

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

Методичні вказівки
до виконання розрахунково–графічних
та контрольних завдань з дисципліни
«Технологічні основи машинобудування»,

Розділ I

«Основи точності обробки деталей
і складання виробів»,

Розділ II

«Проектування технологічних процесів механічної обробки».
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(спеціалізація «Обладнання та технології ливарного виробництва»)
усіх форм навчання.

Методичні вказівки до виконання розрахунково–графічних та контрольних завдань з дисципліни «Технологічні основи машинобудування», Розділ І. «Основи точності обробки деталей і складання виробів». Розділ ІІ. «Проектування технологічних процесів механічної обробки» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» (спеціалізація «Обладнання та технології ливарного виробництва») усіх форм навчання. / Укл.: О.В. Алексеєнко. – Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2021. – 96 с.

Редакція: О.В. Алексеєнко, ст. викл.

Рецензент: В.В. Луньов, професор, д-р. техн. наук.

Відповідальний
за випуск: В.Г. Іванов, доцент, д-р. техн. наук.

Затверджено
на засіданні кафедри "Машини і
технологія ливарного виробництва"
протокол № 1
від 17.08.2021 р.

Рекомендовано до видання
НМК Інженерно фізичного
факультету
Протокол № 1
від 19.08.2021 р

З М І С Т

с

Вступ**Розділ І**

<u>Розрахунково - графічне завдання 1. Оцінка імовірності появи браку на заданній технологічній операції.....</u>	5
---	---

<u>Розрахунково - графічне завдання 2. Прогнозування очікуваної похибки форми оброблюваної поверхні</u>	16
---	----

<u>Розрахунково - графічне завдання 3. Забезпечення точності замикаючої ланки методом повної взаємозамінності.....</u>	26
--	----

Розділ ІІ

<u>Розрахунково - графічне завдання 4. Вибір заготовки і економічне обґрунтування способу її отримання.....</u>	35
---	----

<u>Розрахунково - графічне завдання 5. Складання планів обробки поверхонь деталі.....</u>	55
---	----

<u>Розрахунково - графічне завдання 6. Призначення операційних припусків та розрахунок операційних розмірів методом розмірних ланцюгів.....</u>	75
---	----

Список літератури	96
-------------------------	----

Дані методичні вказівки призначено для надання допомоги студентам під час роботи над курсом «Технологічні основи машинобудування».

Загальний напрямок розрахунково – графічних контрольних завдань полягає у набутті студентами практичних навичок в технологічній діагностиці і прогнозуванні очікуваних похибок обробки заготовок, розробці технологічних процесів обробки деталей.

До методичних вказівок включено також розділи лекційного курсу: статистичний аналіз точності обробки, жорсткість технологічних систем, вибір заготовки і економічне обґрунтування вибраних методів одержання заготовок, складання планів обробки поверхонь деталей, призначення операційних припусків і розрахунок виконавчих розмірів, методи забезпечення точності замикаючої ланки складальних розмірних ланцюгів.

Методичні вказівки містять: основні теоретичні положення за темою заняття, приклад розв'язання задачі, індивідуальні завдання, контрольні запитання, необхідні довідкові данні.

Дані методичні вказівки можуть також використовуватись студентами при виконанні курсового та дипломного проектування.

РОЗДІЛ І

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 1

ОЦІНКА ІМОВІРНОСТІ ПОЯВИ БРАКУ НА ЗАДАНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ОПЕРАЦІЇ

Мета роботи – оволодіти методикою розрахунку статистичних оцінок точності обробки заготовок контрольної вибірки і методикою розрахунку імовірності появи браку на основі використання нормального закону розподілу (НЗР) похибок обробки.

1.1 Основні теоретичні положення

Для розв'язання задачі необхідно із загальної сукупності оброблених заготовок взяти контрольну вибірку об'ємом $n \geq 100$ шт. Послідовність обробки цих заготовок не враховується при вимірюванні розміру, що контролюється. Для кожної i -ої заготовки визначається похибка обробки:

$$X_i = d_{\text{ном}} - d_{\text{факт}},$$

де $d_{\text{ном}}$ – номінальний розмір поверхні, що задано на кресленні;
 $d_{\text{факт}}$ – фактичний розмір поверхні, отриманий після механічної операції.

Одержана сукупність похибок x_i об'ємом n є вихідною статистичною інформацією, яку слід представити у вигляді зручного для наступних розрахунків. Роблять це таким чином:

а) серед n значень похибок x_i знаходять найбільше та найменше значення: $x_{\text{НБ}}$ і $x_{\text{НМ}}$;

б) розраховують значення розмаху похибок:

$$R = x_{\text{НМ}} - x_{\text{НБ}};$$

в) значення R розбивають на j інтервалів. Зазвичай ця кількість інтервалів непарна, тобто: $j=5; 7; 9$; але в будь-якому випадку значення ширини інтервалу повинно бути більше від значення ціни поділки відлікового пристрою вимірювального приладу;

г) встановлюють частоту попадання значень x_i у кожний j -ий інтервал і позначають її символом – n_j ;

д) оформлюють таблицю 1.1, заповнюють колонки 1...3.

Основними статистичними характеристиками точності обробки

є: $\bar{X}$ – середньоарифметичне значення похибок і S – середньоквад-
ратичне відхилення (с.к.в.) цих похибок за даними контрольної вибір-
ки. Якщо $n \rightarrow \infty$, то $x \rightarrow m_x$, а $S \rightarrow \sigma$. Значення $\bar{X}$ та S є дослідними ста-
тистичними оцінками, а m_x і σ – їх теоретичними аналогами.

Значення дослідних оцінок розраховуються за формулами:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{\sum (\bar{x}_j \cdot n_j)}{n} \quad (1.1)$$

$$\sigma \approx S = \sqrt{\frac{\sum ((\bar{x}_j - \bar{x})^2 \cdot n_j)}{n}} \quad (1.2)$$

де $\bar{x}_j$ – середина j -го інтервалу.

Для оцінки імовірності появи браку необхідно знати закон роз-
поділу похибок. Діаметральні і лінійні розміри та їх похибки підляга-
ють нормальному закону розподілу (НЗР), математичний вираз якого
у диференціальній формі подається у вигляді:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}} \quad (1.3)$$

Графічне представлення НЗР (рис. 1.1 та 1.2) має вигляд симет-
ричної дзвоноподібної кривої. Площа під кривою в межах інтервалу
між x_1 та x_2 характеризує імовірність попадання випадкової величини
 x в межі цього інтервалу.

Зокрема $P(-\infty < x < +\infty)$. Для розрахунку $P(x_1 < x < x_2)$ при будь-яких
 x_1 та x_2 необхідно функцію (1.3) проінтегрувати в межах інтервалу, то-
ді:

$$\begin{aligned} P(x_1 < x < x_2) &= \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}} \cdot dx = \\ &= P(t_1 < t < t_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} \cdot dt = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) \end{aligned} \quad (1.4)$$

де $\Phi(t)$ – табульовані значення нормальної функції розподілу
(функції Лапласа), табл. 1.2;

$$t_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} \qquad t_2 = \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} \qquad (1.5)$$

Якщо нижня границя інтервалу $x_1 - \bar{x} = -3\sigma$, а верхня $x_2 - \bar{x} = +3\sigma$, то $P(-3\sigma < x < 3\sigma) = P(-3 < t < 3) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(3) - \Phi(-3) = \Phi(3) + \Phi(3)2 = 0,9973$

Саме тому похибки -3σ та $+3\sigma$ беруться як граничні стандартні погрішності, а поле розсіювання погрішностей $\omega = 6 \cdot \sigma$ називають стандартним полем розсіювання.

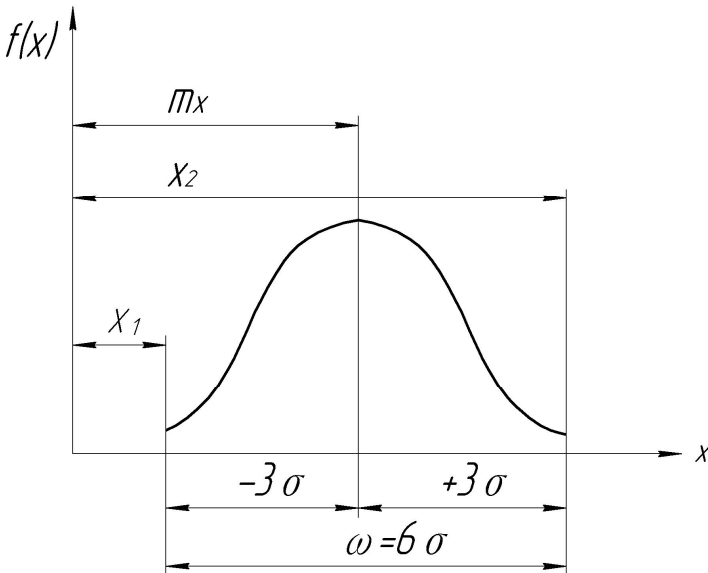


Рисунок 1.1 – Загальний вид кривої НЗР.

Брак на операції буде завжди, якщо, $\omega = 6\sigma > Td$, тобто стандартне поле розсіювання похибок буде більше поля допуску. В цій ситуації коефіцієнт точності менше одиниці:

$$K_T = \frac{Td}{\omega} < 1 \qquad (1.6)$$

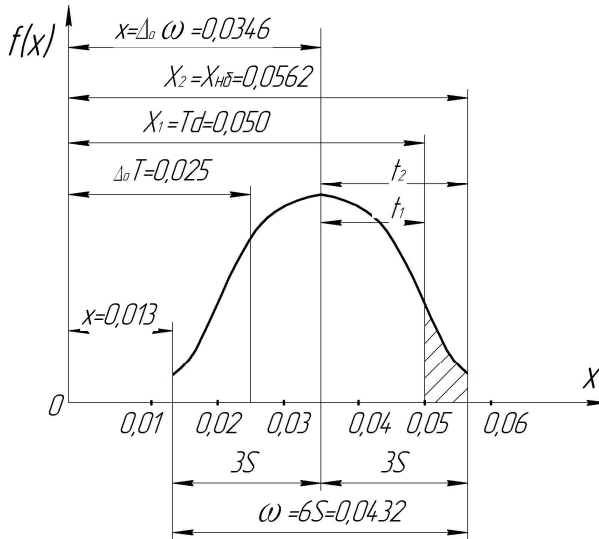


Рисунок 1.2 – Дзвоноподібна крива НЗР (розрахункова схема) до задачі.

Проте брак можливий і при $K_T > 1$, тобто за умови $\omega = 6\sigma > Td$. У таких випадках брак обумовлено значною похибкою настройки, що формально відображається зміщенням координати середини поля розсіювання, що характеризує рівень настройки ріжучої кромки інструменту відносно координати середини поля допуску, окремий випадок такої ситуації представлено на рис. 1.2.

Грунтуючись на викладених теоретичних і методичних положеннях, розглянемо приклад розв'язання задачі.

1.2 Приклад розв'язання задачі

Постановка задачі. Виявити наявність браку при обробці заготовок на заданій операції. За наявності браку розрахувати імовірність появи поправного, непоправного та загального браку.

Встановити конкретну кількість бракованих і придатних деталей, з урахуванням заданої програми випуску. Встановити і рекомендувати шляхи зменшення проценту браку або повного його усунення. Підтвердити ефективність пропозицій необхідними розрахунками.

Вихідні дані. На налаштованому верстаті розточується отвір у роз-

мір $\varnothing 60_{-0,01}^{+0,05}$. Контроль виконується нутроміром з ціною поділу шкали індикатора 0,01 мм. Загальна програма випуску деталі $N=10^4$ шт. Обсяг контрольної вибірки $n=100$ шт.

Інформацію щодо похибок обробки (з розбивкою за інтервалами і встановленням n_j – частоти попадання значення похибок в j -ий інтервал) представлено в табл. 1.1 (колонки 1...3).

Порядок розв'язання задачі. Після постановки задачі і запису вихідних даних робота ведеться у такому порядку.

1.2.1. Готуємо табл. 1.1 і заповнюємо перші три колонки.

1.2.2. Розраховуємо значення величин, зазначених у колонках 4,5 і вносимо їх до табл. 1.1. Знаходимо суму 5-ої колонки.

Таблиця 1.1 – До розрахунку наявності браку

№ інтер-валу	Межі інтервалу, мкм	Частота n_j	Середина інтервалу $\bar{x}_j$, мкм	$\bar{x}_j \cdot n_j$	$(\bar{x}_j - \bar{x})$	$(\bar{x}_j - \bar{x})^2 \cdot n_j$
1	2	3	4	5	6	7
1	більш 10 до 20	1	15	15	-19,6	384,16
2	від 20 до 30	22	25	550	-9,6	2027,52
3	від 30 до 40	60	35	2100	+0,4	9,60
4	від 40 до 50	14	45	630	+10,4	1514,24
5	від 50 до 60	3	55	165	+20,4	1248,48
Σ		100	--	3460	--	5184,00

1.2.3. Розраховуємо за формулою (1.1) значення $\bar{x}$:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{3460}{100} = 34,6 \text{ мкм (або 0,0346 мм)}.$$

Тепер можна вирахувати колонки 6,7.

За формулою (1.2) розраховуємо значення σ_i :

$$\sigma_i \approx S = \sqrt{\frac{5184}{100}} = 7,2 \text{ мкм (або 0,0072 мм)}.$$

1.2.4. Розраховуємо очікувані значення граничних похибок:

$$x_{HB} = \bar{x} + 3\sigma = 0,0346 + 3 \cdot 0,0072 = 0,0562 \text{ мм}$$

$$x_{HM} = \bar{x} - 3\sigma = 0,0346 - 3 \cdot 0,0072 = 0,0130 \text{ мм}$$

і стандартне поле розсіяння:

$$\omega = 6\sigma = x_{HB} - x_{HM} = 0,0562 - 0,0130 = 0,0432 \text{ мм}$$

1.2.5. Викреслюємо розрахункову схему (рис. 1.2), дотримуючись такої послідовності: наносимо осі x і $f(x)$ координатної системи, на графіку виставляємо точки, що дадуть змогу побудувати дзвоноподібну криву НЗР, тобто їх координати за віссю абсцис – це середини інтервалів x_j (колонка 4), за віссю ординат відповідна частота n_j (колонка 3); на осі абсцис відзначаємо точки, що відповідають значенням найменшої похибки $x_{HM}=0,013$, координати середини поля допуску $\Delta_0 T = 0,025$, координати середини поля розсіювання $\Delta_0 \omega = \bar{x} = 0,0346$, найбільшої похибки $x_{HB}=0,0562=x_2$, зазначаємо поле допуску $Td=x_l=0,05$ мм, встановили його границі $ES=+0.05$ і $EI=0$, поле розсіювання $\omega=6\sigma=0,0432$ мм.

Довільно викреслюємо дзвоноподібну криву НЗР, симетричну відносно координати $\Delta_0 \omega = \bar{x}$.

Заштриховуємо площу, що має такі границі: знизу – вісь абсцис, зверху – крива розподілу НЗР, ліворуч і праворуч прямі (відмічаємо ці лінії як X_1 та X_2), що визначають брак (ту частину графіку, що виходить за межі заданого допуску Td).

Площа заштрихованої фігури являє собою імовірність появи браку у відсотках %, яку визначають за допомогою інтегралу формули (1.4) з межами t_1 і t_2 (рис.1.3).

1.2.6. Розраховуємо за формулами (1.5) значення границь інтегрування t_1 і t_2 :

$$t_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0,05 - 0,0346}{0,0072} = 2,14;$$

$$t_2 = \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0,0562 - 0,0346}{0,0072} = 3$$

1.2.7. Розраховуємо імовірність появи браку, використовуючи перероблену формулу (1.4) і табл. 1.2, в якій вже розраховано значення інтегралу для визначення границь:

$$P_{PB} = P(x_1 < x < x_2) = P(0,05 < x < 0,056) = P(t_1 < t < t_2) = P(2,14 < t < 3) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi(3) - \Phi(2,14) = 0,49865 - 0,4838 = 0,01485 \text{ або } 1,485\%.$$

Таблиця 1.2-Значення інтегралу $\Phi(t)$

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0,00	0,0000	0,84	0,2995	1,71	0,4561
0,02	0,0080	0,86	0,3051	1,73	0,4582
0,04	0,0160	0,88	0,3106	1,75	0,4599
0,06	0,0239	0,90	0,3159	1,77	0,4616
0,08	0,0319	0,92	0,3212	1,79	0,4633
0,10	0,0398	0,94	0,3264	1,81	0,4649
0,12	0,0478	0,96	0,3315	1,83	0,4664
0,14	0,0557	0,98	0,3365	1,85	0,4678
0,16	0,0636	1,00	0,3413	1,87	0,4693
0,18	0,0714	1,02	0,3461	1,89	0,4706
0,20	0,0793	1,04	0,3508	1,91	0,4719
0,22	0,0871	1,06	0,3554	1,93	0,4732
0,24	0,0948	1,08	0,3599	1,95	0,4744
0,26	0,1026	1,10	0,3643	1,97	0,4756
0,28	0,1103	1,12	0,3686	1,99	0,4767
0,30	0,1179	1,14	0,3729	2,02	0,4783
0,32	0,1255	1,16	0,3770	2,06	0,4803
0,34	0,1331	1,18	0,3810	2,10	0,4821
0,35	0,1368	1,20	0,3849	2,16	0,4846
0,37	0,1443	1,22	0,3888	2,20	0,4861
0,39	0,1517	1,24	0,3925	2,24	0,4875
0,41	0,1591	1,26	0,3962	2,28	0,4887

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
0,43	0,1664	1,28	0,3997	2,32	0,4898
0,45	0,1736	1,30	0,4032	2,36	0,4909
0,47	0,1808	1,32	0,4066	2,40	0,4918
0,49	0,1879	1,34	0,4099	2,44	0,4927
0,51	0,1950	1,36	0,4131	2,48	0,4934
0,53	0,2019	1,38	0,4162	2,52	0,4941
0,55	0,2088	1,40	0,4192	2,56	0,4948
0,57	0,2157	1,42	0,4222	2,60	0,4953
0,59	0,2224	1,44	0,4251	2,64	0,4959
0,61	0,2291	1,46	0,4279	2,68	0,4963
0,63	0,2357	1,48	0,4306	2,72	0,4967
0,65	0,2422	1,50	0,4332	2,76	0,4971
0,67	0,2486	1,52	0,4357	2,80	0,4974
0,69	0,2549	1,54	0,4382	2,84	0,4977
0,70	0,2580	1,57	0,4418	2,88	0,4980
0,72	0,2642	1,59	0,4441	2,92	0,4982
0,74	0,2703	1,61	0,4463	2,96	0,4985
0,76	0,2764	1,63	0,4484	3,00	0,49865
0,78	0,2823	1,65	0,4505	3,40	0,49966
0,80	0,2881	1,67	0,4525	3,80	0,499928
0,82	0,2939	1,69	0,4545	4,50	0,499997

1.2.8. Обговорення результатів. Висновки і пропозиції. На досліджуваній операції має місце непоправний брак (тому що отвір більше дозволеної границі $ES=+0.05$). Процент бракованих деталей 1,485 %, і очікуване число бракованих деталей:

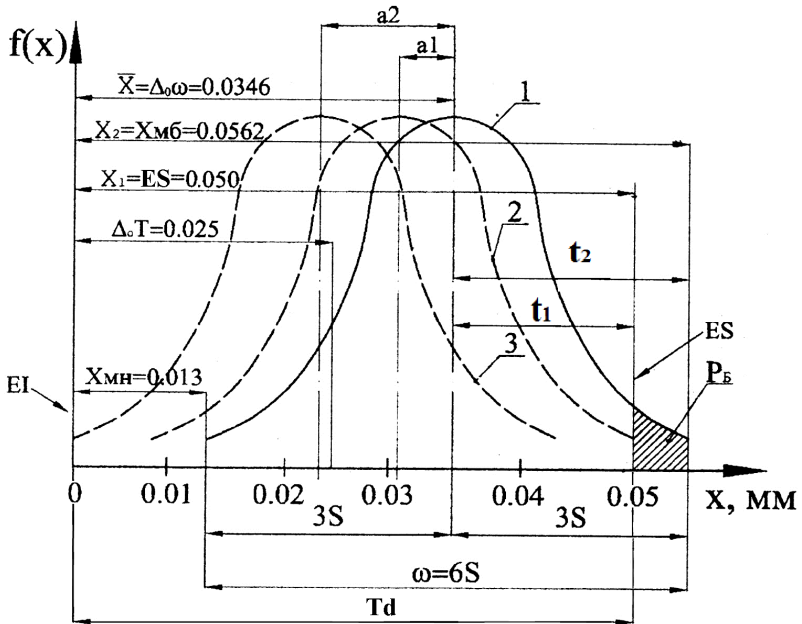
$$n_{БР} = \frac{N \cdot P_{БР}}{100} = \frac{N \cdot 1,485}{100} = \frac{10^4 \cdot 1,485}{100} = 149 \text{ шт}$$

Так як $\omega=0,0432 < Td=0,05$, брак обробки можливо усунути.

