

ЗМІСТ
РЕФЕРАТ
ВСТУП

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	
1.1. Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб.	6
1.2. Аналіз базового технологічного процесу	9
1.3. Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	11
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
2.1. Характеристика типу та організаційної форми виробництва	12
2.2. Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки	15
2.3 Вибір технологічних баз	18
2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення	24
2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки	31
2.6 Вибір різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів	34
2.7 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу	38
2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі	42
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
3.1. Проектування технологічного оснащення. Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми.	47
Силовий розрахунок параметрів приводу.	
Розрахунок на точність	
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	51
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	

РЕФЕРАТ

В даній кваліфікаційній роботі проведено вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення деталі “Кронштейн маятникового важеля 1301-3413090”, проаналізовано технічні вимоги, які ставляться до цієї деталі, проведено аналіз технологічності конструкції деталі в цілому. Також розглянуто технологічний процес механічної обробки корпусу на базовому підприємстві.

На основі проведеного аналізу та оцінки існуючих умов спроектовано новий варіант технологічного процесу виготовлення деталі, запропоновано більш економічно вигідний спосіб одержання заготовки. Проведено техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального технологічного процесу. В ході проектування технологічного процесу визначено базові поверхні для кожної операції, визначено припуски на обробку та спроектовано заготовку деталі. Для виконання операцій вибрано різальний та вимірювальний інструмент, обладнання, розраховано режими різання та норми часу.

Для реалізації обробки деталі спроектовано технологічне оснащення, проведено проектування технологічного процесу за допомогою прикладних програм. А також в даній роботі розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

ВСТУП

Машинобудування – ведуча ланка промисловості. Дана галузь промисловості сьогодні набуває все більшого значення. Це база нашого майбутнього добробуту, запорука того що Україна в майбутньому перетвориться у розвинену індустріальну державу.

В сучасному машинобудуванні обробка різанням являється основним технологічним методом, який забезпечує відповідну якість та точність оброблюваних поверхонь деталей.

Збільшення випуску машинобудівної продукції повинно відповідно супроводжуватися підвищенням її якості. На даний час проходить удосконалення конструкції машин і механізмів, яке повинно забезпечувати вимоги до надійності, довговічності механізмів.

В умовах сучасного виробництва особливо важливе значення приділяється підвищенню якості кінцевого виробу, що регламентується сумарною кількістю матеріалу, заготовки, деталей, вузлів. Темпи ефективності виробництва залежать від швидкості впровадження нового обладнання, інструменту, нових методів техніко-економічного аналізу. Поява багатоцільових автоматичних верстатів створило хороші передумови для комплексної автоматизації виробничих процесів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб

В якості об'єкту виробництва в даній роботі розглядається деталь 1301-3414090 "Кронштейн маятникового важеля". Дана деталь відноситься до групи корпусних деталей. Використовується в рульовому керуванні автомобіля і призначена для регулювання роботи рульового привода.

Маятниковий важіль служить для передачі енергії, яку передає механізму водій, повертаючи рульове колесо. Вал рульового колеса обертає вісь рульового редуктора, який передає зусилля приєднаної до його вихідного валу рульової тяги. Для розуміння того, навіщо потрібен маятниковий важіль, необхідно згадати, що у автомобіля синхронно повертаються два колеса передньої осі, а не одне. При цьому вал рульового редуктора передає зусилля на одну тягу з одного сторони. Для того, щоб два колеса поверталися одночасно і на один і той же кут, існує маятниковий важіль.

По суті, конструкція цього вузла в чомусь схожа на конструкцію редуктора, якщо не брати до уваги, що безпосередньо до нього водій силу не докладає. Подібно до редуктора, у маятникового важеля є вертикальна вісь і безпосередньо важіль, до якого прикріплена друга рульова тяга з пасажирської сторони. Зусилля на маятниковий важіль і рульову тягу передається центральною тягою, що з'єднує рульовий редуктор і маятниковий важіль. Отже, маятниковий важіль - друга, додаткова точка опори для рульової трапеції.

