

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**ПРИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ  
ДЕТАЛЕЙ РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ**

Методичні вказівки  
для підготовки до практичних занять  
та виконання курсового проєкту з дисциплін  
**«Технологія виробництва автомобілів та тракторів»**  
та **«Технологія виробництва та ремонту автомобілів»**  
для студентів спеціалізації  
133.01 «Автомобілі та трактори»  
та 274.01 «Автомобілі та автомобільне господарство»  
всіх форм навчання

Харків 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**ПРИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ  
ДЕТАЛЕЙ РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ**

Методичні вказівки  
для підготовки до практичних занять  
та виконання курсового проєкту з дисциплін  
**«Технологія виробництва автомобілів та тракторів»**  
та **«Технологія виробництва та ремонту автомобілів»**  
для студентів спеціалізації  
133.01 «Автомобілі та трактори»  
та 274.01 «Автомобілі та автомобільне господарство»  
всіх форм навчання

затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 1 від 19.02.2020 р.

Харків НТУ  
«ХПІ»  
2020

Призначення припусків на механічну обробку деталей розрахунково-аналітичним методом. Методичні вказівки для підготовки до практичних занять та виконання курсового проєкту з дисциплін «Технологія виробництва автомобілів та тракторів» та «Технологія виробництва та ремонту автомобілів» для студентів спеціалізації 133.01 «Автомобілі та трактори» та 274.01 «Автомобілі та автомобільне господарство» всіх форм навчання / Уклад. : А. Г. Мамонтов. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 88 с.

Укладач А. Г. Мамонтов

Рецензент В. Н. Краснокутський

Кафедра автомобіле- і тракторобудування

## ВСТУП

При виконанні курсового проекту з дисциплін «Технологія виробництва автомобілів та тракторів» та «Технологія виробництва та ремонту автомобілів» студенти спеціалізації 133.01 «Автомобілі та трактори» та 274.01 «Автомобілі та автомобільне господарство» здійснюють проектування заготовки, з якої шляхом механічної обробки поверхонь виготовляється деталь, креслення якої видається студенту як завдання для розробки технологічного процесу. У процесі вивчення зазначених дисциплін студенти на практичних заняттях знайомляться з методикою призначення припусків на механічну обробку поверхонь заготовки, що дозволяє їм оформити креслення заготовки.

Мета цієї роботи – допомогти студентам, які виконують курсовий проект з розробки технологічного процесу механічної обробки деталі, глибше усвідомити вплив різних факторів на величину припуску, який необхідно призначити на механічну обробку кожної поверхні заготовки деталі.

Розрахунково-аналітичний метод призначення припусків, який розглядається у цій роботі, дозволяє студенту проаналізувати особливості виконання технологічних операцій, на яких буде оброблятися певна поверхня заготовки, і призначити таким чином припуск, мінімально необхідний для виконання цієї обробки.

Методичні вказівки включають викладення основних міркувань, які слід урахувати при призначенні припусків в умовах серійного виробництва, коли обробка заготовок проводиться різальним

інструментом, заздалегідь встановленим на потрібний розмір. Розглядається також варіант обробки з індивідуальною установкою інструмента на розмір при обробці кожної заготовки, а також багато-прохідна обробка (типу шліфування) з поступовим наближенням розміру поверхні, що обробляється, до потрібної величини. Викладення матеріалу супроводжується посиланнями на рекомендовану літературу та контрольними завданнями, що полегшить роботу студентам при відпрацюванні змісту практичних занять та виконанні курсового проекту.

Методичні вказівки включають також приклад призначення проміжних та загального припусків на обробку однієї з поверхонь заготовки розрахунково-аналітичним методом.

## **1. Основні положення щодо призначення величини припусків**

Припуск – це шар матеріалу, який видаляється з оброблюваної поверхні заготовки в процесі її механічної обробки. Послідовне застосування певних методів обробки дозволяє забезпечити виконання технічних вимог, які ставляться до обробки поверхні відповідно до робочого креслення деталі. Необхідні показники поверхні можуть бути одержані і в результаті однократної обробки, якщо технічні вимоги до цієї поверхні невисокі. У цьому разі весь припуск знімається за один робочий хід різального інструмента (мається на увазі, що припуск призначений індивідуально для кожної поверхні залежно від технічних вимог до неї). При наявності декількох методів обробки розглядаються припуски проміжні і загальні. Проміжний припуск видаляється при виконанні окремого технологічного переходу і дорівнює різниці розмірів заготовки, одержаних на суміжних попередньому і наступному переходах. Загальний припуск дорівнює сумі проміжних припусків по усьому технологічному маршруту механічної обробки цієї поверхні. Цей припуск є різницею між розмірами початкової заготовки і готової деталі.

Правильне призначення величини припуску має велике техніко-економічне значення – ця величина має бути достатньою для виконання всієї необхідної обробки поверхні, але не повинна викликати зайвих витрат матеріалу, енергії, інструмента, заробітної плати та ін. Розрахунково-аналітичний метод саме і дозволяє призначити оптимальний припуск, оскільки враховує всі особливості виконання кожного виду обробки конкретної поверхні заготовки.

Одночасно з призначенням величини припусків встановлюються також допуски на початкові та проміжні розміри заготовки. Величини допусків ураховують економічну точність виконання окремих технологічних переходів і таким чином дозволяють проводити обробку заготовки інструментом, заздалегідь встановленим на потрібний розмір.

Величина припуску вказується звичайно на сторону, іноді – на діаметр або на обидві сумісні оброблювальні протилежно розташовані поверхні, які обробляються одночасно двома інструментами.

### *Запитання для самоконтролю*

1. Що називається припуском на механічну обробку поверхні заготовки? Які розрізняють види припусків?
2. Яка вимога ставиться до величини припуску? Що являє собою оптимальна величина припуску?
3. Які застосовуються методи визначення величини припусків? Відзначте їхні переваги й недоліки.

### **2. Основні фактори, які впливають на величину припусків**

Припуск, який призначається для виконання кожного технологічного переходу обробки поверхні заготовки, повинен бути достатнім для усунення похибок та дефектів поверхневого шару, які

виникають на попередньому технологічному переході, та похибки установки оброблюваної заготовки на переході, що розглядається.

Для першого технологічного переходу механічної обробки поверхні попереднім переходом є виготовлення заготовки. Тому величина припуску на перший перехід залежить від виду заготовки (відливка, штамповка та ін.) та конкретного способу її виготовлення, тобто точності виготовлення та стану поверхні заготовки. Поверхня заготовки в процесі її виготовлення може одержати тверду кірку (відливки), шар окалини та знеуглерожений шар (поковки, штамповки, прокат), що залежить також від матеріалу заготовки. Складна конфігурація деталі може потребувати спрощення форми заготовки (введення напусків на її поверхні), великі розміри заготовки також потребують збільшення припусків для компенсації відхилень її форми.

На рис. 2.1 показана структура поверхневого шару заготовки, де  $Rz_{i-1}$  – висота нерівностей, одержана на суміжному попередньому переході,  $T_{i-1}$  – глибина пошкодженого шару, одержана на тому ж переході (кірка зі слідами формувального піску, відбілений або знеуглерожений шар, наклеп внаслідок механічної обробки). Видаляється лише пошкоджений шар ( $A$ ). Якісна частина шару зі зміненою структурою ( $B$  – цементування, поверхневе загартування) залишається. Літерою  $B$  на рис. 2.1 позначена основна структура матеріалу.

Через  $\rho_{i-1}$  на рис. 2.1 позначене просторове відхилення розташування оброблюваної поверхні заготовки відносно її технологічної бази  $G$ . Таким відхиленням залежно від виду оброблюваної поверхні можуть бути відхилення поверхні розточуваного отвору від співвісності відносно зовнішньої базової поверхні, відхилення торцевої поверхні від перпендикулярності відносно осі базової циліндричної поверхні або радіальне відхилення обточуваних шийок вала відносно тієї ж осі, відхилення оброблюваної поверхні від паралельності відносно базової поверхні (див. рис. 2.1) та ін.

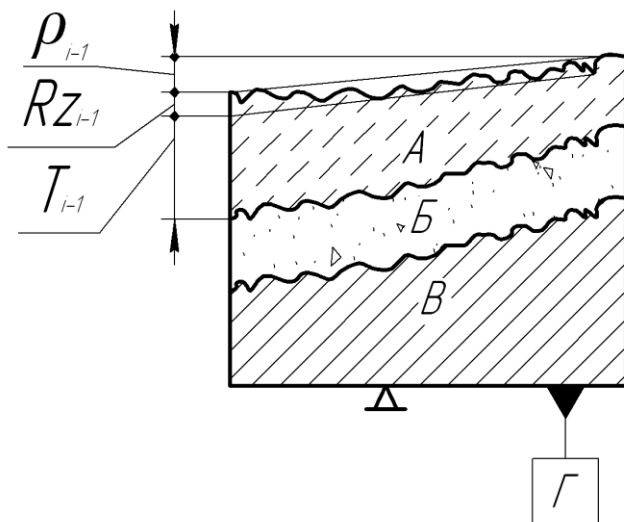


Рисунок 2.1 – Структура поверхневого шару заготовки

Таким чином, при призначенні припуску на технологічний перехід  $i$ , що виконується, до величини припуску треба включати величини його складових  $Rz_{i-1}$ ,  $T_{i-1}$  та  $\rho_{i-1}$ , одержані на суміжному попередньому технологічному переході обробки (або виготовлення) заготовки.

Для виконання технологічного переходу  $i$  заготовку треба встановити на верстаті або в пристрої та закріпити. Якщо при установці заготовки на настановні елементи пристрою її технологічна (настановна) база не співпадає з вимірною базою, від якої буде контролюватися на цьому переході розмір, що виконується, виникає похибка базування  $\varepsilon_{бi}$ , яка визначається коливанням відстані між настановною та вимірною базами.

При закріпленні заготовки в пристрої вона зміщується під дією зусилля затиску. Різниця між граничними величинами зміщення заготовки (її вимірною базою) в напрямку розміру, що виконується, є похибкою закріплення  $\varepsilon_{зi}$ . Крім того, вимірною базою заготовки може



зміститися відносно різальної кромки інструмента, встановленого на розмір, внаслідок похибки виготовлення верстатного пристрою  $\varepsilon_{\text{при}}$ .

Таким чином, похибка установки заготовки на технологічному переході, що виконується, вміщує всі зазначені складові і дорівнює

$$\varepsilon_{yi} = \varepsilon_{\delta i} + \varepsilon_{zi} + \varepsilon_{\text{при}},$$

якщо вектори складових похибок рівнонаправлені, або

$$\varepsilon_{yi} = \sqrt{\varepsilon_{\delta i}^2 + \varepsilon_{zi}^2 + \varepsilon_{\text{при}}^2},$$

при різнонаправлених її складових.

Мінімально необхідний припуск  $z_{i\text{min}}$  для виконання технологічного переходу  $i$  включає в загальному випадку всі зазначені похибки. При обробці окремо розташованих плоских поверхонь, якщо напрями векторів цих похибок співпадають,

$$z_{i\text{min}} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i.$$

При обробці поверхонь обертання вектори похибок  $\rho_{i-1}$  та  $\varepsilon_i$  мають випадковий напрям, тому

$$z_{i\text{min}} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}.$$

У наведених формулах через  $z_{i\text{min}}$  позначений припуск на сторону. При паралельній (одночасній) обробці протилежних плоских поверхонь або призначенні припуску на діаметр відповідні величини  $z_{i\text{min}}$  подвоюються і вказуються як  $2z_{i\text{min}}$ .

У різних конкретних випадках з наведених залежностей можуть виключатися окремі величини. Так, при обробці зовнішніх поверхонь обертання при установці заготовки на центри можна прийняти  $\varepsilon_i = 0$ , якщо зневажити похибкою виготовлення та установки самих центрів. При розгортванні плаваючою розгорткою та при протягуванні отвору не виправляється зміщення осі отвору, тому  $\rho_{i-1}$ , залежно для  $z_{i\min}$ , не включається. Похибка установки  $\varepsilon_i$  у цих випадках, а також при безцентровому шліфуванні не має місця. При суперфінішуванні та поліруванні фактично зменшується лише висота мікронерівностей поверхні, тому  $z_{i\min} = Rz_{i-1}$ .

Природно, на величину проміжного припуску впливає також наявність термічної або хіміко-термічної обробки після попереднього технологічного переходу механічної обробки, що потребує збільшення припуску на величину  $\rho_{i-1}$  для відновлення форми заготовки. На величину загального припуску впливають ще й вимоги до точності деталі та якості її поверхонь, що у ряді випадків потребує введення до технологічного процесу додаткових технологічних переходів.

Довідкові дані для вибору величин, які входять до залежностей  $z_{i\min}$ , наведені нижче [2, 3].

### *Запитання для самоконтролю*

1. Які складові включають до величини мінімального проміжного припуску при її визначенні розрахунково-аналітичним методом? Які фактори впливають на величину цих складових?
2. Наведіть приклади просторових відхилень розташування оброблюваної поверхні заготовки щодо її технологічних (настановних) баз.
3. Що являє собою похибка базування і як можна запобігти її появі або зменшити її величину при виборі схеми базування для установки заготовки в пристрої або на верстаті?

4. Що являє собою похибка закріплення і як можна запобігти її появі або зменшити її величину при виборі схеми закріплення заготовки в пристрої або на верстаті?

5. Чому при деяких методах установки й обробки заготовок у величину мінімального проміжного припуску включаються не всі розглянуті складові?

### 3. Порядок розрахунку припусків на механічну обробку поверхонь та граничних розмірів заготовки за технологічними переходами

Цей розрахунок раціонально здійснювати у такому порядку [2].

Таблиця 3.1 – Порядок розрахунку припусків на обробку й граничних розмірів за технологічними переходами

Для зовнішніх поверхонь	Для внутрішніх поверхонь
1. Користуючись робочим кресленням деталі й картою технологічного процесу механічної обробки, записати в розрахункову карту оброблювані елементарні поверхні заготовки й технологічні переходи обробки в порядку послідовності їхнього виконання по кожній елементарній поверхні від початкової заготовки до остаточної обробки.	
2. Записати значення $R_z$ , $T$ , $\rho$ , $\varepsilon$ , $IT$ для кожного технологічного переходу, що виконується.	
3. Визначити розрахункові мінімальні припуски на обробку по всіх технологічних переходах.	
4. Записати для кінцевого переходу в графу «Граничні розміри» найменший граничний розмір деталі з креслення	4. Записати для кінцевого переходу в графу «Граничні розміри» найбільший граничний розмір деталі з креслення

Продовження табл. 3.1

<p>5. Для переходу, що передують кінцевому, визначити розрахунковий (найменший) розмір додаванням до найменшого граничного розміру з креслення розрахункового припуску <math>z_{\min}</math></p>	<p>5. Для переходу, що передують кінцевому, визначити розрахунковий (найбільший) розмір відніманням з найбільшого граничного розміру по кресленню розрахункового припуску <math>z_{\min}</math></p>
<p>6. Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу додаванням до розрахункового розміру розрахункового припуску <math>z_{\min}</math> наступного за ним суміжного переходу</p>	<p>6. Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу відніманням з розрахункового розміру розрахункового припуску <math>z_{\min}</math> наступного за ним суміжного переходу</p>
<p>7. Записати найменші граничні розміри по всіх технологічних переходах, округляючи їх збільшенням розрахункових розмірів; округлення провадити до того ж знака десяткового дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу</p>	<p>7. Записати найбільші граничні розміри по всіх технологічних переходах, округляючи їх зменшенням розрахункових розмірів; округлення провадити до того ж знака десяткового дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу</p>
<p>8. Визначити найбільші граничні розміри додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру</p>	<p>8. Визначити найменші граничні розміри шляхом віднімання допуску з округленого найбільшого граничного розміру</p>
<p>9. Записати граничні значення припусків <math>z_{\max}</math> як різницю найбільших граничних розмірів і <math>z_{\min}</math> як різницю найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів</p>	<p>9. Записати граничні значення припусків <math>z_{\max}</math> як різницю найменших граничних розмірів і <math>z_{\min}</math> як різницю найбільших граничних розмірів виконуваного й попереднього переходів</p>

Закінчення табл. 3.1

<p>10. Визначити загальні (сумарні) припуски <math>z_{\text{сум max}}</math> і <math>z_{\text{сум min}}</math>, підсумовуючи проміжні припуски на обробку</p>
<p>11. Перевірити правильність зроблених розрахунків за формулами:</p> <p>– для плоских поверхонь</p> $z_{i \text{ max}} - z_{i \text{ min}} = IT_{i-1} - IT_i;$ $z_{\text{сум max}} - z_{\text{сум min}} = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{д}};$ <p>– для поверхонь обертання</p> $2z_{i \text{ max}} - 2z_{i \text{ min}} = IT_{D i-1} - IT_{D i};$ $2z_{\text{сум max}} - 2z_{\text{сум min}} = IT_{D \text{ заг}} - IT_{D \text{ д}}.$
<p>12. Визначити загальний (сумарний) номінальний припуск за формулами:</p> <p>– для плоских поверхонь</p> $z_{\text{сум ном}} = z_{\text{сум min}} - ei_{\text{заг}} + ei_{\text{д}}; \quad z_{\text{сум ном}} = z_{\text{сум min}} + ES_{\text{заг}} - ES_{\text{д}};$ <p>– для поверхонь обертання</p> $2z_{\text{сум ном}} = 2z_{\text{сум min}} - ei_{\text{заг}} + ei_{\text{д}}; \quad 2z_{\text{сум ном}} = 2z_{\text{сум min}} + ES_{\text{заг}} - ES_{\text{д}}.$

*Примітки:* 1. У зв'язку з різнохарактерністю дій при розрахунку розмірів для зовнішніх і внутрішніх поверхонь рекомендується, щоб уникнути помилок, групувати в розрахунковій карті зовнішні й внутрішні поверхні, а не записувати їх упереміж.