Формально усунення браку забезпечується зміщенням середньої координати кривої $\Delta_0\omega$ вліво на величину:

$$a_1 = x_2 - x_1 = x_{нб} - ES Td = 0,0562 - 0,05 = 0,0062 \text{ мм.}$$

Приклад дивись на рисунку 1.3.



1- розподіл за результатами вимірів; 2 - розподіл після зміщення вершини різця на величину $a_1 / 2$; 3 - розподіл після зміщення вершини різця на величину $a_2 / 2$.

Рисунок 1.3 - Розподіл похибок при розточуванні отвору

Це забезпечує зміщення кривої НЗР і розміщення поля розсіювання ω в межах поля допуску Td . Практично це забезпечується зміщенням вершини різця до осі отвору заготовки на величину $a_n = 0,5 \cdot a_1 = 0,5 \cdot 0,0062 = 0,0031$ мм. Забезпечення максимального запасу точності обробки на операції відбудеться якщо змістити координату $\Delta_0 \varphi$ на величину $a_2 = x_{nm} = 0,013$ мм. Практично, це також забезпечується зміщенням вершини різця до осі отвору заготовки на величину $a_n = 0,5 a_2 = 0,5 \cdot 0,013 = 0,0065$ мм.

1.3 Індивідуальне завдання

Завдання представлено в табл. 1.3. Всі контрольні виборки мають однаковий об'єм $n=100$. Задані виконавчі розміри отвору забезпечуються чистовим розточуванням.

1.4 Контрольні питання

1. Чому при обробці заготовок на наладнаних верстатах має місце розсіювання параметрів точності?
2. У яких випадках похибки розмірів підпорядковуються нормальному закону розподілу?
3. Як математично і графічно подається нормальний закон розподілу?
4. Яка імовірність попадання значень похибок в межі поля розсіювання $\omega = 6 \cdot \sigma$?
5. Який технічний параметр характеризується статистичним параметром – $\bar{x}$?
6. Що характеризують собою параметри: $m_x, \bar{x}, \sigma, S$?
7. Чи можна завжди стверджувати, що при $\omega = 6 \cdot \sigma < Td$ брак на операції відсутній?
8. На підставі яких статистичних даних можна зробити висновок про наявність або відсутність браку на операції?
9. Чому похибки рівні $\pm 3\sigma$ прийняті в якості стандартних?
10. За якими рівняннями розраховуються $\bar{x}$, s , ω , R , $P(x_1 < x < x_2)$?

Таблиця 1.3 – Вихідні дані для розв'язання задачі № 1

П/П №п	Границі інте- рвалів, мкм	Варіанти																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
		Частота, n_j																							
1	Від 10 до 0				4					5	3			1	3				3	4				5	
2	від 0 до 10				20					21	25			4	21	4	3	6	5	15		2	7	15	
3	від 10 до 20			1	45	1				40	50	7	6	24	46	6	15	20	80	75	1	25	20	60	
4	від 20 до 30			5	6	30	3	3	7	4	24	28	20	19	45	29	80	70	60	8	3	4	60	50	16
5	від 30 до 40	3	15	15	1	15	25	20	14	7	4	50	48	21	1	8	10	9	4	3	90	8	20	4	
6	від 40 до 50	25	50	40		55	40	50	60	2		19	22	3		2	2	5			3	5	3		
7	від 50 до 60	40	25	20		20	30	19	20	1		4	5	2							2				
8	від 60 до 70	30	5	7		4	2	4	2																
9	від 70 до 80			1		2																			
Об'єм вибірки n		100				100					100					100					100				
Виконавчий розмір		100 ^{+0,06}				80 ^{+0,06}					50 ^{+0,05}					40 ^{+0,04}					30 ^{+0,04}				

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 2

ПРОГНОЗУВАННЯ ОЧІКУВАНОЇ ПОХИБКИ ФОРМИ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ

Мета роботи – навчитися розраховувати похибку форми заготовки в залежності від її конструктивних параметрів, режимів різання і геометрії інструменту.

2.1 Основні теоретичні положення

Жорсткість деталі j_d залежить від її конструктивних параметрів і від способу встановлення на верстаті. При малій жорсткості під дією сил різання заготовка прогинається, внаслідок чого утворюється похибка форми. Розглянемо це явище на прикладі токарної обробки гладкого валу при різних варіантах його встановлення: у патроні і задньому центрі (рис. 2.1), у передньому і задньому центрах (рис. 2.2), у патроні (рис. 2.3).

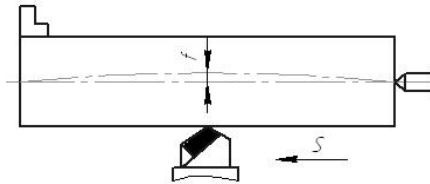


Рисунок 2.1 – Встановлення валу в патроні і задньому центрі

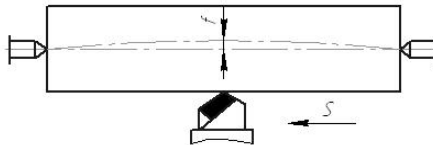


Рисунок 2.2 – Встановлення валу в передньому і задньому центрах

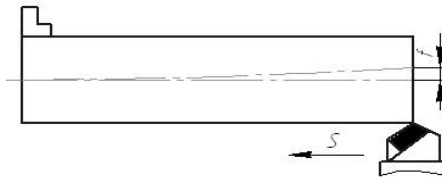


Рисунок 2.3 – Встановлення валу в патроні

Формули для розрахунку жорсткості j_ϕ і стріли прогину f подано у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Формули для розрахунку j_ϕ та f

№ п/п	Способи встановлення заготовки	Жорсткість, Н/мм	Стріла прогину, мм
1	У патроні і задньому центрі	$\frac{100 \cdot E \cdot J}{L^3}$	$\frac{P_y \cdot L^3}{100 \cdot E \cdot J}$
2	В центрах	$\frac{48 \cdot E \cdot J}{L^3}$	$\frac{P_y \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot J}$
3	В патроні	$\frac{3 \cdot E \cdot J}{L^3}$	$\frac{P_y \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot J}$

У формулах табл. 2.1 прийняті такі позначення:

P_y – радіальна складова сили різання, Н;

L – довжина заготовки, мм;

E – модуль пружності матеріалу:

для сталі $E=2 \cdot 10^5 \dots 2,2 \cdot 10^5$ МПа

для чавуна $E=0,75 \cdot 10^5 \dots 1,6 \cdot 10^5$ МПа

J – момент інерції, мм⁴:

для круглого перерізу:

$$J = 0,05 \cdot d^4; \quad (2.1)$$

для кільцевого перерізу:

$$J = 0,05 \cdot d^4 \cdot \left[1 - \left(\frac{D}{d} \right)^4 \right] \quad (2.2)$$

де d – діаметр зовнішньої поверхні, мм;

D – діаметр отвору, мм.

Якщо конструктором у технічних вимогах задано допустиме значення поздовжньої похибки форми $[\Delta_\phi]$, то виходячи, наприклад, з формули:

$$[\Delta_\phi] = 2 \cdot f = \frac{2 \cdot [P_y] \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot J} = A \cdot [P_y] \quad (2.3)$$

можна розрахувати допустиме значення:

$$[P_y] = \frac{48 \cdot E \cdot J}{2 \cdot L^3} \cdot [\Delta_\phi] \quad (2.4)$$

На підставі формули:

$$P_y = 10 \cdot C_{PY} \cdot t^{x_{PY}} \cdot S^{y_{PY}} \cdot V^{n_{PY}} \cdot K_{PY} \quad (2.5)$$

де коефіцієнт K_{PY} розраховується за формулою.

$$K_{PY} = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Технолог може підібрати такі значення t , S , V і K_{PY} , які забезпечать $\Delta_\phi < [\Delta_\phi]$ і задану продуктивність.

2.2 Приклад розв'язання задачі

Постановка задачі. Розрахувати очікувану похибку форми Δ_ϕ у поздовжньому перерізі деталі при заданих умовах обробки для кожного з трьох способів її встановлення. Призначити режими різання і геометрію інструменту, що забезпечують виконання умови $[\Delta_\phi] \leq 0,5 \cdot T_d$ при кожному способі встановлення. Розрахувати норму машинного часу t_0 для кожного способу закріплення деталі.

Вихідні дані. Операція токарна. На токарному одношпиндельному напівавтоматі точити вісь у розмір $\varnothing 28_{0,1}$. Параметри заготовки: матеріал – сталь з $\sigma_s = 750 \text{ МПа}$, $d_3 = 30 \text{ мм}$, $D_3 = 20 \text{ мм}$, $L_1 = 200 \text{ мм}$, $L_2 = 250 \text{ мм}$, $L_3 = 300 \text{ мм}$, модуль пружності $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Різальний матеріал – швидкоріжуча сталь. Режими: $V = 65 \text{ м/хв.}$, $S = 0,5 \text{ мм/об.}$ Геометрія інструмента: $\phi = 60^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\lambda = -5^\circ$, $r = 1 \text{ мм}$. Параметри точності: $T = 0,1 \text{ мм}$, $[T \Delta \phi] = 0,05 \text{ мм}$.

Порядок розв'язання задачі.

2.2.1. Розрахуємо силу різання P_y за формулою (2.5).

За таблицею (2.4) знаходимо коефіцієнти: $C_{PY} = 125$, $x_{PY} = 1,0$, $y_{PY} = 0,75$, $n_{PY} = 0$.

За таблицями (2.5) і (2.6), (2.7) знаходимо $K_{MP} = 1$, $K_{\phi P} = 0,7$, $K_{\gamma P} = 1,6$, $K_{\lambda P} = 0,75$, $K_{rP} = 0,82$.

Тоді, за формулою (2.6) $K_{PY} = 1 \cdot 0,7 \cdot 1,6 \cdot 0,75 \cdot 0,82 = 0,69$
і за формулою (2.5) $P_y = 10 \cdot 125 \cdot 1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 65 \cdot 0,69 = 513 \text{ Н}$

2.2.2. Розрахуємо очікувані значення похибки Δ_ϕ при різних значеннях L , використовуючи формули табл. 2.1.

За формулою (2.2) розрахуємо значення моменту інерції.

$$J = 0,05 \cdot 30^4 \cdot \left[1 - \frac{20^4}{30} \right] = 41943 \text{ мм}$$

Тоді при встановленні у патроні і задньому центрі, при $L=200\text{мм}$:

$$\Delta_{\phi} = 2 \cdot f = \frac{2 \cdot 51,3 \cdot 800 \cdot 10^4}{100 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 41943} = 0,0098 \text{ мм};$$

при $L_2=250 \text{ мм}$, $\Delta_{\phi}=0,0192 \text{ мм}$;

при $L_3=300 \text{ мм}$, $\Delta_{\phi}=0,0329 \text{ мм}$.

При встановленні в центрах:

$$\Delta_{\phi} = \frac{2 \cdot P_y \cdot C^3}{48 \cdot E \cdot J}$$

при $L_1=200 \text{ мм}$, $\Delta_{\phi}=0,02 \text{ мм}$;

при $L_2=250 \text{ мм}$, $\Delta_{\phi}=0,04 \text{ мм}$;

при $L_3=300 \text{ мм}$, $\Delta_{\phi}=0,069 \text{ мм}$.

При встановленні в патроні:

при $L_1=200 \text{ мм}$, $\Delta_{\phi}=0,325 \text{ мм}$;

при $L_2=250 \text{ мм}$, $\Delta_{\phi}=0,643 \text{ мм}$;

при $L_3=300 \text{ мм}$, $\Delta_{\phi}=1,098 \text{ мм}$.

2.2.3. Оформити таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків

Спосіб установавлення заготовки	Похибка, мм, при різній довжині заготовки, мм		
	200	250	300
У патроні і задньому центрі	0,01	0,02	0,0330
В центрах	0,02	0,04	0,0690
У патроні	0,325	0,643	1,098

2.2.4. Формулюємо висновки і рекомендації.

Виходячи з вимоги $[\Delta_{\phi}] < 0,5 \cdot Td = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05 \text{ мм}$, бачимо, що тільки при встановленні заготовки у патроні та задньому центрі забезпечується $\Delta_{\phi} < 0,5 \cdot Td \text{ мм}$ при усіх заданих значеннях L . При встановленні в центрах вимога не забезпечується для заготовок з $L=300 \text{ мм}$ і призначенні $S=0,5 \text{ мм/об}$. Допустиме значення подачі $[S]$ розраховується так. Підставляємо у формулу:

$$[\Delta_\phi] = \frac{2 \cdot [P_y] \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot J}$$

допустиме $\Delta_\phi = 0,05$ і знаходимо:

$$[P_y] = \frac{48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 41943 \cdot 0,05}{2 \cdot 300^3} = 343 \text{ Н}$$

Використовуючи формулу (2.5) запишемо:

$$[P_y] = 1250 \cdot [S]^{0,75} \cdot 65^\circ \cdot 0,69 = 343 \text{ Н}$$

$$[S]^{0,75} = \frac{343}{1250 \cdot 0,69} = 0,395$$

$$[S] = \sqrt[0,75]{0,395} = 0,296 \text{ мм/об}$$

Приймаємо допустиме значення $[S] = 0,3$ мм/об.

Така подача знижує продуктивність більше, ніж в 1,6 рази.

Очевидно, що обробка у патроні недопустима через великі значення Δ_ϕ . Розрахунки доводять, що наприклад, при $L=200$ мм для забезпечення $\Delta_\phi = 0,05$ мм слід приймати подачу $S = 0,04$ мм/об, а при $L = 300$ мм – $S = 0,02$ мм/об.

2.2.5. Будуємо графічні залежності $\Delta_\phi = f[L]$ при заданих у задачі вихідних даних (рис. 2.4).

За допомогою цих залежностей можливо без додаткових розрахунків встановити $[L]$ при різних значеннях $[\Delta_\phi]$. Наприклад, якщо $[\Delta_\phi] = 0,025$ мм, то при встановленні цієї заготовки в патрон і центр $[L] \leq 273$ мм, а при встановленні в передньому та задньому центрах $[L] \leq 215$ мм.

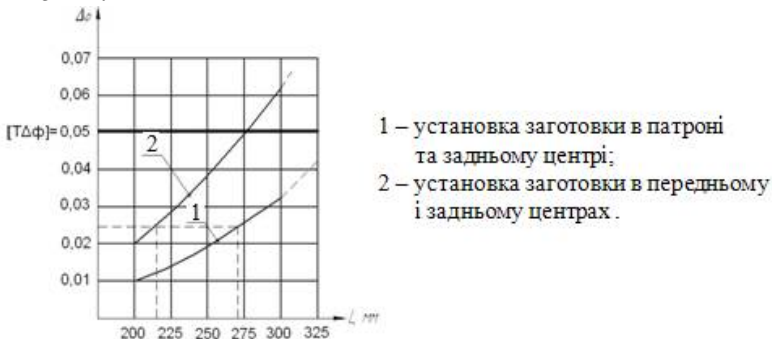


Рисунок 2.4 – Розрахункові значення

2.2.6. Розрахуємо основний час t_0 обробки даної поверхні деталі за формулою:

$$t_0 = \frac{L_{P.X.}}{S \cdot n} \cdot i \quad (2.6)$$

де $L_{P.X.}$ – довжина робочого ходу, мм, дорівнює сумі довжин – врізання (2...3 мм), перебігу (2...3 мм) та довжині оброблюємої деталі L ;

S – подача, мм/об;

n – частота обертання, об/хв: $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 30} = 690$ об/хв;

i – кількість проходів.

Для вала довжиною 300 мм розраховуємо t_0 .

а) при установці в патроні та задньому центрі:

$S=0,5$ мм/об;

$$t_0 = \frac{300 + 3 + 3}{0,5 \cdot 690} \cdot 1 = 0,89 \text{ хв};$$

б) при установці в центрах:

$S=0,3$ мм/об;

$$t_0 = \frac{300 + 3 + 3}{0,3 \cdot 690} \cdot 1 = 1,48 \text{ хв (в 1,6 раз падає продуктивність ніж у}$$

першому випадку);

в) при установці в патроні:

$S=0,02$ мм/об;

$$t_0 = \frac{300 + 3 + 3}{0,02 \cdot 690} \cdot 1 = 22,17 \text{ хв (в 25 разів падає продуктивність)}.$$

2.3 Індивідуальні завдання

Завдання за варіантами подано в табл. 2.3. Задаються: σ_s для сталей і $HВ$ для чавунів; зовнішній діаметр d ; діаметр отвору D і довжина L заготовки; допуск на розмір – Td і на похибки форми Δ_F деталі; параметри геометрії різця: φ , γ , λ і радіус при вершині r ; різальний матеріал – швидкоріжуча сталь (ШС) чи твердий сплав (ТС); режими обробки – V , S і t .