Матеріал деталі –сірий чавун СЧ20. Хімічний склад матеріалу і механічні властивості приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1. 1 - Хімічний склад СЧ20

C	Si	Mn	P	S
			Не більше	
3,5-3,7	2-2,7	0,5-0,8	0,3	0,15

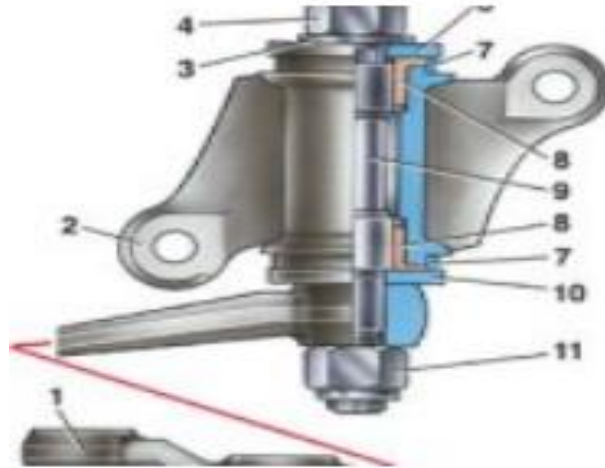


Рисунок 1.1 –Розріз кронштейна маятникового важеля:

- 1- Маятниковий важіль;
- 2- Корпус кронштейна;
- 3- Шайба;
- 4- Гайка;
- 5- Шплінт;
- 6- Верхня шайба;
- 7- Ущільнювач;
- 8- Втулка;
- 9- Вісь важеля;
- 10-Нижня шайба;
- 11-Контргайка.

Детально проаналізувавши службове призначення, а також креслення деталі робимо наступні вимоги:

1. До отвору 25H8 ставляться досить високі вимоги щодо точності та шорсткості поверхонь, а отже, необхідно використовувати точні пристрої для механічної обробки ;
2. До бобишок кронштейна ставляться вимоги щодо паралельності їх між собою.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості і допустимі напруження сталь СЧ20

σ_B , МПа	σ_T , МПа	S_τ , %	НВ
400	200	10-12	143-255

Конструкція деталі “Кронштейн маятникового важеля” має багато отворів, що робить використання круглого прокату економічно не вигідним із-за витрат великої кількості матеріалу. Одним з можливих методів отримання заготовки може бути лиття в кокіль.

Враховуючи проведені конструктивні оцінки деталей не потребує особливих технічних вимог.

Відповідно до базового технологічного деталей виготовлена із сірого чавуну СЧ20, який добре обробляється різанням. Згідно вимог, які ставляться до поверхонь деталі можемо проводити обробку на обладнанні нормальної точності.

Деталь має велику кількість поверхонь, які орієнтовані в одній площині, що дозволяє застосувати обробку поверхонь з одного установа .

Для кінцевої обробки застосовуємо агрегатний верстат, який дозволяє досягнути задану точність і шорсткість поверхонь.

Технологічність виробів деталей оцінюють по двох рівнях – якісному і кількісному.

Кількісну оцінку проводять по абсолютних і відносних показниках.

Коефіцієнт уніфікації елементів:

$$K_{ун} = Q_{ун.ел} / Q_{заг} > 0,6;$$

$$K_{ун} = 18/19 = 0,95;$$

$Q_{ун}$ – кількість уніфікованих елементів в деталі.

$Q_{заг}$ – кількість загальних елементів в деталі.

$0,8 > 0,6$ умова виконується.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{ст} = Q_{ст.р.} / Q_{заг.р.} \Rightarrow 1;$$

$Q_{ст.р.}$ – кількість стандартних розмірів.

$Q_{заг.р.}$ – кількість загальних розмірів.

$$K_{ст} = 28/34 = 0,82;$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{т.об.} = 1 - 1/A_{ср} > 0,8;$$

$A_{ср}$ – середня точність обробки.

$$A_{ср} = (6*7 + 9 + 11*4 + 12*6) / 19 = 8,8;$$

$$K_{т.об.} = 1 - 1/8,8 = 0,88;$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1/B_{ср} < 0,32;$$

$B_{ср}$ – середня шорсткість обробки взята з ряду Ra .

$$B_{ср} = (1,25 + 3,2*11 + 6,3*5 + 12,5) / 19 = 4,23;$$

$$K_{ш} = 1/4,23 = 0,23 < 0,32, \text{ умова виконується.}$$

1.2. Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес обробки деталі 1301-3414090. "Кронштейн маятникового важеля" складається з наступних операцій:

Таблиця 1.3 – Базовий технологічний процес виготовлення деталі 1301-3414090. ”Кронштейн маятникового важеля”

№ операції	Зміст операції	Обладнання	Примітка
005	Фрезерна	6А12П	-
010	Агрегатна	ХА14735	-
015	Вертикально-свердлильний	2Н135	можлива для вдосконалення
020	Алмазно-розточна	ВК-773	-
025	Токарно-гвинторізна	1А616	-
030	Токарно-гвинторізна	1А616	-
035	Горизонтально-фрезерна	6М82	-
040	Свердлильна	НС-12А	можлива для вдосконалення
045	Свердлильна	НС-12А	можлива для вдосконалення
050	Різьбонарізна	2056	-
055	Агрегатна	ХА14735	-

Існуючий маршрут технологічного процесу виготовлення деталі має ряд недоліків, які можна виправити використанням більш продуктивних методів обробки поверхонь, що дозволить зменшити трудомісткість виготовлення деталі та знизити її собівартість. Так, наприклад, операція 005 виконується на фрезерному верстаті, 010 – на агрегатному, а об’єднавши їх і виконуючи спільну операцію на агрегатному верстаті можна скоротити час на переустановку деталі.

1.3. Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Технологічний процес, який буде запропоновано в даній роботі повинен забезпечувати виготовлення деталі заданої якості, задовольняти вимогам по точності і продуктивності обробки, собівартості виготовлення деталі, та при цьому забезпечувати безпеку праці.

При детальній розробці технологічного процесу виготовлення кронштейна маятникового важеля необхідно проаналізувати можливості отримання заготовки і вибрати найбільше прогресивний і економічний метод.

При виборі обладнання враховувати вимоги, які ставляться до відповідних поверхонь.

Таким чином, проаналізувавши заводський варіант ТП механічного оброблення кронштейна маятникового важеля робимо висновок про доцільність модернізації існуючого технологічного процесу.

Дана модернізація полягає в наступному:

- 1) часткова зміна структури технологічного процесу;
- 2) вибір оптимального, з точки зору мінімальної собівартості і максимальної продуктивності, технологічного обладнання;
- 3) вибір методу отримання заготовки з мінімальною собівартістю отримання;
- 4) вибір технологічного оснащення для збільшення продуктивності і зменшення собівартості оброблення.

2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Визначаємо тип виробництва за формулою:

$$K_{3,0} = O/P$$

Визначаємо кількість верстатів:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{3,н}}, \quad (2.1)$$

де $\eta=0,7$, $N=30000$ шт., $F_d=4029$ год., $T_{шт-к} = \varphi_k * T_o$ – штучно-калькуляційний,

Час визначаємо по формулі і результати заносимо в таблицю:

Таблиця 2.1 - Визначення штучного часу

Операція	$T_{шт-к}$ хв.
005 Агрегатна	$T_{01} = 7 \cdot l = 7 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 0,462$ $T_{02,3} = 0,52 dl = 0,52 \cdot 12 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,12$ $T_{04,5} = 0,21 dl = 0,21 \cdot 12 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,12$ $T_{06} = 0,0000224 D^2 = 0,0000224 \cdot 33^2 = 0,024$ $T_{07,8} = 0,000319 D l = 0,000319 \cdot 12 \cdot 20 = 0,077$ $T_{шт-к} = 1,3 \cdot 0,462 = 0,6$
010 Токарна	$T_{01} = 0,0000224 D^2 = 0,0000224 \cdot 48^2 = 0,06$ $T_{02} = 0,000134 D l = 0,000134 \cdot 23 \cdot 82 = 0,25$ $T_{03} = 0,00016 D l = 0,00016 \cdot 23 \cdot 82 = 0,3$ $T_{04} = 0,000134 D l = 0,000134 \cdot 36 \cdot 82 = 0,4$ $T_{05} = 0,000134 D l = 0,000134 \cdot 25 \cdot 20 = 0,067$ $T_{шт-к} = 1,36 \cdot (0,06 + 0,25 + 0,3 + 0,4 + 0,067) = 1,46$
015 Токарна	$T_o = 0,000134 D l = 0,000134 \cdot 33 \cdot 82 \cdot 10^{-3} = 0,393$ $T_{шт-к} = 1,6 \cdot 0,01 = 0,494$
020 Алмазно-розточна	$T_{01} = 0,18 \cdot dl = (0,18 \cdot 23) \cdot 10^{-3} = 1,7$ $T_{02} = 0,18 \cdot dl = (0,18 \cdot 23) \cdot 10^{-3} = 1,7$ $T_{03} = 0,07$ $T_{шт-к} = (1,7 + 1,7 + 0,07) \cdot 1,36 = 3,47$

