -     |
| 10...11-й квалітет                        | 2                       | 1       | 1       | -        | -         | -     |
| 12-й квалітет                             | 3                       | 2       | 1       | -        | -         | -     |
| Прокат калібрований після термооброблення |                         |         |         |          |           |       |
|   | 2                       | 1,3     | 0,6     | -        | -         | -     |
| Прокат гарячекатаний:                     |                         |         |         |          |           |       |
| після виправлення на пресі                | 0,15                    | 0,12    | 0,1     | 0,08     | 0,06      | 0,05  |
| після термооброблення                     | 2                       | 1,3     | 1,3     | 0,6      |           | 0,3   |
| Штамповані:                               |                         |         |         |          |           |       |
| після виправлення                         | 2                       |         | 1,5     |          | 1         |       |
| після термооброблення                     | 1                       | 0,8     | 0,7     | 0,6      | 0,5       |       |
| Виливки:                                  |                         |         |         |          |           |       |
| плити                                     | 2...3                   |         |         |          |           |       |
| корпуси                                   | 0,7...1                 |         |         |          |           |       |

Примітки: 1. Загальна кривизна прутка не повинна перевищувати добутку допустимої питомої кривизни на довжину прутка.

2. Кривину відрізаної заготованки визначають залежно від способу базування при обробленні (див. табл. 36).

3. При термообробленні прокату ТВЧ табличні значення приймати з коефіцієнтом 0,5.

4. Для ступінчастих валів середній діаметр:

$$d_{cp} = \frac{d_1 l_1 + d_2 l_2 + \dots + d_n l_n}{l}$$

де  $d_1, d_2, \dots, d_n$  – діаметр шийки;

$l_1, l_2, \dots, l_n$  – довжини шийки;

$l$  – загальна довжина вала.

5. Для стержневих деталей типу важелів і пластин  $d_{сер}$  розраховується за середнім перерізом стержня.

Таблиця 37

Похибки зсуву  $\rho_{zc}$  (мм) штампованих заготованок відносно осі за ГОСТ 7505-74

| Маса кованки, кг   | $\rho_{zc}$ для класів точності заготованок |      |
|--------------------|---|------|
|                    | 1-го  | 2-го |
| До 0,25            | 0,3   | 0,3  |
| Понад 0,25 до 0,63 | 0,3   | 0,4  |
| Понад 0,63 до 1,6  | 0,4   | 0,5  |
| Понад 1,6 до 2,5   | 0,4   | 0,6  |
| Понад 2,5 до 4     | 0,5   | 0,7  |
| Понад 4 до 6,3     | 0,6   | 0,8  |
| Понад 6,3 до 10    | 0,7   | 0,9  |
| Понад 10 до 16     | 0,8   | 1    |
| Понад 16 до 25     | 0,9   | 1,1  |
| Понад 25 до 40     | 1   | 1,2  |
| Понад 40 до 63     | 1,2   | 1,4  |
| Понад 63 до 100    | 1,4   | 1,7  |
| Понад 100 до 160   | 1,6   | 2,5  |
| Понад 160 до 250   | 1,8   | 3    |
| Понад 250 до 400   | 2   | 3,5  |

Таблиця 38

Похибки штампованих заготованок по неспіввісності (ексцентричності  $\rho_{ексц}$  і зігнутої  $\rho_{зіг}$ ), мм

| Найбільший розмір кованки | $\rho_{ексц}$ для класів |      | $\rho_{зіг}$ для класів |      |
|---------------------------|--------------------------|------|-------------------------|------|
|                           | 1-го                     | 2-го | 1-го                    | 2-го |
| До 60                     | 0,5                      | 0,8  | 0,25                    | 0,4  |
| Понад 60 до 100           | 0,6                      | 1    | 0,4                     | 0,6  |
| Понад 100 до 160          | 0,8                      | 1,5  | 0,5                     | 0,8  |
| Понад 160 до 250          | 1,2                      | 2    | 0,6                     | 1    |
| Понад 250 до 360          | 1,6                      | 2,5  | 0,8                     | 1,2  |
| Понад 360 до 500          | 2                        | 3    | 1                       | 1,5  |
| Понад 500 до 630          | 2,5                      | 3,5  | 1,5                     | 2    |
| Понад 630 до 800          | 3                        | 4    | 1,8                     | 2,5  |



Таблиця 39  
Питоме відхилення  $\Delta_e$  та зміщення  $C_3$  осей отворів при свердлінні

| Діаметр отвору, мм | Свердління спіральними свердлами |             | Глибоке свердління  |             |
|--------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-------------|
|                    | $\Delta_e$ , мкм/мм              | $C_3$ , мкм | $\Delta_e$ , мкм/мм | $C_3$ , мкм |
| 3...6              | 2,1                              | 10          | 1,6                 | 10          |
| 6...10             | 1,7                              | 15          | 1,3                 | 15          |
| 10...18            | 1,3                              | 20          | 1                   | 20          |
| 18...30            | 0,9                              | 25          | 0,7                 | 25          |
| 30...50            | 0,7                              | 30          | 0,7                 | 25          |

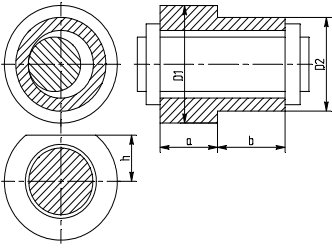
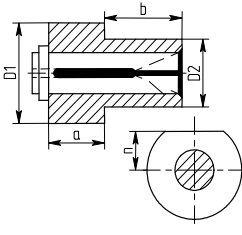
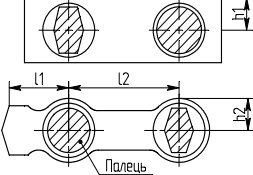
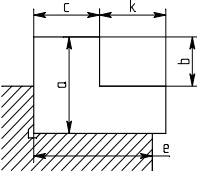
Таблиця 40  
Похибки базування заготовок при обробленні в пристроях

| Базування                                      | Схема установлення | $\epsilon_b$   |
|--|--------------------|--|
| 1  | 2                  | 3  |
| <i>В центрах:</i>                              |                    |  |
| На жорсткий передній центр                     |                    | $\epsilon_{D_1} = 0; \epsilon_{D_2} = 0;$<br>$\epsilon_a = 0; \epsilon_b = \Delta_{II}^*;$<br>$\epsilon_c = \Delta_{II}^*$ |
| На плаваючий передній центр                    |                    | $\epsilon_{D_1} = 0; \epsilon_{D_2} = 0;$<br>$\epsilon_a = 0; \epsilon_b = 0;$<br>$\epsilon_{II} = 0$                      |
| <i>По зовнішній поверхні:</i>                  |                    |  |
| У затискній цанзі до упору                     |                    | $\epsilon_D = 0; \epsilon_b = 0$   |
| У самоцентрувальному патроні з упором в горіць |                    | $\epsilon_D = 0; \epsilon_d = 0;$<br>$\epsilon_a = 0; \epsilon_b = 0$<br>(при паралельному підрізанні торців)              |

|   |  |   |
|---|--|---|
| У самоцентрувальних призмах                             |  | $\epsilon_d = 0; \epsilon_e = 0^{**}$   |
| У призмі при обробленні отворів в кондукторі            |  | $\epsilon_l = \frac{\Gamma_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}^{**}$  |
| На плоскій поверхні при обробленні отворів в кондукторі |  | $\epsilon_l = \frac{\Gamma_D}{2}^{**}$  |
| У призмі при обробленні площини або пазу                |  | $\epsilon_n = \frac{\Gamma_D}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$<br>$\epsilon_n = \frac{\Gamma_D}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$<br>$\epsilon_m = \frac{\Gamma_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$ |
| Те ж саме   |  | $\epsilon_b = 0$  |
| У призмі при обробленні площини або пазу                |  | $\epsilon_e = \frac{\Gamma_D}{2}; \epsilon_m = 0$   |
| По отвору: на жорсткій оправці з вільною посадкою       |  | $\epsilon_{D1} = S_{min} + \Gamma_B + \Gamma_A;$<br>$\epsilon_{D2} = S_{min} + \Gamma_B + \Gamma_A;$<br>$\epsilon_h = S_{min} + \Gamma_B + \Gamma_A^{***}$<br>При установці оправки на плаваючий передній центр, у гільзу               |

Таблиця 41

Похибка закріплення заготовок  $\varepsilon_3$  при  
установленні на опорні штифти пристроїв, мкм

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | або патрон по упору<br>$\varepsilon_a = 0; \varepsilon_b = 0$   |
| По отвору:<br>на жорсткій оправці з вільною посадкою     |   |   |
| На розтискній оправці й на жорсткій з натягом            |   | При установці оправки на жорсткий передній центр<br>$\varepsilon_b = 0; \varepsilon_a = \Delta_{ц}^*$ ; $\varepsilon_{л} = 0$<br>$\varepsilon_{л2} = 0; \varepsilon_{л1} = 0; \varepsilon_b = \Pi_{л}$ ;<br>$\varepsilon_a = 0$ |
| По двох отворах на пальцях при обробці верхньої поверхні |   | $\varepsilon_{л1} = S_{\min} + \Pi_{л} + \Pi_{А}^{***}$<br>$\varepsilon_{л2} = (S_{\min} + \Pi_{л} + \Pi_{А}) \times \left( \frac{2l_1 + l_2}{l} \right)$   |
| По площині при обробці уступу                            |  | $\varepsilon_b = 1 T_a$ ;<br>$\varepsilon_k = 1 T_e$ ;<br>$\varepsilon_c = 0$   |

Примітки до Таблиці 40.

 $\Delta_{ц}$  – похибка глибини центрів, мм;

|  |           |         |        |          |        |
|--|-----------|---------|--------|----------|--------|
| Найбільший діаметр центрального отвору, мм | 1; 2; 2,5 | 4; 5; 6 | 7,5; 7 | 12,5; 15 | 20; 30 |
| $\Delta_{ц}$ , мм                          | 0,11      | 0,14    | 0,18   | 0,21     | 0,25   |

\*\*  $\varepsilon$  - зміщення осі отвору відносно осі зовнішньої поверхні; $\Pi_{л}$  – допуск діаметру зовнішньої поверхні;\*\*\*  $\Pi_{А}$  – допуск розміру базового отвору; $T_{л}$  – допуск розміру оправки; $S_{\min}$  – мінімальний гарантований зазор.

| Метод отримання заготовки   | Поперечний розмір заготовки, мм |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
|---|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | 6...10                          | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...260 | 260...360 | 360...500 |
| Установка в затискний пристрій з гвинтовими або ексцентриковими затискачами |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| Литво:  |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| У піщану форму з машинним формуванням за металевою моделлю                  | -                               | 100     | 125     | 150     | 175     | 200      | 225       | 250       | 300       | 350       |
| У постійну форму  | -                               | 100     | 110     | 120     | 130     | 140      | 150       | 160       | 180       | 200       |
| За моделлю, що виплавляється  | 80                              | 90      | 100     | 110     | 120     | 130      | 140       | 150       | -         | -         |
| Під тиском  | 70                              | 80      | 90      | 100     | 110     | 120      | 130       | 140       | -         | -         |
| Гаряче штампована   | -                               | 100     | 125     | 150     | 175     | 200      | 225       | 250       | 300       | -         |
| Гарячекатана  | 90                              | 100     | 125     | 150     | 175     | 200      | 225       | -         | -         | -         |
| Попередньо оброблена  | 80                              | 90      | 100     | 110     | 120     | 130      | 140       | 150       | 160       | 170       |
| Оброблена начисто   | 70                              | 80      | 90      | 100     | 110     | 120      | 130       | 140       | 150       | 160       |
| Шліфувана   | 60                              | 70      | 80      | 90      | 100     | 110      | 120       | 130       | 140       | 150       |

| Метод одержання заготовки  | Поперечний розмір заготовок, мм |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
|--|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | 6...10                          | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...260 | 260...360 | 360...500 |
| <i>Установка в затискне пристосування із пневматичним затискачем</i> |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| <b>Литво:</b>  |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| у піщану форму машинного формування по металевій моделі              | -                               | 80      | 90      | 100     | 110     | 120      | 140       | 160       | 190       | 220       |
| у постійну форму   | 50                              | 55      | 60      | 65      | 70      | 80       | 90        | 100       | 110       | 120       |
| по моделі, що виплавляється  | 35                              | 40      | 50      | 55      | 60      | 70       | 80        | 90        | -         | -         |
| під тиском   | 25                              | 30      | 35      | 40      | 50      | 60       | 70        | 80        | -         | -         |
| Гаряче штампована  | -                               | 80      | 90      | 100     | 110     | 120      | 140       | 160       | 190       | -         |
| Гарячекатана   | 70                              | 80      | 90      | 100     | 110     | 120      | 140       | -         | -         | -         |
| Попередньо оброблена   | 35                              | 40      | 50      | 55      | 60      | 70       | 80        | 90        | 100       | 110       |
| Чисто оброблена  | 25                              | 30      | 35      | 40      | 50      | 60       | 70        | 80        | 90        | 100       |
| Шліфувана  | 15                              | 20      | 25      | 30      | 40      | 50       | 60        | 70        | 80        | 90        |

Примітки: 1. Установлення заготовки на магнітній плиті не дає похибки закріплення. 2. Поперечний розмір заготовки приймати найбільшим у перерізі по нормалі до обробленої поверхні. 3. Похибка закріплення дана по нормалі до обробленої поверхні.