Таблиця 2.3 – Вихідні дані до розв'язання задачі № 5

Вари- ант	Параметри заготовки												Допуск		Різа- льний мат-л	Геометрія різця				Режим різання		
	σ_b	HB	d_1	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3	L_1	L_2	L_3	T_d	$T_{\Delta\phi}$	φ		γ	λ	r	V	S	t	
																						мм
1,2	900	-	25				0		200	250	300	0,1	0,03	90	0	-5	0,5	65		0,5	1,5	
3,4	750	-	30											60	0	0	1,0					
5,6			35											45								
7,8	750	-	30		15		20	25	200					90	10	-5	0,5					
9,10			40		20		25	30	300				0,1	0,05	60	15	0	1	65		0,5	1,0
11,12			50		20		30	40						45	20	10	5	2				
			13	25	30	35	0		200							-5				75	0,4	1,5
14	850	-	30		40		20		300		0,1		0,05	TC	90	10	0	0	80		0,4	1,5
15			30		40		50		300				60						0,3	1,2		
16			20		25		30		250				45						10	1,0		
17			30										45						0	-5	0,5	1,0
18	600	-	35						200		250	300	0,05	0,03	60	0	0	80		0,4	1,5	
19			30										90	10	-5	1,0						
20			35										45	10	5	1,5						
			21,22	150	30	20	200	300	400				90	0	5	1,0						
23,24	25	180	40	30	250, 300			0,1	0,05	45	10	0	0	75	0,5	1,5						
25		220	50	40	250, 300					30	0	-5	1,2									

Примітка: 1. У варіантах 1 ... 12 і 21 ... 24 різальний матеріал: непарні варіанти – ШС, а парні – ТС.

Таблиця 2.4 – Показники для розрахунку сили P_y при точінні

Оброблюваний ма- теріал	Матеріал ріжучої ча- стини інструмента	Вид обро- бки	Коефіцієнт і показники			
			C_{py}	X_{py}	y_{py}	n_{py}
Сталь конструкційна $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$	Твердий сплав	Зовнішнє подовжнє точіння	243	1,0	0,60	-0,3
	Швидкоріжуча сталь		125	1,0	0,75	0
Чавун сірий НВ 190	Твердий сплав		54	1,0	0,75	0
Чавун ковкий НВ 150			43	1,0	0,75	0

Таблиця 2.5 – Формули для розрахунку коефіцієнта K_{MP}

Сталь конструкційна	Чавун	
	сірий	ковкий
$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p}$	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_p}$	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{150} \right)^{n_p}$

Таблиця 2.6 – Показник ступеня n_p в формулах для K_{MP} (табл. 2.5)

Оброблюваний матеріал	Показник	
	Твердий сплав	Швидкоріжуча сталь
Сталь конструкційна	1,0	2,0
Чавун сірий, ковкий	1,0	1,3

Таблиця 2.7 – Поправочні коефіцієнти, що враховують геометрію ріжучого інструменту при розрахунку сили P_y

Кути та їх значення		Матеріал різально-го інструменту	Коефіцієнти та їх значення	
Головний кут, град φ	30	Твердий сплав	$K_{\varphi P}$	1,30
	45			1,00
	60			0,77
	90			0,50
	30	Швидкоріжуча сталь		1,60
	45			1,00
	60			0,71
	90			0,44
Передній кут, град γ	-15	Твердий сплав	$K_{\gamma P}$	2,00
	0			1,40
	10			1,00
	10	Швидкоріжуча сталь		2,00
	10-15			1,60
	20-25			1,00
Кут нахилу λ головного леза, град	-5	Твердий сплав*	$K_{\lambda P}$	0,75
	0			1,00
	5			1,25
	10			1,75
Радіус при вершині інструменту r , мм	0,5	Швидкоріжуча сталь**	K_{rP}	0,66
	1,0			0,82
	2,0			1,00
	3,0			1,14
Примітки:				
1.* Для різців із швидкоріжучої сталі $K_{\lambda P} = 1$				
2.**Для різців із твердого сплаву $K_{rP} = 1$				

2.4 Контрольні питання

1. Як розраховується очікувана похибка форми Δ_ϕ при різних способах установки валів?
2. Які параметри конструкції деталі впливають на похибку Δ_ϕ ?
3. Який параметр V , S і t у найбільшій мірі впливає на утворення похибки Δ_ϕ ?
4. Якщо при заданому способі встановлення заготовки вичерпані можливості забезпечення вимоги $\Delta_\phi < [\Delta_\phi]$ за рахунок підбору S , V і параметрів геометрії інструмента, то як можливо забезпечити $[\Delta_\phi]$?
5. За допомогою яких пристосувань і схем різання можливо зменшити Δ_ϕ при обробці валів і осей?
6. Чи можливо за рахунок збільшення числа проходів забезпечити зменшення значення Δ_ϕ ?

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 3

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗАМИКАЮЧОЇ ЛАНКИ МЕТОДОМ ПОВНОЇ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ

Мета роботи – оволодіти методикою розв'язання проектної задачі, суть якої полягає у нормуванні точності складових ланок складального розмірного ланцюга, при забезпеченні якого задана точність замикаючої ланки буде забезпечуватись при складанні вузла методом повної взаємозамінності (ПВЗ).

3.1 Основні теоретичні положення

Суть методу ПВЗ полягає в тому, що в кожному з усіх вузлів однієї конструкції, що складаються, точність замикаючої ланки забезпечується без підбору, сортування, пригонки деталей чи регулювання вузла.

Метод ПВЗ може бути реалізованим при виконанні трьох умов формул (3.1) – (3.3).

Умова 1.

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n TA_j \quad (3.1)$$

де TA_{Δ} – допуск на розмір замикаючої ланки;

TA_j – допуск на розмір j -ої складової ланки;

n – число складових ланок розмірного ланцюга.

Умова 2.

$$\Delta_0 A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m \Delta_0 \vec{A}_i - \sum_{j=1}^k \Delta_0 \overleftarrow{A}_j \quad (3.2)$$

де $\Delta_0 A_{\Delta}$ – координата середини поля допуску замикаючої ланки;

$\Delta_0 \vec{A}_i, \Delta_0 \overleftarrow{A}_j$ – відповідно координати середини поля допуску i -ої складової збільшуючої або j -ої зменшуючої ланки розмірного ланцюга;

m – кількість збільшуючих ланок;

k – число зменшуючих ланок.

Умова 3.

$$\left. \begin{aligned} ESA_{\Delta} &= \sum ES \vec{A}_i - \sum EI \overleftarrow{A}_j \\ EIA_{\Delta} &= \sum EI \vec{A}_i - \sum ES \overleftarrow{A}_j \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

При розв'язанні проектної задачі відомими є: номінальний розмір замикаючої ланки – A_{Δ} ; граничні відхилення ESA_{Δ} , EJA_{Δ} ; номінальні розміри складових ланок (за варіантами табл. 3.5).

Для всіх складових ланок всі параметри: ESA_j , EJA_j , TA_j , $\Delta_0 A_j$ повинні бути призначені такими, щоб умови (3.1)...(3.3) задовольнялись.

Допуски TA_j можливо встановлювати різними способами, в тому числі – по одному квалітету точності. Потрібний квалітет точності знаходиться за допомогою коефіцієнта a :

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum i_j} \quad (3.4)$$

де i_j – одиниця допуску;

$$i_j = 0,45 \cdot \sqrt[3]{A_j} + 10^{-3} \cdot A_j \quad (3.5)$$

де A_j – середнє значення розміру в інтервалі розмірів стандартного ряду.

Значення i та a наведено відповідно в табл. 3.1, 3.2.

В табл. 3.3 наведено значення допусків на розміри в залежності від квалітету точності.

3.2 Приклад розв'язання задачі.

Постановка задачі. Назначити показники точності на складові ланки розмірного ланцюга заданого вузла для забезпечення складання методом ПВЗ. Записати виконавчі розміри складових ланок. Вибрати метод обробки деталей.

Вихідні дані. Схема вузла кріплення диску і його розмірний ланцюг (рис. 3.1). При складанні зазор між диском 1 і втулкою 3 повинен забезпечуватись $A_{\Delta} = 0^{+0,3}_{+0,1}$ у межах 0,1...0,3 мм. Втулка 3 кріпиться ковпаком-гайкою 2.

Таблиця 3.1 – Значення одиниці допуску – i для інтервалів розмірів

Інтервали	до 3	3...6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...250
Значення	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,89

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта a

Коефіцієнт	16	25	40	64	100	160	250	400
Квалітет	7	8	9	10	11	12	13	14

Таблиця 3.3 – Табличні значення допусків

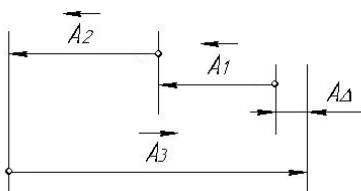
Квалі- тет	більш 3 до 6	Допуски, мкм для розмірів, мм									
		6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...250	250...315	315...400
7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57
8	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89
9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140
10	48	56	70	84	100	120	140	160	185	210	230
11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360
12	120	130	150	210	250	300	350	400	460	520	570

Номинальні розміри деталей у мм: диска $A_1=38$; гайки $A_2=42$; втулки $A_3=80$. Замикаюча ланка – зазор $A_\Delta = 0_{+0,1}^{+0,3}$

Порядок виконання роботи

3.2.1. Накреслити креслення вузла.

3.2.2. Накреслити схему розмірного ланцюга.



Рівняння розмірного ланцюга:

$$A_\Delta = A_3 - (A_1 + A_2) = 80 - (38 + 42) = 0$$

3.2.3. Накреслимо табл. 3.4 і заповнимо колонки 1...3.

Таблиця 3.4. – Результати розрахунку

Деталь	Позначення ланки	Номинальний розмір, мм	Одиниця допуску i	Допуск TA_j , мкм	Координата $\Delta_0 A_j$, мкм	Виконавчий розмір A_j , мкм
Диск	A_1	38	1,56	0,062	0	$38 \pm 0,031$
Гайка	A_2	42	1,56	0,064	0	$42 \pm 0,032$
Втулка	A_3	80	1,86	0,074	0,2	$80 \pm 0,257$
$\Sigma 4,98$				$\Sigma 0,200$		

3.2.4. За табл. 3.1 вибрати значення одиниць допуску та записати їх в табл. 3.4.

3.2.5. Розрахувати за формулою (3.4) значення коефіцієнта a , підставляючи допуск замикаючої ланки $TA_\Delta=200$ мкм:

$$a = \frac{200}{4,98} = 40,16 \approx 40$$

3.2.6. Визначити за табл. 3.2 квалітет точності. Таке значення коефіцієнта відповідає 9-му квалітету точності.

3.2.7. За таблицею 3.3 вибрати допуски на розміри $A_1...A_3$. Встановлюємо $TA_1=TA_2=62$ мкм; $TA_3=74$ мкм.

3.2.8. Перевіряємо умову рівності допусків за формулою (3.1):
 $200 \neq 62 + 62 + 74 = 198$

Через те, що умова (3.1) не виконується, необхідно скоректувати значення одного з допусків. Наприклад, приймаємо $TA_2 = 64$ мкм.

Прийняті значення $TA_1 = 62$, $TA_2 = 64$ та $TA_3 = 74$ записуємо в табл. 3.4.

3.2.9. Призначити координати середини полів допусків на всі ланки, крім однієї, наприклад, A_3 .

Приймаємо $\Delta_0 A_1 = 0$, $\Delta_0 A_2 = 0$. Використовуючи формулу (3.2), знаходимо координату $\Delta_0 A_3$.

$$\text{Так як } \Delta_0 A_\Delta = \frac{ESA_\Delta + EIA_\Delta}{2} = \frac{300 + 100}{2} = 200 \text{ мкм},$$

то $200 = \Delta_0 A_3 - 0 - 0$ та $\Delta_0 A_3 = 200$ мкм.

Записуємо значення координат $\Delta_0 A_j$ в табл. 3.4.

3.2.10. Розраховуємо граничні відхилення ланки A_3 :

$$ESA_3 = \Delta_0 A_\Delta + \frac{TA_3}{2} = 200 + \frac{74}{2} = 237 \text{ мкм};$$

$$EJA_3 = \Delta_0 A_\Delta - \frac{TA_3}{2} = 200 - \frac{74}{2} = 163 \text{ мкм}.$$

3.2.11. Записуємо виконавчі розміри:

$$A_1 = 38 \pm 0,031; \quad A_2 = 42 \pm 0,032; \quad A_3 = 80^{+0,237}_{+0,163}.$$

3.2.12. Виконуємо перевірку розрахунків, використовуючи формулу (3.3):

$$300 = 237 - (31 - 32) = 300 = ESA_\Delta$$

$$100 = 163 - (31 + 32) = 100 = EJA_\Delta$$

Таким чином всі розрахунки виконані вірно.

3.2.13. Призначаємо метод обробки, що забезпечує задану точність обробки деталей. Скориставшись табл. 3.6, для обробки трьох деталей, що входять у розмірний ланцюг, призначаємо однократне шліфування.

3.3 Індивідуальне завдання

Вихідні дані за варіантами подані в табл. 3.5 і на рис. 3.1 та 3.2. Для довідки наведена табл. 3.6.

3.4 Контрольні питання

1. Які розмірні ланцюги називаються складальними?
2. Які ланки входять до розмірних ланцюгів?
3. У чому полягає зміст проектної задачі при розрахунку розмірних ланцюгів?
4. Які існують методи розрахунку розмірних ланцюгів?
5. Як формулюється основне правило розмірних ланцюгів?
6. Якою формулою описується зв'язок граничних відхилень ланок розмірного ланцюга?
7. Якою формулою описується зв'язок координат середин полів допусків на розміри ланок розмірного ланцюга?
8. Які існують способи призначення допусків на розміри складових ланок?
9. Як визначається квалітет точності – загальний для всіх розмірів складових ланок?
10. Як перевіряється правильність розрахунків?

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для рішення задачі 3

Варіанти	Замикаюча ланка A_{Δ} , мм	Розміри складових ланок, мм						Вузол
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	
1, 13 2, 14	$0^{+0,2}_{+0,1}$	10 20	30 35	40 55				Рис.3.1
3, 15 4, 16	$0^{+0,4}_{+0,1}$	35 52	55 48	90 100				
5, 17 6, 18	$0^{+0,5}_{+0,1}$	30 55	35 45	65 100				
7, 19 8, 20	$0^{+0,4}_{+0,1}$	100 150	15 25	30 35	5 10	35 55	15 25	Рис.3.2
9, 21 10, 22	$0^{+0,6}_{+0,2}$	200 100	35 20	60 25	25 5	55 30	25 20	
11, 23 12, 24	$1^{+0,5}_{+0,1}$	300 200	75 35	125 55	4 14	20 60	75 35	
25	$1^{+0,4}_{+0,2}$	180	25	60	25	44	25	

Таблиця 3.6 – Значення допусків при різних методах обробки

Метод обробки	Середньоекономічні допуски, мкм на розміри										
	Св.3 до 6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...250	250...315	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Точіння:											
чорнове	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1350	
напівчистове	160	200	240	280	340	400	460	530	600	680	
чистове	48	58	70	84	100	120	140	160	185	215	
Шліфування:											
однократне	25	30	35	45	50	60	70	80	90	100	
чистове	12	15	18	21	25	30	35	40	47	54	

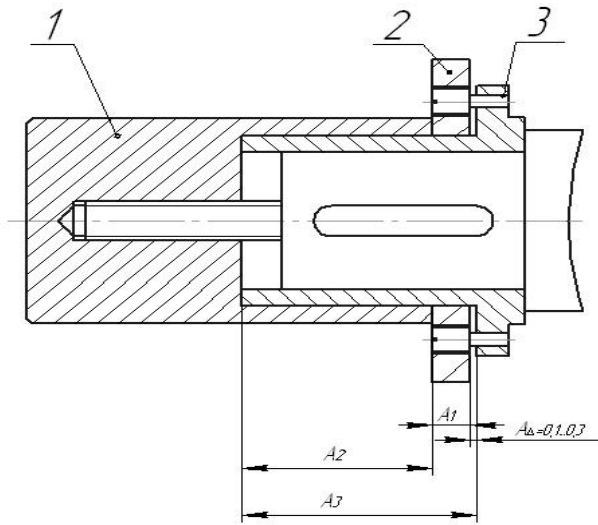


Рисунок 3.1 – Схема вузла для прикладу розв'язання задачі

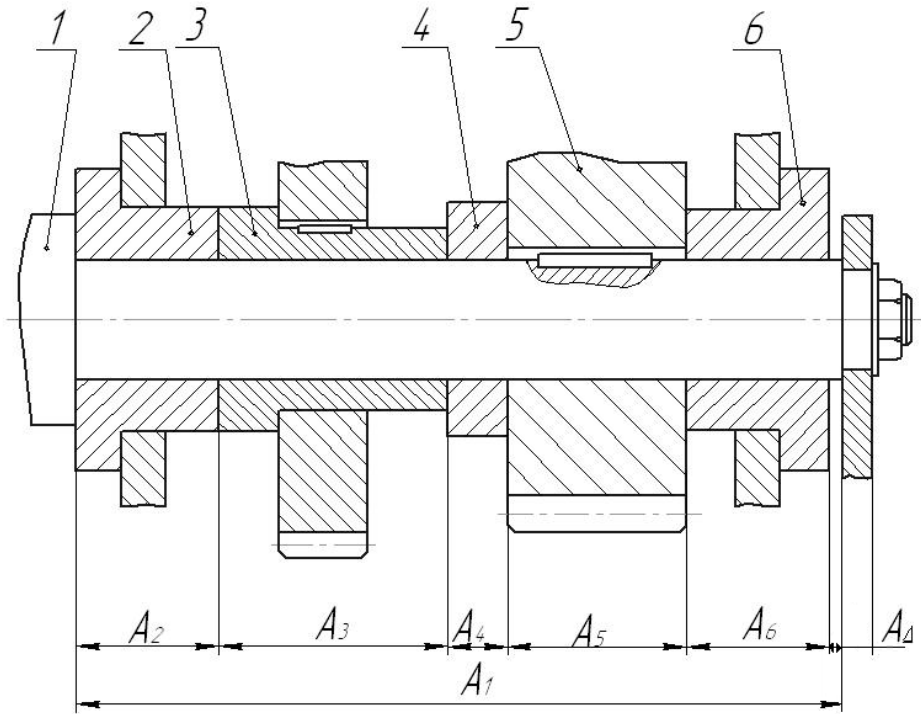


Рисунок 3.2 – Схема і складальний ланцюг вузла

РОЗДІЛ II

РОЗРАХУНКОВО – ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 4

ВИБІР ЗАГОТОВКИ І ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ЇЇ ОТРИМАННЯ

Мета роботи - економічне обґрунтування способу отримання заготовок враховуючи те, що кожен з можливих способів визначається показниками: витрати матеріалу, вартість виготовлення заготовки, технологічна собівартість і трудоемність на механічну обробку.

Основні теоретичні положення за темою занять

Кожен з обраних методів отримання заготовок повинен задовольняти ряд умов, а саме забезпечувати:

- властивість заготовки, яка необхідна для виконання деталлю своїх службових функцій за даними умовами експлуатації;
- можливість отримання заготовок з заданого матеріалу й заданої конструкції;
- продуктивність виготовлення заготовок з урахуванням заданої програми випуску.