2. Через  $IT$ ,  $es$ ,  $ei$ ,  $ES$ ,  $EI$  позначені відповідно допуск, верхні й нижні відхилення розмірів зовнішніх і внутрішніх поверхонь; індекси заг і д належать відповідно до заготовки й деталі.

3. Наведені у таблиці вказівки справедливі для випадку послідовної обробки поверхні інструментами, заздалегідь установленими на розмір (великосерійне й масове виробництва – див. рис. 5.1). При індивідуальному настроюванні інструмента на розмір на окремих технологічних переходах треба керуватися схемою розташування проміжних припусків і допусків на проміжні й вихідні розміри заготовки (див. рис. 5.2 і 5.3).

4. На величину загального номінального припуску орієнтуються при виготовленні технологічного оснащення для виготовлення заготовок. Величина  $z_{\text{сум ном}}$  може бути також використана при зіставленні розрахункових даних з виробничими або даними, отриманими дослідно-статистичним методом.

5. Округлення розрахункових величин раціонально виконувати у разі їх простановки на кресленнях, призначенні режимів різання та інших аналогічних випадках. При розрахунках цих величин та складанні схем розташування припусків і допусків застосування первинних значень величин полегшує виконання перевірок у разі їхньої необхідності.

Для різних видів та умов механічної обробки рекомендуються такі залежності для розрахунку проміжних припусків табл. 3.2 [2].

Таблиця 3.2 – Розрахункові формули для визначення припуску на обробку

Вид обробки	Розрахункова формула
Послідовна обробка протилежних або окремо розташованих поверхонь	$z_{i \text{ min}} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$
Паралельна обробка протилежних площин	$2z_{i \text{ min}} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$
Обробка зовнішніх або внутрішніх поверхонь обертання	$2z_{i \text{ min}} = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right)$

Продовження табл. 3.2

Обточування циліндричної поверхні заготовки, установлені в центрах; безцентрове шліфування	$2z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$
Розгортання плаваючої розгорткою, протягання отворів	$2z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1})$
Суперфініш, полірування й розкочування (обкочування)	$2z_{i \min} = 2Rz_{i-1}$
Шліфування після термообробки* : а) при наявності $\varepsilon_i$  б) при відсутності $\varepsilon_i$	<p>для плоских поверхонь  <math display="block">z_{i \min} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i;</math> для поверхонь обертання  <math display="block">2z_{i \min} = 2\left(Rz_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right);</math></p> <p>для плоских поверхонь  <math display="block">z_{i \min} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1};</math> для поверхонь обертання  <math display="block">2z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + \rho_{i-1}).</math></p>

*Примітка.* Результати дослідів показали, що при виконанні термічної або хіміко-термічної обробки пошкодження поверхневого шару практично не виникають, тому в наведені залежності складова  $T_{i-1}$  припуску не включена.

#### Запитання для самоконтролю

1. При обробці яких поверхонь застосовують вираз для мінімально необхідного припуску у вигляді  $z_{i \min}$  та для яких поверхонь – у вигляді  $2z_{i \min}$ ?
2. З якою метою визначають величину загального номінального припуску?

#### **4. Вибір складових величин для розрахунку проміжних припусків на механічну обробку заготовки**

4.1. Розрахунок величини припусків проводиться після визначення виду заготовки та конкретного способу її виготовлення з урахуванням призначення деталі, її конструкції та умов роботи в складальній одиниці, технічних вимог до обробки окремих поверхонь. Необхідно також визначити, для якого типу виробництва розробляється технологічний процес механічної обробки деталі. Від цього залежить співвідношення між мінімально необхідними та максимально можливими величинами припусків та вид схеми розташування припусків і допусків на проміжні розміри заготовки. Мається на увазі, що в крупносерійному та масовому виробництвах лезова обробка виконується інструментом, який заздалегідь встановлюється на розмір, і при установленні чергової заготовки ця настройка не змінюється. В індивідуальному та дрібносерійному виробництвах інструмент встановлюється на розмір індивідуально для кожної заготовки.

При установленні типу виробництва слід також оцінити технологічність конструкції деталі як з точки зору зручності її механічної обробки, так і з точки зору виготовлення заготовки. У разі необхідності треба запропонувати конструктивні чи інші заходи щодо поліпшення технологічності конструкції.

З метою систематизації та полегшення розрахунку величин припусків рекомендується всі розрахункові величини заносити до таблиці, форма якої для обробки однієї з поверхонь заготовки наводиться у прикладі (табл. 6.1).

4.2. Набір технологічних переходів обробки поверхні обирається залежно від технічних вимог до її кінцевого стану і якості заготовки. Для умов серійного виробництва, коли заготовки мають досить стабільну якість за формою, розмірами та станом поверхні, послідовність обробки поверхні можна вибрати за рекомендаціями табл. 4.1 [3].



Таблиця 4.1 – Варіанти обробки поверхонь, які забезпечують необхідну точність та шорсткість

Поверхня, що обробляється	Порядок переходів, операцій	Точність, квалітет	Шорсткість $Ra$ , мкм
Зовнішня циліндрична	Точіння: чорнове	14–13	40–25
	напівчистове	12–11	25–5
	чистове	10–8	5–2,5
	Точіння, шліфування	10–8	1,6–0,8
	Точіння: чорнове чистове		
	Шліфування	8–6	0,8
	Точіння: чорнове чистове тонке	7–6	0,4
Точіння Шліфування: чорнове чистове	7–6	0,4	
Точіння: чорнове чистове Шліфування: чорнове чистове	6	0,4	

Продовження табл. 4.1

Поверхня, що обробляється	Порядок переходів, операцій	Точність, квалітет	Шорсткість <i>Ra</i> , мкм
Зовнішня циліндрична	Точіння: чорнове чистове Шліфування: чорнове тонке	6–5	0,2
	Точіння: чорнове чистове Шліфування: чорнове чистове тонке	5	0,2–0,1
Отвір у суцільному матеріалі	Свердління	12	25–12,5
	Свердління Зенкерування	11	6,3–3,2
	Свердління Розгортання	9–8	3,2–1,6
	Свердління Протягування	9–8	3,2–0,4
	Свердління Зенкерування Розгортання	9–8	1,6–0,8
	Свердління Розгортання чорнове Розгортання чистове	8–7	1,6–0,4

Продовження табл. 4.1

Поверхня, що обробляється	Порядок переходів, операцій	Точність, квалітет	Шорсткість $Ra$ , мкм
Отвір у суцільному матеріалі	Свердління Зенкерування Розгортання чорнове Розгортання чистове	8–7	0,8–0,4
	Свердління Зенкерування Шліфування	8–7	0,8–0,4
	Свердління Протягування Калібрування	8–7	0,8–0,4
Отвори в заготовках	Розсвердлювання	12	25–6,3
	Зенкерування	12	6,3–3,2
	Розточування	12	6,3–3,2
	Зенкерування (розточування) чорнове Зенкерування (розточування) чистове	11	12,5–6,3
	Зенкерування (розточування) Розгортання	9–8	3,2–1,6
	Зенкерування Розточування	9–8	6,3–3,2

Закінчення табл. 4.1

Поверхня, що обробляється	Порядок переходів, операцій	Точність, квалітет	Шорсткість $Ra$ , мкм
Отвори в заготовках	Зенкерування (розточування) чорнове Зенкерування (розточування) чистове Розгортання	9–8	1,6–0,8
	Зенкерування (розточування) Розгортання чорнове Розгортання чистове	8–7	0,8–0,4
	Зенкерування (розточування чорнове, чистове) Розгортання чорнове Розгортання чистове (розточування тонке)	8–7	0,8–0,2
	Прогресивне протягування Шліфування	8–7	0,8–0,2
	Зенкерування (розточування чорнове, чистове) Хонінгування	8–7	0,2–0,05
	Зенкерування Розточування чорнове Розточування тонке Хонінгування	8–7	0,1–0,025

Номер квалітету точності, з якою буде виконуватися обробка на кожному технологічному переході, обирається за даними табл. 4.2 [3]. Величина допуску для кожного квалітету точності наведена у табл. 4.3 [3] залежно від розміру поверхні, що обробляється.

Таблиця 4.2 – Точність і якість поверхні після механічної обробки

Поверхня, що оброб- ляється	Вид обробки	Точ- ність, квалі- тет	Якість		
			Шорсткість, мкм		Дефектний шар $T$ , мкм
			$Ra$	$Rz$	
Цилінд- рична зовнішня	Точіння:				
	обдирне	15–16	–	400–160	–
	чорнове	13–14	–	160–80	60–120
	напівчистове	11–12	20–5	80–20	20–50
	чистове	8–10	5,0–2,5	20–12,5	20–30
	тонке (алмазне)	6–7	1,25–0,32	6,3–1,6	5–10
	Шліфування:				
	чорнове	8–11	2,5–1,25	20–12,5	20
	чистове	6–8	1,25–0,63	6,3–3,2	5–15
	тонке	5–6	0,63–0,16	3,2–0,8	5
	Суперфініш	5–6	0,32–0,08	1,6–0,4	3–5
	Притирка:				
	чистова	6–7	2,5–0,63	10–3,2	3–5
	тонка	5–6	0,63–0,08	3,2–0,4	3
	Полірування	5–6	–	0,1–0,05	–
	Вигладжування, обкочування роликом	5–10	1,25–0,08	6,3–0,4	–

Продовження табл. 4.2

Поверхня, що оброб- ляється	Вид обробки	Точ- ність, квалі- тет	Якість			
			Шорсткість, мкм		Дефектний шар $T$ , мкм	
			$Ra$	$Rz$		
Отвір	Свердління	11–13	–	80–20	40–70	
	Зенкерування:	чорнове	11–12	–	80–40	40–50
		чистове	10–11	2,5	20–12,5	30–40
	Розгортання:	чорнове	9–11	2,5	20–12,5	50
		чистове	7–8	2,5–1,25	10–6,3	10
		тонке	6–7	1,25–0,32	6,3–1,6	5
	Розточування:	чорнове	12–16	–	160–80	30–50
		напівчистове	11–14	–	80–20	–
		чистове	7–10	1,25	6,3	15–25
		тонке (алмазне)	6–8	1,25–0,32	6,3–1,6	4–10
	Протягування, прошивання:	чорнове	9–10	2,5	10	5–25
		чистове	7–8	2,5–1,25	10–6,3	5–10
		оздоблювальне	7	1,25–0,32	6,3–1,6	–
	Шліфування:	чорнове	9–11	2,5	10	5–20
		чистове	7–8	1,25–0,32	6,3–1,6	5

Продовження табл. 4.2

Поверхня, що оброб- ляється	Вид обробки	Точ- ність, квалі- тет	Якість		
			Шорсткість, мкм		Дефектний шар $T$ , мкм
			$Ra$	$Rz$	
Отвір	Хонінгування	5–7	0,63–0,04	3,2–0,2	3–5
	Притирка	5–7	2,5–0,08	10–0,4	3–5
	Калібрування кулькою або оправкою	5–8	0,63–0,08	3,2–0,4	–
Площина	Фрезерування:				
	чорнове	12–14	6,3–12,5	80–40	50–10
	напівчистове	10–11	2,5–6,3	10	–
	чистове	8–9	2,5–1,25	10–6,3	20–50
	тонке	7–8	1,25–0,63	6,3–3,2	10–30
	Точіння торцеве:				
	чорнове	14–16	6,3–12	160–80	50–100
	чистове	10–12	2,5–5	40	20–50
	тонке	8–9	2,5–0,63	10–3,2	10–30
	Протягування	8–9	1,25	20–6,3	10–50
	Шліфування:				
	обдирне	9–11	2,5	20–10	–
	чорнове	8–10	2,5–1,25	10–6,3	20
чистове	7–8	1,25–0,63	6,3–3,2	5–15	
тонке	6–8	0,63–0,16	3,2–0,8	5	
Шабрування	6–9	2,5–0,16	10–0,8	5	
Притирка	6–7	0,63–0,08	3,2–0,4	5	

Закінчення табл. 4.2

Поверхня, що оброб- ляється	Вид обробки	Точ- ність, квалітет	Якість		
			Шорсткість, мкм		Дефектний шар $T$ , мкм
			$Ra$	$Rz$	
Зубці зубчатих коліс, шліци	Зубофрезеру- вання	8–10	1,25–1,6	–	–
	Зубодовбання	8	3,2–0,8	–	–
	Протягування	7–8	3,2–0,8	–	–
	Шевінгування	7	1,6–0,4	–	–
	Шліфування	6	0,8–0,2	–	–
	Притирка	6–7	0,32–0,04	–	–

Точність виконання останнього технологічного переходу вказана на кресленні деталі.

У табл. 4.1 відсутні дані щодо вибору технологічних переходів обробки плоских та інших поверхонь. Послідовність переходів з обробки таких поверхонь можна установити за аналогією з даними цієї таблиці для циліндричних поверхонь з урахуванням технологічних параметрів (точність, шорсткість поверхні), які наведені у табл. 4.2 для потрібних видів механічної обробки.

4.3. Точність заготовки визначається вибраним способом її виготовлення. Для штампування (поковки) потрібна точність установлюється залежно від її конструктивних характеристик, маси та розмірів [4, 6]. До конструктивних характеристик поковки належать: клас точності поковки, група сталі, ступінь складності, конфігурація поверхні рознімання штамп.



Таблиця 4.3 – Значення допусків для різних квалітетів та інтервалів розмірів

Інтервали розмірів, понад / до, мм	Квалітети															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
	Допуски, мкм															
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000			
3/6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200			
6/10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500			
10/18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800			
18/30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100			
30/50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500			
50/80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000			
80/120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500			
120/180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000			
180/250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600			
250/315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3300	5200			
315/400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700			
400/500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300			

Стандарт установлює п'ять класів точності:  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  і  $T_5$ , три групи сталей  $M_1$ ,  $M_2$  і  $M_3$ , чотири ступеня складності  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  і  $C_4$ , три види конфігурації поверхні розімання штампа – плоска ( $\Pi$ ), симетрично вигнута ( $I_c$ ), несиметрично вигнута ( $I_n$ ).

Клас точності поковки залежить від використовуваного обладнання й технологічного процесу і може бути визначений за табл. 4.4.

Сталі з масовою часткою вуглецю до 0,35 % включно й сумарною масовою часткою легуючих елементів до 2 % (включно) належать до першої групи  $M_1$ . До другої групи ( $M_2$ ) віднесені сталі з масовою часткою вуглецю понад 0,35 % до 0,65 % включно або сумарною масовою часткою легуючих елементів понад 2,0 % до 5 % включно. Сталі з масовою часткою вуглецю понад 0,65 % або сумарною масовою часткою легуючих елементів понад 5,0 % належать до третьої групи  $M_3$ .