Таблиця 42  
Похибка закріплення заготовок  $\epsilon_3$  при установленні в осьовому напрямку, мкм

| Метод одержання заготовки                                      | Поперечний розмір заготовок, мм |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
|--|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | 6...10                          | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...260 | 260...360 | 360...500 |
| <i>Установлення в затискній гільзі (цанзі) до упору</i>        |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| Холоднотягнута калібрована                                     | 40                              | 50      | 60      | 70      | 80      | -        | -         | -         | -         | -         |
| Попередньо оброблена   | 40                              | 50      | 50      | 70      | 80      | -        | -         | -         | -         | -         |
| Чисто оброблена  | 20                              | 25      | 30      | 35      | 40      | -        | -         | -         | -         | -         |
| <i>Установлення в трьохкулачковому самоцентрівному патроні</i> |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| <b>Литво:</b>  |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| у піщану форму машинного формування по металевій моделі        | 70                              | 80      | 90      | 100     | 110     | 120      | 130       | 140       | 150       | 160       |
| у постійну форму   | 60                              | 70      | 80      | 90      | 100     | 110      | 120       | 130       | 140       | 150       |
| по моделі, що виплавляється                                    | 50                              | 60      | 70      | 80      | 90      | 100      | 110       | 120       | -         | -         |
| під тиском   | 30                              | 40      | 50      | 60      | 70      | 80       | 90        | 100       | -         | -         |
| Гаряче штампування   | 70                              | 80      | 90      | 100     | 110     | 120      | 130       | 140       | 150       | -         |
| Гарячекатана   | 70                              | 80      | 90      | 100     | 110     | 120      | 130       | -         | -         | -         |
| Попередньо оброблена   | 50                              | 60      | 70      | 80      | 90      | 100      | 110       | 120       | 130       | 140       |
| Чисто оброблена  | 30                              | 40      | 50      | 60      | 70      | 80       | 90        | 100       | 110       | 120       |
| <i>Установлення в пневматичному патроні</i>                    |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| <b>Литво:</b>  |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| у піщану форму машинного формування по металевій моделі        | 55                              | 60      | 70      | 80      | 90      | 100      | 110       | 120       | 130       | 140       |
| у постійну форму   | 55                              | 60      | 65      | 75      | 80      | 90       | 100       | 110       | 120       | 130       |
| по моделі, що виплавляється                                    | 45                              | 50      | 55      | 65      | 75      | 80       | 85        | 90        | -         | -         |
| під тиском   | 25                              | 35      | 45      | 50      | 55      | 65       | 70        | 80        | -         | -         |
| Гаряче штампування   | 55                              | 60      | 70      | 80      | 90      | 100      | 110       | 120       | 130       | -         |

|                      |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
|----------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Гарячекатана         | 55 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | -   | -   | -   |
| Попередньо оброблена | 40 | 50 | 70 | 70 | 80 | 90  | 90  | 100 | 110 | 120 |
| Чисто оброблена      | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |

Примітки: 1. При установленні на оправках треба враховувати похибку базування і приймати похибку закріплення заготовки залежно від закріплення оправки. 2. Установлення заготовки в центрах не дає похибки закріплення, але дає похибку базування в осьовому напрямку.

Таблиця 43

Похибка закріплення заготовок  $\epsilon_3$  при установленні в радіальному напрямку, мкм

| Метод одержання заготовки                               | Поперечний розмір заготовок, мм |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
|---|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | 6...10                          | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 | 80...120 | 120...180 | 180...260 | 260...360 | 360...500 |
| <i>Установлення в затискній гільзі (цанзі)</i>          |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| Холоднотягнута калібрована                              | 40                              | 50      | 60      | 70      | 80      | -        | -         | -         | -         | -         |
| Попередньо оброблена                                    | 40                              | 50      | 60      | 70      | 80      | -        | -         | -         | -         | -         |
| Чисто оброблена   | 20                              | 25      | 30      | 35      | 40      | -        | -         | -         | -         | -         |
| <i>Установлення в трьохкулачковому патроні</i>          |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| Литво:  |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |
| у піщану форму машинного формування по металевій моделі | 220                             | 270     | 320     | 370     | 420     | 500      | 600       | 700       | 800       | 900       |
| у постійну форму  | 150                             | 175     | 200     | 250     | 300     | 350      | 400       | 450       | 550       | 650       |
| по моделі, що виплавляється                             | 50                              | 60      | 70      | 80      | 100     | 120      | 140       | 160       | -         | -         |
| під тиском  | 25                              | 30      | 35      | 40      | 50      | 60       | 70        | 80        | -         | -         |
| Гаряче штампування                                      | 220                             | 270     | 320     | 370     | 420     | 500      | 600       | 700       | 800       | -         |
| Гарячекатана  | 220                             | 270     | 320     | 370     | 420     | 500      | 600       | -         | -         | -         |
| Попередньо оброблена                                    | 50                              | 60      | 70      | 80      | 100     | 120      | 140       | 160       | 180       | 200       |
| Чисто оброблена   | 25                              | 30      | 35      | 40      | 50      | 60       | 70        | 80        | 90        | 100       |
| <i>Установлення в пневматичному патроні</i>             |                                 |         |         |         |         |          |           |           |           |           |

| Литво:  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| у піщану форму машинного формування по металевій моделі | 180 | 220 | 260 | 320 | 380 | 440 | 500 | 580 | 660 | 760 |
| у постійну форму  | 120 | 140 | 170 | 200 | 240 | 280 | 320 | 380 | 440 | 500 |
| по моделі, що виплавляється                             | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 120 | -   | -   |
| під тиском  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 60  | -   | -   |
| Гаряче штампування                                      | 180 | 220 | 260 | 320 | 380 | 440 | 500 | 580 | 660 | -   |
| Гарячекатана  | 180 | 220 | 260 | 320 | 380 | 440 | 500 | -   | -   | -   |
| Попередньо оброблена                                    | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 120 | 140 | 160 |
| Чисто оброблена   | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 60  | 70  | 80  |

Примітки: 1. При установленні на оправках треба враховувати похибку базування й приймати похибку закріплення заготовки залежно від кріплення оправки. 2. Установлення заготовки у твердих центрах не дає похибки закріплення в радіальному напрямку. Похибка закріплення, що утворюється при установленні в плаваючий передній і обертовий задній центри, не враховується.

Похибка закріплення заготовок  $\epsilon_3$  при установці на опорні пластинки пристроїв, мкм

Таблиця 44

| Метод одержання заготовки  | Поперечний розмір заготовок, мм |        |        |        |        |         |          |          |          |          |  |  |
|--|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|--|--|
|  | 6..10                           | 10..18 | 18..30 | 30..50 | 50..80 | 80..120 | 120..180 | 180..260 | 260..360 | 360..500 |  |  |
| <i>Установлення в затискний пристрій з гвинтовими або ексцентрикними затискачами</i> |                                 |        |        |        |        |         |          |          |          |          |  |  |
| Литво:   |                                 |        |        |        |        |         |          |          |          |          |  |  |
| У піщану форму з машинним формуванням за   | 100                             | 110    | 120    | 135    | 150    | 175     | 200      | 240      | 280      |          |  |  |
| У постійну форму   | 55                              | 60     | 70     | 80     | 90     | 100     | 110      | 120      | 130      | 140      |  |  |
| За моделлю, що виплавляється   | 40                              | 50     | 60     | 70     | 80     | 90      | 100      | 110      | -        | -        |  |  |
| Під тиском   | 30                              | 40     | 50     | 60     | 70     | 80      | 90       | 100      | -        | -        |  |  |
| Гаряче штампована  | -                               | 100    | 110    | 120    | 135    | 150     | 175      | 200      | 240      | -        |  |  |
| Гарячекатана   | 90                              | 100    | 110    | 120    | 135    | 150     | 175      | -        | -        | -        |  |  |
| Попередньо оброблена   | 40                              | 50     | 60     | 70     | 90     | 90      | 100      | 110      | 120      | 130      |  |  |
| Чисто оброблена  | 30                              | 40     | 50     | 60     | 70     | 80      | 90       | 100      | 110      | 120      |  |  |
| Шліфувана  | 20                              | 30     | 40     | 50     | 60     | 70      | 80       | 90       | 100      | 110      |  |  |

| Метод одержання заготовки  | Поперечний розмір заготовок, мм |        |        |        |        |         |          |          |          |          |  |  |
|--|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|--|--|
|  | 6..10                           | 10..18 | 18..30 | 30..50 | 50..80 | 80..120 | 120..180 | 180..260 | 260..360 | 360..500 |  |  |
| <i>Установлення в затискний пристрій з пневматичним затискачем</i> |                                 |        |        |        |        |         |          |          |          |          |  |  |
| Литво:   |                                 |        |        |        |        |         |          |          |          |          |  |  |
| У піщану форму з машинним формуванням за металевою                 | -                               | 80     | 90     | 100    | 110    | 120     | 140      | 160      | 190      | 220      |  |  |
| У постійну форму   | 50                              | 55     | 60     | 65     | 70     | 80      | 90       | 100      | 110      | 120      |  |  |
| За моделлю, що виплавляється                                       | 35                              | 40     | 50     | 55     | 60     | 70      | 80       | 90       | -        | -        |  |  |
| Під тиском   | 25                              | 30     | 35     | 40     | 50     | 60      | 70       | 80       | -        | -        |  |  |
| Гаряче штампована  | -                               | 80     | 90     | 100    | 110    | 120     | 140      | 160      | 190      | -        |  |  |
| Гарячекатана   | 70                              | 80     | 90     | 100    | 110    | 120     | 140      | -        | -        | -        |  |  |
| Попередньо   | 35                              | 40     | 50     | 55     | 60     | 70      | 80       | 90       | 100      | 110      |  |  |
| Чисто оброблена  | 25                              | 30     | 35     | 40     | 50     | 60      | 70       | 80       | 90       | 100      |  |  |
| Шліфувана  | 15                              | 20     | 25     | 30     | 40     | 50      | 60       | 70       | 80       | 90       |  |  |

Примітки: 1. Установлення заготовки на магнітній плиті не дає похибки закріплення. 2. Поперечний розмір заготовки приймає найбільшим у перерізі по нормалі до оброблюваної поверхні. 3. Похибка закріплення дана по нормалі до оброблюваної поверхні.

### Приклад 1.

Розрахувати припуск на оброблення та проміжні граничні розміри для діаметру  $\varnothing 52^{+0,06}$  мм отвору корпусу, зображеного на рис. 3. На решту поверхонь призначити припуски та допуски за ГОСТ 26645-85. Маса виливка 2,5 кг. Матеріал - СЧ 20.

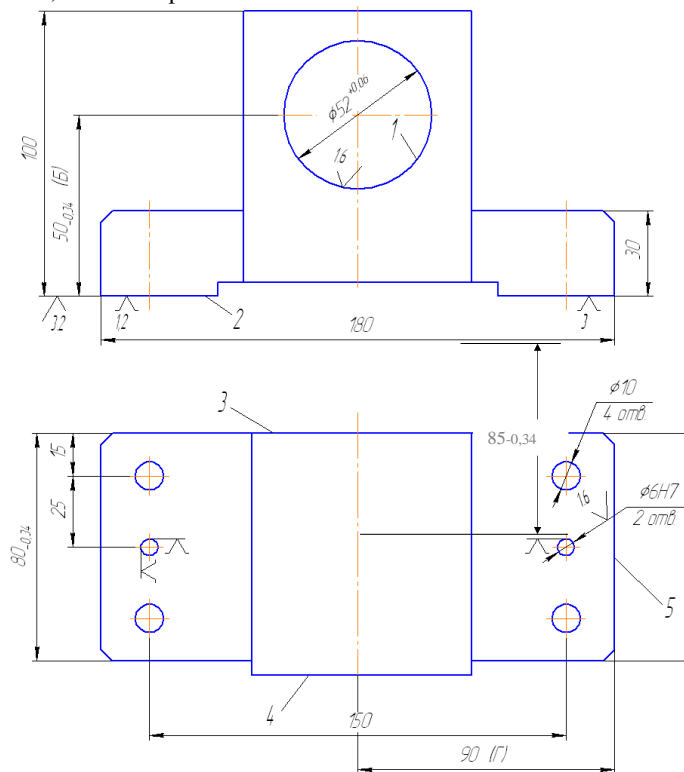


Рис. 3. Корпус підшипника; креслення та схема установлення при обробленні отвору  $\varnothing 52^{+0,06}$  мм.

Технологічний маршрут оброблення отвору складається з двох переходів: чорнового та чистового розточування, що виконуються при одному установленні деталі. Заготовка базується на плоску поверхню і два оброблені отвори  $\varnothing 6H7$ .

Розрахунок припусків на оброблення отвору  $\varnothing 52^{+0,06}$  мм будемо проводити в формі Таблиці 45, в якій послідовно записуватимемо технологічний маршрут оброблення отвору і усі значення елементів припуску.

Сумарне значення  $R_z$  та  $h_{i-1}$ , які характеризують якість литих заготовок складає 600 мкм (таблиця 32).

Після першого технологічного переходу  $h_{i-1}$  для деталей з чавуну виключається з розрахунків, тому для чорнового та чистового розточування знаходять (таблиця 34) лише значення  $R_z$  – відповідно 50 та 30 мкм та записують їх в розрахункову таблицю 45. Сумарне просторове відхилення для заготовки даного типу визначається за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{жс}^2 + \rho_{жс}^2};$$

Жолоблення (кривина) отвору варто враховувати як в діаметральному, так і в його осьовому перерізі. Тому:

$$\rho_{жс} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 52)^2 + (0,7 \cdot 85)^2} = 70 \text{ мкм}$$

де  $d, l$  – діаметр та довжина отвору що обробляється;

$\Delta_k$  – значення питомого жолоблення (кривини) для виливків (таблиця 36).

При визначенні  $\rho_{жс}$  в даному випадку варто прийняти до уваги точність розташування базових поверхонь, що використовуються в прийнятій схемі установлення відносно поверхні, яка оброблюється при цьому установленні. Так, якби для забезпечення розміру  $50_{-0,34}$  мм при обробленні поверхні 2 використовувався б отвір 1, в подальшому похибка розташування дорівнювала б допуску, який витримується при обробленні поверхні 2 від отвору, тобто 0,34 мм. Якщо ж при обробленні цієї поверхні за базу приймається, як здебільшого це відбувається, якась інша зовнішня поверхня заготовки, варто враховувати зміщення стержня, який формує отвір відносно зовнішньої поверхні. Це зміщення прийнято визначати як відхилення від номінального розміру виливка, що дорівнює половині допуску на розмір по відповідному класу точності.

Таким же чином визначається похибка розміру 90 мм в горизонтальній площині, тобто зміщення положення отвору заготовки відносно зовнішньої поверхні.

В зв'язку з тим, що при обробленні технологічних отворів  $\varnothing 6H7$  напрямною базою була выбрана бокова поверхня виливка 5, для визначення похибки розташування отвору  $\varnothing 52^{+0,06}$  мм відносно базових отворів варто прийняти зміщення стержня відносно напрямної поверхні рівним половині допуску розміру 90 мм по ГОСТ 26645-85, Додаток 1.

Повне зміщення отвору у виливку відносно зовнішньої її поверхні визначається геометричною сумою зміщення у двох взаємно перпендикулярних площинах:

$$\rho_{\text{с}} = \sqrt{\left(\frac{\Gamma_{\text{Б}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\Gamma_{\text{Г}}}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{400}{2}\right)^2 + \left(\frac{600}{2}\right)^2} = 360 \text{ мкм}$$

де  $\Gamma_{\text{Б}}$ ,  $\Gamma_{\text{Г}}$  – допуски на розміри Б та Г.