Якщо ці умови задовольняють декілько методів (лиття, гаряче штампування, прокат) і тим паче декілько способів в межах кожного з цих методів, необхідно вибрати найбільш економічний варіант. При цьому використовують два критерію економічної доцільності:

- вартість виготовлення заготовки;
- коефіцієнт використання заготовки (КВЗ).

Вартість однієї заготовки, отриманої литтям чи гарячим штампуванням:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_r \cdot K_n \cdot K_b \cdot K_z \cdot K_{\pi} - (Q - q) \cdot \frac{B_{отк}}{1000} \quad (4.1)$$

Для заготовок з прокату:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q - (Q - q) \cdot \frac{B_{отк}}{1000} \quad (4.2)$$

де B_B - базова вартість виготовлення 1т. заготовок, грн.;

Q і q - відповідно вага заготовки і готової деталі, кг;
 $K_B, K_M, K_3, K_{\Pi}, K_T$ - коефіцієнти, що враховують відповідно матеріал, клас точності, групу складності, масу заготовки, програму випуску;
 $B_{\text{стружки}}$ - вартість 1т. стружки, грн.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (4.3)$$

Для розрахунку Q необхідно знати матеріал, розміри деталі, і сумарні припуски на обробку, які вибирають для відливок з сірого чавуну по ГОСТ 1855-95* ; відливки зі сталі - по ГОСТ 2009-85*; гаряче штампованих заготовок - по ГОСТ 7505-89; заготовок з прокату - по ГОСТ 2590-74* і ГОСТ 7414-74* .

Припустимо, що при порівнянні двох способів отримані значення $B_1 < B_2$ та $\eta_1 > \eta_2$, тоді приймають перший спосіб і розраховують річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

$$E_B = (B_2 - B_1) \Pi \quad (4.4)$$

і річне заощадження матеріалу:

$$M_1 = \frac{q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \eta_2} \cdot \Pi \quad (4.5)$$

де Π - річна програма випуску заготовок, шт.

Якщо отримали значення $B_1 < B_2$, але $\eta_1 < \eta_2$, то порівнюємо додаткові витрати на виготовлення заготовок за другим варіантом (форм. 4.4) з додатковими витратами на матеріал по першому варіанту визначаємо за формулою (4.5):

$$Z_M = \frac{E_{B_1}}{1000} \cdot M_1 \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{\Pi}, \quad (4.6)$$

де M_1 - додаткова використана маса матеріалу при отриманні заготовок першим способом, розрахована за формулою (4.5)

При інших випадках, аналогічно знаходимо використаний додатково матеріал за другим способом.

$$M_2 = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \eta_2} \cdot P$$

Для остаточного висновка порівнюють заощадження на виготовлення з додатковими витратами на матеріал: $E_B > Z_M$, або $E_B < Z_M$. Приймають той спосіб, який потребує найменших додаткових витрат.

Приклад розв'язання задачі №4

Вихідні дані:

Робоче креслення деталі (рис. 4.1).

Розміри:

$D_1=100$ мм, $D_2=50$ мм, $D_3=80$ мм, $L_1=100$ мм, $L_2=80$ мм.

Матеріал деталі - вуглецева сталь.

Річна програма $P=100 \times 10^3$ шт.

Умови задачі:

Економічно обґрунтувати доцільність використання одного з трьох способів отримання заготовок першого класу точності:

- лиття в піщані форми;
- лиття в кокіль;
- лиття в оболонкові форми;

Порядок розв'язання задачі:

1. Накреслити ескіз деталі. Дані звести в табл. 4.1.
2. Встановити припуски (табл. 4.2; 4.3) і розрахувати, використовуючи табл. 4.3, ескіз деталі, вагу деталі ($G = V \cdot \rho$), вагу заготовки Q , отриману кожним методом.
3. Розрахувати B і η , використовуючи формули (4.1) і (4.3) і дані таблиці 4.4 - 4.28. Наприклад, за першим варіантом (лиття в піщані форми), (табл. 4.4 – 4.11):

$$B_1 = \frac{2900}{1000} \cdot 4,39 \cdot 1,06 \cdot 1,21 \cdot 0,83 \cdot 0,93 \cdot 0,77 - (4,39 - 2,83) \cdot \frac{140}{1000} = 0,948 \text{ грн.};$$

$$\eta_1 = \frac{2,83}{4,39} = 0,644.$$

Інші розрахувати аналогічно.

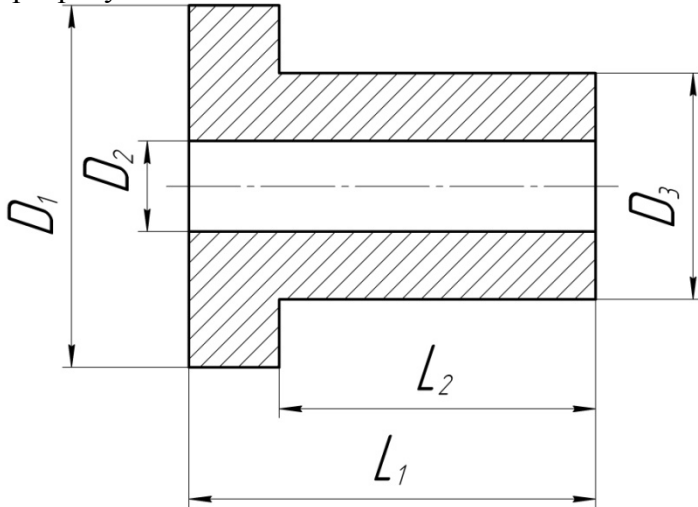


Рисунок 4.1

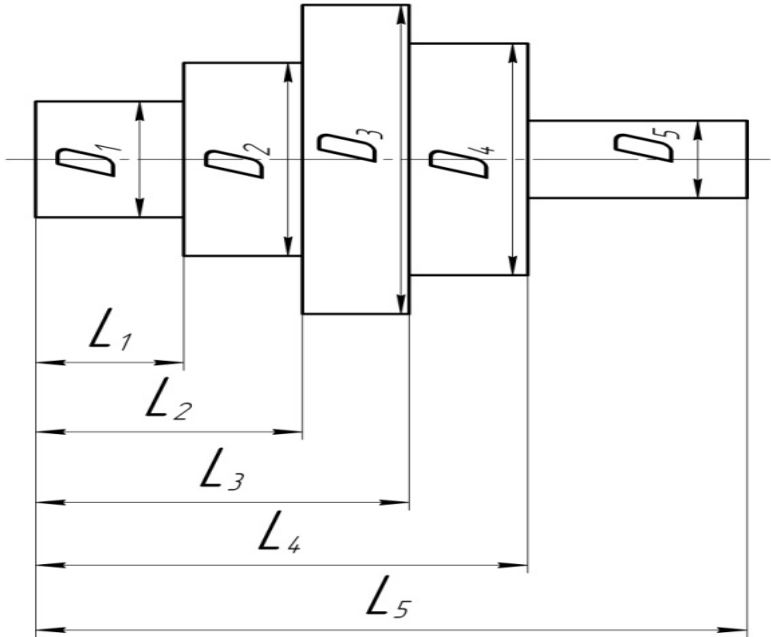


Рисунок 4.2

4. Розрахункові і довідникові розміри для кожного варіанту занести в табл. 4.1.

Подальші розрахунки належить виконувати відповідно до варіантів 2 і 3 тому, що $B_2 < B_1 < B_3$ та $\eta_1 < \eta_2 < \eta_3$

5. Розрахувати додаткові витрати на виготовлення за варіантом 3:

$$B_{B_3} = (B_3 - B_2) \cdot \Pi = (10,49 - 8,52) \cdot 10^5 = 197000 \text{ грн}$$

6. Розрахувати додаткові витрати на матеріал заготовки за варіантом 2:

$$M_2 = \frac{2,88 \cdot (0,89 - 0,841)}{0,89 - 0,841} \cdot 10^5 = 18449 \text{ кг}$$

$$B_{M_2} = \frac{3350}{1000} \cdot 18449 \cdot 1,06 \cdot 1,21 \cdot 0,83 \cdot 0,93 \cdot 0,77 = 61807$$

грн

Тому, що $B_{M_2} < B_{B_2}$, необхідно прийняти варіант 2 – лиття в кокіль. Абсолютне річне заощадження від упровадження цього способу відповідно:

$$E_{B_2} = B_{B_2} - B_{M_2} = 197000 - 61807 = 135193 \text{ грн}$$

Індивідуальне завдання

Завдання кожному студентові наведено в табл. 4.31. Номер варіанту відповідає номеру прізвища студента в списку академічної групи. Оцінка за виконання завдання ставиться відповідно до результатів його захисту

Таблиця 4.1 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимір	ВАРІАНТ		
			1	2	3
Припуск на сторону	Q	мм	3,5	1,25	1,0
Вага заготовки	Z	кг	4,39	3,37	3,18
Базова вартість 1 т. заготовок	B_0	грн.	2900	3350	4350
Коефіцієнти	K_T	-	-	1,06	-
	K_M	-	-	1,21	-
	K_B	-	-	0,83	-
	K_{B_2}	-	-	0,93	-
	K_{Π}	-	-	0,77	-

Вартість 1 т. стружки	$E_{\text{отх}}$	грн.		140	
Вартість однієї заготовки	B	грн.	9,48	8,52	10,49
Коефіцієнт використання заготовки	η	-	0,664	0,84	0,89

Контрольні запитання

1. Методи і способи виготовлення заготовок.
2. Чинники, які визначають можливість технічної реалізації методів і способів виготовлення заготовок.
3. Критерії, які використовують при оцінці ошадної економічної ефективності різноманітних способів.
4. Що відбивають коефіцієнти, зведені в формулу (4.1)?
5. В яких типах промисловості застосовуються ті чи інші способи отримання заготовок?
6. Чи варто враховувати технологічну собівартість механічної обробки її отримання?

Таблиця 4.2 – Припуски Z на сторону заготовок, отриманих литтям

		Спосіб лиття	Найбільший габаритний розмір деталі, мм	Номінальний розмір деталі																							
№				I клас точності						II клас точності																	
				До 50		50-120		120-250		До 50		50 - 120		120 -250													
				Сталь	Чавун	Сталь	Чавун	Сталь	Чавун	Сталь	Чавун	Сталь	Чавун	Сталь	Чавун												
1	В піщані форми	До 200 мм												3,5	2,5	3,5	2,5	4,0	3,0	4,0	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5		
2	Відцентрове													3,0	2,0	3,0	2,0	3,5	2,5	3,5	2,5	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0
3	В кокіль													1,0	1,0	1,25	1,0	1,25	1,25	1,25	1,25	1,0	1,5	1,25	1,75	1,5	
4	В оболонкові форми													0,9	0,9	1,0	1,0	1,25	1,25	1,25	1,0	1,0	1,25	1,25	1,5	1,25	
5	Під тиском	0,3	-	0,5	-	0,75	-	0,5	-	0,5	-	0,75	-	1,0	-												
6	За виплавленими моделями	0,2	-	0,25	-	0,50	-	0,3	-	0,3	-	0,5	-	0,75	-												

Таблиця 4.3 – Припуски Z на сторону гарячешампованих заготовок, мм

Вага заготовки, кг	Клас точності заготовки	Розмір заготовки, мм											
		Заготовки на пресі				Заготовки на молоті				Заготовки на ГKM			
		№ 50	50-120	120-260	260-360	№ 50	50-120	120-260	260-360	№ 50	50-120	120-260	260-360
Від 1.6 до 2.5	1	1.4	1.5	1.5	1.7	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4
	2	1.9	2.0	2.3	2.5	2.0	2.1	2.4	2.6	2.7	2.9	3.0	3.3
	3	2.4	2.6	3.0	3.3	2.7	2.9	3.3	3.6	3.4	3.7	1.3	4.7
Від 2.5 до 4.0	1	1.6	1.6	1.7	1.9	1.6	1.7	1.8	1.9	2.2	2.2	2.5	2.7
	2	2.1	2.2	2.5	2.7	2.3	2.4	2.7	3.0	2.7	3.0	3.3	3.6
	3	2.6	2.8	3.2	3.5	2.9	3.1	3.5	3.8	3.7	4.0	4.6	5.1
Від 4.0 до 6.3	1	1.9	1.9	2.0	2.2	1.9	2.0	2.1	2.2	2.7	2.7	3.0	3.1
	2	2.3	2.4	2.7	2.9	2.5	2.6	2.9	3.1	3.0	3.2	3.6	4.0
	3	2.9	3.1	3.5	3.8	3.2	3.4	3.8	4.1	4.2	4.5	5.1	5.6
Від 6.3 до 10.0	1	2.0	2.1	2.2	2.3	2.1	2.1	2.3	2.4	2.8	3.0	3.1	3.3
	2	2.5	2.6	2.9	3.1	2.7	2.8	3.1	3.3	3.3	3.5	3.9	4.2
	3	3.2	3.4	3.8	4.1	3.6	3.8	4.2	4.5	4.6	4.9	5.5	6.0

Таблиця 4.4 – Базова вартість 1т заготовок

Спосіб і метод отримання заготовок	Базова вартість 1т. заготовок, грн.
ВІДЛИВКИ	
В піщану форму при машинному формуванні. Заготовки із сірого чавуна вагою до 3 кг	2900
В кокіль. Заготовки із сірого чавуна, вага до 3 кг	3350
Відцентрове лиття. Заготовки із сірого чавуна, вага до 3 кг	3600
В оболонкові форми. Заготовки із сірого чавуна, вага до 3 кг	4350
В витоплювані моделі Заготовки з алюмінієвих сплавів, вага до 0,2 кг	16000
Лиття під тиском. Заготовки з алюмінієвих сплавів, вага до 0,2 кг	17800
ГАРЯЧЕШТАМПОВАНІ ЗАГОТОВКИ	
На ГKM. Заготовки із вуглецевої сталі, вага до 4 кг	3150
На молотах і пресах. Заготовки із вуглецевої сталі, вага до 4 кг	3500

Таблиця 4.5 – Вартість 1т стружки

Стружка	Оптова ціна за 1т, грн
Стальна	140
Чавунна	140
Алюмінієва	1770
Мідна	4000
Олов'яністі бронзи	5500

Значення коефіцієнтів $K_M, K_T, K_B, K_Z, K_{\Pi}$, при розрахунку вартості відливок, отриманих литтям в піщані форми, в кокіль, відцентровим і в оболонкові форми знаходиться по табл. 4.6 – 4.10

Таблиця 4.6 – Значення коефіцієнта K_T

Клас точності відливки	Матеріал відливки	
	Чорний	Кольоровий
1	1,06	—
2	1,03	—
3	1,00	—
4	—	1,10
5	—	1,05
6	—	1,00

Таблиця 4.7 – Значення коефіцієнта $K_{1,2}$

Матеріал відливки		Значення
ЧАВУНИ -	Сч 12-28; Сч 15-32; Сч-36	1
	Сч 24-34; Сч 28-48; Сч 36-60	1,1
	Сч 30-6; Кч 35-10; Кч 37-42	1,15
	Вч 54-0; Вч 50-1; Вч 60-2	1,24
СТАЛІ	Вуглецеві	1,21
	Низьколеговані	1,6
	Леговані	2,40
СПЛАВИ	Алюмінію	5,10
	Бронзи	5,40
	Магнію	9,15

Таблиця 4.8 – Значення коефіцієнта K_E

Матеріал відливки		Група складності				
		1	2	3	4	5
Чавун, сталь		0,7	0,83	1	1,2	1,45
Сплави	Алюмінію	0,82	0,89	1	1,25	1,32
	Бронзи	0,97	0,98	1	1,02	1,04
	Магнію	0,82	0,90	1	1,11	1,25

Таблиця 4.9 – Значення коефіцієнта K_E

Вага заготовки	Матеріал відливки				
	Чавун	Сталь	Алюмінієві сплави	Магнієві сплави	Бронзи
0,5-1,0	1,1	1,07	1,05	1,07	1,01
1-3	1	1	1	1	1
3-10	0,91	0,93	0,96	0,97	0,99
10-20	0,84	0,87	0,94	0,94	0,99
20-50	0,80	0,82	0,92	0,91	0,98

Таблиця 4.10 – Значення коефіцієнта K_{II}

Матеріал відливки	Група серійності (см. табл. 4.11)		
	1	2	3
Чавун	0,52	0,76	1
Сталь	0,5	0,77	1
Алюмінієві сплави	0,77	0,90	1
Магнієві сплави	0,82	0,92	1
Бронзи	0,91	0,96	1

Таблиця 4.11 – Дані для визначення групи серійності.

Вага відливки	Об'єм (тис. шт.) при групі серійності		
	1	2	3
0,5- 1,0	>500	100- 500	<100
1-3	>350	75 - 350	<75
3-10	>200	30-200	<30
10-20	>100	15-100	<15
20-50	>60	10-60	<10

Значення коефіцієнтів $K_M, K_T, K_E, K_Z, K_{II}$, при розрахунку вартості відливок, отриманих за методом витоплюваних моделей (табл. 4.12 – 4.16).

Таблиця 4.12 – Значення коефіцієнта K_T

Клас точності відливки	1	2	3
K_T	1,1	1,05	1,0

Таблиця 4.13 – Значення коефіцієнта K_M

Матеріалвідливки		Значення
Сталі	Вуглецеві	1,0
	Низьколеговані	1,04
	Високолеговані	1,23
Алюмінієвісплави		1,0
Мідні сплави		1,65
Бронзи		1,70

Таблиця 4.14 – Значення коефіцієнта K_2

Матеріал відливки		ГРУПА СКЛАДНОСТІ				
		1	2	3	4	5
Сталі	Вуглецеві	0,86	0,92	1	1,12	1,24
	Низьколеговані	0,86	0,93	1	1,11	1,23
	Високолеговані	0,85	0,90	1	1,12	1,26
Мідні сплави		0,87	0,93	1	1,15	1,26
Бронзи		0,92	0,95	1	1,10	1,15

Таблиця 4.15 – Значення коефіцієнта K_3

Вага відливки, кг	Матеріал відливки				
	Вуглецеві та низьколеговані сталі	Високо легувана сталь	Мідні сплави	Бронза безолов'яніста	Бронза олов'яніста
0,5-1,0	0,7	0,74	0,89	0,76	0,80
1-2	0,62	0,63	0,86	0,71	0,76
2-5	0,5	0,53	0,82	0,64	0,70
5-10	0,45	0,48	0,78	0,61	0,67
10	0,38	0,40	0,72	0,75	0,64

Таблиця 4.16 – Значення коефіцієнта K_4

Група серійності	1	2	3
Кп	0,83	1	1,23

Таблиця 4.17 – Дані для визначення групи серійності

Вага відливки, кг	Об'єм (тис. шт.) при групах серійності		
	1	2	3
0,5-1,0	>15	11-15	< 11
1-2	>12	9-12	<9
2-5	>10	7-10	<7
5-10	>4	3-4	<3

Значення коефіцієнтів K_M, K_T, K_B, K_2, K_P , при розрахунку вартості відливок, отриманих за методом лиття під тиском (табл. 4.18 – 4.22).