	Продовження таблиці 2.1
025 Фрезерна	$T_{01}=7 \cdot l=7 \cdot 40 \cdot 10^{-3}=0,28$ $T_{\text{ум-к}}=0,28 \cdot 1,51=0,423$
030 Агрегатна	$T_{01}=0,52dl=0,52 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 10^{-3}=0,024$ $T_{02}=0,21 \cdot dl=0,21 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 10^{-3}=0,01$ $T_{03}=0,000319 \cdot dl=0,000319 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 10^{-3}=0,015$ $T_{04}=3 \cdot 0,52dl=0,52 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 10^{-3}=0,22$ $T_{05}=0,52dl=0,52 \cdot 7 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3}=0,02$ $T_{06}=0,000319dl=0,000319 \cdot 8 \cdot 14=0,12$ $T_{07}=0,21dl=0,21 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 10^{-3}=0,14$ $T_{\text{ум-к}}=1,3 \cdot 0,22=0,286$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{зав}} = \frac{m_p}{m_{np}} \quad (2.2)$$

Таблиця 2.2 - Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання

Назва операції	$\eta_{\text{зав}}$
005 Агрегатна	$\frac{0,12}{1} = 0,12$
010 Токарна	$\frac{0,26}{1} = 0,26$
015 Токарна	$\frac{0,088}{1} = 0,088$
020 Алмазно-розточна	$\frac{0,62}{1} = 0,62$
025 Фрезерна	$\frac{0,074}{1} = 0,074$
030 Агрегатна	$\frac{0,05}{1} = 0,05$

Визначаємо кількість операцій за формулою:

$$O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зор}} \cdot \quad (2.3)$$

Таблиця 2.3 - Кількість операцій

Назва операції	Кількість операцій
005 Агрегатна	$\frac{0,7}{0,12} = 5,8$
010 Токарна	$\frac{0,7}{0,26} = 2,69$
015 Токарна	$\frac{0,7}{0,088} = 7,95$
020 Алмазно-розточна	$\frac{0,7}{0,62} = 1,13$
025 Фрезерна	$\frac{0,7}{0,074} = 9,5$
030 Агрегатна	$\frac{0,7}{0,05} = 14$

Звідси визначаємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{3.0} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} \quad (2.4)$$

$$K_{3.0} = \frac{5,8+2,69+7,95+1,13+9,5+14}{1+1+1+1+1+1} = 6,85,$$

$1 < 6,85 < 10$ – крупносерійне виробництво.

Добовий випуск:

$$N_{\partial} = \frac{N}{254} \quad (2.5)$$

$$N_{\partial} = \frac{30000}{254} = 118,11 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_{\partial} = 118$ шт.

Добове виробництво потокових ліній:

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{cp}} \cdot \eta_3, \quad (2.6)$$

де F_{δ} – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_{\delta}=952$ хв.),

T_{cp} – середня трудомісткість основних операцій,

η_3 – коефіцієнт завантаження обладнання.

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{um-i}}{n} = \frac{0,6+1,46+0,494+3,47+0,423+0,29}{6} = 1,14,$$

$$Q_{\delta} = \frac{952}{1,12} * 0,202 = 103,02$$

2.2. Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

Метод одержання заготовок для деталей визначається призначенням, конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Вибрати заготовку для даного корпусу – значить вибрати спосіб її одержання. Оскільки в завданні неказана маса деталі, то визначаємо наближено об'єм деталі V і знаючи густину матеріалу ρ , знайдемо масу деталі за формулою:

$$m = \rho V,$$

де $\rho = 7,817$

Для визначення об'єму деталей розподіляємо на елементарні фігури.

$$V_1 = 82,6 \cdot 40 \cdot 40 = 132160 \text{ мм}^3; \quad V_{2,3,4} = (3,14 \cdot 6^2 \cdot 20 \cdot 3) / 6 = 1130,4 \text{ мм}^3;$$

$$V_{10} = (3,14 \cdot 12,5^2 \cdot 82,6) / 6 = 6754,3 \text{ мм}^3;$$

$$V = V_1 - V_{2,3,4} - V_{10} = 124275,3 \text{ мм}^3 = 124,28 \text{ см}^3;$$

$$m = 124,28 \cdot 7,817 = 969,384 \text{ г} = 0,969 \text{ кг}.$$

Враховуючи тип виробництва масу деталі, її конфігурацію і призначення, заготовку вибираємо вилівок.