Таблиця 4.4 – Клас точності поковок, який одержується при використанні різного обладнання й технологічних процесів

Основне деформувальне обладнання, технологічні процеси	Клас точності				
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
Кривошипні гарячештампвальні преси: відкрите (облойне) штампування закрите штампування видавлювання		+	+	+	+
Горизонтально-кувальні машини				+	+
Преси гвинтові, гідравлічні				+	+
Гарячештампвальні автомати		+	+		
Штампвальні молоти				+	+
Калібрування об'ємне (гаряче й холодне)	+	+			
Прецизійне штампування	+				

Як критерій для класифікації поковок за ступенями складності використовується відношення маси (об'єму)  $G_n$  поковки до маси (об'єму)  $G_f$  геометричної фігури, в яку вписується форма поковки. Як таку

геометричну фігуру стандарт рекомендує використати кулю, паралелепіпед, циліндр із перпендикулярними до його осі торцями або пряму правильну призму (рис. 4.1). Причому вибирається та з фігур, об'єм якої найменший. Співвідношення між ступенями складності й відношенням  $G_n / G_\phi$  наведені в табл. 4.5.

Слід відзначити, що при визначенні розмірів геометричної фігури, що описує поковку, допускається виходити зі збільшення в 1,05 рази габаритних лінійних розмірів деталі, що визначають положення її оброблених поверхонь.

Таблиця 4.5 – Співвідношення між ступенем складності поковки й відношенням мас

Ступінь складності	$G_n / G_\phi$	
	Понад	Включно
C1	0,63	–
C2	0,32	0,63
C3	0,16	0,32
C4	–	0,16

Ступінь складності C4 установлюється для поковок із тонкими елементами, наприклад, у вигляді диска, фланця, кільця (рис. 4.2), у тому числі із перемичками, які пробивають, а також для поковок із тонким

стрижневим елементом, якщо відношення  $\frac{t}{D}, \frac{t}{L}, \frac{t}{D-d}$  не перевищують 0,20 і  $t$  не більше 25 мм (де  $D$  – найбільший розмір тонкого елемента,  $t$  – товщина тонкого елемента,  $L$  – довжина тонкого елемента,  $d$  – діаметр елемента поковки, товщина якого перевищує величину  $t$ ).

Ступінь складності поковок, одержуваних на горизонтально-кувальних машинах, допускається визначати залежно від числа переходів: C1 – не більше ніж при двох переходах; C2 – при трьох переходах; C3 – при чотирьох переходах; C4 – більше ніж при чотирьох переходах або при виготовленні на двох кувальних машинах.

Як показник, що враховує в узагальненому вигляді суму конструктивних характеристик (клас точності, групу сталі, ступінь складності, конфігурацію поверхні рознімання) і масу поковки, прийнятий вихідний індекс.

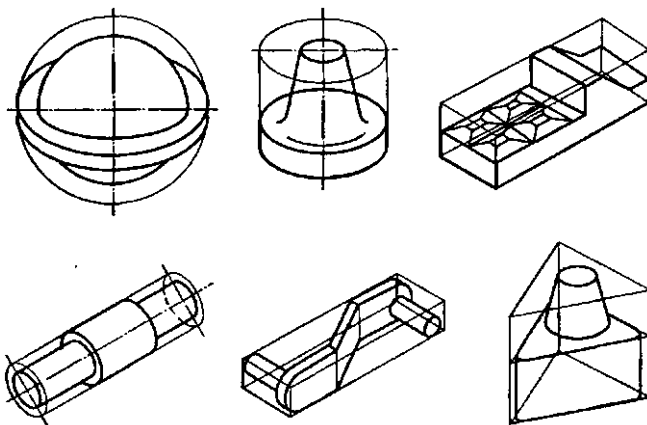


Рисунок 4.1 – Використання геометричних фігур для класифікації поковок за ступенем складності

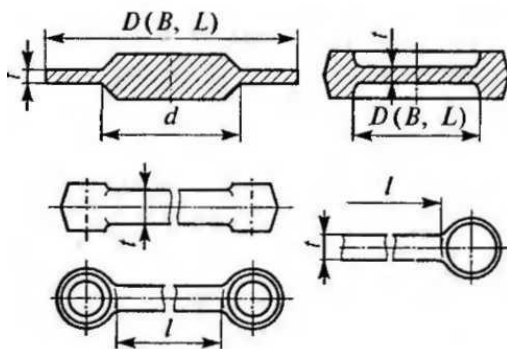


Рисунок 4.2 – Геометричні елементи поковок, що визначають їх ступінь складності

Вихідний індекс набуває значення в діапазоні 1–23. Числову величину вихідного індексу (IH) можна визначити за формулою

$$IH = NI + (MS - 1) + (ST - 1) + 2(KT - 1), \quad (4.1)$$

де  $NI$  – номер інтервалу, в який попадає маса поковки (береться з табл. 4.6);

$MS$  – група сталі ( $MS = 1$  для групи сталі  $M1$ ,  $MS = 2$  для групи  $M2$  і  $MS = 3$  для групи  $M3$  відповідно);

$ST$  – ступінь складності поковки ( $ST = 1$  для  $C1$ ,  $ST = 2$  для  $C2$ ,  $ST = 3$  для  $C3$  і  $ST = 4$  для  $C4$ );

$KT$  – клас точності ( $KT = 1$  для  $T1$ ,  $KT = 2$  для  $T2$ ,  $KT = 3$  для  $T3$  і  $KT = 4$  для  $T4$ ).

Таблиця 4.6 – Зв'язок між масою поковки й номером інтервалу

Маса поковки, кг		Номер інтервалу, $NI$	Маса поковки, кг		Номер інтервалу, $NI$
Понад	Включно		Понад	Включно	
–	До 0,5	1	5,6	10,0	6
0,5	1,0	2	10,0	20,0	7
1,0	1,8	3	20,0	50,0	8
1,8	3,2	4	50,0	125,0	9
3,2	5,6	5	125,0	250,0	10

Клас точності, група сталі, ступінь складності й вихідний індекс повинні бути зазначені на кресленні поковки.

Розрахункова маса поковки визначається як маса поковки, або її частин, які піддаються деформації. У масу поковки не входять маса облою й перемички пробитого отвору.

При висадженні поковок на горизонтально-кувальних машинах або місцевому штампуванні на молотах і пресах маса поковки включає масу частини стрижня, затиснутого штампами.

Розрахункова маса поковки визначається виходячи з її номінальних розмірів.

Орієнтовну величину розрахункової маси поковки ( $M_n$ ) допускається визначати за формулою

$$M_n = M_d \cdot K_p, \quad (4.2)$$

де  $M_n$  – розрахункова маса поковки, кг;

$M_d$  – маса деталі, кг;

$K_p$  – розрахунковий коефіцієнт, установлений відповідно до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Значення розрахункових коефіцієнтів для визначення розрахункової маси поковки

Група	Характеристика деталі	Типові деталі	$K_p$
1	Подовженої форми		
1.1	Із прямою віссю	Вали, осі, цапфи, шатуни	1,3—1,6
1.2	З вигнутою віссю	Важелі, сошки рульового керування	1,1—1,4
2	Кругла й багатогранна в плані		
2.1	Кругла	Шестерні, маточини, фланці	1,5—1,8
2.2	Квадратна, багатогранна, прямокутна	Фланці, маточини, гайки	1,3—1,7
2.3	З відростками	Хрестовини, вилки	1,4—1,6
3	Комбінована (включає елементи груп 1 і 2-ї конфігурацій)	Кулаки поворотні, колінчасті вали	1,3—1,8
4	З великим обсягом необроблюваних поверхонь	Балки передніх осей, важелі перемикання коробок передач, буксирні гаки	1,1—1,3
5	З отворами, поглибленнями, проточками, не оформленими в поковці при штампуванні	Порожністі вали, фланці, блоки шестерень	1,8—2,2

Допустимі відхилення лінійних розмірів поковок призначаються залежно від початкового індексу і розмірів за даними табл. 4.8. Допустимі відхилення внутрішніх розмірів поковок встановлюються зі зворотними знаками.

Таблиця 4.8 – Допустимі відхилення лінійних розмірів поковки, мм

Вихідний індекс (Ш)	Найбільша товщина поковки							
	До 40		40–63		63–100		100–160	
	Довжина, ширина, діаметр, глибина та висота поковки							
	До 40		40–100		100–160		160–250	
	Граничні відхилення (верхнє + , нижнє – )							
	+	–	+	–	+	–	+	–
1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4	0,2
2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4	0,2	0,5	0,2
3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5	0,3
4	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5	0,3	0,6	0,3
5	0,5	0,2	0,5	0,3	0,6	0,3	0,7	0,3
6	0,5	0,3	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8	0,4
7	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,5
8	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,5	1,1	0,5
9	0,8	0,4	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7
10	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8
11	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9
12	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0
13	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1
14	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2
15	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3
16	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5
17	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7
18	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9
19	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1
20	3,3	1,7	3,7	1,0	4,2	2,1	4,7	2,4
21	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7
22	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0
23	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3

Продовження табл. 4.8

Вихідний індекс (ІН)	Найбільша товщина поковки									
	160–250		Більше ніж 250							
	Довжина, ширина, діаметр, глибина та висота поковки									
	250–400		400–630		630–1000		1000–1600		1600–2500	
	Граничні відхилення (верхнє + , нижнє – )									
	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–
1	0,5	0,2	–	–	–	–	–	–	–	–
2	0,5	0,3	0,6	0,3	–	–	–	–	–	–
3	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8	0,4	–	–	–	–
4	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,5	–	–	–	–
5	0,8	0,4	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7	–	–
6	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9
7	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0
8	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1
9	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2
10	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3
11	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5
12	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,6	3,3	1,7
13	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9
14	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1
15	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4
16	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7
17	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0
18	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3
19	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3	7,4	3,6
20	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3	7,4	3,6	8,0	4,0
21	6,0	3,0	6,7	3,3	7,4	3,6	8,0	4,0	8,6	4,4
22	6,7	3,3	7,4	3,6	8,0	4,0	8,6	4,4	9,2	4,8
23	7,4	3,6	8,0	4,0	8,6	4,4	9,2	4,8	10,0	6,0

4.4. Точність відливків залежно від способу відливання та розмірів заготовки визначається за даними табл. 4.9 [5].



Таблиця 4.9 – Класи розмірної точності відливоків

Технологічний процес відливки	Найбільший габаритний розмір відливка, мм	Тип сплаву			
		Кольорові легкі матеріали, які не підлягають термообробці	Чорні та кольорові тугоплавкі сплави, які не підлягають термообробці та кольорові легкі сплави що підлягають термообробці	Чавуни, які підлягають термообробці та кольорові тугоплавкі сплави	Стальні сплави, що підлягають термообробці
Лиття під тиском у металеві форми й по випалюваних моделях із застосуванням малотерморозширюваних вогнетривких матеріалів (плавленого кварцу, корунду та ін.)	До 100 Понад 100 » 250 » 250 » 630	3Т – 6 3 – 7Т 4 – 7	3 – 7Т 4 – 7 5Т – 8	4 – 7 5Т – 8 5 – 9Т	5Т – 8 5 – 9Т 6 – 9
Лиття по випалюваних моделях із застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів	До 100 Понад 100 » 250 » 250 » 630	3 – 7 4 – 8 5Т – 9Т	4 – 8 5Т – 9Т 5 – 9	5Т – 9Т 5 – 9 6 – 10	5 – 9 6 – 10 7Т – 11Т
Лиття по виплавлюваних моделях із застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів	До 100 Понад 100 » 250 » 250 » 630	4 – 8 5Т – 9Т 5 – 9	5Т – 9Т 5 – 9 6 – 10	5 – 9 6 – 10 7Т – 11Т	6 – 10 7Т – 11Т 7 – 11
Лиття під низьким тиском і в кокіл без піщаних стрижнів	До 100 Понад 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000	5Т – 9Т 5 – 9 6 – 10 7Т – 11Т 7 – 11	5 – 9 6 – 10 7Т – 11Т 7 – 11 8 – 12	6 – 10 7Т – 11Т 7 – 11 8 – 12 9Т – 13Т	7Т – 11Т 7 – 11 8 – 12 9Т – 13Т 9 – 13
Лиття в піщано-глинисті сірі форми з низьковологими (до 2,8 %) високоміцними (більше 160 кПа або 1,6 кг/см <sup>2</sup> ) суміщами, з високим і однорідним ущільненням до твердості не нижче ніж 90 одиниць	До 100 Понад 100 » 250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600 » 4000 » 4000 » 10000	5 – 10 6 – 11Т 7Т – 11 7 – 12 8 – 13Т 9Т – 13	6 – 11Т 7Т – 11 7 – 12 8 – 13Т 9Т – 13 9 – 13	7Т – 11 7 – 12 8 – 13Т 9Т – 13 9 – 13 10 – 14	7 – 12 8 – 13Т 9Т – 13 9 – 13 10 – 14 11Т – 14

Продовження табл. 4.9

Технологічний процес відливки	Найбільший габаритний розмір відливка, мм	Тип сплаву			
		Кольорові легкі матеріали, які не підлягають термообробці	Чорні та кольорові тугоплавкі сплави, які не підлягають термообробці та кольорові легкі сплави що підлягають термообробці	Чавуни, які підлягають термообробці та кольорові тугоплавкі сплави	Стальні сплави, що підлягають термообробці
Клас розмірної точності відливка					
Лиття по газифікованих моделях у піщані форми	До 100 Понад 100»250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600»4000 » 1600»10000	5 – 10	6 – 11т	7т – 11	7 – 12
Лиття у форми, які твердіють в контакт з холодним оснащенням		6 – 11т	7т – 11	7 – 12	8 – 13т
Лиття під низьким тиском і в кокіль із піщаними стрижнями	» 630 » 1600	7т – 11	7 – 12	8 – 13т	9т – 13
	» 1600»4000	7 – 12	8 – 13т	9т – 13	9 – 13
	» 1600»10000	8 – 13т	9т – 13	9 – 13	10 – 14
Лиття в облицьований кокіль		9т – 13	9 – 13	10 – 14	11т – 14
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 2,8 % до 3,5 % і мічністю від 120 кПа до 160 кПа (від 1,2 до 1,6 кГс/см <sup>2</sup> ) із середнім рівнем ущільнення до твердості не нижче ніж 80 одиниць	До 100 Понад 100»250 » 250 » 630 » 630 » 1600 » 1600»4000 » 1600»10000	6 – 11т	7т – 11	7 – 12	8 – 13т
Лиття відцентрове (внутрішні поверхні)		7т – 11	7 – 12	8 – 13т	9т – 13
	» 250 » 630	7 – 12	8 – 13т	9т – 13	9 – 13
	» 630 » 1600	8 – 13т	9т – 13	9 – 13	10 – 14
	» 1600»4000	9т – 13	9 – 13	10 – 14	11т – 14
	» 1600»10000	9 – 13	10 – 14	11т – 14	11 – 15
Лиття у форми, які твердіють в контакт з гарячим оснащенням					
Лиття у вакуумно-плівкові піщані форми					

Закінчення табл. 4.9

Технологічний процес відливки	Найбільший габаритний розмір відливка, мм	Тип сплаву			
		Кольорові легкі матеріали, які не підлягають термообробці	Чорні та кольорові тугоплавкі сплави, які не підлягають термообробці, та кольорові легкі сплави, що підлягають термообробці	Чавуни, які підлягають термообробці та кольорові тугоплавкі сплави	Стальні сплави, що підлягають термообробці
<p>Лиття в піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 3,5 % до 4,5 % і міцністю від 60 кПа до 120 кПа (від 0,6 до 1,2 кгс/см<sup>2</sup>) із середнім рівнем ущільнення до твердості не нижче ніж 70 одиниць</p> <p>Лиття в оболонкові форми з термоактивних сумішей</p> <p>Лиття у форми, які твердіють поза контактом з оснащенням без теплового сушіння</p> <p>Лиття у форми із рідких сумішей, що самотвердіють</p> <p>Лиття в піщано-глинисті підсушені й сухі форми</p>	<p>До 100</p> <p>Понад 100»250</p> <p>» 250 » 630</p> <p>» 630 » 1600</p> <p>» 1600»4000</p> <p>» 1600»10000</p>	7т – 11	7 – 12	8 – 13т	9т – 13
		7 – 12	8 – 13т	9т – 13	9 – 13
<p>Лиття в піщано-глинисті сирі форми з високовологих (більше 4,5 %) низкоміцних (до 60 кПа або 0,6 кгс/см<sup>2</sup>) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижче ніж 70 одиниць</p>	<p>До 100</p> <p>Понад 100»250</p> <p>» 250 » 630</p> <p>» 630 » 1600</p> <p>» 1600»4000</p> <p>»4000»10000</p> <p>» 10000</p>	8 – 13т	8 – 13т	9т – 13	9 – 13
		9т – 13	9 – 13	10 – 14	11т – 14
		10 – 14	10 – 14	11т – 14	11 – 15
		10 – 14	10 – 14	11т – 14	11 – 15
		11т – 14	11 – 15	12 – 15	13т – 16
		11 – 15	12 – 15	13т – 16	13 – 16

*Примітка.* У таблиці зазначені діапазони класів розмірної точності відливків, забезпечуваних різними технологічними процесами лиття. Менші їхні значення ставляться до простих відливків і умов масового автоматичного виробництва, більші – до складних відливків одиничного й дрібносерійного виробництва, середні – до відливків середньої складності й умов механізованого серійного виробництва.