Сумарне просторове відхилення заготовки:

$$\rho_{\text{с}} = \sqrt{360^2 + 70^2} = 367 \text{ мкм}$$

Залишкове просторове відхилення після чорнового розточування:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_{\text{с}} = 0,06 \cdot 367 = 22 \text{ мкм}$$

Після чистового розточування:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_1 = 0,04 \cdot 22 = 0,89 \text{ мкм} \approx 1 \text{ мкм}$$

Похибка установлення при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2}$$

Похибка базування в даному випадку виникає за рахунок перекошу заготовки в горизонтальній площині при базуванні її на два пальці пристрою через наявність зазору між отворами та пальцями. Найбільший зазор:

$$S_{\text{max}} = \Gamma_{\text{А}} + \Gamma_{\text{Б}} + S_{\text{min}}$$

де  $\Gamma_{\text{А}}$  – допуск діаметру отвору  $\varnothing 6\text{H}7$ ,  $\Gamma_{\text{А}}=0,015\text{мм}$ ;

$\Gamma_{\text{Б}}$  - допуск діаметру пальця  $\varnothing 6\text{f}7$  ( $_{-0,028}^{-0,013}$ ),  $\Gamma_{\text{Б}}=0,015\text{мм}$ ;

$S_{\text{min}}$  – мінімальний зазор між пальцем та отвором,  $S_{\text{min}}=0,013\text{мм}$ ;

$$S_{\text{max}} = 0,015 + 0,015 + 0,013 = 0,043 \text{ мм}$$

Найбільший кут повороту заготовки на пальцях визначається із співвідношення:

$$\text{tg } \alpha = \frac{S_{\text{max}}}{l} = \frac{0,043}{150} = 0,00029$$

Похибка базування заготовки по довжині отвору, що обробляється

$$\varepsilon_{\text{б}} = L \cdot \text{tg } \alpha = 85 \cdot 0,00029 = 0,025 \text{ мм} \approx 25 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення заготовки  $\varepsilon_{\text{зак}}$  (див. таблицю 41) приймаємо 120 мкм. Тоді похибка її установлення при чорновому розточуванні

$$\varepsilon_1 = \sqrt{25^2 + 120^2} = 123 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка установлення заготовки при чистовому розточуванні

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 = 0,05 \cdot 123 = 6 \text{ мкм}$$

Мінімальне значення міжопераційного припуску

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Мінімальний припуск при розточуванні

- чорновому

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (600 + \sqrt{367^2 + 123^2}) = 2 \cdot 987 \text{ мкм}$$

- чистовому

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (50 + \sqrt{22^2 + 6^2}) = 2 \cdot 73 \text{ мкм}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 45.

Таблиця 45

Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах на обробку отвору  $\varnothing 52^{+0,06}$  мм

| Технологічні переходи оброблення отвору $\varnothing 52^{+0,06}$ | Елементи припуску, мкм |   |        | $2Z_{\text{min}}$ , мкм | Розр. розмір $d_p$ , мм | Допуск Т, мкм | Граничний розмір, мм |                  | Граничне значення припуску, мм |                               |                               |
|--|------------------------|---|--------|-------------------------|-------------------------|---------------|----------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  | $R_z$                  | h | $\rho$ |                         |                         |               | $\varepsilon$        | $d_{\text{min}}$ | $d_{\text{max}}$               | $2Z_{\text{min}}^{\text{TP}}$ | $2Z_{\text{max}}^{\text{TP}}$ |
| Заготованка  | 600                    |   | 367    | -                       | -                       | 49,94         | 600                  | 49,34            | 49,94                          | -                             | -                             |
| Чорнове розточування   | 50                     | - | 22     | 123                     | 2*987                   | 51,914        | 200                  | 51,71            | 51,91                          | 1,97                          | 2,37                          |
| Чистове розточуван.  | 30                     | - | 1      | 6                       | 2*73                    | 52,06         | 60                   | 52,0             | 52,06                          | 0,15                          | 0,29                          |
| Всього:  |                        |   |        |                         |                         |               |                      |                  |                                | 2,12                          | 2,66                          |

Графу „Розрахунковий розмір” заповнюємо, починаючи з кінцевого, в даному випадку з креслення, послідовним відрахуванням розрахункового мінімального припуску на кожному технологічному переході:

- для чорнового розточування:

$$d_p = 52,06 - 0,146 = 51,914 \text{ мм}$$

- для чистового розточування:

$$d_p = 51,914 - 1,974 = 49,94 \text{ мм}$$

Допуски на кожному переході приймаємо за таблицями [ 20 ] та квалітетами, що відповідають точності оброблення на переході що розглядається:

- для чистового розточування:  $\Gamma\text{T}=60$  мкм;

- для чорнового розточування:  $\Gamma\text{T}=200$  мкм;

- для вилівка (вилівок I класу точності за ГОСТ 26645-85, Додаток 1):  $\Gamma\text{T}=600$  мкм.

В графі „Граничний розмір” найбільші значення  $d_{\text{max}}$  отримують шляхом округлення розрахункових розмірів до точності допуску на відповідному переході, найменші  $d_{\text{min}}$  – шляхом відрахування допусків на відповідних переходах з найбільших граничних розмірів.

Мінімальні граничні значення припусків  $2Z_{\min}$  є різницею найбільших граничних розмірів на переході що виконується та попередньому, а максимальні  $2Z_{\max}$  – відповідно різницею найменших граничних розмірів.

Загальні припуски  $2Z_{\Sigma}^{\text{рр}}_{\min}$  та  $2Z_{\Sigma}^{\text{рр}}_{\max}$  визначають складаючи (об'єднуючи) проміжні та записують їх під відповідними графами.

$$2Z_{\Sigma}^{\text{рр}}_{\min} = 1.97 + 0.15 = 2.12 \text{ мм}$$

$$2Z_{\Sigma}^{\text{рр}}_{\max} = 2.37 + 0.29 = 2.66 \text{ мм}$$

Виконується перевірка вірності розрахунків:

$$2Z_{\max 2}^{\text{рр}} - 2Z_{\min 2}^{\text{рр}} = 0.29 - 0.15 = 0.14 \text{ мм}$$

$$\text{IT}_1 - \text{IT}_2 = 0.2 - 0.06 = 0.14 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max 1}^{\text{рр}} - 2Z_{\min 1}^{\text{рр}} = 2.37 - 1.97 = 0.4 \text{ мм}$$

$$\text{IT}_{\text{зар}} - \text{IT}_1 = 0.6 - 0.2 = 0.4 \text{ мм}$$

В завершенні розрахунків побудуємо схему розташування припусків та допусків на оброблення отвору  $\varnothing 52^{+0.06}$  мм.

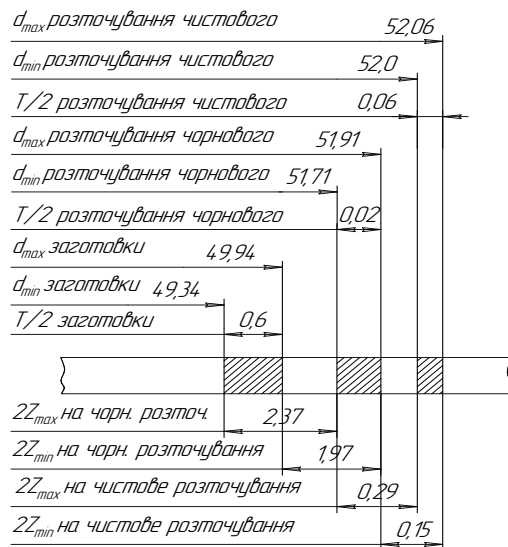


Рис. 4. Схема розташування припусків та допусків на оброблення отвору корпусу підшипника.

## Приклад 2.

Розрахувати припуски на оброблення та проміжні граничні розміри поверхні  $\varnothing 50^{+0.027}_{+0.009}$  мм вала та торців, рис.5. Матеріал – сталь 45. Заготовка отримана штампуванням на горизонтально-кувальній машині з гарячекатаного прокату. Маса заготовки 6,29 кг.

Технологічний маршрут оброблення поверхні  $\varnothing 50^{+0.027}_{+0.009}$  мм складатиметься з попереднього та чистового обточування, попереднього та чистового шліфування з базуванням в центрах.

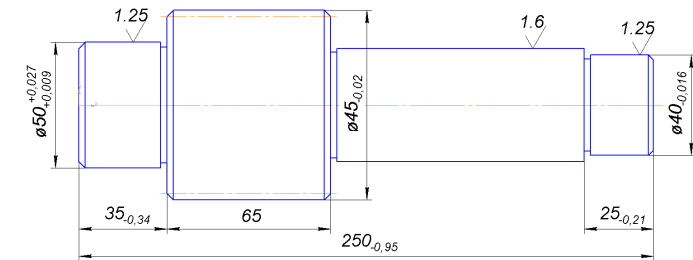


Рис. 5. Вал-шестерня.

Розрахунок припусків на оброблення поверхні виконують наступним чином. Складають розрахункову таблицю 46, в яку записують технологічний маршрут оброблення поверхні і всі значення елементів припуску. Так як оброблення ведеться в центрах, похибка установлення заготовки в радіальному напрямку дорівнює нулю.

Сумарну просторову похибку визначають за формулою:  $\rho_s = \sqrt{\rho_{\text{к.з}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2}$ .

Де  $\rho_{\text{к.з}}$  - загальна кривина заготовки,  $\rho_{\text{к.з}} = \Delta_{\text{к}} l$

$\Delta_{\text{к}}$  - питома кривина стержня на 1 мм довжини після висадження,  $\Delta_{\text{к}} = \text{бмкм}$ ,

$l$  - довжина заготовки,

$\rho_{\text{ц}}$  - похибка зацентрування

$$\rho_{\text{к.з}} = 6 * 250 = 1500 \text{ мкм} = 1,5 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{ц}} = 0.25 * \sqrt{\text{IT}^2 + 1^2}$$

де  $T$  - допуск на діаметр базової заготовки, який використовують при зацентруванні (ГОСТ 7505-89).  $\text{IT} = 2 \text{ мм}$

$$\rho_{\text{ц}} = 0.25 * \sqrt{\text{IT}^2 + 1^2} = 0.25 * \sqrt{2^2 + 1^2} = 0.6 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{1,5^2 + 0,6^2} = 1,61 \text{ мм}$$

Залишкові просторові відхилення:

$$\rho_1 = 0,06 * \rho_3 = 0,06 * 1610 = 97 \text{ мкм}$$



$$\rho_2 = 0,04 * \rho_1 = 0,04 * 97 = 4 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,02 * \rho_2 = 0,02 * 4 = 0,08 \text{ мкм}$$

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо за формулою:

$$2z_{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1})$$

Результат розрахунків заносимо у таблицю 46.

Графа «Розрахунковий розмір» заповнюється починаючи з кінцевого розміру (за кресленням) шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску на кожному технологічному переході. Найбільші граничні розміри розраховують додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру. Граничні значення припусків  $2z_{\max}^{\text{TP}}$  визначають як різницю найбільших граничних розмірів на попередньому переході та тому що виконується, а мінімальне  $2z_{\min}^{\text{TP}}$  як різницю відповідно найменших граничних розмірів.

Загальні припуски  $2z_{\Sigma\min}$  та  $2z_{\Sigma\max}$  визначають додаючи проміжні, та записують їх значення під відповідними графами.

$$2z_{\max}^{\text{TP}} = 5,62 + 0,67 + 0,19 + 0,103 = 6,583 \text{ мм}$$

$$2z_{\min}^{\text{TP}} = 4,02 + 0,39 + 0,13 + 0,061 = 4,601 \text{ мм}$$

Перевіряють вірність виконаних розрахунків та будують схему розташування полів припусків та допусків на зовнішню поверхню.

$$2z_{\max}^{\text{TP}} - 2z_{\min}^{\text{TP}} = 6,583 - 4,601 = 1,982 \text{ мм}$$

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}} = 2 - 0,018 = 1,982 \text{ мм. Розрахунки вірні.}$$

Таблиця 46

Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах оброблення поверхні  $\varnothing 50^{+0,027}_{+0,009}$  мм

| Технологічні переходи оброблення | Елементи припуску, мкм |     |        |            | $2z_{\min}$ М, км | Розр. Розм. $d_p$ , мм | Допуск $\delta$ , мкм | Граничні розміри, мм |            | Граничне значення припуску, мм |                         |
|----------------------------------|------------------------|-----|--------|------------|-------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|------------|--------------------------------|-------------------------|
|                                  | $R_z$                  | h   | $\rho$ | $\epsilon$ |                   |                        |                       | $d_{\min}$           | $d_{\max}$ | $2z_{\min}^{\text{TP}}$        | $2z_{\max}^{\text{TP}}$ |
| Заготованка                      | 150                    | 250 | 1610   | -          | -                 | 54,611                 | 2000                  | 54,61                | 56,61      | -                              | -                       |
| Точіння попереднє                | 50                     | 50  | 97     | -          | 2*2010            | 50,591                 | 400                   | 50,59                | 50,99      | 4,02                           | 5,62                    |
| Точіння чистове                  | 30                     | 30  | 4      | -          | 2*197             | 50,197                 | 120                   | 50,2                 | 50,32      | 0,39                           | 0,67                    |
| Шліфування попереднє             | 10                     | 20  | -      | -          | 2*64              | 50,069                 | 60                    | 50,07                | 50,13      | 0,13                           | 0,19                    |
| Шліфування чистове               | -                      | -   | -      | -          | 2*30              | 50,009                 | 18                    | 50,009               | 50,02      | 0,061                          | 0,103                   |
| Всього                           |                        |     |        |            |                   |                        |                       |                      |            | 4,601                          | 6,583                   |

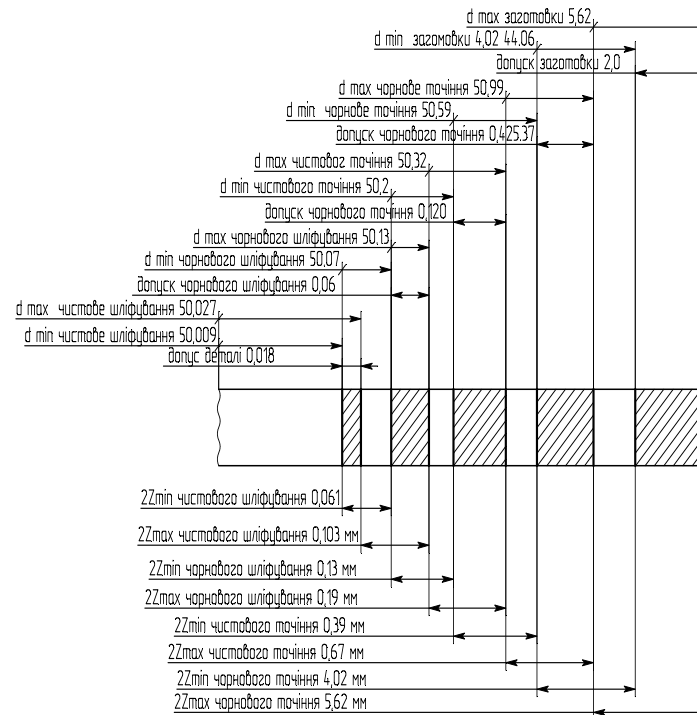


Рис. 6 . Схема граничного розташування припусків та допусків на обробку поверхні  $\varnothing 50^{+0,027}_{+0,009}$  мм.