Розрахункова маса виливки визначаємо враховуючи її номінальні розміри.

Розрахункову масу виливки M_p обчислюємо за формулою :

$$M_p = M_g \cdot K,$$

де M_p - розрахункова маса виливки.

M_g -маса деталі.

$K_p = 1.15$ -розрахунковий коефіцієнт для лиття в піщано-глинисті форми ;

$K_p = 1.1$ -розрахунковий коефіцієнт для лиття в кокіль ;

$$M_p = 0,969 \cdot 1,15 = 1,11 \text{ кг.}$$

$$M_p = 0,969 \cdot 1,1 = 1,06 \text{ кг.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м} = M_g / M_p = 0,969 / 1,06 = 0,88$$

Для вихідної заготовки цього типу цей показник свідчить про задовільне використання матеріалу.

Другим критерієм вибору раціонального отримання заготовки є його економічне обґрунтування.

Заготовку в даному випадку можна отримати двома методами: литтям в кокіль і литтям в піщано-глинисті форми.

Вартість заготовок, які отримуються литтям в піщано-глинисті форми і литтям в кокіль можна визначити за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \text{ грн.} \quad (2.7)$$

де: Q - маса заготовки, кг.;

C_1 - базова вартість одної тони заготовок, грн.;

q - маса деталі, кг.;

$S_{відх}$ - ціна одної тони відходів, грн.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ - коефіцієнти, що враховують клас точності,

групу складності, масу, марку матеріалу і об'єм випуску заготовок.

Проведемо розрахунок по двох різних варіантах виготовлення заготовки і

порівняємо їх.

I варіант – виливок (лиття в піщано-глинисті форми).

$Q = 1,11$ кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 0,969$ кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 14140$ грн. - базова вартість одної тони чавуну СЧ20;

$S_{відх} = 4460$ грн. - вартість одної тони відходів СЧ20;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка;

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка;

$k_B = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$k_M = 1$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

$k_{II} = 1$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливка;

$$S_{загI} = \left(\frac{14140}{1000} \cdot 1,11 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 \cdot 1 \right) - (1,11 - 0,969) \frac{4460}{1000} = 18,71 \text{ грн.}$$

II варіант – виливок (лиття в кокіль).

$Q = 1,09$ кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 0,969$ кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 14140$ грн. - базова вартість одної тони чавуну СЧ20 ;

$S_{відх} = 4460$ грн. - вартість однієї тони відходів СЧ20 ;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка;

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка;

$k_B = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$k_M = 1,12$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

$k_{II} = 1$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливка;

$$S_{загII} = \left(\frac{14140}{1000} \cdot 1,09 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,12 \right) - (1,09 - 0,969) \frac{4460}{1000} = 18,04 \text{ грн.}$$

Економічний ефект при співставленні способів отримання заготовок визначаємо за формулою:

$$E_3 = (S_{загI} - S_{загII}) \cdot N = (18,71 - 18,04) \cdot 30000 = 20100 \text{ грн}$$

2.3 Вибір технологічних баз

При достатньо високих вимогах до точності обробки необхідно вибрати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку установки. Для забезпечення точності виготовлення деталі необхідно із-за похибок взаємного розміщення нових і раніше застосовуваних баз дотримуватись принципу суміщення баз – технологічних, вимірювальних, установочних, намагатись забезпечити їх постійність при послідуєчих операціях обробки.