Таблиця 4.18 – Значення коефіцієнта K_T

Клас точності	1	2
K_T	1,05	1,00

Таблиця 4.19 – Значення коефіцієнта K_M

Матеріал відливки	K_M
Алюмінієві сплави	1,0
Магнієві сплави	1,5
Мідні сплави	0,93

Таблиця 4.20 – Значення коефіцієнта K_B

Матеріал відливки	Група складності			
	1	2	3	4
Алюмінієві сплави	0,88	0,94	1	1,07
Магнієві сплави	0,85	0,92	1	1,07
Мідні сплави	0,90	0,93	1	1,07

Таблиця 4.21 – Значення коефіцієнта K_2

Вага відливки, кг	Матеріал відливки		
	Алюмінієві спла- ви	Магнієвісплави	Мідні сплави
0,5-1	0,81	0,75	0,81
1-2	0,75	0,68	0,75
2-5	0,70	0,61	0,71
5-10	0,64	0,55	0,67

Таблиця 4.22 – Значення коефіцієнта K_T

Матеріал відливки	Група серійності		
	1	2	3
Алюмінієві сплави	0,92	1	1,09
Магнієвісплави	0,88	1	1,08
Мідні сплави	0,93	1	1,07

Таблиця 4.23 – Дані для визначення групи серійності

Маса відливки, кг	Об'єм (тис. шт.) при групі серійності		
	1	2	3
0,5-2,0	>500	300-500	< 300
2,0-5,0	> 300	150 -300	< 150
5,0- 10,0	> 100	75-100	<75

Дані для визначення коефіцієнтів при розрахунку вартості гарячештампованих заготовок, отриманих на пресах, молотах, ГKM (табл. 4.24 – 4.28).

Таблиця 4.24 – Значення коефіцієнта K_T

Клас точності заготовки	1	2	3
K_T	1,05	1,0	0,9

Таблиця 4.25 – Значення коефіцієнта K_M

Матеріал заготовки	K_M
Вуглецева сталь	1
Низьколегована сталь	1,22
Високолегована сталь	1,80

Таблиця 4.26 – Значення коефіцієнта K_c

Матеріал заготовки	Група складності			
	1	2	3	4
Вуглецева сталь	0,75	0,84	1	1,15
Низьколегована сталь	0,77	0,87	1	1,14
Високолегована сталь	0,78	0,89	1	1,12

Таблиця 4.27 – Значення коефіцієнта K_s

Маса заготовки, кг	Матеріал заготовки, сталі		
	Вуглецеві	Низьколеговані	Високолеговані
0,63-1,6	1,33	1,29	1,25
1,6-2,5	1,14	1,14	1,11
2,5-4	1	1	1
4-10	0,87	0,89	0,90
10-25	0,80	0,79	0,80
25-63	0,73	0,74	0,75

Примітка:

1.Значення коефіцієнта K_{Π} визначається з наступної умови. Якщо річна програма випуску заготовок більше значень, що вказані в табл. 4.28, то приймають $K_{\Pi} = 0,8$, а в решті випадків приймають $K_{\Pi} = 1$.

Таблиця 4.28 – Значення коефіцієнта K_{Π}

Маса заготовки, кг	Річна програма, тис. шт.
0,63-1,6	5-150
1,6-2,5	4,5-120
2,5-4	4-100
4-10	3,5-75
10-25	3-50
25-63	2-30

Таблиця 4.29 – Оптові ціни на матеріали, що одержані прокатом.

Назва, марка матеріалу	Ціна за тону, грн.
Сталь якісна сортова кругла.	
Вуглецева сталь 10, 20, 30, 40, 45, 50	1140
Легована сталь 15Х, 20Х, 30Х, 40Х, 50Х	1260
18ХГТ, 30ХГТ	1880
13ХНЗА, 20ХНЗА	2540
Автоматна А12, А20, А30, А40	1250
Сталь якісна інструментальна кругла, квадратна	
Вуглецева У8, У9, У10, У11, У12	1270
Вуглецева У8А, У9А, У10А, У11 А, У12А	1440
Легована ХВГ	3430
Швидкоріжуча Р18 (32 — 50 мм)	25100
Р9 (32-50 мм)	17700
Р9Ф5 (32-50 мм)	22000
Р9К10 (32-50 мм)	56800

Примітка:

1. діаметри прутків гарячекатаної сталі нормальної та підвищеної точності, мм: 15...20, 22, 24...26, 28, 30, 34, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 56, 60, 63, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 105, 110, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200.

Таблиця 4.30 – Вихідні дані для розв'язання задач

вар.	Матеріал деталі	Густина, г/см ³	Розмір деталі, мм (вступка, рис. 1.1)						Порівняльні методи отримання заготовок	Річна програма N. шт.
			D1	D2	D3	L1	L2			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Сталь вуглецева	7.87	120	60	90	100	80	П.Ф, К	250 · 10 ³	
2	Алюмінієвий сплав	6.3	120	60	90	100	80	ВМ, ВЦ	200 · 10 ³	
3	Сталь вуглецева	7.87	130	70	100	110	80	П.Ф, О.Ф	150 · 10 ³	
4	Магнієвий сплав	2.5	150	80	100	120	90	К, ВЦ	100 · 10 ³	
5	Магнієвий сплав	2.5	100	60	80	80	60	К, О.Ф	25 · 10 ³	
6	Магнієвий сплав	1.74	200	100	150	200	180	ВЦ, О.Ф	20 · 10 ³	
7	Сталь низьколегована	7.87	120	60	90	100	80	К, О.Ф	15 · 10 ³	
8	Сталь легована	7.87	120	60	90	100	80	К, О.Ф	10 · 10 ³	
9	Алюмінієвий сплав	6.3	100	60	80	90	70	О.Ф, ВМ	25 · 10 ³	
10	Чавун СЧ 15-32	7.87	100	60	80	100	60	П.Ф, О.Ф	100 · 10 ³	
11	Чавун ВЧ 50-1	7.87	120	60	90	100	80	К, О.Ф	100 · 10 ³	
12	Алюмінієвий сплав	6.3	100	60	80	100	80	ВЦ, О.Ф	25 · 10 ³	
13	Сталь низьколегована	7.87	120	60	90	100	80	К, Г.КМ	250 · 10 ³	
14	Сталь низьколегована	7.87	150	70	100	150	100	М, Г.КМ	200 · 10 ³	
15	Сталь вуглецева	7.87	160	60	100	120	80	М, Г.КМ	200 · 10 ³	
16	Сталь легована	7.87	160	60	90	120	90	П.Ф, П	100 · 10 ³	
17	Сталь вуглецева	7.87	160	60	100	120	90	П.Ф, Г.КМ	100 · 10 ³	
18	Сталь легована	7.87	100	55	80	100	70	К, Г.КМ	150 · 10 ³	
19	Сталь вуглецева	7.87	100	55	80	100	70	О.Ф, Г.КМ	200 · 10 ³	
20	Сталь низьколегована	7.87	60	0	50	100	60	ПР, Г.КМ	10 · 10 ³	

Продовження таблиці 4.30

1	Для деталей (ваг, рис. 1.2)	$\sigma_{\text{ст}} \cdot 10^6$	$D_1 = D_5$	$D_2 = D_4$	D_3	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	Матеріал	Річна програма N шт.
21	Сталь низьколегована	7,87	3 4 5 6	70	40	7 8 9 10 11	80	120	160	200	ПР, ГКМ	$10 \cdot 10^3$
22	Сталь низьколегована	7,87	40	60	70	40	90	130	180	220	ПР, ГКМ	$10 \cdot 10^4$
23	Сталь низьколегована	7,87	60	80	90	50	100	140	190	240	ПР, П	$10 \cdot 10^3$
24	Сталь вуглецева	7,87	50	70	80	50	100	150	200	250	П, ГКМ	$10 \cdot 10^3$
25	Сталь вуглецева	7,87	40	70	90	60	100	150	190	250	М, ГКМ	$5 \cdot 10^3$
26	Сталь низьколегована	7,87	60	70	80	50	90	130	170	210	ПР, М	$10 \cdot 10^4$
27	Сталь легована	7,87	50	70	80	40	90	130	180	220	ПР, ГКМ	$10 \cdot 10^3$
28	Сталь низьколегована	7,87	40	60	80	40	80	120	160	2	ПР, П	$10 \cdot 10^4$
29	Сталь легована	7,87	60	70	80	50	10	140	190	240	П, М	$10 \cdot 10^3$
30	Сталь вуглецева	7,87	40	50	70	50	80	100	120	150	М, ГКМ	$10 \cdot 10^4$

Примітка. Умовні позначення методів виготовлення заготовок:

ПФ – лиття у щіпані форми, К – лиття у кокиль, ВЦ – відцентрове лиття, М – штампування на молотах, ГКМ – штампування на горизонтально-кувальних машинах, ПР – прокат, П – штампування на пресах, ОФ – лиття в оболонковій формі, ВМ – лиття по виготовленим моделям.

РОЗРАХУНКОВО – ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 5

СКЛАДАННЯ ПЛАНІВ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ

Мета роботи - оволодіти методикою складання планів обробки елементарних поверхонь деталі та ознайомитися з довідковими даними, необхідними для складання планів.

Плани обробки, як вихідні документи, використовуються при проектуванні маршрутної і операційної технології.

Основні теоретичні положення

План обробки поверхні містить у собі кількість технологічних переходів, послідовність цих переходів, методи обробки поверхонь.

На зміст плану виявляє вплив ряд чинників [2, с.126].

1.Вимоги до точності розмірів, та до точності взаємного розташування вісей та поверхонь.

Чим вищі ці вимоги, тим більше треба переходів. Порівняно часто розміри, що зв'язують поверхні або вісі, мають широкі допуски, і їх можна забезпечити за один прохід. Наприклад: розмір $40_{-0,4}^{+0,4}$, що позначає ширину зубчастого вінця, можна забезпечити однократним точінням торця. Вимога ж до торцевого биття зубчастого вінця щодо вісі отвору А не більш 0,03 мм змушує виконати ще два проходи: чистове точіння й шліфування торців.

2. Вимоги до якості поверхні.

Якщо засіб остаточної обробки забезпечує необхідну точність розміру, але не забезпечує якість поверхні, то в план обробки додатково вводять 1-2 переходи, такі як: тонке шліфування, притирку, суперфініш, полірування, зміцнюючі методи обробки та інше.

3. Наявність і характер термічної обробки.

Відомо, що цементация, азотування, гартування, відпуск та інші методи призводять до втрати вже досягнутих показників точності. Для відтворення втраченої точності необхідно додатково ввести 1-2 переходи.

4. Вимоги до точності установочних технологічних баз.

Якщо поверхня виконує у технологічному процесі роль установчої бази, то кількість переходів її обробки збільшується. Звичайно додаткові переходи вводяться після чорнової обробки.

5. Вимоги до показників якості вихідної заготовки.

Чим вищі вимоги до точності розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь заготовок, тим менш треба переходів для досягнення відповідних показників якості деталі.

Зазначені чинники впливають в основному на встановлення числа переходів. Для оцінки достатності цього числа можна скористатися поняттям «необхідне уточнення», значення якого розраховується за формулою [1, с.343]:

$$\varepsilon_{ai} = \frac{T_{ai}}{T_{di}}, \quad (5.1)$$

де T_{ai} - допуски на i -й параметр вихідної заготовки;

T_{di} - допуск за кресленням для того i -го параметру готової деталі.

На кожному j -му переході забезпечується приватне уточнення i -го параметру:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{T_{i(j-1)}}{T_{ij}}, \quad (5.2)$$

де $T_{i(j-1)}$ і T_{ij} - відповідно технологічні допуски, що забезпечуються на попередньому ($j-1$) та даному j -му переходах.

Значення цих допусків, які забезпечуються різними методами обробки, наведені в [3, с.8-11]. Якщо після обробки заготовки за наміченим планом забезпечується виконання умови:

$$\prod_{j=1}^k \varepsilon_{ij} \geq \varepsilon_{ai} \quad (5.3)$$

то загальну кількість переходів $j=k$ треба вважати достатньою, а варіант плану обробки поверхні – прийнятним. Виконання умови (5.3) може забезпечуватися в однаковій мірі різними планами. Остаточний вибраний план повинен не тільки задовольняти умові (5.3), але й враховувати особливості типа виробництва, наявності і можливості тех-

нологічного обладнання, принципи забезпечення мінімальних витрат на обробку. Число k переходів механічної обробки і уточнення ε_i по усіх переходах, що забезпечують виконання рівняння (5.3), можна приблизно визначити за формулою:

$$k_i = 2 \lg \varepsilon_{0j}, \quad (5.4)$$

де ε_{0j} – максимальне загальне уточнення по контролюємим параметрам.

Остаточне рішення про кількість переходів k визначає розробник.

Задачі і послідовність проектування МОП:

1. Вивчивши креслення деталі і виконавши ескіз заготовки з вписаними контурами деталі, зробити технологічну розмітку поверхонь деталі, тобто виділити основні поверхні, які будуть механічно обробляться, і позначити їх арабськими цифрами.

2. Визначити характеристики поверхонь, розрахувати загальне уточнення і, відповідно, визначити кількість переходів механічної обробки.

3. Скласти ППТЯ основних поверхонь деталі, установити перелік технологічних переходів і значення допусків для цих переходів. На кожну поверхню розробити декілька варіантів ППТЯ. Число k переходів механічної обробки поверхні в різних варіантах ППТЯ може бути різним. Перевагу віддають тому варіанту ППТЯ і, відповідно, МОП, який забезпечує найкоротший шлях до досягнення кінцевої мети, тобто необхідно прагнути до мінімального числа переходів.

При проектуванні МОП перш за все, по таблицях економічної точності [1, 2, 3] визначають метод (один або декілька можливих) остаточної обробки, виходячи із показників точності поверхні, шорсткості, з урахуванням матеріалу, геометричних розмірів, маси і форми, а також наявності і характеру термообробки.

Першим переходом створення поверхні є заготівельна операція (заготовка). Вибір першого переходу механічної обробки (другого переходу в МОП) залежить від виду заготовки. Якщо точність заготовки невисока, то така поверхня спочатку підлягає чорновій обробці. При

точній заготовці можна відразу починати чистову обробку, а в деяких випадках і оздоблювальну, кінцеву обробку. Методи обробки проміжних переходів МОП установлюють, базуючись на початковий і базовий метод обробки. «При розробці МОП виходять із того, що кожний наступний перехід повинен бути точнішим попереднього.

4. Бажано, щоб в МОП однієї деталі повтор методів обробки був максимальним. Це скорочує номенклатуру необхідного ріжучого інструмента і дозволяє будувати ТП по принципу концентрації.

Зразок розв'язання задачі №5

Вихідні дані.

Робоче креслення деталі (рис. 5.1)

Заготовка – поковка із сталі 40Х, група сталі М-1, нормальної точності та складності С-1. Вага заготовки $Q=3,8$ кг. Тип виробництва – масовий.

Постановка задачі.

Скласти план обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 35^{+0,05}_{+0,02}$.

Порядок розв'язання задачі.

1. По робочому кресленню з'ясувати технічні вимоги на оброблюємо поверхню. До них відносяться допуски: $T_{ад} = 30$ мкм, $T_{Рад} = 0,4$ мкм.

2. Підготувати табл. 5.1.

3. Встановити допуски $T_{ад}$ та $T_{Рад}$ для поверхні вихідної заготовки. Використовуючи [4, табл. 23, с.146] і табл. 2.2 та 2.5, встановлюємо:

$$es_{ад} = +1,3; ei_{ад} = -0,7; T_{ад} = 2000 \text{ мкм}; T_{Рад} = 40 \text{ мкм}.$$

4. Розрахувати потрібні уточнення по формулі (5.1):

$$\varepsilon_{0d} = \frac{2000}{30} = 67; \varepsilon_{0Ra} = \frac{40}{0,4} = 100.$$

За найбільшим $\varepsilon_0 = 100$ визначимо приблизну кількість переходів механічної обробки k за формулою (5.4):

$$k = 2 \lg 100 = 4.$$

Крім параметрів точності та шорсткості, доцільно провести розрахунки доцільності і за параметрами взаємного розташування поверхонь, особливо, коли це вимагається за кресленням деталі.

Доцільно приблизно визначити ступені показників точності та якості, які будуть забезпечуватись на кожному технологічному переході, орієнтуючись на визначену кількість k усіх переходів:

$$\begin{aligned} I716 &\rightarrow h13 \rightarrow h11 \rightarrow h8 \rightarrow S7 \\ 16 - 7 &= 9 = 3 \rightarrow 2 - 3 - 2. \end{aligned}$$

Для інших показників якості обробки (шорсткості та взаєморозташування) розрахунки виконують аналогічно.

5. Призначити технологічні переходи для обробки поверхні, яка розглядається, дотримуючись визначених квалітетів точності, взаємного розташування та показників шорсткості. Точність та шорсткість, яка забезпечується різноманітними засобами обробки наведені у [4, табл. 23, с.146] і табл. 2.6.

Перший перехід – обточка чорнова, що забезпечує:

$$T_{d1} = 390 \text{ мкм, та } T_{Ra1} = 20 \text{ мкм}$$

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2000}{390} = 5,13; \varepsilon_{Ra1} = \frac{40}{20} = 2.$$

Другий перехід – обточування напівчистове, в наслідок якого

$$T_{d2} = 160 \text{ мкм}, T_{Ra2} = 10 \text{ мкм}.$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{d2} &= \frac{390}{160} = 2,43; \\ \prod_{j=1}^2 \varepsilon_{dj} &= 5,13 \cdot 2,43 = 12,46 \\ \varepsilon_{Ra2} &= \frac{20}{10} = 2; \\ \prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Raj} &= 2 \cdot 2 = 4 \end{aligned}$$

Подальше призначення переходів залежить від наявності у технологічному процесі операцій термообробки деталей. Для деталі, що розглядається у прикладі, термообробка необхідна, і отже досягнення необхідної точності розміру, шляхом виконання чистового та тонкого обточування стає недоцільним, тому що досягнута точність в наслідок проведення термообробки буде втрачена. Після термообробки деталь необхідно обробляти абразивним інструментом.