При розрахунку припуску на торець складають розрахункову Таблицю 47, в яку послідовно записують значення елементів припуску. При цьому виходять з того, що торець А (розмір  $25_{-0,21}$ ) утворено в результаті розрізання прутка дисковою фрезою. По Таблиці 33 знаходять  $R_z + h = 200$  мкм, допуск на відрізання  $T = 800$  мкм, неперпендикулярність торця до осі 0,0007D.

Для поверхонь кінцевих шийок валів просторові похибки визначаються за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2},$$

Де  $\rho_1$  – похибка штампування;

$\rho_2$  – похибка розрізування.

Похибка за рахунок штампування  $2\rho_1 = \rho_{\text{зіг.}}$ , можна визначити за таблицею 38, в якій  $\rho_{\text{зіг.}}$  для всієї заготовки 2 класу точності в діапазоні розмірів 160-250мм дорівнює 1мм. По відношенню до одного торця

$$\rho_1 = \frac{1}{2} \rho_{\text{зіг.}} = 0,5\text{мм} = 500\text{мкм.}$$

$$\rho_2 = 0,0007 D = 0,0007 \cdot 48 = 34\text{мкм.}$$

$$\text{Тоді } \rho = \sqrt{500^2 + 34^2} = 501\text{мкм}$$

Похибка установлення заготовки при фрезеруванні торця  $\epsilon = 0$ . При розрахунку припуску на торець Б (розмір 35<sub>0,34</sub> мм) в Таблицю 47 послідовно записують окремі елементи припуску аналогічно попереднім.

Торцева поверхня Б вихідної заготовки створена розрізанням та наступним штампуванням. За Таблицею 33 знаходимо  $R_z = 150\text{мкм}$ ,  $h = 250\text{мкм}$ . Як і для торця А  $\rho = 500\text{мкм}$  та  $\epsilon = 0$ . Допуск на розмір 35 мм для кованки становить 2,0мм (ГОСТ 7505-89).

Таблиця 47

Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами оброблення торців валу-шестерні

| Технологічні переходи оброблення | Елементи припуску, мкм |     |        |            | $Z_{\text{min}}$ , мкм | Розр. розм. l, мм | Допуск $\delta$ , мкм | Граничні розміри, мм |                  | Граничне значення припуску, мм |                              |
|----------------------------------|------------------------|-----|--------|------------|------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|
|                                  | $R_z$                  | h   | $\rho$ | $\epsilon$ |                        |                   |                       | $I_{\text{min}}$     | $I_{\text{max}}$ | $Z_{\text{min}}^{\text{гр}}$   | $Z_{\text{max}}^{\text{гр}}$ |
| Припуск на торець А              |                        |     |        |            |                        |                   |                       |                      |                  |                                |                              |
| Заготовка                        | 200                    | 501 | -      | -          | 155,1                  | 800               | 155,1                 | 155,9                | -                | -                              |                              |
| Фрезерування                     | 50                     | 50  | -      | -          | 701                    | 154,4             | 154,4                 | 155                  | 0,7              | 0,9                            |                              |
| Припуск на торець Б              |                        |     |        |            |                        |                   |                       |                      |                  |                                |                              |
| Заготовка                        | 150                    | 250 | 500    | -          | 35,56                  | 2000              | 35,6                  | 37,6                 | -                | -                              |                              |
| Фрезерування                     | 50                     | 50  | -      | -          | 700                    | 34,66             | 340                   | 34,66                | 35               | 0,94                           | 2,6                          |

## 8.2. Розрахунок режимів різання і норм часу

Мета розрахунку режимів різання – забезпечити оброблення різанням в умовах, що найбільш близькі до оптимальних і дозволяють отримати необхідну якість деталі при високій продуктивності і мінімальній вартості.

Застосовують два методи визначення режимів різання: розрахунково-аналітичний і аналоговий (за довідниками та таблицями).

При аналітичному розрахунку режимів різання глибину різання  $t$  призначають, виходячи з технологічних міркувань або за результатами

розрахунку припуску на оброблення. Подачу  $S$  призначають за таблицями, виходячи з необхідної якості обробленої поверхні або інших обмежуючих факторів (міцність механізмів верстату, інструменту або заготовки, потужності обладнання тощо), і приймають найближчу меншу з тих, що є на верстаті.

Розрахункове значення швидкості різання  $V$  визначають за емпіричними формулами; після цього знаходять розрахункове значення частоти обертання  $n$  шпинделя верстата, підбирають найближче значення частоти  $n_{\text{ф}}$  з тих, що є на верстаті, і перераховують фактичну швидкість різання  $V_{\text{ф}}$ . У операційні технологічні карти вписують фактичні значення режимів різання. У розрахунково-пояснювальній записці приводяться усі вихідні дані і розрахунки з указуванням джерел.

При підборі режимів різання  $S$  та  $V$  за таблицями розраховують  $n$  і призначають  $n_{\text{ф}}$  з тих, що є на верстаті, визначають  $V_{\text{ф}}$ . Фактичні режими заносять в операційні технологічні карти.

Необхідно також визначити сили різання і перевірити верстат за потужністю.

Для розрахунку трудомісткості виготовлення деталі необхідно визначити затрати часу, що необхідні для виконання кожної операції.

При масовому виробництві визначають норму штучного часу, що витрачається на кожну операцію:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{обс}} + T_{\text{в.п.}}, \text{ хв.}, \quad (14)$$

де  $T_o$  – основний час, що витрачається безпосередньо на різання металу;

$T_d$  – допоміжний час;

$T_{\text{обс}}$  – час на обслуговування робочого місця;

$T_{\text{в.п.}}$  – час, передбачений на перерви і власні потреби верстатника.

При серійному виробництві додатково розраховують підготовчо-заклучний час  $T_{\text{п.з}}$  і визначають штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{ш.к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}} / n, \text{ хв.}, \quad (15)$$

де  $n$  – число деталей в партії.

Після розрахунку режимів різання норми часу визначають у такій послідовності:

- на основі режимів різання для кожного переходу розраховують основний час за формулою

$$T_o = L/S_{\text{хв}} = (l_1 + l_2) / (S_o \cdot n_{\text{ф}}), \text{ хв.}, \quad (16)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу інструменту (стола), мм;  
 $S_{\text{хв}}$  – хвилинна подача інструменту (стола), мм/хв.;  
 $l, l_1, l_2$  – довжина відповідно оброблюваної поверхні, врізання і перебігу інструменту, мм;  
 $S_o$  – подача на один оберт заготовки (інструменту), подвійний хід стола тощо, мм/об.(мм/подвійний хід);  
 $n_{\text{ф}}$  – частота обертання шпинделя або число подвійних ходів стола, хв.<sup>-1</sup>;

- за змістом кожної операції (переходу) установлюють необхідний комплекс прийомів допоміжних робіт і за таблицями визначають допоміжний час  $T_d$  [6;10] з урахуванням можливих і доцільних суміщень і перекривань;
- за нормативами, в залежності від виду операції і типу обладнання, визначають час на обслуговування робочого місця  $T_{\text{обс}}$  і власні потреби  $T_{\text{в.п}}$ ;
- визначають норму штучного часу  $T_{\text{шт}}$  (для масового виробництва);
- для серійного виробництва визначають обсяг підготовчо-заклучних робіт на партію деталей [10, с.365-400], розраховують або знаходять за таблицями підготовчо-заклучний час  $T_{\text{п.з}}$  і штучно-калькуляційний час  $T_{\text{ш.к}}$ .

Методика визначення режимів різання викладена в [1, с.96-111; т.2, с.261-304; 5 т.3; 6; 9; 11; 12; 14; 16; 17, с.73-76; 21; 22, с.626-683; 39, с.90-92; 44, с.106-118; 46].

З детальнішим викладенням методики визначення норм часу можна ознайомитися в [1, с.111-117; 6; 10; 16; 17, с.77-80; 22, с.609-626; 39, с.89; 44, с.271-281].

## 9. ОСТАТОЧНЕ ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

У відповідності з вимогами Єдиної системи технологічної документації (ЕСТД) ГОСТ 3.1102-81 установлені види технологічної документації.

При розробленні технологічного процесу виготовлення деталі заповнюють маршрутні технологічні карти, операційні технологічні карти і карти ескізів.

При виконанні курсових проектів (робіт) з технології машинобудування маршрутні технологічні карти складають на весь технологічний процес виготовлення деталі, а операційні карти і карти ескізів – на 3...5 різних операцій за рекомендацією викладача.

Маршрутна карта (МК) – документ, що містить описання технологічного процесу виготовлення (складання) виробу за усіма операціями в технологічній послідовності з указуванням відповідних даних по обладнанню, оснастці, матеріалах, трудових та інших нормативах.

МК заповнюється у відповідності з ГОСТ 3.1118-82. Приклад оформлення маршрутної карти за формою 1 і 1б, призначеною для одиничних технологічних процесів, що виконуються із застосуванням різних методів оброблення, показаний на рис. 7 і 8. Наведемо деякі пояснення до заповнення МК форми 1.

При операційному описуванні технологічного процесу МК виконує роль зведеного документа, в якому указують адресну інформацію (номер цеху, дільниці, робочого місця, операції), найменування операції, перелік документів, що застосовуються при виконанні операції, технологічне обладнання і трудовитрати.

МК складається з двох частин: верхньої, в якій указують інформацію про розробника МК та усі необхідні відомості про виготовлювану деталь і заготованку для неї, і нижньої, в якій вписують найменування операцій технологічного процесу та деякі пояснення до них.

У правому верхньому куті указується шифр документа (КР.ТМ.МТ32. 0088.МК), кількість сторінок МК (2) та номер сторінки (1). Нижче розміщують дані про розробника (прізвища, підписи, дати, найменування організації), код деталі (020.003.0088) і її найменування (кронштейн). У рядку М01 приводять дані про матеріал деталі (чавун СЧ 21 ГОСТ 1412-85), в рядку М02 – дані про деталь і заготованку. Так, у графі “код” указують код матеріалу за класифікатором ( - ); “ОВ” – код одиниці величини деталі за класифікатором (166) [17, с.45]; “МД” – маса деталі (8,07); “ОН” – одиниця нормування, на яку установлена норма витрат матеріалу або норма часу (1); “Н.розх.” – норма витрат матеріалу (9,55); “КВМ” – коефіцієнт використання матеріалу, що представляє собою відношення маси деталі до норми витрати матеріалу (0,85); “Код заготовки” – код заготовки за класифікатором (41112Х) [17, с.183]; “Профіль та розміри” – профіль та розміри заготовки (89,5 x 170 x 192); “КД” – кількість деталей, що виготовляється з однієї заготовки (1); “МЗ” – маса заготовки (9,5).

У рядок А для кожної операції вписують номер цеху (05), дільниці (03), робочого місця (01), де виконується операція; номер операції (005); код (4261) [17, с.184] і найменування (вертикально-фрезерна) операції, а також позначення документів, інструкцій по охороні праці, що застосовуються при виконанні операції. Необхідно відмітити, що номери операцій указують арабськими цифрами у послідовності, що відповідає



| Дубл. |   |                                     |      | ГОСТ 3.1118-82 |                            |                       |                      | Форма 16 |    |      |                   |                  |                  |                  |
|-------|---|-------------------------------------|------|----------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|----------|----|------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| Взам. |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| Підп. |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
|       |   |                                     |      |                |                            |                       | КР.ТМ.ЛМ61.0088.МК   |          |    |      | 2                 | 2                |                  |                  |
|       |   |                                     |      |                |                            |                       | Кронштейн            |          |    |      | 020.003.0088      |                  |                  |                  |
| А     | Цех   | Діль.                               | Р.м. | Опер.          | Код, найменування операції |                       | Позначення документа |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| Б     | Код, найменування обладнання                      |                                     |      |                | См                         | Проф.                 | Р                    | УП       | КР | КОВД | ОП                | К <sub>штг</sub> | Т <sub>п.з</sub> | Т <sub>штг</sub> |
| К/М   | Найменування деталі, склад. одиниці або матеріалу |                                     |      |                | Позначення, код            |                       | ОПП                  | ОВ       | ОН | КВ   | Н <sub>розх</sub> |                  |                  |                  |
| A01   | 05  | 03                                  | 04   | 030            | 4123                       | Радіально-свердлильна | 20101.02237          |          |    |      | ЮП № 23-90        |                  |                  |                  |
| B02   | 381217  | Радіально-свердлильний верстат 2Н53 |      |                |                            | 17355                 | 313                  | 10       | 1  | 1    | 1                 | 200              | 1                |                  |
| 03    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| A04   | 05  | 03                                  | 05   | 035            | 0190                       | Слюсарна              | 20101.02237          |          |    |      | ЮП № 23-51        |                  |                  |                  |
| B05   | Верстак слюсарний                                 |                                     |      |                | 17474                      | 213                   | 10                   | 1        | 1  | 1    | 200               | 1                |                  |                  |
| 06    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| A07   | 05  | 03                                  | 06   | 040            | 0200                       | Контрольна            | 20101.02237          |          |    |      | ЮП № 23-95        |                  |                  |                  |
| B08   | Стіл ВТК  |                                     |      |                | 10                         | 1                     | 1                    | 1        | 1  | 200  | 1                 |                  |                  |                  |
| 09    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| 10    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| 11    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| 12    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| 13    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| 14    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| 15    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| 16    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| 17    |   |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |
| МК    | Оброблення різанням                               |                                     |      |                |                            |                       |                      |          |    |      |                   |                  |                  |                  |