Допуски розмірів вибираються за даними табл. 4.10 залежно від класу точності відливка та розміру, на який призначається допуск. Для оброблюваних поверхонь відливків встановлено симетричне розташування полів допусків, для поверхонь, що не обробляються, допускається симетричне і несиметричне (частково або повністю) розташування полів допусків розмірів, форми та розташування.

4.5. Прокат є найбільш економічним видом заготовок і застосовується звичайно для виготовлення валів з незначними перепадами діаметрів ступенів, якщо перехід на штамповану заготовку може зменшити її масу не більше ніж на 12–15 % [3]. Точність розмірів круглого прокату вибирають за даними табл. 4.11.

У табл. 4.12 наведений сортамент гарячекатаних труб, а з табл. 4.13 – допустимі відхилення їхніх розмірів [6].

При призначенні припусків на торцеві поверхні валів, які виготовляються зі штучних заготовок, одержаних різанням прокату, якість торцевих поверхонь заготовки береться за даними табл. 4.14 [2].

Для кращого орієнтування при призначенні точності обробки заготовки на кожному технологічному переході раціонально установити відповідність вибраних допусків розмірів заготовки певним квалітетам точності за допомогою табл. 4.3.

Таблиця 4.10 – Допуски розмірів відливків

Інтервал номінальних розмірів, мм	Допуски розмірів відливків, мм, не більше, для класів точності										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
Більше 4 » 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
» 6 » 10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
» 10 » 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
» 16 » 25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
» 25 » 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
» 40 » 63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
» 63 » 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
» 100 » 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
» 160 » 250	—	—	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
» 250 » 400			0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
» 400 » 630	—	—	—	—	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20
» 630 » 1000	—	—	—	—	—	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
» 1000 » 1600	—	—	—	—	—	—	—	1,40	1,80	2,20	2,80
» 1600 » 2500	—	—	—	—	—	—	—	—	2,00	2,40	3,20
» 2500 » 4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,20	3,60
» 4000 » 6300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» 6300 » 10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» 10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продовження табл. 4.10

Інтервал номінальних розмірів, мм	Допуски розмірів відливків, мм, не більше, для класів точності										
	9г	9	10	11г	11	12	13г	13	14	15	16
До 4	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	—	—	—	—	—	—
Більше 4 » 6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	—	—	—	—	—
» 6 » 10	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	—	—	—
» 10 » 16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	—	—
» 16 » 25	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12
» 25 » 40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14
» 40 » 63	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
» 63 » 100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
» 100 » 160	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12	16	20
» 160 » 250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14	18	22
» 250 » 400	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16	20	24
» 400 » 630	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18	22	28
» 630 » 1000	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32
» 1000 » 1600	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36
» 1600 » 2500	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24	32	40
» 2500 » 4000	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28	36	44
» 4000 » 6300	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32	40	50
» 6300 » 10000	—	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40	50	64
» 10000	—	—	12,0	16,0	20,0	24	32	40	50	64	80

Таблиця 4.1.1 – Граничні відхилення по діаметру сортового круглого прокату зі сталі, мм

Діаметр прокату, мм	Точність прокату					
	Висока		Підвищена		Звичайна	
	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>
5; 5,5; 6; 6,5; 7-9	+0,1	-0,2	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
10-9	+0,1	-0,3	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
20-25	+0,2	-0,3	+0,2	-0,5	+0,4	-0,5
26-48	+0,2	-0,5	+0,2	-0,7	+0,4	-0,7
50; 52-58	+0,2	-0,8	+0,2	-1,0	+0,4	-1,0
60; 62; 63; 65; 67; 68	+0,3	-0,9	+0,3	-1,1	+0,5	-1,1
70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 90; 95	+0,3	-1,1	+0,3	-1,3	+0,5	-1,3
100; 105; 110; 115	—	—	+0,4	-1,7	+0,6	-1,7
120; 125; 130; 135	—	—	+0,6	-2,0	+0,8	-2,0
140; 150; 160; 170; 180; 190; 200	—	—	—	—	+0,9	-2,5
210; 220; 230; 240; 250	—	—	—	—	+1,2	-3,0

Таблиця 4.12 – Сортамент сталевих безшовних гарячекатаних труб

Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки, мм
25; 28; 32; 38	2,5; 2,8; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8
42; 45; 50	2,5; 2,8; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 10
54	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 10; 11
57	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13)
60; 63,5	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14
68; 70	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16
73; 76	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16; (17); 18; (19)
83	3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16; (17); 18; (19)
89; 95; 102	3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16; (17); 18; (19); 20; 22; (24)
108; 114; 121	4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16; (17); 18; (19); 20; 22; (24); 25; (26); 28
127	4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16; (17); 18; (19); 20; 22; (24); 25; (26) 28; 30; 32
133	4; 4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16; (17); 18; (19); 20; 22; (24); 25; (26); 28; 30; 32
140; 146; 152; 159	4,5; 5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16; (17); 18; (19); 20; 22; (24); 25; (26); 28; 30; 32; (34); (35); 36
168; 180; 194	5; 5,5; 6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16; (17); 18; (19); 20; 22; (24); 25; (26); 28; 30; 32; (34); (35); 36; (38); 40; (42); 45
203; 219	6; (6,5); 7; (7,5); 8; 8,5; 9; (11,5); 12; (13); 14; (15); 16; (17); 18; (19); 20; 22; (24); 25; (26); 28; 30; 32; (34); (35); 36; (38); 40; (42); 45; (48); 50

*Примітка.* Розміри труб, взяті у дужки, застосовувати не рекомендується.



Таблиця 4.13 – Відхилення, що допускають, на розміри сталевих безшовних гарячекатаних труб

Розміри труб	Точність виготовлення – звичайна
<i>По зовнішньому діаметру</i>	
Для труб із тривалкового стану ( $D_n / S \leq 12$ )	$\pm 0,5 \%$
Для інших труб:	
при діаметрі до 50 мм включно	$\pm 0,5 \text{ мм}$
при діаметрі понад 50 до 219 мм	$\pm 1 \%$
при діаметрі понад 219 мм	$\pm 1,25 \%$
<i>По товщині стінки</i>	
Для труб із тривалкового стану	$\pm 0,5 \%$
Для інших труб:	
при товщині стінки до 15 мм включно	$12,5 \% - 15,0 \%$
при товщині стінки понад 15 мм	$\pm 12,5 \%$

Таблиця 4.14 – Якість торцевої поверхні після різання заготовок із гарячекатаного прокату (розміри у мм)

Спосіб різання	Діаметр заготовки $D$ , що відрізається	Відхилення розмірів, що допускається, по довжині заготовки	$R_z+T$	Відхилення від перпендикулярності торця до осі заготовки
По упору на ножицях, дисковими пилками й приводними ножівками	5–25	$\pm 1,0$	0,3	0,01D
	26–75	$\pm 1,3$		
	80–150	$\pm 1,8$		
	понад 150	$\pm 2,3$		
На пресах і дисковими фрезами на відрізних станках	5–25	+0,3	0,2	0,0007D
	26–75	$\pm 0,4$		
Відрізними різцями на верстатах токарного типу	5–25	+0,25	0,2	0,045D
	26–75	+0,35		
	80–150	+0,40		
	160–250	+0,50		

*Примітка.* При різанні на ножицях виходять вм'ятина й скіс; вм'ятина у напрямку, перпендикулярному до поверхні зрізу, досягає  $0,2D$ , а скіс по торцю –  $3^\circ$ . Величину вм'ятини й скосу необхідно враховувати при наступній обробці відрізаної заготовки відповідно до діаметра й торця.

4.6. Елементи припуску  $Rz$  і  $T$  для заготовок у вигляді відливків, штамповок та прокату вибираються за даними табл. 4.15 [2]. Для торцевих поверхонь заготовок з прокату ці елементи наведені у табл. 4.14. Величини  $Rz$  і  $T$ , які характеризують механічно оброблені поверхні, наведені у таблицях 4.16 та 4.17.

Таблиця 4.15 – Якість поверхні різних видів заготовок

Спосіб одержання, вид заготовки	Квалітет	$Rz$	$T$
		мкм	
Лиття в земляні форми 7–10 класів: найбільший габаритний розмір відливка, мм: не більше 1250 1250–3150 Те ж 11–13 класів: найбільший габаритний розмір відливка, мм: не більше 1250 1250–3150		600	
		800	
		700	
		900	
Лиття в кокіль	12–14	200	300
Лиття в оболонкові форми	12–14	40	260
Лиття під тиском	9–12	20	140
Лиття по виплавлюваних моделях	6–12	30	170

Продовження табл. 4.15

Штамповані заготовки масою, кг:			
не більше 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
калібрований гладкотянутий	7–12	60	60
калібрований шліфований	6–9	10	20

*Примітка.* Для відливків у земляні форми зазначене сумарне значення  $R_z + T$ .

Таблиця 4.16 – Параметри, що досягаються після механічної обробки зовнішніх поверхонь

Вид обробки	$R_z$	$T$
	МКМ	
Обдирна обробка лезовим інструментом відливків 1–13 класів, гарячого прокату звичайної точності, нежорстких валів, поковок із більшими припусками й ін.	100	100
Чорнова обробка лезовим інструментом заготовок усіх видів	50	50
Чистова обробка лезовим інструментом і однократна обробка заготовок з малими припусками	30	30
Чистове торцеве фрезерування	10	15
Протягування зовнішнє	5	10
Тонка обробка лезовими інструментами	3	–
Шліфування:		
попереднє	10	20
чистове	5	15
Безцентрове шліфування каліброваного прокату 9–10 класів:		
до термообробки	6	12
після термообробки	3 – 0,8	–

Таблиця 4.17 – Параметри, що досягаються після механічної обробки отворів

Вид обробки	$Rz$	$T$
	мкм	
Свердління спіральними свердлами	40	60
Глибоке свердління	20	30
Зенкерування: чорнове	50	50
чистове	30	40
Розточування: чорнове	50	50
чистове	20	25
Розгортання нормальне	10	25
точне	5	10
тонке	3	–
Протягування	4	6
Калібрування кулькою або оправкою	0,6	–

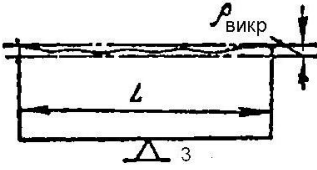
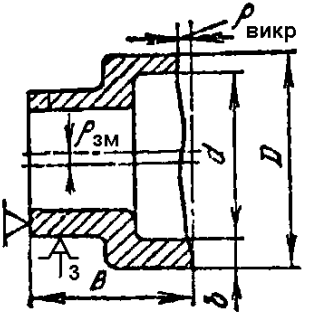
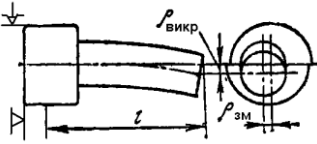
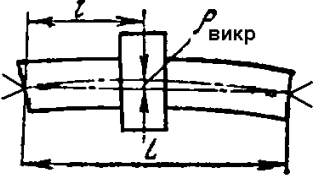
*Примітка.* Види розгортання (нормальне, точне й тонке) визначаються допусками на діаметральні розміри розгорток.

4.7. Величини просторових відхилень  $\rho$  поверхонь різних видів заготовок залежно від способу їхнього базування на першій технологічній операції механічної обробки наведені у табл. 4.18 [2].

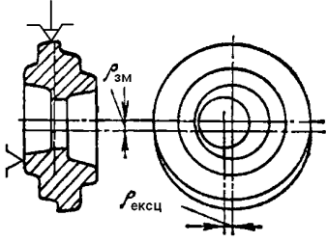
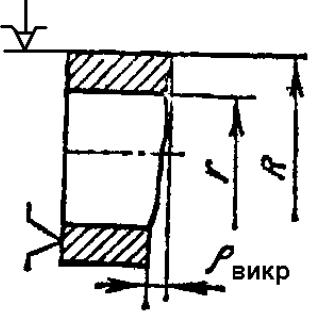
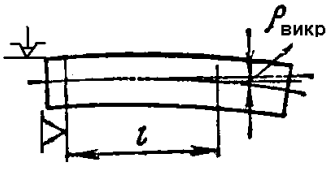
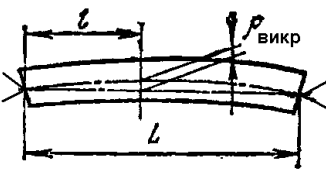
Таблиця 4.18 – Сумарне значення просторових відхилень для різних видів заготовок і механічної обробки

Тип деталі й метод базування	Ескіз	Розрахункові формули
1	2	3
Литі заготовки		
Корпусні деталі, по отворах з паралельними осями й перпендикулярної до них площини		$\rho = \sqrt{\rho_{\text{викр}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}$ $\rho = \rho_{\text{викр}} + \rho_{\text{зм}}$ $\rho_{\text{зм}} = IT$ $\rho_{\text{викр}} = \Delta_{\text{к}} L$

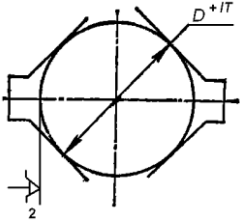
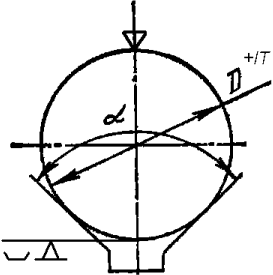
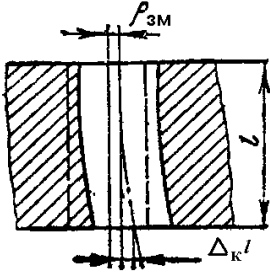
Продовження табл. 4.18

1	2	3
<p>Те ж саме, по площині, протилежній оброблюваній</p>		$\rho = \rho_{\text{викр}}$
<p>Деталі – тіла обертання, у патронах, що самоцентрують, по зовнішньому діаметру з притиском до торцевої поверхні</p>		$\rho_D = \rho_{\text{викр}} = \Delta_K D$ $\rho_d = \sqrt{\rho_{\text{викр}}^2 + \rho_{3m}^2}$ $\rho_{3m} = I\Gamma_6$ $\rho_B = \Delta_K B$
<p>Штамповані заготовки</p>		
<p>Стрижневі деталі (вали ступінчасті, важелі й ін.) з базуванням по крайній поверхні</p>		$\rho = \sqrt{\rho_{\text{викр}}^2 + \rho_{3m}^2}$ $\rho_{\text{викр}} = \Delta_K l$
<p>Стрижневі деталі при обробці в центрах</p>		$\rho = \sqrt{\rho_{\text{викр}}^2 + \rho_{3m}^2 + \rho_{\text{ц}}^2}$ $\rho_{\text{викр}} = \Delta_K l$ <p>при <math>l \leq \frac{L}{2}</math></p>

Продовження табл. 4.18

1	2	3
<p>Деталі типу дисків із центральним отвором, що прошивають (шестірні, диски та ін.) з установкою по зовнішньому діаметру й торцю</p>		$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{ексц}^2}$
<p>Те ж саме, при обробці торцевих поверхонь</p>		$\rho = \rho_{викр}$ $\rho_{викр} = \Delta_k D = \Delta_k 2R$
<p>Заготовки із сортового прокату</p>		
<p>При консольному закріпленні в патроні, що самоцентрує</p>		$\rho_{викр} = \Delta_k l$
<p>При обробці в центрах</p>		$\rho = \sqrt{\rho_{викр}^2 + \rho_{ц}^2}$ $\rho_{викр} = \Delta_k l$ <p>при <math>l \leq \frac{L}{2}</math></p>

Закінчення табл. 4.18

1	2	3
<b>Зацентровка заготовок</b>		
<p>При установці в затискних пристроях, що самоцентрують</p>		$\rho_{ц} = 0,25 \text{ мм}$
<p>При установці в призмах з одностороннім затискачем</p>		$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{IT^2}{2}\right) + 0,25^2}$ <p>(при <math>\alpha = 90^\circ</math>)</p> $\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{IT^2}{3}\right) + 0,25^2}$ <p>(при <math>\alpha = 120^\circ</math>)</p>
<b>Свердління отворів</b>		
<p>Деталі всіх типів, при обробці отвору в нерухомій деталі</p>		$\rho = \sqrt{\rho_{3М}^2 + (\Delta_{кl})^2}$

У табл. 4.18 прийняті такі позначення:

$\rho$ ,  $\rho_D$ ,  $\rho_d$  – сумарне значення просторових відхилень оброблюваної поверхні;

$\rho_{3М}$  – зміщення оброблюваної поверхні щодо базової або зміщення одних ділянок поверхні щодо інших;

$\rho_{\text{ексц}}$  – ексцентричність;

$\rho_{\text{викр}}$  – викривлення оброблюваної поверхні;

$\Delta_k$  – питома кривизна оброблюваної поверхні;

$\rho_{\text{ц}}$  – похибка центрування;

$IT$  – допуск на діаметральний розмір базової поверхні заготовки, що використовується при зацентруванні.