Операція 005

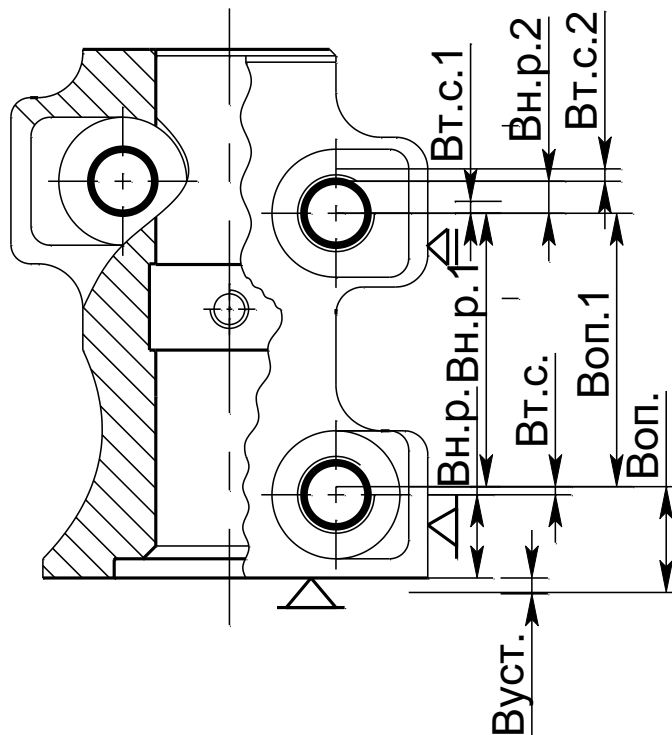


Рисунок 2.1 - Операція 005

$$W_{онв} = W_{нр} + W_{мс} + W_{уст};$$

$$W_c = W_{нр} + W_{мс} = 0,12 \text{ мм [4];}$$

$$W_{уст} = 0,08 \text{ мм [3];}$$

$$W_{он} = 0,2;$$

$$T=12^0_{-210} h12.$$

$$W_{on}=W_{np}+W_{m.c.}+W_{m.c.'}=1,2...1,5 W_c$$

$$W_c=W_{np}+W_{mc}=0,1 \text{ мм [4]};$$

$$W_{on}=1,4*0,1=0,14;$$

$$T=49^0_{-160} h12.$$

$$W_{on}=W_{np}+W_{m.c.}+W_{m.c.'}=1,2...1,5 W_c$$

$$W_c=W_{np}+W_{mc}=0,1 \text{ мм [4]};$$

$$W_{on}=1,4*0,1=0,14;$$

$$T=5^0_{-150} h12.$$

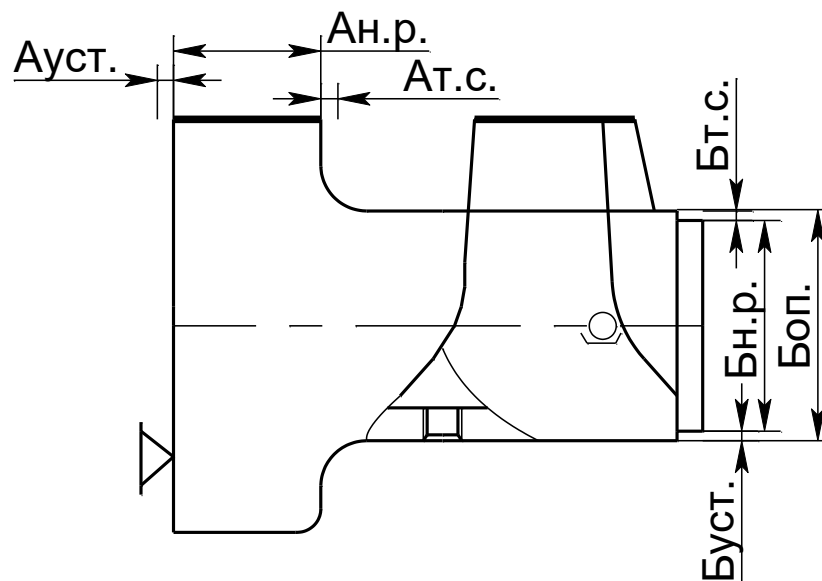


Рисунок 2.2 - Операція 005

$$W_{on}=W_{np}+W_{mc}+W_{ycm};$$

$$W_c=W_{np}+W_{mc}=0,12 \text{ мм [4]};$$

$$W_{ycm}=0,06 \text{ мм [3]};$$

$$W_{on}=0,18 \text{ мм};$$

$$T=20^0_{-210} h11.$$

$$W_{on} = W_{np} + W_{mc} + W_{ycm};$$