Рис.8. Маршрутна карта (форма 16)

| Дубл.          |   |                |  | ГОСТ 3.1404-86   |      |                                     |                    | Форма 2                 |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
|----------------|---|----------------|--|------------------|------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|---|----------|-----|---------------------|-----|--|--|-----|--|------|--|
| Взам.          |   |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| Підп.          |   |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| Виріб          |   |                |  |                  |      |                                     | КР.ТМ.ЛМ61.0088.ОК |                         |   |          | 8   | 3                   |     |  |  |     |  |      |  |
| Розроб.        |   | Галайда        |  | 20.01.07         |      | НТУУ "КПІ" гр. ЛМ-61                |                    | 020.003.0088            |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| Нормув.        |   |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| Нач.ТБ         |   |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| Затв.          |   | Добрянський    |  |                  |      |                                     |                    | Кронштейн               |   |          |     | КР                  | 015 |  |  |     |  |      |  |
| Н.контр.       |   |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
|                |   |                |  |                  |      | Найменування операції               |                    |                         |   | Матеріал |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
|                |   |                |  |                  |      | Радіально-свердлильна               |                    |                         |   |          |     | СЧ 21 ГОСТ 1412-85  |     |  |  |     |  |      |  |
|                |   |                |  |                  |      | Твердість                           |                    | ОВ                      |   | МД       |     | Профіль та розміри  |     |  |  | МЗ  |  | КОВД |  |
|                |   |                |  |                  |      | НВ 210                              |                    | 166                     |   | 8,07     |     | 89,5 x 170 x 192    |     |  |  | 9,5 |  | 1    |  |
|                |   |                |  |                  |      | Обладнання, пристрій ЧПК            |                    |                         |   |          |     | Позначення програми |     |  |  |     |  |      |  |
|                |   |                |  |                  |      | Радіально-свердлильний верстат 2Н53 |                    |                         |   |          |     | МОР                 |     |  |  |     |  |      |  |
| Т <sub>о</sub> |   | Т <sub>д</sub> |  | Т <sub>п.з</sub> |      | Т <sub>штг</sub>                    |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| 1,04           |   | 1,18           |  | 25               |      | 2,43                                |                    | 5% емульсія Укринол - 1 |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| Р              |   |                |  |                  | III  | Д або В                             | L                  | t                       | i | S        | n   | V                   |     |  |  |     |  |      |  |
| O01            | 1. Свердлити 4 наскрізних отвори, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5                                  |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     | 0,48                |     |  |  |     |  |      |  |
| T02            | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. пристрій П2; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. патрон 6152-0153 ГОСТ 14077-68                       |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| T03            | АБВГ.391267.ХХХ свердло Ø17 Р6М5 ГОСТ 10903-77  |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| P04            |   |                |  |                  | 17   |                                     | 27                 | 8,5                     | 4 | 0,45     | 500 | 26,7                |     |  |  |     |  |      |  |
| O5             |   |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| O6             | 2. Свердлити попередньо 2 наскрізних отвори, витримуючи розміри 7(11,8 <sup>+0,07</sup> ), 4, 5 і 6 |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     | 0,26                |     |  |  |     |  |      |  |
| T07            | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. пристрій П2; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. патрон 6152-0153 ГОСТ 14077-68                       |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| T08            | АБВГ.391267.ХХХ свердло Ø11,8 Р6М5 ГОСТ 10903-77  |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| P09            |   |                |  |                  | 11,8 |                                     | 25                 | 5,9                     | 2 | 0,31     | 630 | 23,3                |     |  |  |     |  |      |  |
| 10             |   |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |
| ОК             | Оброблення різанням   |                |  |                  |      |                                     |                    |                         |   |          |     |                     |     |  |  |     |  |      |  |

Рис.9. Операційна карта (форма 2)

59

| Дубл. |   |  |  | ГОСТ 3.1404-86 Форма 2 |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
|-------|---|--|--|------------------------|--|--|--|--|--|--|---|--------------------|---|-----|---|---|---|-----|
| Взам. |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| Підп. |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
|       |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   | КР.ТМ.ЛМ61.0088.ОК |   | 8   | 4 |   |   |     |
|       |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   | 020.003.0088       |   | 015 |   |   |   |     |
| Р     |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  | П | Д або В            | L | t   | i | S | n | V   |
| 01    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 002   | 3. Розвернути остаточно 2 наскрізних отвори, витримуючи розмір 7                      |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   | 0,3 |
| T03   | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. пристрій П2; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. патрон 6152-0153 ГОСТ 14077-68         |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| T04   | АБВГ.39120.ХХХ розвертка Ø12Н7 Р6М5 ГОСТ 1672-80; АБВГ.393120.ХХХ калібр-пробка Ø12Н7 |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| P05   | 12 38 0,1 2 1,25 200 7,5  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 06    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 07    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 08    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 09    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 10    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 11    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 12    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 13    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 14    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 15    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 16    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 17    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| 18    |   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |
| ОК    | Оброблення різанням   |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |   |                    |   |     |   |   |   |     |

Рис.10. Операційна карта (форма 2а)

60

| Дубл.                              |   |  |  | ГОСТ 3.1406-86 Форма 3 |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
|------------------------------------|---|--|--|------------------------|--|----------------------|----------------|------------------|--------------------|-----------------------|---|--------------------|------|-----|---|---|---|------|
| Взам.                              |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| Підп.                              |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
|                                    |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   | КР.ТМ.ЛМ61.0088.ОК |      | 8   | 3 |   |   |      |
|                                    |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   | 020.003.0088       |      | 015 |   |   |   |      |
| Розроб.                            | Галайда   |  |  | 20.01.07               |  | НТУУ "КПІ" зр. ЛМ-61 |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| Нормув.                            |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| Нач.ТБ                             |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| Затв.                              | Добрянський   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| Н.контр.                           |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| Найменування операції              |   |  |  | Матеріал               |  | Твердість            | ОВ             | МД               | Профіль та розміри |                       |   | МЗ                 | КОВД |     |   |   |   |      |
| Радіально-свердильна               |   |  |  | СЧ 21 ГОСТ 1412-85     |  | НВ 214               | 166            | 8,07             | 89,5 x 170 x 192   |                       |   | 9,5                | 1    |     |   |   |   |      |
| Обладнання, пристрій ЧПК           |   |  |  | Позначення програми    |  | T <sub>о</sub>       | T <sub>д</sub> | T <sub>п.з</sub> | T <sub>шт</sub>    | МОР                   |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| Радіально-свердильний верстат 2Н53 |   |  |  | -                      |  | 1,04                 | 1,18           | 25               | 2,43               | 5% емульсія Укринол-1 |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| Р                                  |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       | П | Д або В            | L    | t   | i | S | п | V    |
| 001                                | 1. Свердлити 4 наскрізних отвори, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5                                  |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   | 0,48 |
| T02                                | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. пристрій П2; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. патрон 6152-0153 ГОСТ 14077-68                       |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| T03                                | АБВГ.391267.ХХХ свердло Ø17 Р6М5 ГОСТ 10903-77  |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| P04                                | 17 27 8,5 4 0,45 500 26,7   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| 05                                 |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| 06                                 | 2. Свердлити попередньо 2 наскрізних отвори, витримуючи розміри 7(11,8 <sup>+0,07</sup> ), 4, 5 і 6 |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   | 0,26 |
| T07                                | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. пристрій П2; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. патрон 6152-0153 ГОСТ 14077-68                       |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| T08                                | АБВГ.391267.ХХХ свердло Ø11,8 Р6М5 ГОСТ 10903-77  |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| P09                                | 11,8 25 5,9 2 0,31 630 23,3   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| 10                                 |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| 11                                 |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| 12                                 |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| 13                                 |   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |
| ОК                                 | Оброблення різанням   |  |  |                        |  |                      |                |                  |                    |                       |   |                    |      |     |   |   |   |      |

Рис.11. Операційна карта (форма 3)



заготовка оброблюється за два і більше установи, то після кожного установи вводять допоміжний перехід “Установити виріб” і далі записують зміст чергового переходу.

Карта ескізів (КЕ) за формою 7а (ГОСТ 3.1105-84) або операційний ескіз в ОК за формою 2 (ГОСТ 3.1404-86) вміщує графічну ілюстрацію технологічного процесу для операції механічного оброблення.

Ескізи для операцій і переходів включають усі дані, необхідні для виготовлення і контролю обробленої деталі. На операційному ескізі деталь показують у тому стані, якого вона набуває в результаті виконання даної операції.

На ескізах вказують розміри, точність і шорсткість оброблених поверхонь, технологічні бази і технічні вимоги до оброблення та контролю деталі.

Карти ескізів можуть супроводжуватися спеціальними технічними вимогами, які розміщують на вільному полі ескізу справа від зображення.

Прийнято викреслювати ескізи в масштабах, передбачених ЄСКД, але допускається виконання їх у довільних масштабах, які забезпечують чітку уяву про виріб.

Оброблені поверхні обводять суцільною лінією, в 2...3 рази товстішою від основної суцільної лінії.

Оброблені поверхні нумерують арабськими цифрами. Номер обробленої поверхні проставляють усередині кола діаметром 6...8 мм і з'єднують виносною лінією із зображенням цієї поверхні.

Для зображення технологічних баз і затискних елементів застосовують умовні позначення (див. табл. 21).

Операції, що виконуються із застосуванням універсального обладнання з жорстким зв'язком командоапарату, документально оформлюють на ОК наступних форм (ГОСТ 3.1404-86):

- для одношпindelних токарних автоматів і напівавтоматів – на формах 8 і 8а, 9 і 9а;

- для багатшпindelних токарних автоматів і напівавтоматів – на формах 10 і 10а, 11 і 11а;

- для токарних автоматів повздовжнього точіння – формах 12 і 12а, 13 і 13а.

При використанні верстатів з ЧПК слід застосовувати як додаток до ОК форм 2, 3 і 2а наступні документи :

- карту налагодження інструменту – форми 4 і 4а;

- карту кодування інформації – форми 5 і 5а;

- карту заказу на розроблення керуючої програми – форми 6 і 6а.

При оформленні документів на процеси і операції, що виконуються застосуванням спеціалізованого і спеціального обладнання, можуть бути використані ОК за формами 2, 2а і 3, 14 і 14а, 15 і 15а. Форми 14 і 14а, 15 і

15а слід використовувати при проектуванні документів без застосування засобів механізації і автоматизації.

## 10. КОНСТРУЮВАННЯ І РОЗРАХУНОК ПРИСТРОЇВ

У курсовому проекті (роботі) з технології машинобудування необхідно спроектувати два (один) спеціальних пристроїв для механічного оброблення, описати їх конструкції і навести розрахунки (конкретне завдання на проектування видає керівник).

До проектування пристроїв приступають тільки після остаточного розроблення технологічного процесу виготовлення деталі, визначення точності оброблення, отриманої за допомогою розробленого пристрою і розрахунку сил різання, що діють на елементи пристрою.

Розроблення конструкції верстатного пристрою повинна виконуватися з урахуванням посадкових місць верстата і його технічних характеристик, забезпечення необхідної точності оброблення, досягнення необхідної продуктивності, максимального використання стандартних деталей і вузлів, зручності і безпеки роботи, економічності тощо.

Необхідно мати на увазі, що існують розроблені типові конструкції пристроїв для різних робіт і багато елементів пристроїв стандартизовано [16, дод.17].

Проектування пристроїв рекомендується виконувати в такій послідовності [1; 17] :

- установити розміри робочої зони верстата і розміри тих елементів верстата, до яких буде кріпитися пристрій;

- визначити спосіб базування заготовки з урахуванням вибраних баз;

- викреслити контури заготовки (бажано в масштабі 1:1) в робочому положенні з необхідною кількістю проєкцій, що розміщені на відстані одна від одної;

- визначити напрями дій сил різання, місця їх прикладання і напрям зусиль затискання;

- визначити місця розміщення установочних деталей (опор) пристрою, позбавивши заготовку необхідної кількості ступенів вільності і забезпечивши її надійне базування;

- накреслити контури установочних елементів пристрою (необхідно врахувати, що сили різання повинні притискати заготовку до жорстких опор, а не до затискних елементів);

- керуючись вибраним типом пристрою (одно- або багатомісним), типом виробництва, необхідною силою затискання тощо, вибрати тип затискного пристрою і накреслити його контури;



- накреслити допоміжні деталі і механізми пристрою і нанести контури корпусу пристрою, використовуючи стандартні форми заготованок корпусів;

- перевірити загальну компоновку пристрою, звернувши особливу увагу на зручність складання; додати необхідні види, перерізи і розрізи;

- нанести установочні, посадкові, приєднувальні і габаритні розміри пристрою;

- вписати технічні вимоги до виготовлення, складання і експлуатації пристрою.

За завданням керівника курсового проекту (роботи) в розрахунково-пояснювальній записці необхідно привести один-два розрахунки конструкції пристрою (наприклад, розрахунок затискного пристрою, розрахунок точності базування заготовки в пристрої, розрахунки деталей пристрою на міцність тощо).

Детальніше з методикою конструювання і розрахунку пристроїв можна ознайомитися в [1, с.145-150; 2, т.2, с.66-110; 3, с.33-47, 63-87; 5, т.4, с.353-549; 7; 13; 14; 16; 17, с.80-87; 22, с.182-239; 32; 34; 35; 39, с.121-164; 41; 45].

Найчастіше студенти розробляють конструкції пристроїв для оброблення на фрезерних та свердлильних верстатах, на верстатах токарної групи.

При проектуванні фрезерних пристроїв необхідно урахувати наступне:

- при фрезеруванні виникають великі сили різання і необхідно, щоб вони притискали заготовку до жорстких опор; крім того, особливо при чорновому фрезеруванні, розраховують зусилля затискання; якщо зусилля затискання пневмоприводу з  $p = 0,4 \dots 0,5$  МПа ( $4 \dots 5$  кгс/см<sup>2</sup>) недостатньо, то застосовують гідропривод з  $p = 2,5 \dots 4,0$  МПа ( $25 \dots 40$  кгс/см<sup>2</sup>);

- для правильного установалення пристрою відносно робочих органів верстата на установочних поверхнях пристроїв передбачають два орієнтуючі елементи (шпонки, пальці), що входять у Т-подібні пази стола верстата.

Пристрої, що призначені для оброблення заготованок на верстатах токарної групи, повинні мати посадочні поверхні, що відповідають приєднувальним елементам шпинделів верстатів. Токарні пристрої, особливо ті, що працюють з великою частотою обертання шпинделя верстата, повинні мати мінімальний дисбаланс (з урахуванням маси закріпленої заготовки), щоб при обробленні не виникали вібрації, які знижують точність оброблення і строк служби верстата.

В розрахунково-пояснювальній записці до курсового проекту (роботи) приводять специфікації до складальних креслень пристроїв (рис.13), в яких

вказуються номери деталей, що входять до пристрою, позначення їхніх креслень (якщо вони розроблені), найменування деталей та їхню кількість.