При користуванні даними табл. 4.18 слід урахувати такі зауваження:

а) Зміщення окремих ділянок однієї поверхні заготовки відносно одна одної виникає в разі зміщення половин штампа або ливарної форми по поверхні розніму. Відносне зміщення зовнішніх та внутрішніх поверхонь (наприклад ексцентриситет поверхонь обертання) є наслідком похибки установки пуансона для пробивання отвору, його зміщення за рахунок зазору в напрямних або похибки установки стрижня при складанні ливарної форми. Величини зміщення штампів по поверхні рознімання наведені в табл. 4.19, величини ексцентриситету (концентричності) отворів відносно зовнішніх поверхонь для штампвок – у табл. 4.20.

Таблиця 4.19 – Зміщення по поверхні рознімання штампів

Маса поковки, кг		Припуски для класів точності, мм							
		Плоска поверхня рознімання (П)							
		T1	T2	T3	T4	T5			
		Симетрично вигнута поверхня рознімання (I <sub>с</sub> )							
		T1	T2	T3	T4	T5			
Несиметрично вигнута поверхня рознімання (I <sub>н</sub> )									
					T1	T2	T3	T4	T5
До 0,5 включно		0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Понад 0,5 до 1,0 »					0,2		0,3		
» 1,0 » 1,8 »			0,2		0,3		0,4		0,5
» 1,8 » 3,2 »		0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
» 3,2 » 5,6 »									
» 5,6 » 10,0 »		0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2
» 10,0 » 20,0 »									
» 20,0 » 50,0 »		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6
» 50,0 » 125,0 »									
» 125,0 » 250,0 »		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0



Таблиця 4.20 – Найбільші припустимі відхилення пробитих у поковках отворів від концентричності, мм

Найбільший розмір поковки	Найбільше відхилення, що допускається, від концентричності пробитого отвору для класів точності				
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>
До 100 включно	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Більше 100 » 160 »	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
» 160 » 250 »	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
» 250 » 400 »	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
» 400 » 630 »	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
» 630 » 1000 »	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

Для відливків величини як зміщення, так і ексцентриситету приймаються з табл. 4.10 з урахуванням габаритних розмірів відливка.

Допуски розмірів елементів відливка, утворених двома напівформами або напівформою й стрижнем, установлюють відповідно до класу розмірної точності відливка. Допуски круглості, співвісності, симетричності, перетинання осей, позиційні допуски в діаметральному вираженні не повинні перевищувати допусків на розміри, установлених у табл. 4.10.

Просторові відхилення у вигляді викривлення  $\rho_{\text{викр}}$  визначаються як добуток питомої кривизни  $\Delta_k$  і відповідного розміру заготовки. Величини питомої кривизни заготовок наведені у табл. 4.21.

Таблиця 4.21 – Питома кривизна заготовок в мкм на 1 мм довжини

Матеріал і стан	Діаметр заготовки, мм					
	5–25	25–50	50–75	75–120	120–150	Понад 150
Прокат калібрований:						
6-й квалітет	0,50	0,50				
9-й квалітет	1	0,75	0,5			
10–11-й квалітети	2	1	1			
12-й квалітет	3	2	1			
Прокат калібрований після термообробки	2	1,3	0,6			
Прокат гарячекатаний:						
після виправлення на пресі	0,15	0,12	0,10	0,8	0,06	0,05
після термообробки	2,0	1,3			0,6	0,3
Штамповані заготовки:						
після виправлення	2,0	1,5			1,0	
після термообробки	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	
Відливки:						
плити			2 – 3			
корпуси			0,7 – 1			

*Примітки:* 1. Загальна кривизна прутка не повинна перевищувати добуток питомої кривизни, що допускається, на довжину прутка.

2. Кривизну відрізаної заготовки визначають залежно від способу базування при обробці (див. табл. 4.18).

3. При термообробці прокату СВЧ табличні значення брати з коефіцієнтом 0,5.

4. Для ступінчастих валів середній діаметр

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

де  $d_1, d_2, \dots, d_n$  – діаметри шийок;

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

$l$  – загальна довжина вала.

5. Для стрижневих деталей типу важелів і пластин  $d_{\text{сер}}$  розраховують по середньому перетину стрижня.

Більш детальну інформацію щодо призначення величин розглянутих похибок можна одержати в [4] і [5]:

б) при закріпленні заготовки на операції зацентровки в самоцентруючих затискних пристроях допуск на зовнішній діаметр заготовки не впливає на похибку зацентровки, яка в цьому випадку визначається похибкою налагодження центрувального верстата (0,25 мм);

в) при обробці отворів у нерухомій деталі свердлінням просторове відхилення є результатом зміщення отвору  $\rho_{3M}$  та викривлення його осі  $\Delta_k$  внаслідок нежорсткості свердла. Сумарне просторове відхилення дорівнює векторній сумі цих складових, величина яких наведена в табл. 4.22:

Таблиця 4.22 – Питоме викривлення  $\Delta_k$  та зміщення  $\rho_{3M}$  осі отвору свердління

Діаметр отвору, мм	Свердління спіральними свердлами		Глибоке свердління	
	$\Delta_k$ , мкм/мм	$\rho_{3M}$ , мкм	$\Delta_k$ , мкм/мм	$\rho_{3M}$ , мкм
3–6	2,1	10	1,6	10
6–10	1,7	15	1,3	15
10–18	1,3	20	1,0	20
18–30	0,9	25	0,7	25
30–50	0,7	30		

г) при колінеарному розташуванні векторів викривлення і зміщення оброблюваної поверхні відносно напрямку одержуваного розміру величини відхилень  $\rho_{\text{вкр}}$  і  $\rho_{3M}$  підсумовуються алгебрично. У разі невизначеного напрямку розташування векторів їхні величини підсумовуються геометрично.

Залишкові просторові відхилення на оброблених поверхнях, що мали вихідні відхилення, є наслідком копіювання похибок при обробці. Значення цих відхилень залежать як від режимних умов обробки, так і від параметрів, що характеризують жорсткість технологічної системи й механічні властивості оброблюваного матеріалу.

При виконанні курсового проекту для визначення проміжних значень припусків на механічну обробку можна з достатньою для практичних цілей точністю скористатися емпіричною формулою

$$\rho_{\text{зал}} = k_y \cdot \rho_{\text{заг}}$$

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення форми.

Значення коефіцієнта уточнення для різних видів заготовок і методів обробки можна прийняти такі:

- однократне й чорнове точіння штампованих заготовок, заготовок із гарячекатаного прокату, попереднє шліфування прокату 10–11-го квалітетів 0,06
- напівчистова обробка заготовок із прокату, штампованих заготовок, розсвердлення отворів, зміщення осі отвору після чорнвої обробки 0,05
- чистове точіння заготовок із сортового прокату звичайної якості, штампованих заготовок, після першого технологічного переходу обробки литих заготовок, після чистового шліфування прокату 10–11-го квалітетів 0,04
- дворазове обточування каліброваного прокату або дворазове шліфування заготовок після токарної обробки 0,02
- напівчистова обробка (зенкерування й чорнове розгортання отворів) 0,005
- чистова обробка – розгортання отворів 0,002

При обробці торцевих поверхонь штампованих заготовок із центральним отвором залишкове просторове відхилення (короблення) можна визначати:

– після чорної обробки

$$\rho_{\text{зал}} = 1,2 \left[ 0,06 \rho_{\text{викр}} + 0,15(R - r) \right];$$

– після напівчистої обробки

$$\rho_{\text{зал}} = 1,1 \left[ 0,003 \rho_{\text{викр}} + 0,1(R - r) \right];$$

– після чистої обробки

$$\rho_{\text{зал}} = 0,003 \rho_{\text{кор}} + 0,1(R - r),$$

де  $R$  і  $r$  – радіуси зовнішньої поверхні й отвору (див. табл. 4.18).

4.8. Похибка установки  $\varepsilon_y$  на виконуваному переході при визначенні проміжного припуску характеризується зміщенням оброблюваної поверхні, що повинно компенсуватися додатковою складовою проміжного припуску:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2},$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – похибка положення заготовки в пристрої.

Всі складові представляють поля розсіювання випадкових величин, тому підсумовуються в загальному випадку за правилом геометричного додавання.

Похибка базування  $\varepsilon_6$  має місце при несуміщенні настановної (технологічної) та вимірювальної баз і визначається коливанням відстані між цими базами. Слід, однак, зауважити, що суміщення зазначених баз ще не є гарантією відсутності похибки базування. У випадку, показаному

на рис. 4.3, при установці заготовки та вимірюванні розміру  $H$  використовують різні точки зовнішньої поверхні заготовки, тобто при визначенні похибки базування  $\varepsilon_6$  слід урахувати конкретну схему виконання технологічної операції.

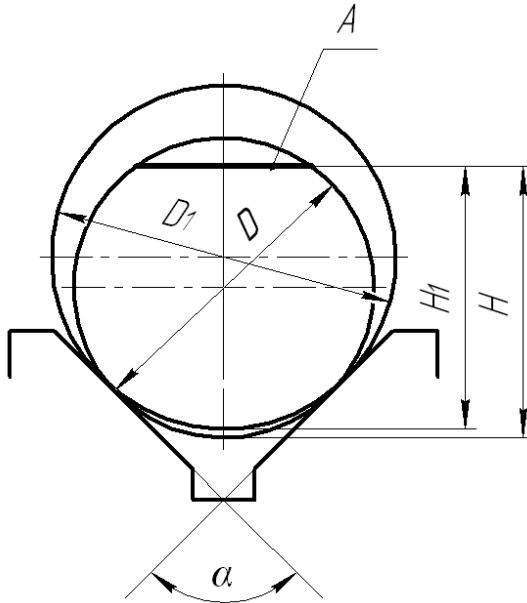


Рисунок 4.3 – Схема впливу діаметра базової поверхні заготовки на величину виконуваного розміру

При обробці поверхні  $A$  інструментом, який заздалегідь встановлений на розмір, коливання діаметра  $D$  настановної бази заготовки приводить до коливання розміру  $H$ .

Похибка закріплення  $\varepsilon_3$  виникає в результаті зміщення оброблюваних поверхонь заготовок від дії затискної сили. Це зміщення, якщо воно й велике, але постійне за величиною, може бути враховано настроюванням верстата. У ряді випадків, особливо коли застосовуються

пневматичні, гідравлічні, електромеханічні й інші затискні пристрої, що забезпечують сталість зусиль затиску, похибку закріплення можна виключити з розрахунків.

Похибка положення заготовки  $\varepsilon_{\text{пр}}$  є наслідком неточності виготовлення верстатного пристрою й зношування його настановних елементів, а також похибки установки самого пристрою на верстаті. Сюди входить також похибка індексації – повороту затискних пристроїв при обробці заготовок на багатопозиційних верстатах, яка у більшості випадків береться рівною 0,05 мм. За винятком останньої складової часто важко виявити окремі значення інших зазначених елементів похибки положення, тому їх ураховують вхідними до похибки закріплення. Для однопозиційної обробки формула для  $\varepsilon_y$  набуде вигляду

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}.$$

Якщо вектори  $\varepsilon_6$  і  $\varepsilon_y$  колінеарні, як це має місце при обробці плоских поверхонь, паралельних настановній базі, то  $\varepsilon_y = \varepsilon_6 + \varepsilon_3$ .

Значення похибок закріплення для різних видів обробки залежно від стану базової поверхні заготовки й технологічного оснащення наводяться у табл. 4.23–4.26.

Таблиця 4.23 – Похибка закріплення заготовки  $\epsilon_3$  при установці в радіальному напрямку для обробки на верстатах, мкм

Характеристика базової поверхні	Поперечні розміри заготовки, мм										
	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260	260–360	360–500	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Установка в затискній гільзі (цанзі)											
Холодногнута калірована	40	50	60	70	80	—	—	—	—	—	—
Попередньо оброблена	40	50	60	70	80	—	—	—	—	—	—
Чисто оброблена	20	25	30	35	40	—	—	—	—	—	—
Установка в трикутковому патроні											
Лиття в піщану форму машинного формування по металевій моделі	220	270	320	370	420	500	600	700	800	900	
Лиття в постійну форму	150	175	200	250	300	350	400	450	550	650	
Лиття по виплаюваній моделі	50	60	70	80	100	120	140	160	—	—	
Лиття під тиском	25	30	35	40	50	60	70	80	—	—	
Гаряче штампування	220	270	320	370	420	500	600	700	800	—	



Закінчення табл. 4.23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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
Установка в пневматичному патроні										
Лиття в піщану форму машинного формування по металевій моделі	180	220	260	320	380	440	500	580	660	760
Лиття в постійну форму	120	140	170	200	240	280	320	380	440	500
Лиття по виплавленій моделі	40	50	60	70	80	90	100	120	—	—
Лиття 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 установці на оправку треба враховувати похибку базування й брати похибку закріплення залежно від кріплення оправки у гільзі, патроні або затискному пристрої.

2. Установка в жорстких центрах не дає похибки закріплення в радіальному напрямку. Похибка закріплення, що виходить при установці в плаваючій передній і обертовій задній центри, не враховується, тому що перекивається відхиленням заготовки під дією сили різання.

Таблиця 4.24 – Похибка закріплення заготовки  $\varepsilon_3$  при установці в осьовому напрямку для обробки на верстаках, мкм

Характеристики базової поверхні	Поперечні розміри заготовки, мм										
	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260	260–360	360–500	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Установка в затискній гільзі (панзі) до упора											
Холодногнута калібрована	40	50	60	70	80	—	—	—	—	—	—
Попередньо оброблена	40	50	50	70	80	—	—	—	—	—	—
Чисто оброблена	20	25	30	35	40	—	—	—	—	—	—
Установка в трикутчастому самоцентричному патроні											
Лиття в піщану форму машинного формування по металевій моделі	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	
Лиття в постійну форму	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
Лиття по виплавленій моделі	50	60	70	80	90	100	110	120	—	—	
Лиття під тиском	30	40	50	60	70	80	90	100	—	—	
Гаряче штампування	70	80	90	100	110	120	130	140	150	—	

Закінчення табл. 4.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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
Установка в пневматичному патроні										
Лиття в піщану форму машинного формування по металевій моделі	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Лиття в постійну форму	55	60	65	75	80	90	100	110	120	130
Лиття по виплавленій моделі	45	50	55	65	75	80	85	90	—	—
Лиття 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	60	70	80	90	90	100	110	120
Чисто оброблена	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100

*Примітки:* 1. При установці на оправку треба враховувати похибку базування й брати похибку закріплення залежно від кріплення оправки в гільзі, патроні або затисковому пристрої.

2. Установка в центрах не дає похибку закріплення, але дає похибку базування в осьовому напрямку.

Таблиця 4.25 – Похибка закріплення заготовки  $\varepsilon_3$  при установці на опорні штифти пристроїв, мкм

Характеристики базової поверхні	Поперечні розміри заготовки, мм										
	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260	260–360	360–500	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Установка в затисковому пристрої із гвинтовими або ексцентриковими затискачами											
Лиття в піщану форму машинного формування по металевій моделі	—	100	125	150	175	200	225	250	300	350	
Лиття в постійну форму	—	100	110	120	130	140	150	160	180	200	
Лиття по виплавлюваній моделі	80	90	100	110	120	130	140	150	—	—	
Лиття під тиском	70	80	90	100	110	120	130	140	—	—	
Гаряче штамування	—	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	
Чисто оброблена	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	
Шліфувана	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	

Продовження табл. 4.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Установка в затискному пристрої із пневматичним затискачем										
Лиття в пшану форму машинного формування по металевій моделі	—	90	100	120	140	160	180	200	240	280
Лиття в постійну форму	—	80	90	100	110	120	130	140	160	180
Лиття по виплавленій моделі	65	70	75	80	90	100	110	120	—	—
Лиття під тиском	40	45	50	60	70	80	90	100	—	—
Гаряче штампування	—	90	100	120	140	160	180	200	240	—
Гарячекатана	70	80	100	120	140	150	180	—	—	—
Попередньо оброблена	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140
Чисто оброблена	50	60	70	80	90	90	100	110	120	130
Шліфувана	40	50	60	70	80	80	90	100	110	120

*Примітки:* 1. Установка на магнітній плиті не дає похибку закріплення.