Третій перехід – шліфування попереднє, яке забезпечує:

$$\begin{aligned} T_{d3} &= 39 \text{ мкм}; T_{Ra3} = 2,5 \text{ мкм}. \\ \varepsilon_{d3} &= \frac{160}{39} = 4,1; \\ \prod_{j=1}^3 \varepsilon_{dj} &= 12,46 \cdot 4,1 = 51,1 < \varepsilon_d = 67 \\ \varepsilon_{Ra3} &= \frac{10}{2,5} = 4; \end{aligned}$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra,j} = 4 \cdot 4 = 16 < \varepsilon_{Ra} = 100$$

Четвертий перехід – чистове шліфування, в наслідок якого:

$$T_{d4} = \frac{39}{25} = 1,56 \text{ мкм}; T_{Ra4} = 0,8 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{d4} = \frac{39}{20} = 1,9;$$

$$\prod_{j=1}^4 \varepsilon_{d,j} = 51,1 \cdot 1,9 = 97,1 \approx \varepsilon_d = 67$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{2,5}{0,8} = 3,12;$$

$$\prod_{j=1}^4 \varepsilon_{Ra,j} = 16 \cdot 3,12 = 50 < \varepsilon_{Ra} = 100$$

Таким чином, після чотирьох переходів точність розміру $\varnothing 35_{-0,02}^{+0,05}$ мм практично забезпечується, тому що сумарне уточнення практично дорівнює необхідному, як ми і розраховували за кількістю переходів k (малі розбіжності виникли внаслідок округлень при розрахунках).

Для повного забезпечення параметру шорсткості необхідно запровадити додатковий перехід.

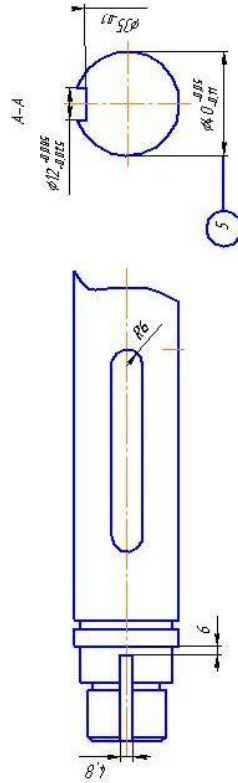
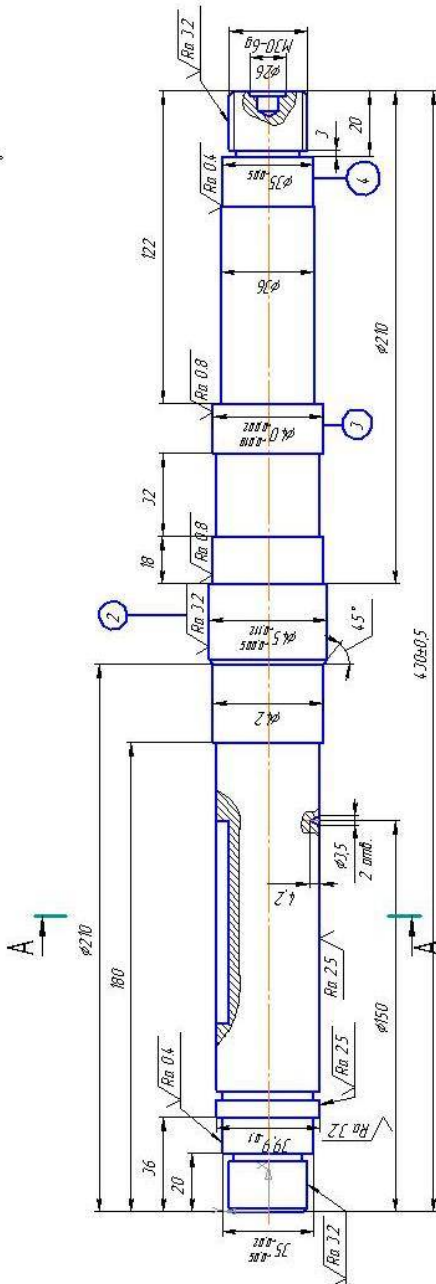
Якщо нас це не влаштовує, то необхідно призначити інші позвалені за призначенням видами механічної обробки показники шорсткості, так щоб здобути потрібну якість за 4 переходи.

П'ятий перехід – суперфінішування, що є не вимірюваною обробкою, тільки зменшує висоту мікронерівностей. При цьому:

$$Ra_5 = 0,2 \dots 0,4 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{0,8}{0,4} = 2;$$

$$\prod_{j=1}^5 \varepsilon_{Ra,j} = 50 \cdot 2 = 100 = \varepsilon_{Ra}$$

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (v)}$


Твердість НРС не менше як 50
Невизначені граничні відхилення по Н12 і h12

Рисунок 5.1 – Вал

6. Заповнить табл. 5.1, захистить запропоноване рішення.

Висновок

Призначених переходів механічної обробки при умові дотримання при їх виконанні визначених показників точності та якості обробки вистачить, щоб отримати поверхню деталі потрібної якості.

Індивідуальне завдання

Вихідні дані для розв'язання задачі наведені у табл. 5.10 та на рис. 5.1 – 5.3. Данні про шорсткість поверхні заготовки та оброблених поверхонь наведені в табл. 5.2 – 5.4 та 5.6 – 5.9. Значення параметрів R_z та R_a наведені в табл. 5.5. Інші довідкові данні наведені в [4], де точність механічної обробки вказана у табл. 3, с. 120; табл. 23, с.146; табл. 62, с.169; табл. 4, с.8; табл. 5, с.11.

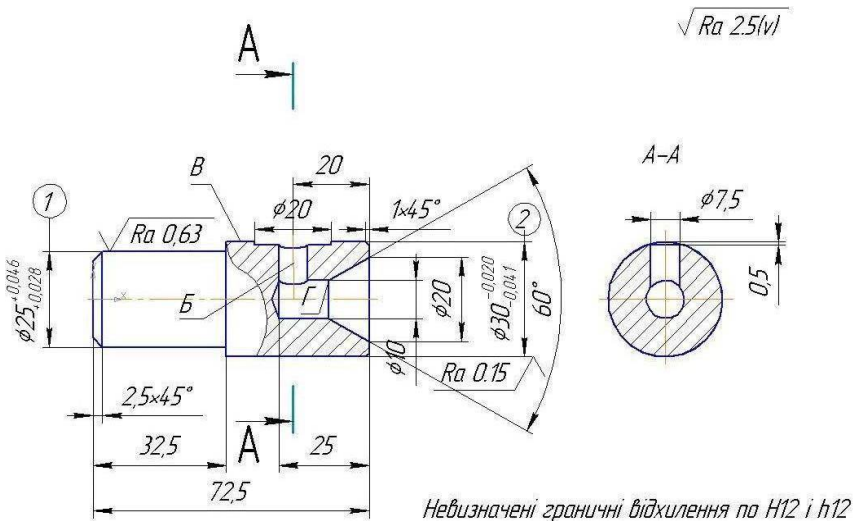
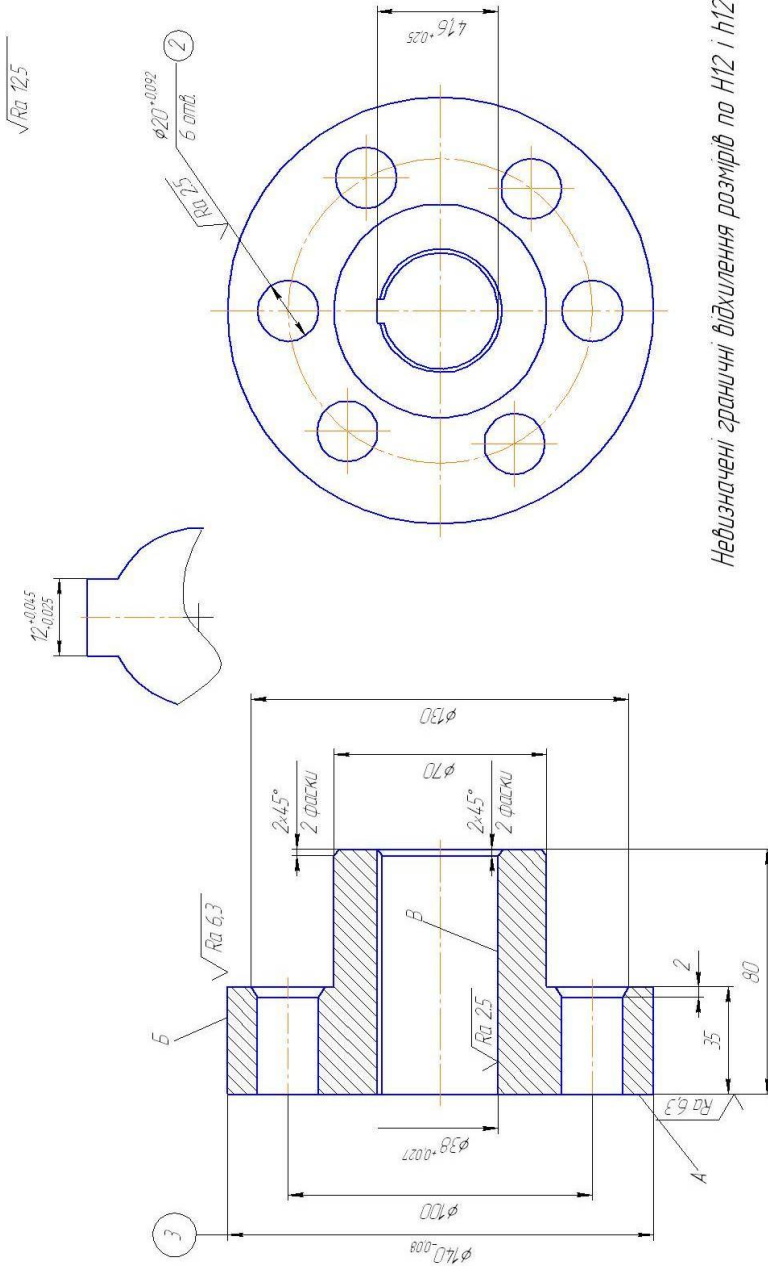


Рисунок 5.2 – Вісь ролика.



Невизначені граничні відхилення розмірів по H12 і h12

Рисунок 5.3 – Полумуфта

Таблиця 5.1 – План обробки поверхні

Показник точності поверхні	Показник	Уточнення	Кількість переходів	Різниця показників і ППТЯ	МОП		Допуск			Уточнення		
					і	Метод обробки	Розмір	Взаємн. Розміщ.	Шорстк. ість	Розмір	Взаємн. Розміщ.	Шорстк. ість
Зовнішній циліндр, оброблюваний поверхня діаметром 35мм				IT7- s6=11-4+3+2+2	IT16	1	Заготовка	2000	1,4	40	-	-
	d	67	4(5)	IT17 ⇒ h13 ⇒ h1 - h8 - S7	IT13	2	Тошніа чорнове	0,39	0,3	20	5,13	4,7
	Rz	100	4	Δσ=σ16- σ7=9+3+2+1	IT11	3	Тошніа чистове	0,16	0,08	10	2,43	3,75
		70	5	σ16+σ13+σ 10→σ7		4	ТО	-	-	-	-	-
				Δσ=Δ8- Δ1=7+2+2+1	IT8	5	Шліфування попереднє	0,039	0,03	2,5	4,1	2,7
				Ra 40 - Ra 20 - - Ra 10	S7	6	Шліфування остаточне	0,03	0,02	0,8	1,3	1,5
				Ra 2,5 - Ra 0,8 Ra 0,4	S7	7	Суперфініш.	-	-	0,4	-	2
						Загальне уточнення				67	71,3	100

Таблиця 5.2 – Якість поверхні поковок, виготовлених різними способами

№ п/п	Спосіб виготовлення	Rz, мкм	h, мкм
1	Вільна ковка	400-500	400-500
2	Гаряча об'ємна штамповка з вагою заготовок, кг: Від 0,25 до 4,0 Від 4,0 до 25	160 200	200 250
3	Холодна об'ємна штамповка видавлюванням	40	40
4	Радіальним обтисканням	3,2-10	

Таблиця 5.3-Якість поверхонь відливки, отриманих різними способами лиття

№ п/п	Метод лиття	Rz, мкм	h, мкм, для заготовок		
			із ча- вуна	із сталі	із коль- орових металів
1	По витоплюваним моделям	30	170	100	60
2	В оболонкові форми	40	260	160	100
3	Під тиском	50	-	-	200
4	Відцентрове	200	300	200	100
5	В кокіль	200	300	200	100
6	В землю для відливки класів точності	I	200	300	
			150	150	
			100		100
		II	250	250	
			200	200	
			150		100
		III	300	300	
			250	250	
			200		300

Таблиця 5.4 - Якість поверхонь заготовок, отриманих із прокату

№ п/п	Прокат	Клас точності					
		Високий		Підвищений		Звичайний	
		Rz	h	Rz	h	Rz	h
		МКМ					
1	Сортовий круглий з діаметром, мм:						
	до 30	60	50	80	100	125	150
	від 30 до 80	100	75	125	150	160	300
	від 80 до180	125	100	160	200	200	400
2	Поперечно- гвинтовий з діа- метром, мм:						
	до 30			160	300	320	300
	від 30 до 50			320	500	500	500
	від 50 до 80			500	800	800	800
	від80 до 120			800	1200	1250	1200

Таблиця 5.5 - Порівняльна таблиця параметрів шорсткості

Клас шорст- кості повер- хні по ГОСТ 2789-59	Параметри шорсткості поверхні, мкм		
	По ГОСТ 2789-73		Рекомендоване Ra
	Rz	Ra	
1	Від 320 до 160	Від 80 до 40	Від 100 до 50
2	" 160 " 80	" 40 " 20	" 50 " 25
3	" 80 " 40	" 20 " 10	" 25 " 12,5
4	" 40 " 20	" 10 " 5	" 12,5 " 6,3
5	" 20 " 10	" 5 " 2,5	" 6,3 " 3,2
6	" 10 " 5	" 2,5 " 1,25	" 3,2 " 1,6
7	" 5 " 2,5	" 1,25 " 0,63	" 1,6 " 0,8
8	" 2,5 " 1,25	" 0,63 " 0,32	" 0,8 " 0,4
9	" 1,25 " 0,63	" 0,32 " 0,16	" 0,4 " 0,2
10	" 0,63 " 0,32	" 0,16 " 0,08	" 0,2 " 0,1
11	" 0,32 " 0,16	" 0,08 " 0,04	" 0,1 " 0,05

Таблиця 5.6 – Шорсткість поверхні при різних методах обробки

Обробка	Параметр Ra, мкм, для поверхонь		
	Зовнішні циліндричні	Внутрішні циліндричні	Плоскі
Обточування розточування:			
чорнове	12,5-25	6,3-12,5	12,5-25
напівчистове	3,2-12,5	1,6-6,3	-
чистове	0,8-2,5	0,8-2,0	1,6-6,3
тонке	0,2-0,8	0,2-0,8	0,32-1,6
Свердлування	-	6,3-15	-
Зенкерування:			
чорнове	-	10	-
чистове	-	3,2-6,3	-
Розгортання:			
чорнове	-	1,25-2,5	-
чистове	-	0,63-1,25	-
тонке	-	0,32-0,63	-
Протягування:			
чорнове	-	1,25-3,2	1,25-3,2
чистове	-	0,32-1,25	0,32-1,25
Фрезерування:			
чорнове	-	-	6,3-25
чистове	-	-	0,8-3,2
Шліфування:			
попереднє	1,25-2,5	1,6-3,2	1,6-3,2
чистове	0,32-1,25	0,32-1,6	0,32-1,6
тонке	0,08-0,32	0,08-0,32	0,08-0,32
Суперфінішування	0,03-0,28		-
Притирка	0,01-0,11	0,02-0,16	0,02-0,1
Хонінгування	-	0,05-0,25	-
Обкатування, виглад- жування	0,05-1,25	0,05-1,6	0,1-1,6

Таблиця 5.7 - Значення допусків для геометричних розмірів, мм.

Квалітет	Розмір, мм							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	До 6	Пон. 6 до 10	Пон. 10 до 18	Пон. 18 до 30	Пон. 30 до 50	Пон. 50 до 80	Пон. 80 до 120	Пон. 120 до 180
3	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
4	4	4	5	6	7	2	10	12
5	5	6	8	9	11	13	15	18
6	8	9	11	13	16	19	22	25
7	12	15	18	21	25	30	35	40
8	18	22	27	33	39	46	54	63
9	30	36	43	52	62	74	87	100
10	48	58	70	84	100	120	140	160
11	75	90	110	130	160	190	220	250
12	120	150	180	210	250	300	350	400
13	180	220	270	330	390	460	540	630
14	300	360	430	520	620	740	870	1000
15	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600
16	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500
17	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
18	1800	2200	2700	3300	3900	4600	5400	6300
19	3000	3600	4300	5200	6200	7400	8700	10000
20	4800	5800	7000	8400	10000	12000	14000	16000

Продовження таблиці 5.7

Квалітет	Розмір, мм							
	Пон. 180 до 250	Пон. 250 до 315	Пон. 315 до 400	Пон. 400 до 500	Пон. 500 до 630	Пон. 630 до 800	Пон. 800 до 1000	Пон. 1000 до 1250
3	10	12	13	15	16	18	21	24
4	14	16	18	20	22	25	29	34
5	20	23	25	27	30	35	40	46
6	29	32	36	40	44	50	56	66
7	46	52	57	63	70	80	90	105
8	72	81	89	97	110	125	140	165
9	115	130	140	155	175	200	230	260
10	185	210	230	250	280	320	360	420
11	290	320	360	400	440	500	560	660
12	460	520	570	630	700	800	900	1050
13	720	810	890	970	1100	1250	1400	1650
14	1150	1300	1400	1550	1750	2000	2300	2600
15	1850	2100	2300	2500	2800	3200	3600	4200
16	2900	3200	3600	4000	4400	5000	5600	6600
17	4600	5200	5700	6300	7000	8000	9000	10500
18	7200	8100	8900	9700	11000	12500	14000	16500
19	11500	13000	14000	15500	17500	20000	23000	26000
20	18500	21000	23000	25000	28000	32000	36000	42000

Таблиця 5.8 – Точність обробки і шорсткість обробленої поверхні при обробці на металорізальних верстатах.