## 11. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОВОГО ВАРІАНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Щоб вирішити питання про доцільність запропонованого технологічного процесу, необхідно скласти не менше двох варіантів виготовлення деталей і провести їх техніко-економічне порівняння. Якщо аналогічне виробництво уже є на заводі, то порівняння з заводською технологією обов'язкове.

Найвигіднішим признається той варіант, у якого сума поточних і зведених витрат на одиницю продукції буде мінімальною [1; 3]. У курсовому проекті (роботі) слід включати в число доданків суми зведених витрат тільки ті, котрі змінюються при переході до нового варіанту технологічного процесу. Методика визначення економічності різних технологічних процесів приведена в [1, с.40-41; 2, т.2, с.417-438; 8, с.59-69; 17, с.94-97; 22, с.695-715; 38; 39, с.327-330; 44, с.281-291].

Необхідно відмітити певну трудомісткість виконання економічних розрахунків та складність підбирання відповідних вихідних даних. Тому при визначенні собівартості за приведеними витратами рекомендується користуватися раніше розрахованими їх значеннями [34].

При однаковій заготованці в різних варіантах технологічного процесу порівнюють трудомісткість механічного оброблення тільки за тими операціями, що розрізняються. При обґрунтуванні вибраного технологічного процесу рекомендується також приводити логічні докази, що ураховують витрати металу і його вартість; кількість зайнятих верстатів; виробничі площі, що займаються дільницею цеху або потоковою лінією; вартість і складність обладнання, пристроїв тощо.



|                            |  |  |
|----------------------------|--|--|
|                            | M2 - сталь з масовою долею вуглецю від 0,35% до 0,65% та долею легуючих елементів вище 2,0% до 5% включно.<br>M3 - сталь з масовою долею вуглецю вище 0,65%, долею легуючих елементів більше за 5% | вуглецю та легуючих елементів (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V) |
| 3 Ступінь складності       | C1 – 1-й ступінь<br>C2 – 2-й ступінь<br>C3 – 3-й ступінь<br>C4 – 4-й ступінь   | Встановлюється за Додатком 3 Та стор. 11                 |
| Поверхні рознімання штампа | П – плоска<br>Ис – симетрично вигнута<br>Ин – несиметрично вигнута   |  |

Додаток 3

Ступені складності кованок

1. Ступінь складності є однією з конструктивних характеристик форми кованок, яка якісно оцінює її і використовується при призначенні припусків і допусків.
2. Ступінь складності визначають шляхом обчислення відношення маси (об'єму)  $G_{II}$  кованки до маси (об'єму)  $G_{\Phi}$  геометричної фігури, у яку вписується форма кованки. Геометрична фігура може бути кулею, паралелепіпедом, циліндром з перпендикулярними до його осі торцями або прямою правильною призмою.

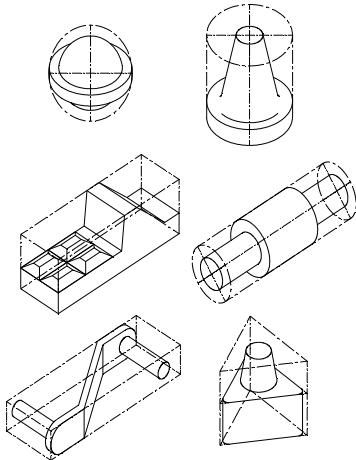


Рис. 14. Геометричні фігури для визначення ступеня складності.

Додаток 4  
Визначення вихідного індексу

| Маса кованки, кг | Група сталі |    |    | Ступінь складності кованки |    |    |    | Клас точності кованки |    |    |    |    | Вихідний індекс |
|------------------|-------------|----|----|----------------------------|----|----|----|-----------------------|----|----|----|----|-----------------|
|                  | M1          | M2 | M3 | C1                         | C2 | C3 | C4 | T1                    | T2 | T3 | T4 | T5 |                 |
| До 0,5 вклуч.    |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 1               |
| Понад 0,5 до 1,0 |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 2               |
| "1,0" "1,8"      |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 3               |
| "1,8" "3,2"      |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 4               |
| "3,2" "5,6"      |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 5               |
| "5,6" "10,0"     |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 6               |
| "10,0" "20,0"    |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 7               |
| "20,0" "50,0"    |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 8               |
| "50,0" "125,0"   |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 9               |
| "125,0" "250,0"  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 10              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 11              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 12              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 13              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 14              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 15              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 16              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 17              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 18              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 19              |
|                  |             |    |    |                            |    |    |    |                       |    |    |    |    | 20              |

Коефіцієнт ( $K_p$ ) для визначення орієнтовної розрахункової маси кованки (ГОСТ 7505-89)

| Груп | Характеристика деталі   | Типові представники                        | $K_p$     |
|------|---|--|-----------|
| 1    | Подовженої форми  | Вали, осі, цапфи                           | 1,3 – 1,6 |
| 1.1  | З прямою віссю  | Шатуни                                     | 1,1 – 1,4 |
| 1.2  | З вигнутою віссю  | Важелі                                     | 1,1 – 1,4 |
| 2    | Круглі та багатогранні в плані  |  |           |
| 2.1  | Круглі  | Шестірні, ступиці, фланці                  | 1,5 – 1,8 |
| 2.2  | Квадратні, прямокутні, багатогранні   | Фланці, ступиці, гайки                     | 1,3 – 1,7 |
| 2.3  | З відростками   | Хрестовини, вилки                          | 1,4 – 1,6 |
| 3    | Комбінованої (об'єднуючі елементи груп 1 та 2) конфігурації                             | Колінчасті вали, кулаки поворотні          | 1,3 – 1,8 |
| 4    | З великим об'ємом поверхонь, що не оброблюються   | Важелі переключення, буксирні гайки        | 1,1 - 1   |
| 5    | З отворами, поглибленнями, піднутреннями, що не оформлюються в кованиці при штампуванні | Пустопорожні вали, фланці, блоки шестірень | 1,8 - 2   |

Вибір класу точності кованок (ГОСТ 7505-89)

| Основне деформуюче обладнання, технологічні процеси                | Клас точності |    |    |    |    |
|--|---------------|----|----|----|----|
|  | T1            | T2 | T3 | T4 | T5 |
| Кривошипні гарячештамовані преси:<br>Відкрите(облойне) штампування |               |    |    | +  | +  |
| Закрите штампування  | +             |    | +  |    |    |
| Видавлювання   |               |    | +  | +  |    |
| Горизонтально - кувальні машини                                    |               |    |    | +  | +  |
| Преси гвинтові, гідравлічні  |               |    |    | +  | +  |
| Гарячештамовальні автомати   |               | +  | +  |    |    |
| Штамовальні молоти   |               |    |    | +  | +  |
| Калібрування об'ємне ( гаряче та холодне)                          | +             | +  |    |    |    |
| Прецизійне штампування   | +             |    |    |    |    |

Допуски та припустимі відхилення лінійних розмірів, мм (ГОСТ 7555-890)

| Вихідний індекс | Найбільша товщина кованки, мм                      |              |              |            |              |            |              |             |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |
|-----------------|--|--------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
|                 | до 40  |              |              | 63 - 100   |              |            | 100- 160     |             |              | 160- 250   |              |            | понад 250    |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |
|                 | Довжина, ширина, діаметр, глибина й висота поковки |              |              |            |              |            |              |             |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |
| 1               | до 40  | 40 - 100     | 100- 160     | 160- 250   | 250 - 400    | 400 - 630  | 630 - 1000   | 1000 - 1600 | 1600-2500    | 1          | 2            | 3          | 4            | 5          | 6            | 7          | 8            | 9          | 10           |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |
| 1               | +0,3<br>-0,1                                       | +0,4<br>-0,2 | +0,5<br>-0,2 | 0,6<br>0,7 | +0,4<br>-0,2 | 0,7<br>0,8 | +0,5<br>-0,3 | 0,9<br>0,9  | +0,6<br>-0,4 | 1,0<br>1,2 | +0,7<br>-0,3 | 1,2<br>1,4 | +0,8<br>-0,4 | 1,4<br>1,6 | +0,9<br>-0,5 | 1,6<br>2,0 | +1,1<br>-0,7 | 2,0<br>2,5 | +1,3<br>-0,8 | 2,5<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,8<br>3,2 | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |
| 2               | +0,3<br>-0,1                                       | +0,4<br>-0,2 | +0,5<br>-0,2 | 0,6<br>0,7 | +0,4<br>-0,2 | 0,7<br>0,8 | +0,5<br>-0,3 | 0,9<br>0,9  | +0,6<br>-0,4 | 1,0<br>1,2 | +0,7<br>-0,3 | 1,2<br>1,4 | +0,8<br>-0,4 | 1,4<br>1,6 | +0,9<br>-0,5 | 1,6<br>2,0 | +1,1<br>-0,7 | 2,0<br>2,5 | +1,3<br>-0,8 | 2,5<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,8<br>3,2 | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |
| 3               | +0,3<br>-0,2                                       | +0,4<br>-0,2 | +0,5<br>-0,2 | 0,7<br>0,8 | +0,5<br>-0,3 | 0,8<br>0,9 | +0,6<br>-0,3 | 1,0<br>1,2  | +0,7<br>-0,4 | 1,2<br>1,4 | +0,8<br>-0,5 | 1,4<br>1,6 | +0,9<br>-0,6 | 1,6<br>2,0 | +1,1<br>-0,7 | 2,0<br>2,5 | +1,3<br>-0,8 | 2,5<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,8<br>3,2 | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |            |              |
| 4               | +0,4<br>-0,2                                       | +0,5<br>-0,2 | +0,6<br>-0,3 | 0,9<br>1,0 | +0,6<br>-0,3 | 1,0<br>1,2 | +0,7<br>-0,4 | 1,2<br>1,4  | +0,8<br>-0,5 | 1,4<br>1,6 | +0,9<br>-0,6 | 1,6<br>2,0 | +1,1<br>-0,7 | 2,0<br>2,5 | +1,3<br>-0,8 | 2,5<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,8<br>3,2 | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |            |              |            |              |
| 5               | +0,5<br>-0,2                                       | +0,6<br>-0,3 | +0,7<br>-0,4 | 1,0<br>1,2 | +0,7<br>-0,4 | 1,2<br>1,4 | +0,8<br>-0,5 | 1,4<br>1,6  | +0,9<br>-0,6 | 1,6<br>2,0 | +1,1<br>-0,7 | 2,0<br>2,5 | +1,3<br>-0,8 | 2,5<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,8<br>3,2 | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |            |              |            |              |            |              |
| 6               | +0,5<br>-0,3                                       | +0,6<br>-0,3 | +0,7<br>-0,4 | 1,1<br>1,2 | +0,8<br>-0,4 | 1,2<br>1,4 | +0,9<br>-0,5 | 1,4<br>1,6  | +1,0<br>-0,6 | 1,6<br>2,0 | +1,1<br>-0,7 | 2,0<br>2,5 | +1,3<br>-0,8 | 2,5<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,8<br>3,2 | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |            |              |            |              |            |              |
| 7               | +0,6<br>-0,3                                       | +0,7<br>-0,4 | +0,8<br>-0,5 | 1,2<br>1,4 | +0,9<br>-0,6 | 1,4<br>1,6 | +1,0<br>-0,6 | 1,6<br>2,0  | +1,1<br>-0,7 | 2,0<br>2,5 | +1,3<br>-0,8 | 2,5<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,8<br>3,2 | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |            |              |            |              |            |              |            |              |
| 8               | +0,7<br>-0,3                                       | +0,8<br>-0,4 | +0,9<br>-0,5 | 1,4<br>1,6 | +1,1<br>-0,6 | 1,6<br>2,0 | +1,2<br>-0,7 | 2,0<br>2,5  | +1,3<br>-0,8 | 2,5<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,8<br>3,2 | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |
| 9               | +0,8<br>-0,4                                       | +0,9<br>-0,5 | +1,0<br>-0,6 | 1,6<br>1,8 | +1,2<br>-0,7 | 1,8<br>2,2 | +1,4<br>-0,8 | 2,0<br>2,5  | +1,6<br>-1,0 | 2,5<br>2,8 | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |
| 10              | +0,9<br>-0,5                                       | +1,0<br>-0,6 | +1,1<br>-0,7 | 1,8<br>2,2 | +1,3<br>-0,8 | 2,2<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,5<br>2,8  | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |
| 11              | +1,0<br>-0,5                                       | +1,1<br>-0,6 | +1,2<br>-0,7 | 2,0<br>2,5 | +1,4<br>-0,8 | 2,5<br>2,8 | +1,6<br>-1,0 | 2,8<br>3,2  | +1,8<br>-1,1 | 3,2<br>3,6 | +2,1<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,4<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,7<br>-1,5 | 4,5<br>5,0 | +3,0<br>-1,7 | 5,0<br>5,6 | +3,3<br>-1,9 |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |
| 12              | +1,1<br>-0,5                                       | +1,2<br>-0,6 | +1,3<br>-0,7 | 2,2<br>2,8 | +1,5<br>-0,9 | 2,8<br>3,2 | +1,7<br>-1,1 | 3,2<br>3,6  | +1,9<br>-1,2 | 3,6<br>4,0 | +2,1<br>-1,3 | 4,0<br>4,5 | +2,4<br>-1,4 | 4,5<br>5,0 | +2,7<br>-1,5 | 5,0<br>5,6 | +3,0<br>-1,7 |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |
| 13              | +1,2<br>-0,5                                       | +1,3<br>-0,6 | +1,4<br>-0,7 | 2,5<br>3,2 | +1,6<br>-1,0 | 3,2<br>3,6 | +1,8<br>-1,1 | 3,6<br>4,0  | +2,0<br>-1,2 | 4,0<br>4,5 | +2,4<br>-1,3 | 4,5<br>5,0 | +2,7<br>-1,5 |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |            |              |