2. Поперечний розмір заготовки брати найбільшим у перетині по нормалі до обробленої поверхні.

3. Похибка закріплення дана по нормалі до обробленої поверхні.

Таблиця 4.26 – Похибка закріплення заготовки  $\varepsilon_3$  при установці на опорні пластини пристроїв, мкм

Характеристики базової поверхні	Поперечні розміри заготовки, мм										
	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260	260–360	360–500	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Установка в затисковому пристрої із гвинтовими або ексцентриковими затискачами											
Лиття в піщану форму машинного формування по металевій моделі	—	100	110	120	135	150	175	200	240	280	
Лиття в постійну форму	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
Лиття по виплавленій моделі	40	50	60	70	80	90	100	110	—	—	
Лиття під тиском	30	40	50	60	70	80	90	100	—	—	
Гаряче штампування	—	100	110	120	135	150	175	200	240	—	
Гарячекатана	90	100	110	120	135	150	175	—	—	—	
Попередньо оброблена	40	50	60	70	80	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	

Продовження табл. 4.26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Установка в затискному пристрої із пневматичним затискачем										
Лиття в піщану форму машинного формування по металевій моделі	—	80	90	100	110	120	140	160	190	220
Лиття в постійну форму	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120
Лиття по виплавленій моделі	35	40	50	55	60	70	80	90	—	—
Лиття під тиском	25	30	35	40	50	60	70	80	—	—
Гаряче штампування	—	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. Установка на магнітній плиті не дає похибку закріплення.

2. Поперечний розмір заготовки брати найбільшим у перетині по нормалі до оброблюваної поверхні.

3. Похибка закріплення дана по нормалі до оброблюваної поверхні.

### *Запитання для самоконтролю*

1. Яким чином установлюється на розмір різальний інструмент при обробці заготовок в умовах великосерійного або дрібносерійного виробництва?

2. Які фактори впливають на вибір кількості і послідовності застосування технологічних переходів обробки заданої поверхні заготовки?

3. Які міркування враховуються при виборі виду та конкретного способу виготовлення заготовки? Наведіть приклади деталей, для яких раціонально прийняти заготовку у вигляді відливка, поковки (штамповки), прокату.

### **5. Розрахунок величини припусків. Визначення граничних проміжних і початкових розмірів заготовки**

Визначення складових припуску на кожний технологічний перехід механічної обробки поверхні заготовки дає змогу розрахувати припуск  $z_{i\min}$ , мінімально необхідний для виконання цього переходу, а з урахуванням способу установки різального інструмента на розмір – і максимально можливий припуск  $z_{i\max}$ .

Величина мінімально необхідного припуску  $z_{i\min}$  розраховується з застосуванням залежностей, наведених у табл. 3.2. Максимально можливий припуск  $z_{i\max}$  визначається таким чином.

При обробці заготовки на кожному технологічному переході інструментом, заздалегідь установленим на розмір (точіння, фрезерування, стругання та ін.), має місце явище копіювання – при видаленні за один робочий хід більшої величини припуску розмір обробленої поверхні також виявиться більшим у разі обробки зовнішньої поверхні або меншим – при обробці внутрішньої. Це явище виникає внаслідок збільшення зусилля різання, а отже, деформацій елементів технологічної системи. Схема розташування проміжних припусків і



допусків на проміжні та початкові розміри заготовки в цьому випадку має вигляд, показаний на рис. 5.1. Через  $IT_{\text{зар}}$  позначений допуск на діаметр заготовки, через  $IT_1$ ,  $IT_2$  та  $IT_3$  – відповідно допуски на попереднє, чистове та тонке точіння.

Відповідно до п. 9 табл. 3.1 для кожного технологічного переходу обробки зовнішньої плоскої поверхні

$$z_i \text{ max} = L_{i-1} \text{ max} - L_i \text{ max};$$

при обробці зовнішньої поверхні обертання

$$2z_i \text{ max} = d_{i-1} \text{ max} - d_i \text{ max}.$$

Через  $L$  позначені розміри заготовки, які одержуються при обробці плоских поверхонь.

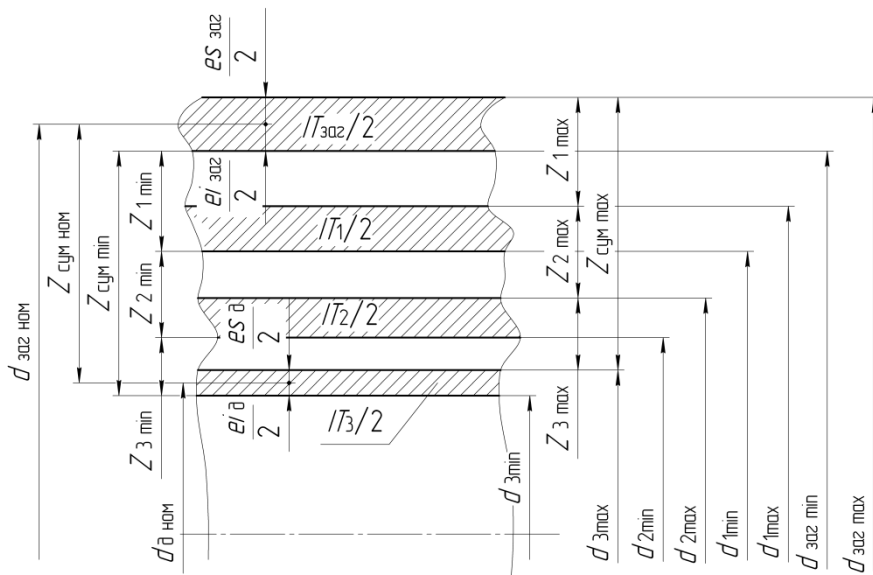


Рисунок 5.1 – Схема розташування проміжних припусків і допусків на проміжні та початкові розміри заготовки для обробки зовнішньої поверхні обертання лезовими різальними інструментами, встановленими на розмір

Якщо при виконанні технологічного переходу різальний інструмент устанавлюється на розмір індивідуально для кожної оброблюваної заготовки способом взяття пробних стружок (дрібносерійне виробництво, нестабільні розміри заготовок), оператор намагається в порядку підстраховки одержати розмір оброблюваної поверхні по ближній до різального інструмента межі поля допуску. Такий підхід також забезпечує певний запас на зношування поверхні. Аналогічна ситуація має місце і в інших випадках обробки, коли розмір одержується способом послідовного наближення до його потрібного значення – шліфування, хонінгування та ін. У цьому разі величина  $z_{i\min}$  повинна забезпечити виконання потрібної обробки навіть якщо на попередньому технологічному переході був одержаний розмір по дальній від інструмента межі. Схема розташування проміжних припусків і допусків для цього випадку наведена на рис. 5.2.

Максимальний можливий припуск визначається як  $z_{i\max} = z_{i\min} + IT_{i-1} + IT_i$  – при обробці плоскої поверхні та  $2z_{i\max} = 2z_{i\min} + IT_{Di-1} + IT_{Di}$  – при обробці поверхні обертання.

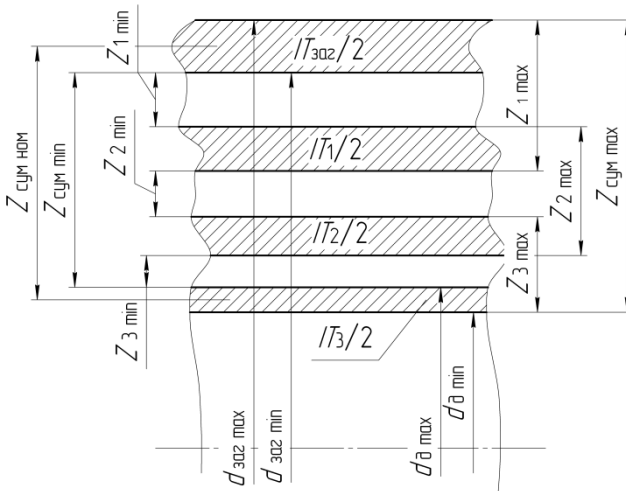


Рисунок 5.2 – Схема розташування проміжних припусків і допусків на проміжні та початкові розміри заготовки для обробки зовнішньої поверхні обертання у разі послідовного наближення розміру до його потрібного значення

У разі обробки поверхні різними технологічними методами, які припускають як попередню установку інструмента на розмір, так і послідовне одержання розміру, схема розташування припусків і допусків буде мати вигляд, показаний на рис. 5.3, якщо для обробки зовнішньої поверхні обертання застосовується попереднє та чистове точіння, після чого – попереднє та чистове шліфування (наприклад, при обробці шийки вала під підшипник кочення). Ця схема є комбінованою з ознаками двох попередніх схем, тому і максимально можливий припуск  $z_{\max}$  треба визначати з застосуванням формул, наведених для цих схем.

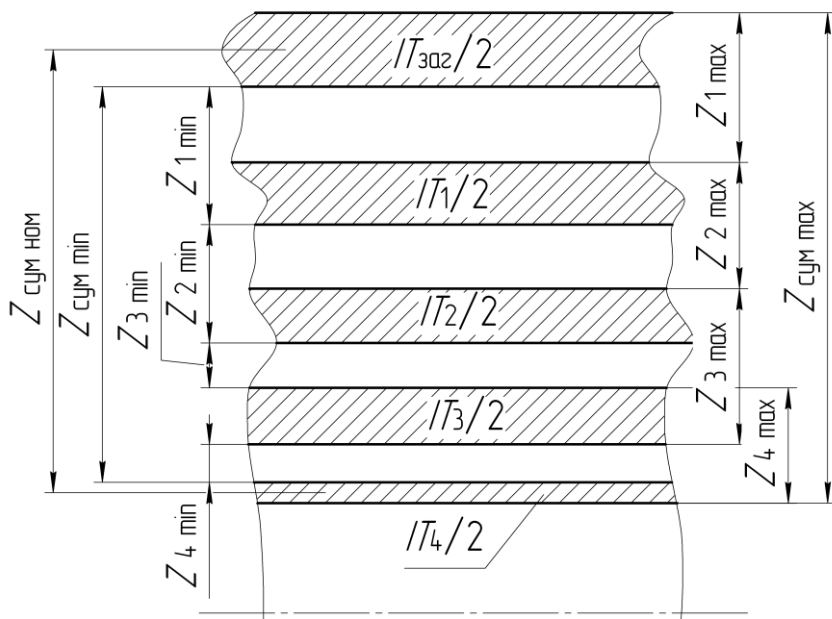


Рисунок 5.3 – Схема розташування проміжних припусків і допусків на проміжні та початкові розміри заготовки при різних способах установки різального інструмента на розмір

Загальний припуск є різницею між розмірами заготовки і обробленої деталі і визначається з урахуванням конкретного розташування проміжних припусків залежно від способів обробки. Загальні мінімальний  $z_{\text{сум min}}$  та максимальний  $z_{\text{сум max}}$  припуски являють собою мінімально необхідний та максимально можливий припуски, тому при обробці по схемі, що подана на рис. 5.1, загальні припуски на сторону складають

$$z_{\text{сум min}} = \frac{d_{\text{заг min}} - d_{n \text{ min}}}{2} = \sum_{i=1}^n z_{i \text{ min}};$$

$$z_{\text{сум max}} = \frac{d_{\text{заг max}} - d_{n \text{ max}}}{2} = \sum_{i=1}^n z_{i \text{ max}}.$$

При обробці поверхні по схемі, що подана на рис. 5.2,

$$z_{\text{сум min}} = \frac{d_{\text{заг min}} - d_{n \text{ max}}}{2} = \sum_{i=1}^n z_{i \text{ min}} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{IT_i}{2};$$

$$z_{\text{сум max}} = \frac{d_{\text{заг max}} - d_{n \text{ min}}}{2} = \sum_{i=1}^n z_{i \text{ max}} - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{IT_i}{2}.$$

Аналогічно при обробці поверхні по схемі, що подана на рис. 5.3,

$$z_{\text{сум min}} = \frac{d_{\text{заг min}} - d_{n \text{ max}}}{2} = \sum_{i=1}^n z_{i \text{ min}} + \sum_{i=1}^{m-1} \frac{IT_i}{2};$$

$$z_{\text{сум max}} = \frac{d_{\text{заг max}} - d_{n \text{ min}}}{2} = \sum_{i=1}^n z_{i \text{ max}} - \sum_{i=1}^{m-1} \frac{IT_i}{2}.$$

У наведених залежностях  $n$  – кількість технологічних переходів обробки поверхні;  $d_n$  – діаметр заготовки, одержаний на останньому технологічному переході (діаметр обробленої деталі);  $m$  – кількість технологічних переходів, які виконуються з індивідуальною установкою різального інструмента на розмір. Припускається, що ці технологічні переходи настають за тими, що виконуються при фіксованій установці інструмента на розмір і нумеруються починаючи з першого такого переходу. Так, для схеми обробки, показаної на рис. 5.3,  $m = 2$ .

Загальні номінальні припуски у разі обробки поверхні заготовки на кожному технологічному переході інструментом, задалегідь встановленим на розмір (рис. 5.1), розраховуються за формулами, наведеними в табл. 3.1, п. 12. Якщо всі або останні технологічні переходи виконуються при індивідуальній установці інструмента на розмір (рис. 5.2 і 5.3), загальні номінальні припуски розраховуються за формулами:

– для зовнішніх плоских поверхонь

$$z_{\text{сум ном}} = z_{\text{сум min}} - ei_{\text{заг}} + es_{\text{д}};$$

– для зовнішніх поверхонь обертання

$$2z_{\text{сум ном}} = 2z_{\text{сум min}} - ei_{D \text{ заг}} + es_{D \text{ д}};$$

– для внутрішніх плоских поверхонь

$$z_{\text{сум ном}} = z_{\text{сум min}} + ES_{\text{заг}} - EI_{\text{д}};$$

– для внутрішніх поверхонь обертання

$$2z_{\text{сум ном}} = 2z_{\text{сум min}} + ES_{D \text{ заг}} - EI_{D \text{ д}}.$$

Оскільки для всіх варіантів обробки зовнішніх плоских поверхонь

$$z_{\text{сум ном}} = L_{\text{заг ном}} - L_{\text{д ном}},$$

а для зовнішніх поверхонь обертання

$$2z_{\text{сум ном}} = d_{\text{заг ном}} - d_{\text{д ном}},$$

для внутрішніх поверхонь відповідно

$$z_{\text{сум ном}} = L_{\text{д ном}} - L_{\text{заг ном}},$$

і

$$2z_{\text{сум ном}} = d_{\text{д ном}} - d_{\text{заг ном}},$$

номінальні розміри заготовок розраховуються за такими формулами:

– для зовнішніх плоских поверхонь і поверхонь обертання

$$L_{\text{заг ном}} = L_{\text{д ном}} + z_{\text{зум ном}};$$

$$d_{\text{заг ном}} = d_{\text{д ном}} + 2z_{\text{сум ном}};$$

– для внутрішніх поверхонь відповідно

$$L_{\text{заг ном}} = L_{\text{д ном}} - z_{\text{сум ном}};$$

$$d_{\text{заг ном}} = d_{\text{д ном}} - 2z_{\text{сум ном}}.$$

Оскільки на рис. 5.1 указані всі необхідні розміри і граничні відхилення розмірів заготовки і деталі, на рис. 5.2 та 5.3 ці дані не наведені.

Одержані таким чином розміри заготовки зазначаються на її кресленні разом з вибраними за стандартами [4] і [5] граничними відхиленнями.

Для оформлення креслення заготовки необхідно призначити припуски на всі оброблювані поверхні та визначити характеристики окремих її конструктивних елементів – формувальних та штампувальних ухилів відповідно для відливків та штампвок і радіусів заокруглень (галтелей) між суміжними поверхнями заготовок.

Формувальні та штампувальні ухили при проектуванні заготовок вибирають відповідно з табл. 5.1 [7] та 5.2 [4].