Метод обробки		Квалітет точності розмірів		Шорст- кість по- верхні
		діаметраль- них	лінійних	
Точіння і роз- точування	Чорнове	14...13	15...14	320...40
	Напівчистове	13...12	14...13	40...5
	Чистове	12...7	12...10	1,25...0,16
	Тонке	7...5	9...7	1,25...0,08
Стругання	Чорнове			320...40
	Напівчистове			40...5
	Чистове			2,5...0,63
Свердління	Без кондуктора	13...12	15	80...10
	По Кондуктору	11...10	11...10	80...10
Зенкерування		11...9	12...10	40...10
Розвертання	Напівчистове	11...9		40...10
	Чистове	8...7		5...1,25
	Тонке	7...5		1,25...0,32
Нарізання	Плашкою	10...7		1,25...5
	Різцем, гребінкою	7...6		2,15...0,32
	Мітчиком	10...7		5...1,25
Циліндричне фрезерування	Чорнове		14...12	320...20
	Чистове		11...10	5...0,63
Торцове фре- зерування	Чорнове		14...12	320...40
	Чистове		8...7	1,25...0,16
Протягування		8...7	8...7	1,25...0,08
Шліфування	Обдирне	11...9	12...10	2,5...0,63
	Чистове	8...7	8...7	1,25...0,08
	Тонке	6...5	6...5	0,8...0,02
Притирання, хонінгування		5...4	6...4	0,8...0,06
Полірування		8...6	8...6	1,0...0,01
Суперфінішу- вання		6...5	6	0,08...0,05
Алмазне ви- гладжування		9...5	10...7	1,25...0,04

Таблиця 5.9 – Шорсткість та глибина дефектного шару поверхонь, отриманих різними методами

Метод обробки	Шорсткість R_z , мкм	Дефектний шар, мкм
Лиття в пісчані форми при ручній формовці	100 – 500	200 – 600
Лиття в пісчані форми при машинній формовці	80 – 300	150 – 400
Лиття в кокіль	100 – 200	100 – 300
Відцентрове лиття	40 – 100	100 – 200
Лиття в оболонкові форми	20 – 80	150 – 250
Лиття по виплавлюваним моделям	10 – 40	80 – 150
Лиття під тиском	10 – 40	80 – 150
Ковка	300 – 500	400 – 600
Штамповка звичайної точності	100 – 250	200 – 400
Штамповка підвищеної точності	80 – 200	150 – 300
Прокат горячекатаний звичайної точності	80 – 150	100 – 150
Прокат підвищеної точності	50 – 100	80 – 150
Точіння чорнове	80 – 150	50 – 100
Точіння напівчистове	30 – 50	40 – 60
Точіння чистове	15 – 25	20 – 30
Точіння тонке	6 – 10	10 – 20
Свердління	80 – 150	50 – 100
Свердління глибоке	15 – 30	25 – 50
Зенкерування чорнове	30 – 50	40 – 50
Зенкерування чистове	20 – 30	30 – 40
Розвертання попереднє	10 – 20	15 – 25

Продовження таблиці 5.9

Розвертання чистове	6 – 10	5 – 10
Розточування чорнове	40 – 80	50 – 100
Розточування чистове	10 – 20	15 – 30
Розточування алмазне	3,2 – 6,3	4 – 10
Шліфування чорнове	20 – 40	30 – 50
Шліфування чистове	5 – 10	15 – 25
Шліфування тонке	1,5 – 3,5	5 – 10
Хонінгування	1 – 3	3 – 6
Суперфініш	0,2 – 0,8	3 – 5
Притирка попередня	0,8 – 3,2	3 – 5
Притирка кінцева	0,05 – 0,4	3 – 5
Полірування	0,05 – 0,4	2 – 3
Фрезерування обдирне	80 – 150	80 – 100
Фрезерування чистове	20 – 50	40-60
Фрезерування тонке	3,2 – 6,3	10 – 30

РОЗРАХУНКОВО – ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 6

ПРИЗНАЧЕННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИПУСКІВ ТА РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНИХ РОЗМІРІВ МЕТОДОМ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

Величини операційних припусків (ОП) використовуються при розрахунку операційних виконавчих розмірів (ОВР), забезпечених на кожній операції технологічного процесу. Ці розміри необхідні для налагодження та настроювання верстатів, вибору різального інструменту, розрахунок режимів різання, оформлення документації.

Величину ОП можна розрахувати за формулами, які ураховують конкретні умови виконання операції, або вибрати з нормативних джерел, в яких наведені досвідно-статистичні значення цих припусків.

Мета роботи: оволодіти нормативним методом призначення ОП і методикою розрахунку ОВР.

Основні теоретичні положення по темі заняття

Припуск призначається на кожну поверхню деталі, яка обробляється.

Загальним припуском Z_0 на обробку зветься шар матеріалу, знімаємий з поверхні вихідної заготовки під час процесу механічної обробки.

Операційний припуск Z_i - це шар матеріалу, знімаємий з заготовки при виконанні однієї технологічної операції (ДСТ 3.1109-82). Якщо операція складається з декількох технологічних переходів, то необхідно розрахувати припуски Z_{ij} , які знімаються на кожному j -му технологічному переході i -ї операції, при цьому ОП:

$$Z_i = \sum_{j=1}^i Z_{ij} \quad (6.1)$$

де k – загальна кількість технологічних переходів для обробки поверхні на i -ї операції.

Операційний припуск може приймати значення: номінальне Z_i^H , мінімальне Z_i^{min} та максимальне Z_i^{max} .

Значення Z_i^{min} задаються у нормативних таблицях. При відомих Z_i^{min} можливо розрахувати:

$$Z_i^H = Z_i^{min} + T d_{i-1}, \quad (6.2)$$

$$Z_i^{max} = Z_i^H + T d_i, \quad (6.3)$$

$T d_i$ та $T d_{i-1}$ - відповідно технологічні допуски, які забезпечуються на даній та попередніх операціях. Розрахунок ОВР слід **починати з останньої операції**, на якій забезпечується розмір, проставлений для розглядаємої поверхні на робочому кресленні деталі.

Для зовнішніх циліндричних поверхонь (Рис. 6.1) значення номінальних розмірів розраховується за формулою:

$$d_{i-1} = d_i + Z_i^H. \quad (6.4)$$

Для внутрішніх циліндричних поверхонь:

$$D_{i-1} = D_i - Z_{i-1}^H. \quad (6.5)$$

Для запису ОРВ необхідно вказати номінальне значення розміру d_i або D_i та допустимі граничні відхилення es та ei або ES та EI .

На розмір заготовки граничні відхилення задаються з урахуванням способу її отримання.

Розміри відливок мають симетричне розташування допуску, звідки:

$$|es| = |ei| = \frac{1}{2} T d_{\text{вг}}$$

Розміри зовнішніх (які охоплюються) і внутрішніх (які охоплюють) поверхонь гарячештампованих заготовок відповідно мають:

$$\text{Зовнішні} \quad es = + \frac{2}{3} T d_{\text{вг}};$$

$$ei = -\frac{1}{3}Td_{\text{заг}};$$

Внутрішні $ES = +\frac{1}{3}TD_{\text{заг}};$

$$EI = -\frac{2}{3}TD_{\text{заг}}.$$

Розмір заготовок з прокату забезпечується з es та ei , які знаходять зі стандартів на прокат.

При механічній обробці заготовок усі проміжні ОВР повинні мати розміщення допуску «у метал». Звідси, для розмірів поверхонь, які охоплюються $es = 0$, для поверхонь, які охоплюють $EI = 0$. Граничні відхилення розмірів остаточно обробленої поверхні мають знаки і значення, які проставляють на робочому кресленні деталі.

Вірність проведення розрахунків перевіряється за формулами:

$$Tz_i = Z_i^{\max} - Z_i^{\min} = Td_{i-1} + Td_i; \quad (6.6)$$

$$d_{\text{заг}}^H - d_{\text{дет}} = Z_0^H. \quad (6.7)$$

Якщо перевірка показала вірність розрахунків, то усі ОВР та виконавчий розмір заготовки необхідно вказати, округлив їх номінальні значення до того знаку після коми, з котрим вказані на них граничні відхилення.

Метод розмірних ланцюгів

В основу цього методу покладено розмірний зв'язок шуканого технологічного розміру з іншими розмірами, що утворюють замкнутий контур. Наприклад, потрібно обробити поверхню заготовки розміром $A_{\text{заг}} = A_{\text{мех}} = A_1$ за один прохід, забезпечуючи розмір деталі $A_{\text{дет}} = A_{i+1}$. При цьому знімається припуск Z_{i+1} . Розміри-ланки A_1 , A_{i+1} і припуск Z_{i+1} утворюють замкнутий контур – розмірний ланцюг, рис. 6.1.

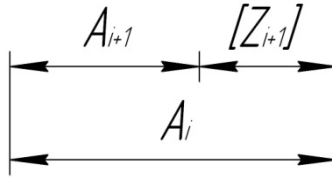


Рисунок 6.1 – Замкнутий контур розмірного зв'язку зовнішньої поверхні

У цьому замкнутому контурі кожна ланка-розмір впливають на розмір припуску. Тому припуск приймається замикаючою ланкою. Таким чином, до розрахунку технологічних розмірів механічної обробки можна застосовувати теорію розмірних ланцюгів, згідно якої рис. 6.1:

Номинальне значення припуску як замикаючої ланки:

$$Z_{i+1} = A_i - A_{i+1}, \quad (6.8)$$

Допуск замикаючої ланки – допуск на припуск:

$$TZ_{i+1} = Z_{i+1 \max} - Z_{i+1 \min} = TA_i + TA_{i+1} = \sum TA_i, \quad (6.9)$$

Звідки

$$Z_{i+1 \max} = Z_{i+1 \min} + TA_i + TA_{i+1}. \quad (6.10)$$

В рівнянні (3.8) розмір A_{i+1} , що виконується, і мінімальний припуск $Z_{i+1 \min}$ відомі величини: A_{i+1} як конструкторський розмір або раніше розрахований і отриманий технологічний розмір; $Z_{i+1 \min}$ відомий як раніше розраховане чи прийняте значення мінімального припуску. Тоді значення замикаючої ланки:

$$Z_{i+1 \min} = A_{i \min} - A_{i+1 \max}, \quad (6.11)$$

звідки мінімальне значення шуканого технологічного розміру для зовнішніх поверхонь:

$$A_{i \min} = A_{i+1 \max} + Z_{i+1 \min}. \quad (6.12)$$

Технологічні розміри переходів механічної обробки заготовки повинні мати розташування допуску в «тіло». Отже, для розмірів охоплюваних (зовнішніх) поверхонь $es=0$, а для охоплюючих (внутрішніх) поверхонь $EI=0$.

Технологічні розміри зовнішніх поверхонь (валиків) звичайно задаються в системі «вала- h ». Визначимо номінальне (максимальне) значення технологічного розміру для зовнішньої поверхні:

$$A_{i \text{ном}} = A_{i \max} = A_{i \min} + TA_i = A_{i+1 \max} + Z_{i+1 \min} + TA_i. \quad (6.13)$$

Вираз (6.13) дозволяє сформулювати практичну методику – правило визначення технологічного розміру A_i :

Беруть максимальний розмір поверхні деталі $A_{i+1 \max}$, до цього розміру додають мінімальний припуск $Z_{i+1 \min}$ на останній перехід механічної обробки і потім ще додають допуск на точність обробки TA_i .

Для i -го технологічного переходу вище викладену методику можна записати у вигляді аналітичних виразів:

для зовнішніх поверхонь спочатку розраховують максимальний розмір:

$$A_{i \max} = A_{i+1 \max} + Z_{i+1 \min} + TA_i,$$

а потім розраховують мінімальний розмір:

$$A_{i \min} = A_{i \max} - TA_i.$$

Якщо задавати відхилення по « h », то технологічний виконавчий розмір:

$$A_{i \text{ном}} = A_{i \max} \begin{matrix} +esAi=0 \\ -eiAi=TA_i \end{matrix}.$$

Контрольне правило – допуск на припуск:

$$TZ_0 = Z_{0max} - Z_{0min} = TA_{заг} + TA_{дет},$$

$$\begin{aligned} \text{де } Z_{0max} &= A_{заг max} - A_{дет min}, \\ Z_{0min} &= A_{заг min} - A_{дет max}. \end{aligned}$$

У вище наведених формулах: A_i – шуканий технологічний розмір поверхні; A_{i+1} – розмір поверхні, який отримують після наступного (за i -м) технологічного переходу, відома величина; Z_{i+1} – припуск, що знімається на наступному переході механічної обробки, відома величина; $i = 1, 2, \dots, k$ – індекс номера технологічного переходу.

Більш детальну методику розрахунку технологічних розмірів показано в прикладах.

Схема розташування полів допусків, припусків і технологічних розмірів, розрахованих методом розмірних ланцюгів для зовнішніх поверхонь, показана на рис.6.2.

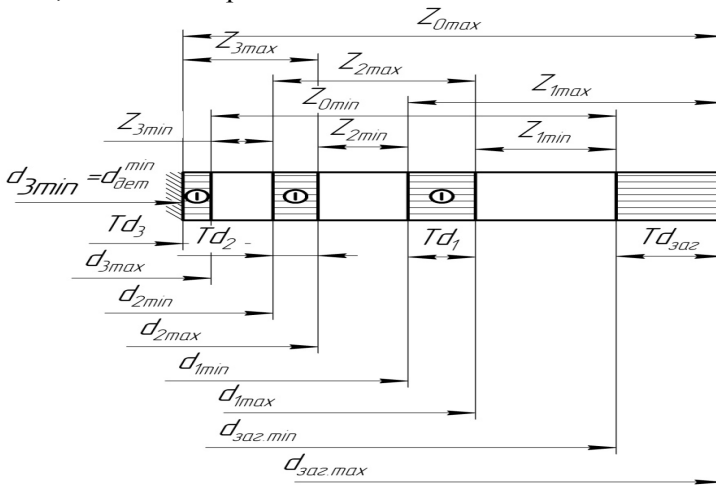


Рисунок 6.2 – Схема розташування допусків, припусків і технологічних розмірів, визначених методом розмірних ланцюгів для зовнішніх поверхонь.

Розглянемо внутрішню поверхню (отвір). Схема розмірного ланцюга для розрахунку технологічного розміру внутрішньої поверхні виглядає так, рис. 6.3

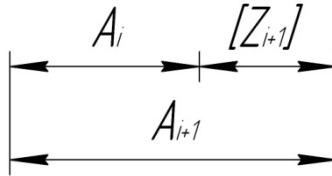


Рисунок 6.3 – Замкнутий контур розмірного зв'язку внутрішньої поверхні (отвору)

Із схеми розмірного ланцюга при відомому $Z_{i+1 \min}$ випливає, що

$$Z_{i+1 \min} = A_{i+1 \min} - A_{i \max},$$

звідки

$$A_{i \max} = A_{i+1 \min} - Z_{i+1 \min}.$$

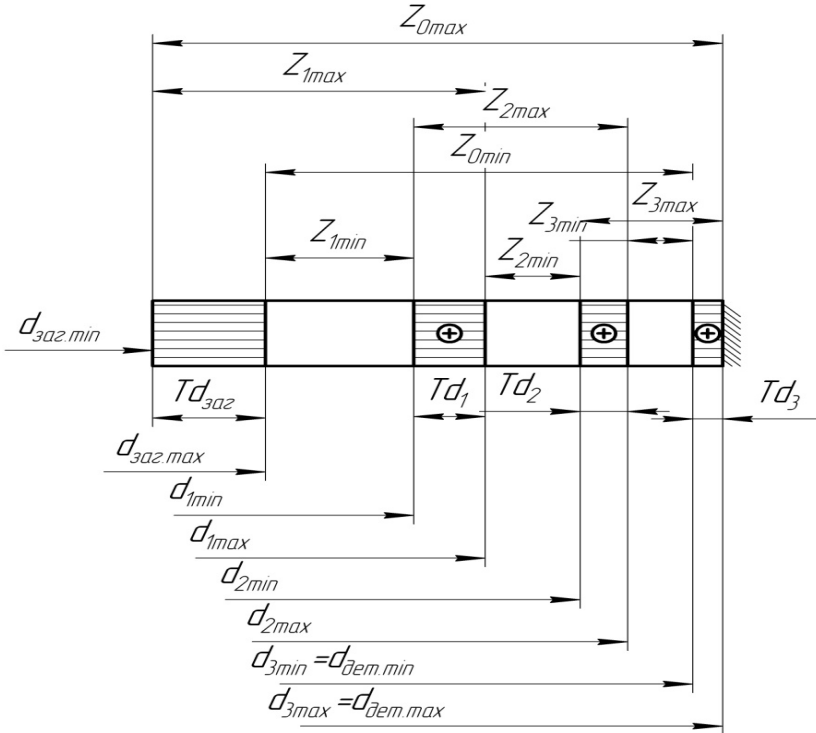


Рисунок 6.4 – Схема розташування допусків, припусків і технологічних розмірів, визначених методом розмірних ланцюгів для внутрішніх поверхонь (отвір)

Технологічні розміри внутрішніх поверхонь (отворів) звичайно задаються в системі «отвору-Н». Визначимо номінальне (мінімальне) значення технологічного розміру для внутрішньої поверхні:

$$A_{i \text{ ном}} = A_{i \text{ min}} = A_{i \text{ max}} - TA_i = A_{i+1 \text{ min}} - Z_{i+1 \text{ min}} - TA_i. \quad (6.14)$$

Цей вираз дозволяє сформулювати методику-правило визначення технологічного розміру A_i внутрішньої поверхні:

Беруть мінімальний розмір $A_{i+1 \min}$ внутрішньої поверхні, від цього розміру віднімають мінімальний припуск $Z_{i+1 \min}$ і потім ще віднімають допуск на точність обробки TA_i .

Для i -го технологічного переходу вище викладену методику можна записати у вигляді аналітичних виразів:

для внутрішніх поверхонь спочатку розраховують мінімальний розмір:

$$A_{i \min} = A_{i+1 \min} - Z_{i+1 \min} - TA_i,$$

а потім максимальний:

$$A_{i \max} = A_{i \min} + TA_i.$$

Технологічний виконавчий розмір при заданому відхиленні по «H»:

$$A_{i \text{ ном}} = [A_{i \min}]_{+ESA_i=TA_i, +EI=0}.$$

Контрольне правило – допуск на припуск визначається за формулою:

$$TZ_0 = Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = TA_{\text{заг}} + TA_{\text{дет}},$$

$$\text{де } Z_{0 \max} = A_{\text{дет}}^{\max} - A_{\text{заг}}^{\min},$$

$$Z_{0 \min} = A_{\text{дет}}^{\min} - A_{\text{заг}}^{\max}.$$

Приклад розв'язання задачі №6

1. Вихідні дані:

Робоче креслення деталі (рис. 5.1)

Заготовка – поковка із сталі 40X, група сталі М-1, нормальної точності та складності С-1. Вага заготовки $Q=3,8$ кг. Тип виробництва – масовий.

2. Вибираємо допуски згідно призначених квалітетів точності обробки за призначенням у другій роботі планом обробки та заносимо у табл. 6.1 стовпчик (7):

$$Td_{1\text{изг}} = \begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix} \text{ мм (штампівка вагою } Q = 3,8 \text{ кг);}$$

$$Td_2 = 0,390 \text{ мм;}$$

$$Td_3 = 0,160 \text{ мм;}$$

термообробка;

$$Td_5 = 0,039 \text{ мм;}$$

$$Td_6 = 0,03 \text{ мм;}$$

$$Td_7 = 0,03 \text{ мм (суперфінішування)}$$

3. Призначаємо припуски (за табл. 6.2 та 6.3):

У таблицях представлені припуски діаметри обробки $2Z_{min}$

точіння чорнове: $2Z_{2min} = 3,0 \text{ мм;}$

точіння чистове: $2Z_{3min} = 0,3 \text{ мм;}$

шліфування чорнове: $2Z_{5min} = 0,85 \text{ мм (після ТО);}$

шліфування чистове: $2Z_{6min} = 0,1 \text{ мм.}$

Вказати значення $Z_{i,min}$ на схемі (рис. 6.5) та занести у табл. 6.1 стовпчик (5).

4. Розрахунки технологічних розмірів виконуємо за методикою розмірних ланцюгів.