| Вихідний індекс | Найбільша товщина кованки, мм                      |              |          |              |          |              |          |              |           |              |           |              |            |              |             |              |            |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |
|-----------------|--|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|-------------|--------------|------------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|
|                 | до 40  |              | 40 - 63  |              | 63 - 100 |              | 100- 160 |              | 160- 250  |              | понад 250 |              |            |              |             |              |            |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |
|                 | Довжина, ширина, діаметр, глибина й висота поковки |              |          |              |          |              |          |              |           |              |           |              |            |              |             |              |            |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |
|                 | до 40  |              | 40 - 100 |              | 100- 160 |              | 160- 250 |              | 250 - 400 |              | 400 - 630 |              | 630 - 1000 |              | 1000 - 1600 |              | 1600- 2500 |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |
| 14              | 2,5  | +1,6<br>-0,9 | 2,8      | +1,8<br>-1,0 | 3,2      | +2,1<br>-1,1 | 3,6      | +2,4<br>-1,2 | 4,0       | +2,7<br>-1,3 | 4,5       | +3,0<br>-1,5 | 5,0        | +3,3<br>-1,7 | 5,6         | +3,7<br>-1,9 | 6,3        | +4,2<br>-2,1  | 7,1  | +4,7<br>-2,4  | 8,0  | +5,3<br>-2,7  | 9,0  | +6,0<br>-3,0  | 10,0 | +6,7<br>-3,3  | 11,0 | +7,4<br>-3,6  | 12,0 | +8,0<br>-4,0  | 13,0 | +8,6<br>-4,4  | 14,0 | +9,2<br>-4,8  | 16,0 | +10,0<br>-6,0 |
| 15              | 2,8  | +1,8<br>-1,0 | 3,2      | +2,1<br>-1,1 | 3,6      | +2,4<br>-1,2 | 4,0      | +2,7<br>-1,3 | 4,5       | +3,0<br>-1,5 | 5,0       | +3,3<br>-1,7 | 5,6        | +3,7<br>-1,9 | 6,3         | +4,2<br>-2,1 | 7,1        | +4,7<br>-2,4  | 8,0  | +5,3<br>-2,7  | 9,0  | +6,0<br>-3,0  | 10,0 | +6,7<br>-3,3  | 11,0 | +7,4<br>-3,6  | 12,0 | +8,0<br>-4,0  | 13,0 | +8,6<br>-4,4  | 14,0 | +9,2<br>-4,8  | 16,0 | +10,0<br>-6,0 |      |               |
| 16              | 3,2  | +2,1<br>-1,1 | 3,6      | +2,4<br>-1,2 | 4,0      | +2,7<br>-1,3 | 4,5      | +3,0<br>-1,5 | 5,0       | +3,3<br>-1,7 | 5,6       | +3,7<br>-1,9 | 6,3        | +4,2<br>-2,1 | 7,1         | +4,7<br>-2,4 | 8,0        | +5,3<br>-2,7  | 9,0  | +6,0<br>-3,0  | 10,0 | +6,7<br>-3,3  | 11,0 | +7,4<br>-3,6  | 12,0 | +8,0<br>-4,0  | 13,0 | +8,6<br>-4,4  | 14,0 | +9,2<br>-4,8  | 16,0 | +10,0<br>-6,0 |      |               |      |               |
| 17              | 3,6  | +2,4<br>-1,2 | 4,0      | +2,7<br>-1,3 | 4,5      | +3,0<br>-1,5 | 5,0      | +3,3<br>-1,7 | 5,6       | +3,7<br>-1,9 | 6,3       | +4,2<br>-2,1 | 7,1        | +4,7<br>-2,4 | 8,0         | +5,3<br>-2,7 | 9,0        | +6,0<br>-3,0  | 10,0 | +6,7<br>-3,3  | 11,0 | +7,4<br>-3,6  | 12,0 | +8,0<br>-4,0  | 13,0 | +8,6<br>-4,4  | 14,0 | +9,2<br>-4,8  | 16,0 | +10,0<br>-6,0 |      |               |      |               |      |               |
| 18              | 4,0  | +2,7<br>-1,3 | 4,5      | +3,0<br>-1,5 | 5,0      | +3,3<br>-1,7 | 5,6      | +3,7<br>-1,9 | 6,3       | +4,2<br>-2,1 | 7,1       | +4,7<br>-2,4 | 8,0        | +5,3<br>-2,7 | 9,0         | +6,0<br>-3,0 | 10,0       | +6,7<br>-3,3  | 11,0 | +7,4<br>-3,6  | 12,0 | +8,0<br>-4,0  | 13,0 | +8,6<br>-4,4  | 14,0 | +9,2<br>-4,8  | 16,0 | +10,0<br>-6,0 |      |               |      |               |      |               |      |               |
| 19              | 4,5  | +3,0<br>-1,5 | 5,0      | +3,3<br>-1,7 | 5,6      | +3,7<br>-1,9 | 6,3      | +4,2<br>-2,1 | 7,1       | +4,7<br>-2,4 | 8,0       | +5,3<br>-2,7 | 9,0        | +6,0<br>-3,0 | 10,0        | +6,7<br>-3,3 | 11,0       | +7,4<br>-3,6  | 12,0 | +8,0<br>-4,0  | 13,0 | +8,6<br>-4,4  | 14,0 | +9,2<br>-4,8  | 16,0 | +10,0<br>-6,0 |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |
| 20              | 5,0  | +3,3<br>-1,7 | 5,6      | +3,7<br>-1,9 | 6,3      | +4,2<br>-2,1 | 7,1      | +4,7<br>-2,4 | 8,0       | +5,3<br>-2,7 | 9,0       | +6,0<br>-3,0 | 10,0       | +6,7<br>-3,3 | 11,0        | +7,4<br>-3,6 | 12,0       | +8,0<br>-4,0  | 13,0 | +8,6<br>-4,4  | 14,0 | +9,2<br>-4,8  | 16,0 | +10,0<br>-6,0 |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |
| 21              | 5,6  | +3,7<br>-1,9 | 6,3      | +4,2<br>-2,1 | 7,1      | +4,7<br>-2,4 | 8,0      | +5,3<br>-2,7 | 9,0       | +6,0<br>-3,0 | 10,0      | +6,7<br>-3,3 | 11,0       | +7,4<br>-3,6 | 12,0        | +8,0<br>-4,0 | 13,0       | +8,6<br>-4,4  | 14,0 | +9,2<br>-4,8  | 16,0 | +10,0<br>-6,0 |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |
| 22              | 6,3  | +4,2<br>-2,1 | 7,1      | +4,7<br>-2,4 | 8,0      | +5,3<br>-2,7 | 9,0      | +6,0<br>-3,0 | 10,0      | +6,7<br>-3,3 | 11,0      | +7,4<br>-3,6 | 12,0       | +8,0<br>-4,0 | 13,0        | +8,6<br>-4,4 | 14,0       | +9,2<br>-4,8  | 16,0 | +10,0<br>-6,0 |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |
| 23              | 7,1  | +4,7<br>-2,4 | 8,0      | +5,3<br>-2,7 | 9,0      | +6,0<br>-3,0 | 10,0     | +6,7<br>-3,3 | 11,0      | +7,4<br>-3,6 | 12,0      | +8,0<br>-4,0 | 13,0       | +8,6<br>-4,4 | 14,0        | +9,2<br>-4,8 | 16,0       | +10,0<br>-6,0 |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |

102

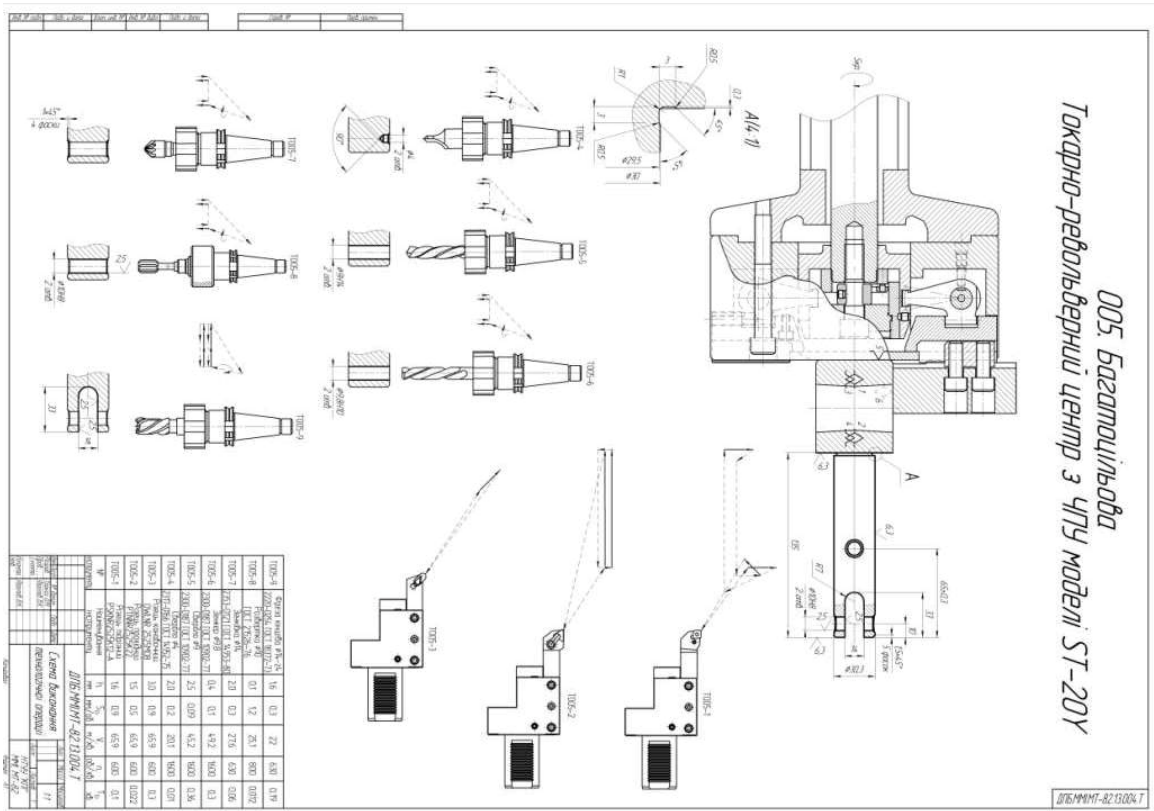


Рис. 15. Креслення: Схематичне зображення технологічної операції.

103

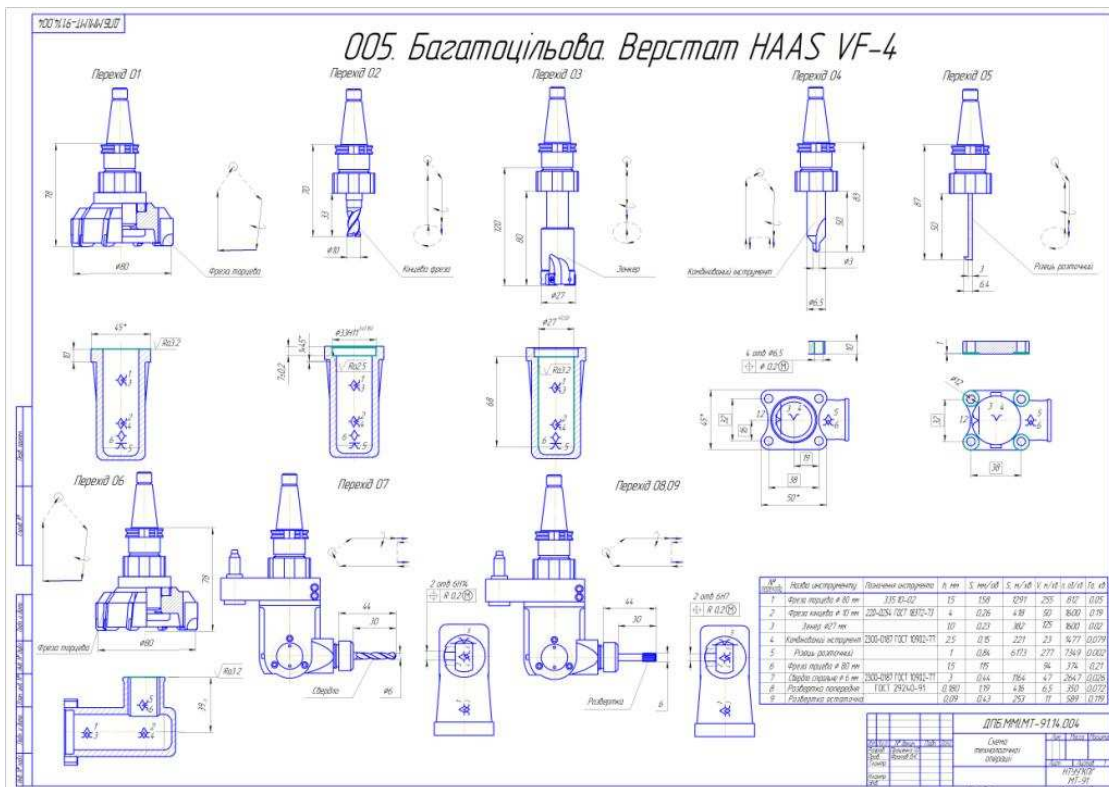


Рис. 16. Кресленник. Схематичне зображення технологічної операції.

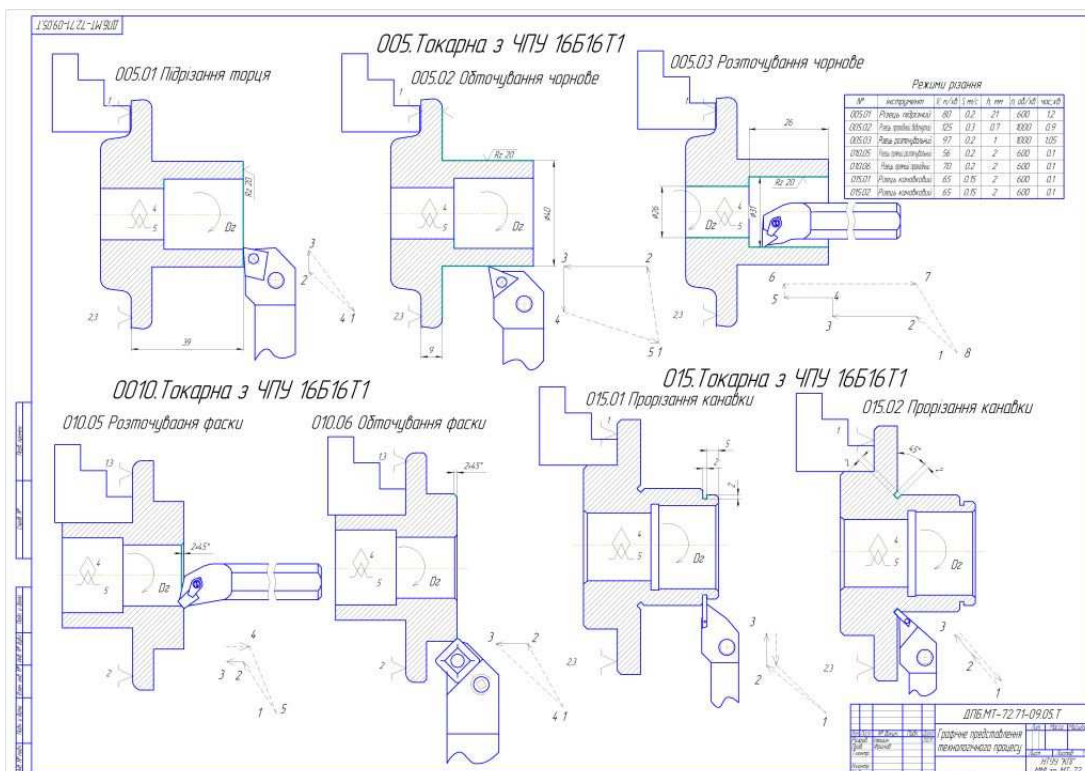


Рис. 17. Кресленник. Схематичне зображення технологічної операції.