$$W_c = W_{np} + W_{mc} = 0,12 \text{ мм [4];}$$

$$W_{ycm} = 0,07 \text{ мм [3];}$$

$$W_{on} = 0,19 \text{ мм;}$$

$$T = 40_{-250}^0 h11.$$

Операція 010

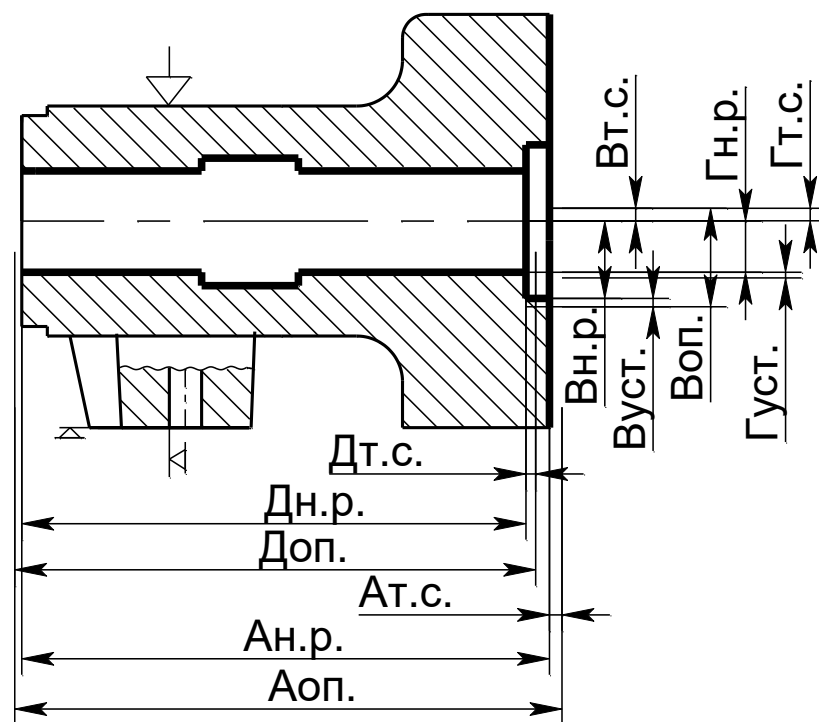


Рисунок 2.3 - Операція 010

$$W_{on} = W_{np} + W_{mc} + W_{ycm};$$

$$W_c = W_{np} + W_{mc} = 0,12 \text{ мм [4];}$$

$$W_{ycm} = 0,08 \text{ мм [3];}$$

$$W_{on} = 0,2 \text{ мм;}$$

$$T = 82,6_{-220}^0 h11.$$

$$W_{on} = W_{np} + W_{mc} + W_{ycm};$$

$$W_c = W_{np} + W_{mc} = 0,12 \text{ мм [4];}$$

$$W_{ycm} = 0,08 \text{ мм [3];}$$

$$W_{on} = 0,2 \text{ мм;}$$

$$T = 77,4^0_{-220} h11.$$

$$W_{on} = W_{np} + W_{mc} + W_{ycm};$$

$$W_c = W_{np} + W_{mc} = 0,08 \text{ мм [4];}$$

$$W_{ycm} = 0,06 \text{ мм [3];}$$

$$W_{on} = 0,14 \text{ мм;}$$

$$T = 36^{+160}_0 H11.$$

Ця умова виконується для всіх останніх розмірів в цій операції.