Для зовнішньої поверхні спочатку розраховують максимальний розмір за формулою (6.15) та формулою (6.16):

$$d_{i \max} = d_{i \text{ НОМ}} + esTd_i; \quad (6.15)$$

$$d_{\text{дет } 6}^{\max} = d_{6 \text{ НОМ}} + esTd_6 = 35 + 0,05 = 35,05 \text{ мм};$$

$$d_{i \max} = d_{i+1 \max} + 2Z_{i+1} + Td_i; \quad (6.16)$$

$$d_5^{\max} = d_6^{\max} + 2Z_{6 \min} + Td_5 = 35,05 + 0,1 + 0,039 = 35,189 \text{ мм};$$

$$d_3^{\max} = d_5^{\max} + 2Z_5^{\max} + Td_3 = 35,189 + 0,85 + 0,16 = 36,199 \text{ мм};$$

$$d_2^{\max} = d_3^{\max} + 2Z_3^{\max} + Td_2 = 36,199 + 0,3 + 0,39 = 36,889 \text{ мм};$$

$$d_{\text{дет } 1}^{\max} = d_2^{\max} + 2Z_2^{\max} + Td_{\text{дет } 1} = 36,889 + 3,0 + 2,0 = 41,889 \text{ мм}.$$

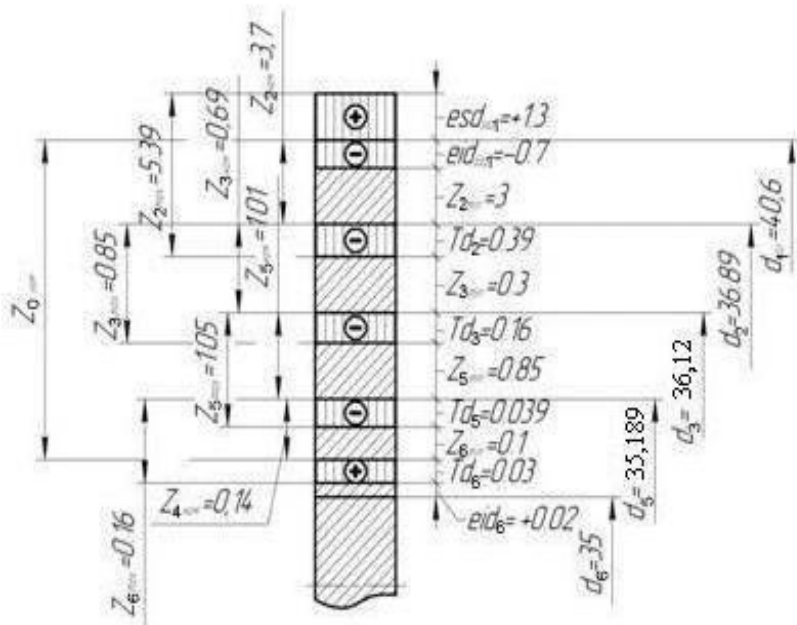


Рисунок 6.5 – Розрахункова схема

5. Отримані розміри заносимо у розрахункову табл. 6.1 у стовпчик (6)

6. Виконаємо округлення розрахованих розмірів до можливої точності виконання у більшу сторону та занесемо результат у стовпчик (8)-й «Граничні значення розмірів» з позначкою D_{max} :

$$d_{\text{заг 1}}^{\text{max}} = 41,9 \text{ мм};$$

$$d_{2 \text{ max}} = 36,89 \text{ мм};$$

$$d_{3 \text{ max}} = 36,20 \text{ мм};$$

$$d_{5 \text{ max}} = 35,189 \text{ мм};$$

$$d_{6 \text{ max}} = 35,05 \text{ мм}.$$

7. Розрахуємо «Граничні значення розмірів», мінімальні для переходів за формулою (6.17) та занесемо результати у стовпчик (9) табл. 6.1:

$$d_{i \text{ min}} = d_{i \text{ max}} - T d_i; \quad (6.17)$$

$$d_{\text{заг 1}}^{\text{min}} = 41,9 - 2,0 = 39,9 \text{ мм};$$

$$d_{2 \text{ min}} = 36,89 - 0,39 = 36,50 \text{ мм};$$

$$d_{3 \text{ min}} = 36,20 - 0,16 = 36,04 \text{ мм};$$

$$d_{5 \text{ min}} = 35,189 - 0,039 = 35,150 \text{ мм};$$

$$d_{6 \text{ min}} = 35,05 - 0,03 = 35,02 \text{ мм}.$$

8. Визначаємо «Граничні значення припусків» для переходів механічної обробки.

8.1. Мінімальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки розраховуємо за формулою (6.18) та заносимо у стовпчик (11) табл. 6.1:

$$2Z_{i\min} = d_{i-1\min} - d_{i\max}; \quad (6.18)$$

точіння чорнове: $2Z_{2\min} = 39,9 - 36,89 = 3,01$ мм;

точіння чистове: $2Z_{3\min} = 36,5 - 36,2 = 0,3$ мм;

шліфування чорнове: $2Z_{5\min} = 36,04 - 35,189 = 0,851$ мм;

шліфування чистове: $2Z_{6\min} = 35,150 - 35,05 = 0,1$ мм.

8.2. Максимальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки розраховуємо за формулою (6.19) та заносимо у стовпчик (10) у табл. 6.1:

$$2Z_{i\max} = d_{i-1\max} - d_{i\min}; \quad (6.19)$$

точіння чорнове: $2Z_{2\max} = 41,9 - 36,50 = 5,4$ мм;

точіння чистове: $2Z_{3\max} = 36,89 - 36,04 = 0,85$ мм;

шліфування чорнове: $2Z_{5\max} = 36,20 - 35,15 = 1,05$ мм;

шліфування чистове: $2Z_{6\max} = 35,189 - 35,02 = 0,169$ мм.

9. Робимо перевірку розрахунків за формулою (6.20), використовуючи контрольне правило:

$$TZ_i = 2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = Td_i + Td_{i-1}; \quad (6.20)$$

$$TZ_2 = 5,4 - 3,01 = 2,0 + 0,39 = 2,39 \text{ мм};$$

$$TZ_3 = 0,85 - 0,3 = 0,39 + 0,16 = 0,55 \text{ мм};$$

$$TZ_5 = 1,05 - 0,851 = 0,160 + 0,039 = 0,199 \text{ мм};$$

$$TZ_6 = 0,169 - 0,1 = 0,039 + 0,03 = 0,069 \text{ мм}.$$

10. Робимо загальну перевірку розрахунків за формулою (6.21):

$$TZ_0 = ZZ_{0 \max} - ZZ_{0 \min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}; \quad (6.21)$$

$$ZZ_{0 \max} = d_{\text{заг max}} - d_{\text{дет min}} = 41,9 - 35,02 = 6,88 \text{ мм};$$

$$ZZ_{0 \min} = d_{\text{дет max}} - d_{\text{заг min}} = 39,9 - 35,05 = 4,85 \text{ мм};$$

$$TZ_0 = 6,88 - 4,85 = 2,0 + 0,03 = 2,03 \text{ мм}.$$

Перевірка стверджує, що виконані розрахунки вірні.

11. Визначаємо технологічні виконавчі розміри та заносимо у табл. 6.1 у стовпчик (12):

$$d_{\text{заг вик}} = d_{\text{заг ном}} = d_{\text{заг max}} - esTd_{\text{заг}} = d_{\text{заг min}} + eiTd_{\text{заг}};$$

$$d_{\text{заг вик}} = 41,9 - 1,3 = 39,9 + 0,7 = 40,6 \text{ мм};$$

заготовка: $d_{\text{заг вик}} = 40,6_{-0,7}^{+1,3} \text{ мм};$

точіння чорнове: $d_2 = 36,89_{-0,39} \text{ мм};$

точіння чистове: $d_3 = 36,2_{-0,16} \text{ мм};$

шліфування чорнове: $d_5 = 35,189_{-0,039} \text{ мм};$

Шліфування чистове: $d_6 = 35_{+0,02}^{+0,05} \text{ мм};$

Суперфінішування: $d_7 = 35_{+0,02}^{+0,05} \text{ мм}.$

Розмір на останньому переході повинен співпадати з розміром на кресленні деталі.

Примітка. Якщо розмір заготовки вже визначений попередньо (наприклад заготовка прокат нормальної точності $\varnothing 50_{-0,8}^{+0,2}$ мм), то це повинно бути враховано при визначенні граничних розмірів заготовки ($d_{max}^{заг} = 50,2$ мм; $d_{min}^{заг} = 49,8$ мм), та «граничних значень припусків» на перший перехід – точіння чорнове, які повинні бути визначені за формулами (6.18-6.19) з напуском $2Z_{1max} = 50,2 - 36,5 = 13,7$ мм; $2Z_{1min} = 49,2 - 36,89 = 12,31$ мм. Саме вони повинні бути враховані у подальших розрахунках за загальною методикою та занесені у табл. 6.1

Індивідуальне завдання 5.10

Вихідні дані для кожного варіанта приведені в табл. 5.7 попередньої задачі. Розмір заготовки і ОВР розраховують з урахуванням отриманих у цій задачі планів обробки поверхні. Мінімальні значення операційних припусків зазначені в табл. 6.2. Мінімальні припуски для внутрішніх циліндричних поверхонь оброблюваних розточуванням у отворах, отриманих у поковках і виливках, брати такими ж, як і для точіння зовнішніх циліндричних поверхонь (табл. 6.2). У випадках обробки отворів мірним інструментом, номінальні припуски встановлювати на підставі даних табл. 6.5, 6.6. Інші довідкові дані дивитись у [4], де точність обробки поверхонь зазначена в табл. 4, с.8 і в табл. 5, с.11, а точність вихідних заготовок – у табл. 3, с.120 і в табл. 23, с.146, у табл. 62, с.163. Номінальні значення припусків брати для виливків і поковок у ГОСТ 1855-95, ГОСТ 2009-95 і в ГОСТ 7505-89.

Контрольні питання

1. Що називається припуском на обробку?
2. Що називають номінальним, мінімальним і максимальним операційним припуском?
3. Які вихідні дані треба мати для розрахунку ОВР?
4. Які якості точності встановлені для заготовок, одержаних за допомогою лиття і гарячим штампуванням?

5. У залежності від яких чинників установлюються допуск, граничні відхилення і розміри вихідної заготовки?
6. Якими нормативними документами регламентуються припуски на обробку?

Таблиця 6.1 – Розрахунок припусків на обробку та технологічних операційних розмірів по технологічним переходам

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий		Допуск T_d мм	Граничні значення розмірів, мм		Граничні значення припусків, мм		Виконавчий технологічний розмір d мм
		Rz_{i-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ξ_i	Припуск $2Z$, мм	Розмір d , мм		D_{max}	D_{min}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$	
								1					2
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35^{+0.05}_{+0.02}$												
1	Заготовка					-	41,889	2,0	41,9	39,9	-	-	$40,6^{+1.3}_{-0.7}$
2	Точіння чорнове					3,0	36,889	0,390	36,89	36,50	5,4	3,01	$36,89_{-0.39}$
3	Точіння чистове					0,3	36,199	0,160	36,20	36,04	0,85	0,3	$36,20_{-0.16}$
4	ТО					-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування чорнове					0,85	35,189	0,039	35,189	$35,15_0$	1,05	0,851	$35,189_{-0.03}$
6	Шліфування чистове					0,1	35,05	0,03	35,05	35,02	0,169	0,1	$35^{+0.05}_{+0.02}$
7	Суферишісування						35,05	-	35,05	35,02			$35^{+0.05}_{+0.02}$

Таблиця 6.2 – Мінімальні припуски на обробку точінням зовнішніх поверхонь обертання, мм

Номинальний діаметр, мм	Спосіб обробки	Прокат		Штамповані		Відливки	
		Припуск на діаметр при довжині деталі, мм					
		до 120	120-260	до120	120-260	до120	120-260
до 30	Чорнове	1.3/1.1	1.7/-	1.6/1.5	2.0/1.8	1.6	1.9
	Напівчистове	0.45/0.45	0.5/-	0.5/0.5	0.55/0.55	0.5/0.5	0.55/0.55
	Чистове	0.25/0.2	0.25/-	0.25/0.25	0.3/0.25	0.25/0.25	0.3/0.25
	Тонке	0.13/0.12	0.15/-	0.14/0.14	0.15/0.14	0.14/0.14	0.15/0.14
більш 30 до 50	Чорнове	1.3/1.1	1.6/1.4	1.8/1.7	2.3/2.0	1.8	2.0
	Напівчистове	0.45/0.45	0.45/0.45	0.5/0.5	0.5/0.5	0.5/0.5	0.5/0.5
	Чистове	0.25/0.2	0.25/0.25	0.3/0.25	0.3/0.25	0.3/0.25	0.3/0.25
	Тонке	0.13/0.112	0.14/0.13	0.15/0.15	0.16/0.15	0.15/0.15	0.16/0.15
більш 50 до 80	Чорнове	1.5/1.1	1.7/1.5	2.2/2.0	2.9/2.6	2.0	2.2
	Напівчистове	0.45/0.45	0.5/0.45	0.5/0.5	0.55/0.5	0.5/0.5	0.55/0.5
	Чистове	0.25/0.2	0.25/0.2	0.3/0.3	0.3/0.3	0.3/0.3	0.3/0.3
	Тонке	0.13/0.12	0.13/0.12	0.16/0.16	0.18/0.17	0.16/0.16	0.18/0.17
більш 80 до 180	Чорнове	1.9/1.3	2.0/1.4	2.9/2.5	3.8/3.5	2.4	2.6
більш 180 до 260	Чорнове	2.3/1.4	2.4/1.5	-	-	3.0	3.5

Примітка. У чисельнику вказані припуски при обробці у центрах, у знаменнику – у патронах.

Таблиця 6.3-Мінімальні припуски на шліфування
зовнішніх поверхонь, мм

Номинальний діаметр, мм	Спосіб обробки поверхні	Припуск на діаметр при довжині деталі, мм			
		до 120	більш 120 до 260	більш 260 до 500	більш 500 до 800
до 30	1	0.30	0.60	-	-
	2	0.10	0.10	-	-
	3	0.06	0.06	-	-
більш 30 до 50	1	0.25	0.50	0.85	-
	2	0.10	0.10	0.10	-
	3	0.06	0.06	0.06	-
більш 50 до 80	1	0.25	0.40	0.75	1.20
	2	0.10	0.10	0.10	0.10
	3	0.06	0.06	0.06	0.06
більш 80 до 120	1	0.20	0.35	0.65	1.00
	2	0.10	0.10	0.10	0.10
	3	0.06	0.06	0.06	0.06

Примітка.

Спосіб шліфування у табл. 6.3 визначають:

- 1 - шліфування після термообробки;
- 2 – шліфування попереднє (чорнове) після чистового точіння;
- 3 – чистове шліфування після попереднього шліфування.

Таблиця 6.4- Мінімальні припуски на фінішні методи обробки отворів, мм

Методи оброб	Припуск на діаметр при розмірі отвору, мм			
	до 30	30-50	50-80	80-120
Шліфування:				
Чорнове	0.20	0.20	0.30	0.30
Чистове	0.10	0.10	0.20	0.20
Тонке розточування	0.10	0.10	0.20	0.30
Хонінгування		0.03	0.05	0.06
Притирка	0.01	0.01	0.015	0.02

Таблиця 6.5 – Точність обробки отворів у литому або гаряче штампованому матеріалі та рекомендований набір інструментів

Номинальный диаметр отвору, мм	Н13-Н12		Н11		Н10		Н9-Н8				Н7					
	Чорний вий зенкер	Чорно вий зенкер	Чорно вий зенкер	Чисто вий зенкер	Чорно вий зенкер	Напівчистий вий зенкер	Точна розвертка	Чорно вий зенкер	Напівчистий вий зенкер	Розвертка	Чорно вий зенкер	Напівчистий вий зенкер	Розвертка	Чорно вий зенкер	Напівчистий вий зенкер	Розвертка
	Н13-Н12	Н13-Н12	Н11-Н10	Н11-Н10	Н13-Н12	Н11-Н10	Н9-Н8	Н13-Н12	Н11-Н10	Н9-Н8	Н13-Н12	Н11-Н10	Н9-Н8	Н7		
13	13	12	13	13	12	12.82	13	12	12.82	13	12	12.82	12.94	13		
18	118	17	18	18	17	17.82	18	17	17.82	18	17	17.82	17.94	18		
19	119	18	19	19	18	18.75	19	18	18.75	19	18	18.75	18.93	19		
30	30	28	30	30	28	29.75	30	28	29.75	30	28	29.75	29.93	30		
32	32	30	32	32	30	31.71	32	30	31.71	32	30	31.71	31.92	32		
50	50	48	50	50	48	79.71	50	48	79.71	50	48	49.71	49.92	50		
52	52	50	52	52	50	51.65	52	50	51.65	52	50	51.65	51.91	52		
72	72	70	72	72	70	71.65	72	70	71.65	72	70	71.65	71.91	72		

Таблиця 6.6 – Точність обробки отворів у суцільному матеріалі та рекомендований набір інструментів

Номинальний діаметр отвору, мм	H13-H12		H11-H10			H9-H8				H7								
	Перше свердло	Друге свердло	Перше свердло	Друге свердло	Напівчистовий зенкер або розортка	Перше свердло	Друге свердло	Напівчистовий зенкер	Розортка	Перше свердло	Друге свердло	Напівчистовий зенкер	Точна розортка	Точка розортка				
Забезпечена точність на переході																		
H13	H12	H13	H12	H11-H10	H13	H12	H11-H10	H9-H8	H13	H12	H11-H10	H9-H8	H13	H12	H11-H10	H9-H8	H7	
10		-		8,7	-	10		8,7	10	8,7	-	9,82	10	8,7	-	9,82	9,94	10
16		-		13,7	-	15		13,7	15	13,7		14,82	15	13,7		14,82	14,94	15
16				14,25		16		14,25	16	14,25		15,82	16	14,25				
18				16,25		18		16,25	18	16,25		17,82	18	16,25		17,82	17,94	18
19				16,5		19		16,5	19	16,5		18,75	19	16,5		18,75	18,93	19
28				25,5		28		25,5	28	25,5	27	27,25	28	25,5		27,75	27,93	28
30	20	30	20	27	30	20	27	20	29,71	30	20	29,71	30	20	27	29,71	29,92	30
45		45		42	45		42	42	44,71	45		44,71	45	12	44,71	44,92	45	45

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Богуслаєв В.О. Основи технології машинобудування: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. / В. О. Богуслаєв, В. І. Ципак, В. К. Яценко. – Запоріжжя: Вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
2. Технологія машинобудування: підручник. / П. П. Мельничук, А. І. Боровик, П. А. Лінчевський, Ю. В. Петраков. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 882 с..
3. Справочник технолога – машинобудівника під ред. А.Г. Косілової, Р.К. Мещерякова. – М.: Машинобудування, 1985. т.1 – 655с.
4. Загальномашинобудівні нормативи допоміжного часу на обслуговування робочого місця та підготовче – заключного. – М.: Машинобудування, 1974. – 465с.
5. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 3-є). Під ред. Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 – 61 с.