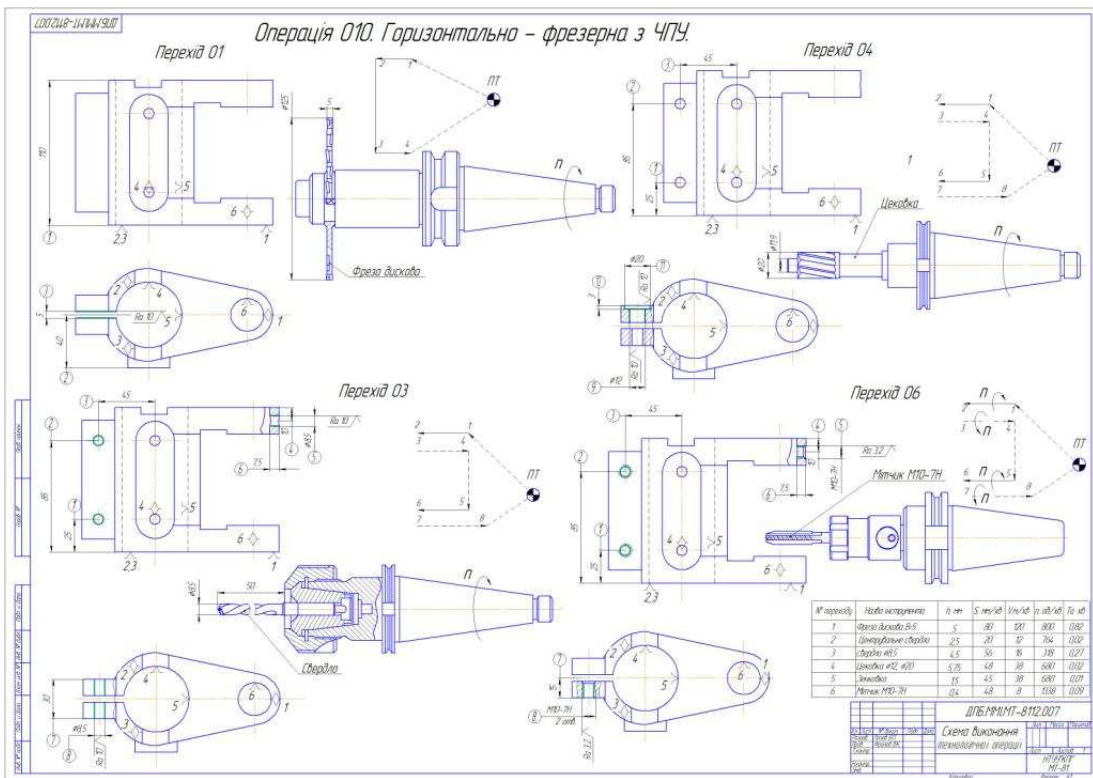


Рис. 18. Кресленник. Схематичне зображення технологічної операції.

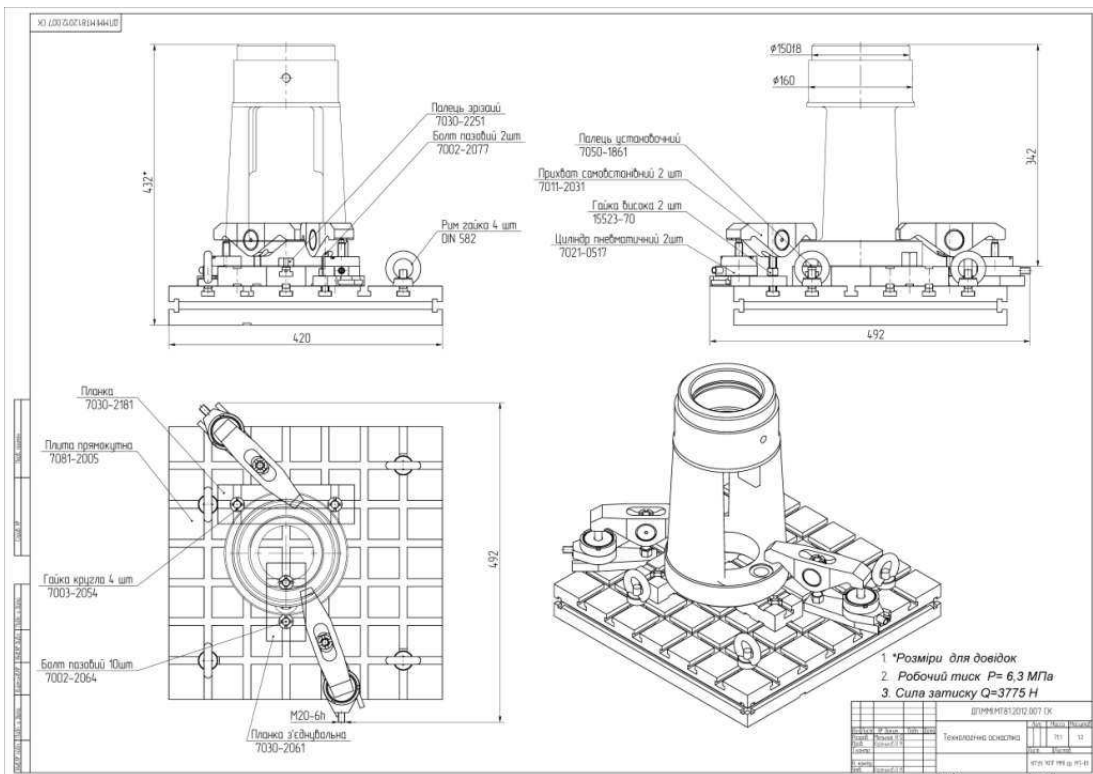


Рис. 19. Кресленник. Верстатний пристрій.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Курсовое проектирование по технологии машиностроения* / Под ред. А. Ф. Горбачевича. – Минск: Вышэйш. шк., 1975. – 287 с.
2. *Справочник технолога – машиностроителя*. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985 – 1986. Т.1,2.
3. *Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник*, – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
4. *Справочник инструментальщика*. / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко и др. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
5. *Справочник металлста*. / Под ред. А.Н.Малова. – М.: Машиностроение, 1976 – 1978. Т. 1-5.
6. *Справочник нормировщика – машиностроителя*. / Под ред. Е. И. Стружестраха. – М. : Машгиз, 1961. - 890 с. Т. 2.
7. *Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник*. – М.: Машиностроение, 1979. – 383 с.
8. *Дипломное проектирование по технологии машиностроения* / Под ред. В. В. Бабука. – Минск: Вышэйш. шк., 1979– 464 с.
9. *Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках*. – М.: Машиностроение, 1974. Ч.1, 2.
10. *Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ (серийное производство)*. – М.: Машиностроение, 1974. – 423 с.
11. *Расчет режимов резания при точении: Методические указания и контрольные задания по дисциплине "Теория резания" для самостоятельной работы студентов специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" и слушателей ФПК* / Сост. В. В. Коваленко, Беланенко В.Г., Кругляк А.П. – К.: КПИ, 1987. –64 с.
12. *Методические указания и контрольные задания по дисциплине "Теория резания" для студентов специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" и слушателей ФПК: Расчет режимов резания при сверлении* /Сост. В. В. Коваленко – К.: КПИ, 1985 – 60 с.
13. *Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя*. – М.: Машиностроение, 1978. Т. 1–3.
14. *Обработка металлов резанием. Справочник технолога* / Под ред. Г. А. Монахова – М.: Машиностроение, 1974. – 598 с.

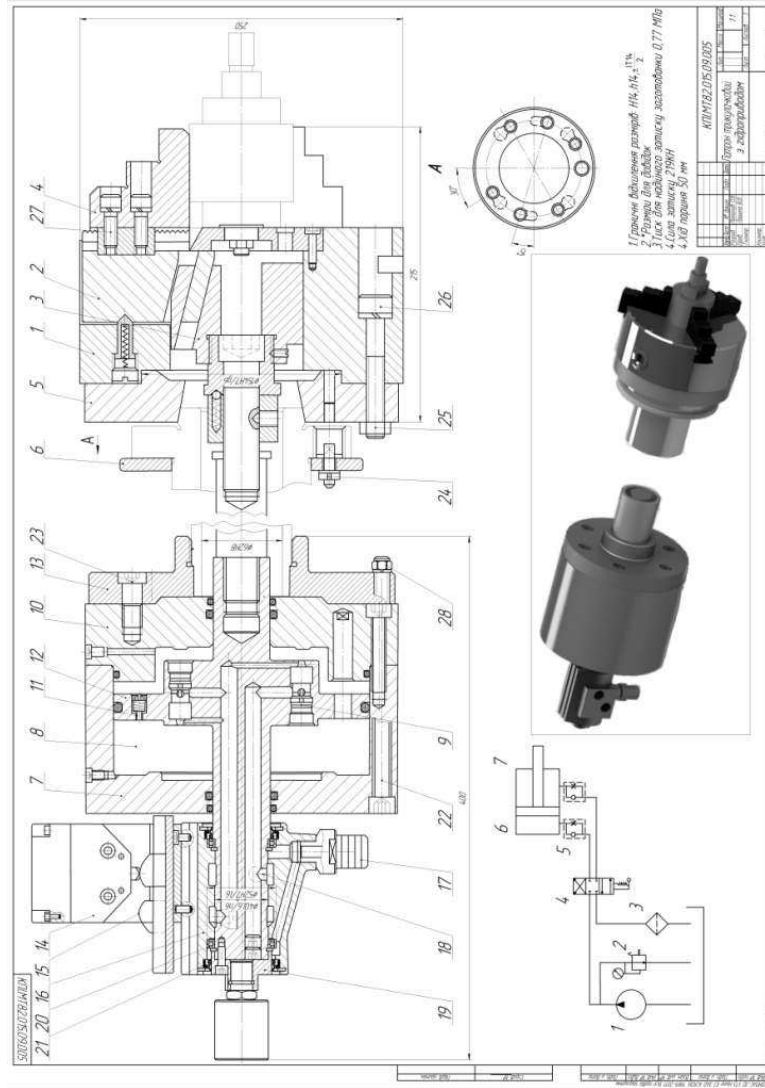


Рис. 20. Кресление: Токарний пристрій.



15. *Методические указания* к практическим занятиям "Разработка технологических процессов механической обработки" по дисциплине "Технология машиностроения" для студентов специальности 0501 / Сост. В. В. Душинский и др. – К.: КПИ, 1981. – 56 с.

16. *Розробка технологічного процесу* виготовлення деталей. Методичні вказівки до виконання курсової роботи (проекту) з дисципліни "Технологія машинобудування" для студентів Механіко-машинобудівного інституту, інженерно-фізичного та поліграфічного факультетів / Укл. С. С. Добрянський, В. К. Фролов, В. А. Ковальов. – К. "Політехніка", 2002. – 78с.

17. *Нефедов Н. А.* Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах. – М.: Высш. Шк., 1986. – 239 с,

18. *Гжиров Р. И.* Краткий справочник конструктора. – Л.: Машиностроение, 1984. – 464 с.

19. *Мягков В. Д.* Допуски и посадки.. – Л.: Машиностроение, 1982. Т.1 – 2.

20. *Болдин Л. А.* Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

21. *Режимы резания металлов:* Справочник / Под ред. Ю. В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 406 с.

22. *Обработка металлов резанием:* Справочник технолога / Под ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

23. *Контрольно-измерительные приборы и инструменты* в машиностроении: Справочник / В. Г. Кострицкий и др. – К.: Тэхника, 1986. – 135 с.

24. *Балакишин Б. С.* Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1969. – 552 с.

25. *Беспалов Б. Л.* Технология машиностроения (специальная часть). – М.: Машиностроение, 1973. – 447 с.

26. *Технология машиностроения* / Под ред. М. Е. Егорова. – М.: Высш. шк., 1976. – 534 с.

27. *Основы технологии машиностроения* / Под ред. В. С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.

28. *Технология машиностроения* / Под ред. С. А. Картавова. – К.: Тэхника, 1965, – 527 с.

29. *Картавов С. А.* Технология машиностроения (специальная часть). – К.: Выща шк., 1984. – 272 с.

30. *Демьянюк Ф. С.* Технологические основы поточно – автоматизированного производства. – М.: Высш. шк., 1968. — 700 с.

31. *Металлорежущие станки:* Каталог – справочник. – М., 1971.

32. *Ансеров М. А.* Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975, – 656 с.

33. *Модульное оборудование* для гибких производственных систем механической обработки: Справочник / Под ред. Р. Э. Сафрагана. – К.: Тэхника, 1989. – 175 с.

34. *Кузнецов Ю. Н., Маслов А. Р., Байков А. Н.* Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с.

35. *Терликова Т. Ф., Мельников А. С, Баталов В. И.* Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1980. – 120 с.

36. *Локтева С. Е.* Станки с программным управлением и промышленные роботы. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.

37. *Сафраган Р. Э., Полонский А. Э., Таурит Г. Э.* Эксплуатация станков с числовым программным управлением. – К.: Тэхника, 1974. – 307 с.

38. *Расчеты экономической эффективности* новой техники: Справочник / Под ред. М. К. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1975.

39. *Данилевский В. В.* Технология машиностроения. – М.: Высш. шк., 1984. – 416 с.

40. *Лавриненко М. З.* Технология машиностроения и технологические основы автоматизации. – К.: Выща шк., 1982. – 320 с.

41. *Кузнецов Ю. Н.* Конструкции приспособлений для станков с ЧПУ. – М.: Высш.шк., 1988. – 303 с .

42. *Технология машиностроения* (специальная часть) / А. А. Гусев и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 400 с.

43. *Ковшов А. И.* Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.

44. *Маталин А. А.* Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

45. *Станочные приспособления:* Справочник, / Под ред. Б. Н. Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984. Т.1–2.

46. *Справочник по обработке металлов резанием* / Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. – К.: Тэхника, 1983. – 239 с.