Таблиця 5.1 – Формувальні ухили зовнішніх поверхонь моделей або стрижневих ящиків (за ГОСТ 3212-80)

Вимірювана висота поверхні моделі, мм	Ухили (не більше) для моделей			
	виплавлених	оболонкових форм	металевих	дерев'яних
До 20	0° 20'	0° 45'	1° 30'	3° 00'
Понад 20 до 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'

Закінчення табл. 5.1

Вимірювана висота поверхні моделі, мм	Ухили (не більше) для моделей			
	виштовхуваних	оболонкових форм	металевих	дерев'яних
Понад 200 до 300	—	0° 20'	0° 30'	0° 30'
» 300 » 800	—	—	0° 20'	0° 30'
» 800 » 2000	—	—	—	0° 20'
» 2000	—	—	—	0° 15'

*Примітки:* 1. Ухили місцевих невеликих стовщень (бобишек, платиків, планок) варто приймати 30–45°. 2. У ребрах жорсткості ухил варто робити до 5–8°.

Таблиця 5.2 – Максимальні величини штампувальних ухилів

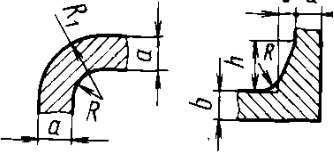
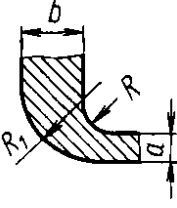
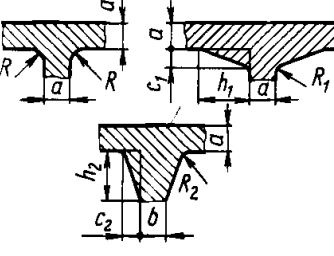
Устаткування	Штампувальні ухили, град	
	на зовнішній поверхні	на внутрішній поверхні
Штампувальні молоти, преси без виштовхувачів	7	10
Преси із виштовхувачами, горизонтально-кувальні машини	5	7
Гарячештампувальні автомати	1	2

*Примітки:* 1. На поверхнях отворів у поковках, виготовлених на горизонтально-кувальних машинах, штампувальний ухил не повинен перевищувати 3°.

2. Допустимі відхилення штампувальних ухилів на поковках устанавлюються в межах  $\pm 0,25$  їхньої номінальної величини.

Радіуси округлень у відливках беруться за даними табл. 5.3 [7], для поковок – за даними табл. 5.4 з допустимими відхиленнями, указаними в табл. 5.5.

Таблиця 5.3 – Радіуси галтелей у відливках

Ескіз	Параметр	Найменші значення параметрів для лиття	
		у піщані форми	у кокіль
	$R$ $R_1$ $c$ $h$	$a/2$ $a + R$ $2\sqrt{b-a}$ $8c$	$a/3$ $a + R$ $2\sqrt{b-a}$ $8c$
	$R$ $R_1$	$\frac{a+b}{4}$ $R + \frac{a+b}{2}$	$\frac{a+b}{6}$ $R + \frac{a+b}{2}$
	$R$ $R_1$ $i$ $R_2$ $c_1$ $h_1$ $c_2$ $h_2$	$a/2$ $(a+b)/4$ $2\sqrt{b-a}$ $8c$ $1,5\sqrt{b-a}$ $12c$	$a/3$ $(a+b)/6$ $2\sqrt{b-a}$ $8c$ $1,5\sqrt{b-a}$ $12c$

Примітки: 1. Значення радіусів литих галтелей брати рівними 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40 мм.

2. Число значень різних радіусів галтелей, застосовуваних в одному виливку, повинно бути мінімальним.



Таблиця 5.4 – Радіуси заокруглень зовнішніх кутів поковок

Маса поковки, кг	Мінімальна величина радіусів заокруглень, мм, при глибині струмка штампа, мм			
	до 10 включно	10–25	25–50	більше 50
До 1,0 включно	1,0	1,6	2,0	3,0
Більш 1,0 » 6,3 »	1,6	2,0	2,5	3,6
» 6,3 » 16,0 »	2,0	2,5	3,0	4,0
» 16,0 » 40,0 »	2,5	3,0	4,0	5,0
» 40,0 » 100,0 »	3,0	4,0	5,0	7,0
» 100,0 » 250,0 »	4,0	5,0	6,0	8,0

Таблиця 5.5 – Допустимі відхилення радіусів заокруглень зовнішніх та внутрішніх кутів поковок

Радіус закруглення	Допуск радіусів закруглень для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 4 включно	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
Більше 4 » 6 »	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0
» 6 » 10 »	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
» 10 » 16 »	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
» 16 » 25 »	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
» 25 » 40 »	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0
» 40 » 60 »	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0
» 60 » 100 »	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0

*Примітка.* Величина радіусів закруглень внутрішніх кутів установлюється за узгодженням між виробником і споживачем.

### *Запитання для самоконтролю*

1. Що являє собою явище копіювання похибок, спостережуване при однопрохідній обробці заздалегідь установленим на розмір різальним інструментом?

2. Зобразіть схему розташування проміжних припусків і допусків на проміжні й вихідний розміри заготовки для випадку обробки її зовнішньої циліндричної поверхні за декілька послідовно застосовуваних технологічних переходів лезовими інструментами, заздалегідь установленими на розмір.

3. Як зміниться розглянута в попередньому пункті схема у випадку обробки внутрішньої циліндричної поверхні?

4. Як зміниться розглянута в п. 2 схема у випадку, якщо останній технологічний перехід виконується шліфуванням методом послідовних наближень до розміру?

5. Яке призначення мають формувальні та штампувальні ухили, що передбачаються на деяких поверхнях заготовок?

6. З якою метою спряження поверхонь відливків та поковок (штамповок) здійснюється з застосуванням галтелей?

### **6. Приклад призначення припусків на механічну обробку поверхні розрахунково-аналітичним методом**

Як приклад розглянемо призначення проміжних та загального припусків на механічну обробку шийки вала-шестірні (рис. 6.1), призначеної для установки підшипника кочення. Діаметр шийки становить  $\varnothing 60_{+0,011}^{+0,030}$  мм. Для визначеності будемо розглядати шийку, розташовану праворуч від зубчастого вінця.

Вали-шестерні показаного типу застосовуються в конструкціях коробок передач, роздавальних коробок, ведучих мостів самохідних машин та в інших механізмах, де вони можуть сприймати достатньо

великі навантаження. Заготовки таких деталей бажано виготовляти обробкою тиском, що забезпечує високі фізико-механічні властивості виробів і відсутність вад, характерних для відливків. З орієнтацією на великосерійне виробництво обираємо як метод одержання заготовки штамповку. Форма деталі є характерною для виготовлення її заготовки штамповкою на горизонтально-кувальній машині. Цей спосіб і приймаємо для одержання заготовки заданої деталі.

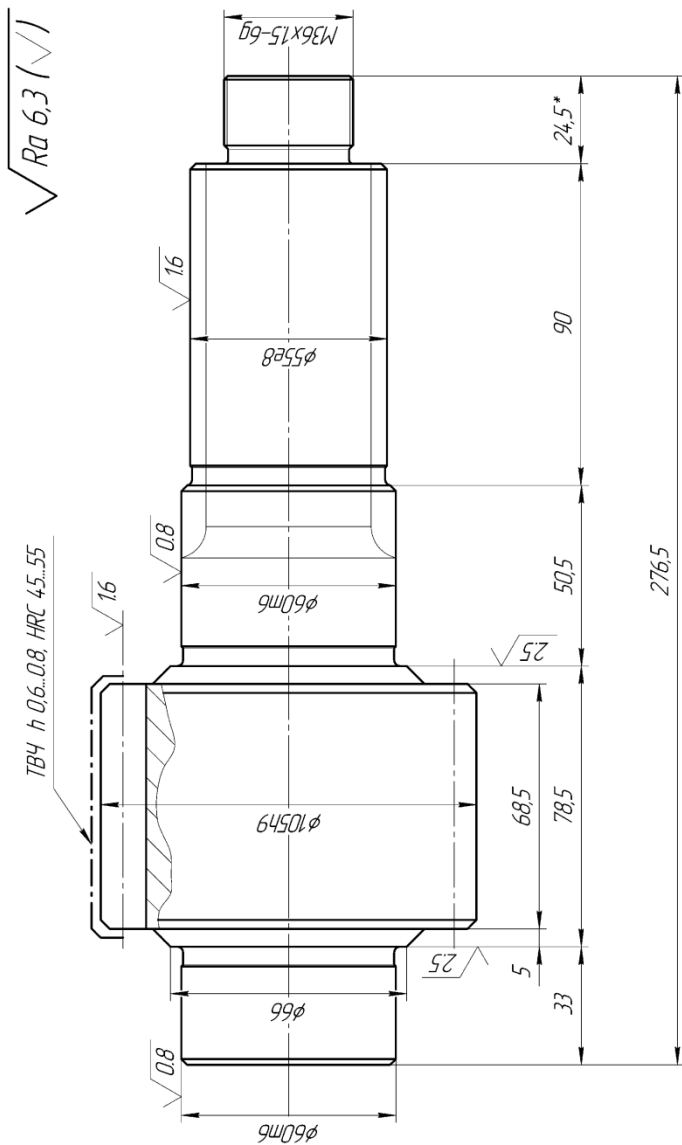
Конструкція деталі є технологічною як для виготовлення заготовки обраним способом, так і для її механічної обробки.

6.1. Користуючись рекомендаціями табл. 3.1 щодо порядку розрахунку припусків, і табл. 4.1 щодо вибору послідовності технологічних переходів з обробки заданої поверхні, починаючи з заготовки і до одержання готової деталі (остаточно обробленої її поверхні), обираємо один з рекомендованих у табл. 4.1 набір технологічних переходів, а саме – точіння попереднє (чорнове) і чистове та шліфування попереднє (чорнове) та чистове.

Розрахунок величин припусків зручно проводити з використанням розрахункової карти у формі табл. 6.1, в яку і вносимо найменування вибраних технологічних переходів.

Орієнтовна характеристика точності виконання проміжних технологічних переходів (номер квалітету) устанавлюється за даними табл. 4.2. останній перехід закінчує механічну обробку поверхні і забезпечує точність розміру по 6-му квалітету. Точність виготовлення заготовки визначається рядом її конструктивних характеристик і устанавлюється відповідно до методики, розглянутої в п. 4.3 цієї роботи.

Клас точності поковки за рекомендацією табл. 4.4, приймаємо як T4, оскільки розміри деталі невеликі, а форма – достатньо проста. Група сталі позначається як M2, що відповідає масовій частці вуглецю від більше 0,35 % до 0,65 % включно.



1. Сталь 40ХН.
2. НВ 240...260.
3. Н14, h14, IT14/2.
4. \* - Розмір для довідок.

Рисунок 6.1 – Ескіз вала-шестірни

Таблиця 6.1 – Розрахункові величини припусків та граничних розмірів заготовки (поверхня Ø 60пб  $\begin{matrix} +0,030 \\ +0,011 \end{matrix}$  мм, Ra=0,8 мкм)

Технологічні переходи обробки поверхні	Точність розміру (квалітет)	Допуск IT, мкм	Елементи припуску, мкм				Граничні величини припусків, мкм		Граничні розміри, мм	
			Rz	T	$\rho$	$\epsilon$	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$	$d_{\min}$	$d_{\max}$
0. Заготовка	17	3200	150	250	481	—	—	—	62,342	65,542
1. Обточування попереднє	13	460	50	50	29	0	$2 \cdot 881 = 1762$	$2 \cdot 2251 = 4502$	60,580	61,040
2. Обточування чистове	10	120	30	30	19	0	$2 \cdot 129 = 258$	$2 \cdot 299 = 598$	60,322	60,442
3. Шліфування попереднє	8	46	10	20	14	0	$2 \cdot 79 = 158$	$2 \cdot 162 = 324$	60,118	60,164
4. Шліфування чистове	6	19	5	15	10	0	$2 \cdot 44 = 88$	$2 \cdot 76,5 = 153$	60,011	60,030

Для визначення ступеня складності поковки порівнюються маси (об'єми) поковки та геометричної фігури, в яку вписується форма поковки. При цьому для одержання орієнтовних розмірів поковки допускається виходити зі збільшення в 1,05 рази габаритних лінійних розмірів деталі. Знехтувавши останнім, порівняємо об'єм деталі і геометричної фігури, в яку вписується форма деталі. Об'єм деталі становить (дивись рис. 6.1)

$$V_d = \frac{\pi}{4} [6^2 \cdot (3,8 + 5,55) + 10,5^2 \cdot 6,85 + 5,5^2 \cdot 9 + 3,6^2 \cdot 2,45] = 1095,7 \text{ см}^3.$$

Для зручності розрахунків розміри проставлені в см. Об'єм циліндра, в який вписується форма деталі,

$$V_\phi = \frac{\pi}{4} \cdot 10,5^2 \cdot 27,65 = 2393 \text{ см}^3.$$

При відношенні  $\frac{V_d}{V_\phi} = \frac{1095,7}{2393} = 0,458$  за даними табл. 4.5 одержуємо

ступінь складності поковки  $C_2$ .

Для визначення початкового індексу поковки визначимо її розрахункову масу (залежність (4.2))

$$M_n = M_d \cdot K_p,$$

де  $M_d$  – маса деталі,  $M_d = V_d \cdot \gamma = 1096 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 8,55 \text{ кг}$ ;

$V_d$  – об'єм деталі,  $V_d = 1096 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ ;

$\gamma$  – щільність сталі,  $\gamma = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;

$K_p$  – розрахунковий коефіцієнт; за даними табл. 4.7 для деталі, що розглядається,  $K_p = 1,3-1,6$ . Беремо середнє значення  $K_p = 1,45$ .

Таким чином, розрахункова маса поковки

$$M_n = 8,55 \cdot 1,45 = 12,4 \text{ кг.}$$

Початковий індекс поковки визначаємо за формулою (4.1)

$$IH = NI + (MS - 1) + (ST - 1) + 2(KT - 1),$$

де  $NI$  – номер інтервалу, в який попадає маса поковки;  $NI = 7$  (береться за табл. 4.6);

$MS$  – група сталі,  $MS = 2$  для групи  $M2$ ;

$ST$  – ступінь складності поковки,  $ST = 2$  для ступеня складності  $C2$ ;

$KT$  – клас точності поковки,  $KT = 4$  для класу  $T4$ .

При цьому

$$IH = 7 + (2 - 1) + (2 - 1) + 2(4 - 1) = 15.$$

Допустимі відхилення лінійних розмірів поковки відповідно до ГОСТ 7505-89 становлять  $es = +2,1$  мм та  $ei = -1,1$  мм для діаметра 60 мм при одержаному початковому індексі (табл. 4.8). Допуск розміру  $IT = es - ei = 2,1 - (-1,1) = 3,2$  мм, що приблизно відповідає 17-му квалітету точності (табл. 4.3).

Вираз точності розмірів, одержаних на кожному технологічному переході, у тому числі і при виготовленні заготовки, однаковим способом дає змогу відкоригувати ступінь підвищення точності (номери квалітетів) при виконанні кожного наступного технологічного переходу з

поступовим наближенням до потрібного розміру деталі. Прийняті таким чином показники точності для кожного переходу заносяться в табл. 6.1. Величини відповідних допусків вибираються з табл. 4.3.

6.2. Елементи припуску вибираються з відповідних таблиць, наведених в пп. 4.6–4.8. Для штампованої заготовки масою від 2,5 кг до 25 кг шорсткість поверхні  $R_{z0} = 150$  мкм при глибині пошкодженого шару  $T_0 = 250$  мкм (табл. 4.15). Індексом 0 позначені величини, що належать до характеристик заготовки. Значення  $R_z$  і  $T$  для технологічних переходів механічної обробки, включених в табл. 6.1, вибираються з табл. 4.16 і становлять: для попереднього обточування  $R_{z1} = 50$  мкм і  $T_1 = 50$  мкм, для чистового обточування  $R_{z2} = 30$  мкм і  $T_2 = 30$  мкм, для попереднього шліфування  $R_{z3} = 10$  мкм і  $T_3 = 20$  мкм та для чистового шліфування  $R_{z4} = 5$  мкм і  $T_4 = 15$  мкм.

Величина просторових відхилень штампованої заготовки при її обробці в центрах відповідно до табл. 4.18 становить

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{викр}^2 + \rho_{ц}^2},$$

де  $\rho_{зм}$  – величина зміщення ділянок циліндричної поверхні шийки відносно одна одної в результаті неспівпадіння напівматриць горизонтально-кувальної машини,  $\rho_{зм} = 0,4$  мм (табл. 4.19);

$\rho_{викр}$  – просторове відхилення у вигляді викривлення заготовки, відповідно до табл. 4.18  $\rho_{викр} = \Delta_k l$ . Питома кривизна заготовки береться р табл. 4.21 і становить 0,7 мкм/мм для термічно обробленої заготовки при її діаметрі в діапазонах 50–70 мм. Середній діаметр заготовки, що розглядається, (для спрощення розраховується за розмірами деталі)



$$d_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^5 d_i l_i}{L},$$

$$d_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot (33 + 50,5 + 5 \cdot 2) + 105 \cdot 68,5 + 55 \cdot 90 + 36 \cdot 24,5}{276,5} = 67,39 \text{ мм.}$$

Дві ділянки з діаметром 66 мм і довжиною по 5 мм належать до шийок з діаметром 60 мм. Відстань від ближнього (лівого) торця вала до середини правої шийки під підшипник  $l = 33 + 78,5 + 50,5/2 = 136,75 \approx 137$  мм. При цьому

$$\rho_{\text{кор}} = 0,7 \cdot 137 = 95,9 \approx 96 \text{ мкм.}$$

$\rho_{\text{ц}}$  – радіальне биття оброблюваної поверхні в результаті похибки зацентровки. При використанні на операції зацентровки самоцентруючих затискних пристроїв для закріплення заготовки  $\rho_{\text{ц}}$  визначається похибкою налаштування центрального верстата і становить 0,25 мм (п. 4.7, б).

Таким чином, величина просторового відхилення поверхні заготовки, що розглядається, становить

$$\rho_0 = \sqrt{400^2 + 96^2 + 250^2} = 481,4 \approx 481 \text{ мкм.}$$

Остаточні просторові відхилення оброблюваної поверхні, що мають місце в результаті копіювання похибкою при обробці, для кожного з технологічних переходів становитимуть (п. 4.7, г)

$$\rho_{\text{зал}} = K_y \cdot \rho_0,$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення форми:  $K_1 = 0,06$ ;  $K_2 = 0,04$ ;  $K_3 = 0,03$ ;  $K_4 = 0,02$ . Значення  $K_3$  прийнято як для однократного шліфування заготовки після токарної обробки відповідно до логіки вибору величин, що рекомендуються. В результаті одержуємо:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 481 = 28,86 \approx 29 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 481 = 19,24 \approx 19 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot 481 = 14,43 \approx 14 \text{ мкм};$$

$$\rho_4 = 0,02 \cdot 481 = 9,62 \approx 10 \text{ мкм}.$$

Похибка установки заготовки  $\varepsilon_y$  на кожному з виконуваних технологічних переходів механічної обробки поверхні, що розглядається (п.4.8)

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2},$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування, яка виникає в разі несуміщення вимірювальної бази з настановною. При установці заготовки в центрах установною базою є поверхні центрових отворів, які завдають розташування лінії центрів, від якої вимірюється радіус (діаметр) оброблюваної поверхні. Тому  $\varepsilon_6 = 0$ ;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення, яка в ситуації, що розглядається, також дорівнює нулю, оскільки при установці заготовки в центрах вона не зміщується в радіальному напрямку;

$\varepsilon_{np}$  – похибка положення заготовки в пристрої, яка виникає внаслідок похибок виготовлення останнього, зношування його елементів

та ін. При установці заготовки в центрах звичайно беруть  $\varepsilon_{\text{пр}} = 0$ .

З урахуванням зазначеного беремо  $\varepsilon_y = 0$ .

6.3. Мінімально необхідний припуск для виконання кожного з технологічних переходів, що розглядаються, визначається формулою (табл. 3.2)

$$2z_{i \text{ min}} = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right),$$

яка при  $\varepsilon_y = 0$  використовується у вигляді

$$2z_{i \text{ min}} = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}\right)$$

і дає такі результати:

$$2z_{1 \text{ min}} = 2\left(Rz_0 + T_0 + \rho_0\right) = 2(150 + 250 + 481) = 2 \cdot 881 = 1762 \text{ мкм};$$

$$2z_{2 \text{ min}} = 2\left(Rz_1 + T_1 + \rho_1\right) = 2(50 + 50 + 29) = 2 \cdot 129 = 258 \text{ мкм};$$

$$2z_{3 \text{ min}} = 2\left(Rz_2 + T_2 + \rho_2\right) = 2(30 + 30 + 19) = 2 \cdot 79 = 158 \text{ мкм};$$

$$2z_{4 \text{ min}} = 2\left(Rz_3 + T_3 + \rho_3\right) = 2(10 + 20 + 14) = 2 \cdot 44 = 88 \text{ мкм}.$$

У табл. 6.1 величини припусків вносяться у вигляді  $2z$ , що може бути зручним при побудові схеми розташування припусків та призначенні режимів різання.

6.4 Для визначення максимально можливих припусків та проміжних і граничних розмірів заготовки при виконанні окремих технологічних переходів раціонально скласти схему розташування проміжних припусків і допусків на проміжні та початкові розміри заготовки. З урахуванням прийнятої в прикладі, що розглядається, послідовності обробки циліндричної поверхні ця схема (рис. 6.2) буде аналогічною схемі, що подана на рис. 5.3.

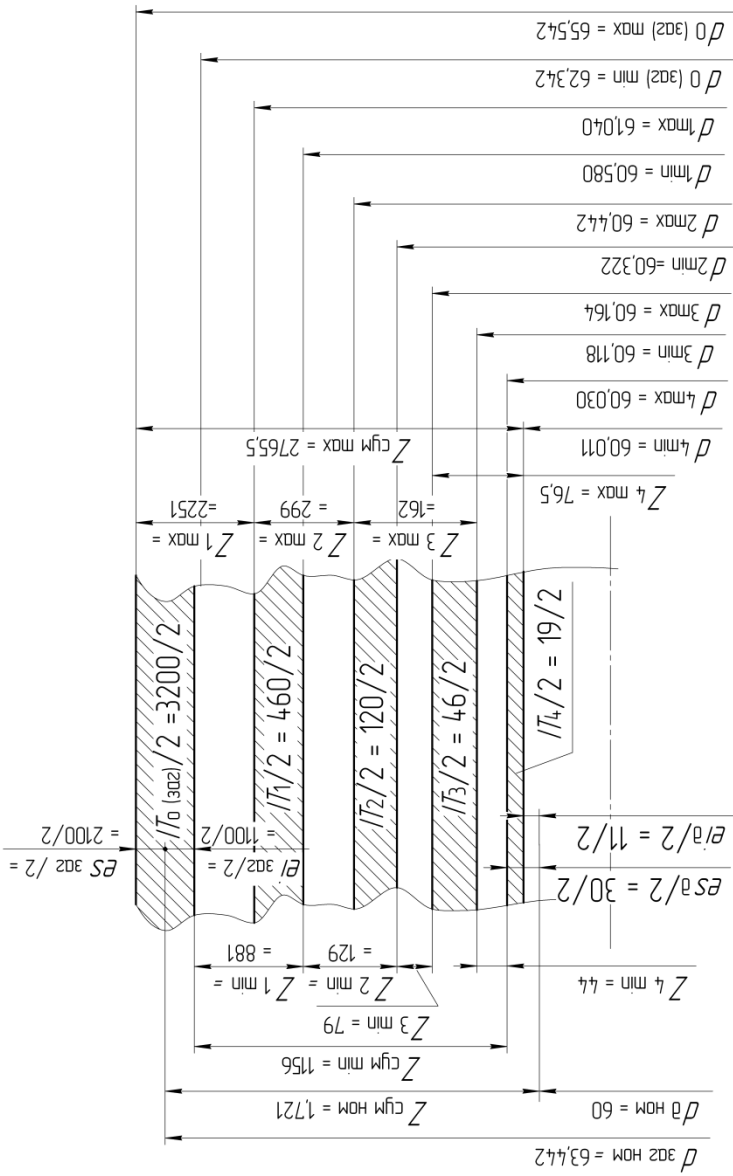


Рисунок 6.2 – Схема розташування проміжних припусків і допусків на проміжні та початкові розміри заготовки. Розміри припусків і допусків вказані в мкм, діаметрів – в мм

Відповідно до схеми на рис. 6.2

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + \frac{IT_0}{2} - \frac{IT_1}{2} = 881 + \frac{3200}{2} - \frac{460}{2} = 2251 \text{ мкм};$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + \frac{IT_1}{2} - \frac{IT_2}{2} = 129 + \frac{460}{2} - \frac{120}{2} = 299 \text{ мкм};$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + \frac{IT_2}{2} + \frac{IT_3}{2} = 79 + \frac{120}{2} + \frac{46}{2} = 162 \text{ мкм};$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + \frac{IT_3}{2} + \frac{IT_4}{2} = 44 + \frac{46}{2} + \frac{19}{2} = 76,5 \text{ мкм}.$$

Загальні припуски:

$$z_{\text{сум} \min} = \sum_{i=1}^4 z_{i \min} + \sum_{i=1}^{m-1} \frac{IT_i}{2} = 881 + 129 + 79 + 44 + \frac{46}{2} = 1156 \text{ мкм};$$

$$z_{\text{сум} \max} = \sum_{i=1}^4 z_{i \max} - \sum_{i=1}^{m-1} \frac{IT_i}{2} = 2251 + 299 + 162 + 76,5 - \frac{46}{2} = 2765,5 \text{ мкм},$$

оскільки кількість технологічних переходів, які виконуються з індивідуальною установкою різального інструмента на розмір у варіанті обробки, що розглядається,  $m = 2$ .

Необхідність перевірки правильності розрахунків (п. 11 табл. 3.1) не виникає, оскільки вони виконані з урахуванням фактичного розташування припусків і допусків (рис. 6.2) і застосуванням формул, аналогічних наведеним у п. 11 таблиці 3.1.

Проміжні та граничні розміри заготовки також розраховуються з використанням схеми на рис. 6.2:

$$d_{4 \min} = d_{\text{д ном}} + ei_{\text{д}} = 60 + 0,011 = 60,011 \text{ мм};$$

$$d_{4 \max} = d_{\text{д ном}} + es_{\text{д}} = 60 + 0,030 = 60,030 \text{ мм};$$

$$d_{3 \text{ min}} = d_{4 \text{ max}} + 2z_{4 \text{ min}} = 60,030 + 2 \cdot 0,044 = 60,118 \text{ мм};$$

$$d_{3 \text{ max}} = d_{3 \text{ min}} + IT_3 = 60,118 + 0,046 = 60,164 \text{ мм};$$

$$d_{2 \text{ min}} = d_{3 \text{ max}} + 2z_{3 \text{ min}} = 60,164 + 2 \cdot 0,079 = 60,322 \text{ мм};$$

$$d_{2 \text{ max}} = d_{2 \text{ min}} + IT_2 = 60,322 + 0,120 = 60,442 \text{ мм};$$

$$d_{1 \text{ min}} = d_{2 \text{ min}} + 2z_{2 \text{ min}} = 60,322 + 2 \cdot 0,129 = 60,580 \text{ мм};$$

$$d_{1 \text{ max}} = d_{1 \text{ min}} + IT_1 = 60,580 + 0,460 = 61,040 \text{ мм};$$

$$d_{0 \text{ (зар) min}} = d_{1 \text{ min}} + 2z_{1 \text{ min}} = 60,580 + 2 \cdot 0,881 = 62,342 \text{ мм};$$

$$d_{0 \text{ (зар) max}} = d_{0 \text{ (зар) min}} + IT_{0 \text{ (зар)}} = 62,342 + 3,200 = 65,542 \text{ мм}.$$

При наявності схеми розташування припусків і допусків (рис. 6.2) можна застосовувати й інші рівноцінні співвідношення для розрахунків зазначених розмірів.

Для визначення загального номінального припуску також слід розглянути схему на рис. 6.2, з якої одержимо:

$$z_{\text{сум ном}} = z_{\text{сум min}} - \frac{ei_{\text{зар}}}{2} + \frac{es_{\text{д}}}{2} = 1156 - \left( \frac{-1100}{2} \right) + \frac{30}{2} = 1721 \text{ мкм}.$$

Зауважимо, що формула для  $z_{\text{сум ном}}$ , яка наведена в п. 12 табл. 3.1, застосовується при обробці на останньому технологічному переході інструментом, задалегідь встановленим на розмір.

Загальний номінальний припуск зручно також визначити з застосуванням номінальних розмірів деталі і заготовки:

$$d_{\text{д ном}} = 60 \text{ мм};$$

$$d_{\text{зар ном}} = d_{\text{зар max}} - es_{\text{зар}} = 65,542 - 2,100 = 63,442 \text{ мм};$$

$$z_{\text{сум ном}} = \frac{d_{\text{заг ном}} - d_{\text{д ном}}}{2} = \frac{63,442 - 60}{2} = 1,721 \text{ мм.}$$

Виконання розрахунків припусків без застосування округлення розрахункових величин дає змогу перевірити правильність результатів, одержаних на кожному етапі розрахунку. Природно, при простановці розмірів на кресленні заготовки, операційних ескізах з механічної обробки, в тексті операційних карт слід указувати розміри з точністю, з якою виконується вид обробки, що розглядається, та вимірюється одержаний розмір. Таким чином, у зазначених технологічних документах раціонально зазначити такі розміри для шийки вала-шестірні діаметром  $\emptyset 60\text{мб}$   $\begin{pmatrix} +0,030 \\ +0,011 \end{pmatrix}$  мм:

Діаметр шийки заготовки –  $63,4 \begin{matrix} +2,1 \\ -1,1 \end{matrix}$  мм;

Діаметр шийки заготовки після попереднього обточування –  $61_{-0,4}$  мм;

Діаметр шийки заготовки після чистового обточування –  $60,44_{-0,12}$  мм;

Діаметр шийки заготовки після попереднього шліфування –  $60,16_{-0,04}$  мм;

Діаметр шийки заготовки після чистового шліфування –  $60\text{мб} \begin{pmatrix} +0,030 \\ +0,011 \end{pmatrix}$  мм.

Припустимі відхилення проміжних розмірів шийки вказані як для основного вала.

З наведених рекомендацій видно, що величини деяких допусків виявились дещо зміненими в межах точності обробки і вимірювання.

Призначення величини припусків розрахунково-аналітичним методом дозволяє урахувати всі особливості виконання кожного технологічного переходу механічної обробки поверхонь заготовки, запобігти завищенню припусків при невизначених конкретних умовах обробки, прийняти заходи щодо зменшення величини складових припуску на кожному переході за рахунок удосконалення різальних інструментів та пристроїв, зміни режимів різання, підвищення жорсткості технологічної системи та ін. Результатом таких рішень буде економія матеріалу та різального інструменту, зменшення норми часу на виконання обробки, підвищення техніко-економічних показників технологічного процесу.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Основы технологии машиностроения : учебник / В. М.Кован, В. С.Корсаков, А. Г. Косилова и др.; под. ред. В. С. Корсакова. – Москва: Машиностроение, 1977. – 416 с.
2. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – Минск: Высшая школа, 1983. – 256 с.
3. Ходоревский М. Г. Технология автотракторостроения. Курсовое проектирование / М. Г. Ходоревский. – Харьков: Основа, 1992. – 120 с.
4. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. ГОСТ 7505-89. – Москва: Издательство стандартов, 1990. – 52 с.
5. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. ГОСТ 26645-85. – Москва: Издательство стандартов, 1994. – 54 с.
6. Расчёт припусков и межпереходных размеров в машиностроении: учеб. пособ. / Я. М. Радкевич, В. А.Тимирязев, А. Г Схиртладзе. и др.: под. ред. В. А. Тимирязева. – Москва: Высшая школа, 2004. – 272 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 томах / под. ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – Москва: Машиностроение, 1985. – Т.1. – 656 с.



Навчальне видання

**ПРИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ  
ДЕТАЛЕЙ РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ**

Методичні вказівки  
для підготовки до практичних занять  
та виконання курсового проєкту з дисциплін  
**«Технологія виробництва автомобілів та тракторів»**  
та **«Технологія виробництва та ремонту автомобілів»**  
для студентів спеціалізації  
133.01 «Автомобілі та трактори»  
та 274.01 «Автомобілі та автомобільне господарство»  
всіх форм навчання

Укладач МАМОНТОВ Анатолій Геннадійович

Відповідальний за випуск проф. В. Б. Самородов  
Роботу до видання рекомендував проф. Д. О. Волонцевич

Підписано до друку « 14 » вересня 2020 р.  
Формат 60 x 84 1/16. Папір офсетний.  
Друк – цифровий. Умовн. друк. арк. 0,9. Тираж 50 прим. Зам. № 42.

---

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ»  
(ФО-П Миронов М.В. Свідоцтво ВО4 №022953)  
м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1  
тел. 7-170-354

---