Операція 020

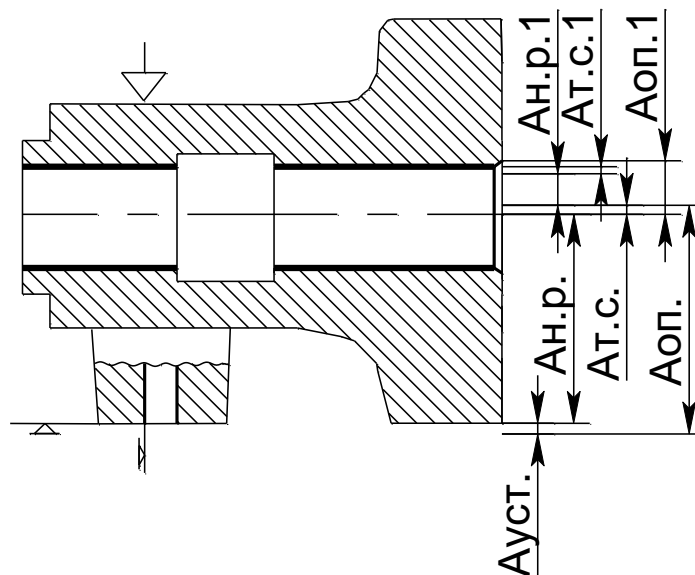


Рисунок 2.4 - Операція 020

$$W_{on} = W_{np} + W_{mc} + W_{ycm};$$

$$W_c = W_{np} + W_{mc} = 0,08 \text{ мм [4];}$$

$$W_{ycm} = 0,08 \text{ мм [3];}$$

$$W_{on}=0,16 \text{ мм};$$

$$T=30_{-160}^0 h11.$$

$$W_{on}=W_{np}+W_{mc}+W_{m'c}=1,2...1,5;$$

$$W_c=W_{np}+W_{mc}=0,04 \text{ мм [4];}$$

$$W_{on}=0,48 \text{ мм};$$

$$T=23_0^{+0,052} H8.$$

Операція 025

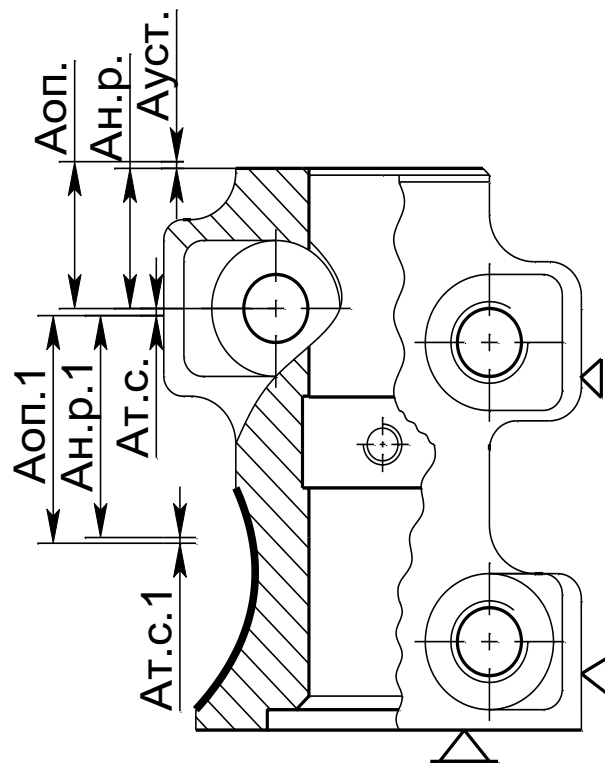


Рисунок 2.5 - Операція 025

$$W_{on}=W_{np}+W_{mc}+W_{m'c}=1,2...1,5;$$

$$W_c=W_{np}+W_{mc}=0,12 \text{ мм [4];}$$

$$W_{on}=0,17 \text{ мм};$$

$$T=36_{-160}^0 h11.$$

$$W_{on}=W_{np}+W_{mc}+W_{ycm};$$

$$W_c = W_{np} + W_{mc} = 0,12 \text{ мм [4];}$$

$$W_{ycm} = 0,08 \text{ мм [3];}$$

$$W_{on} = 0,2 \text{ мм;}$$

$$T = 20,6^{\circ}_{-220} h11.$$

Операція 030

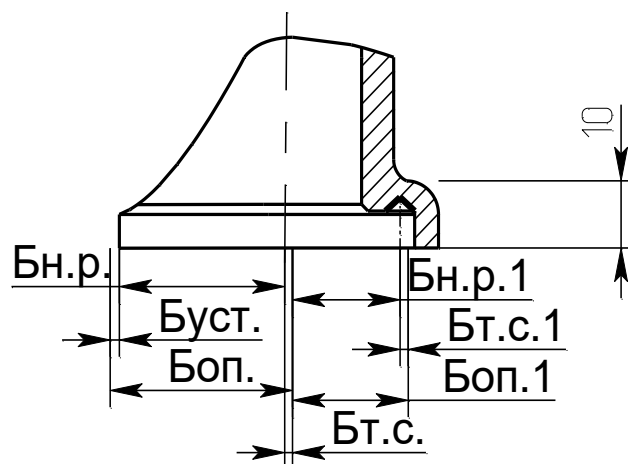
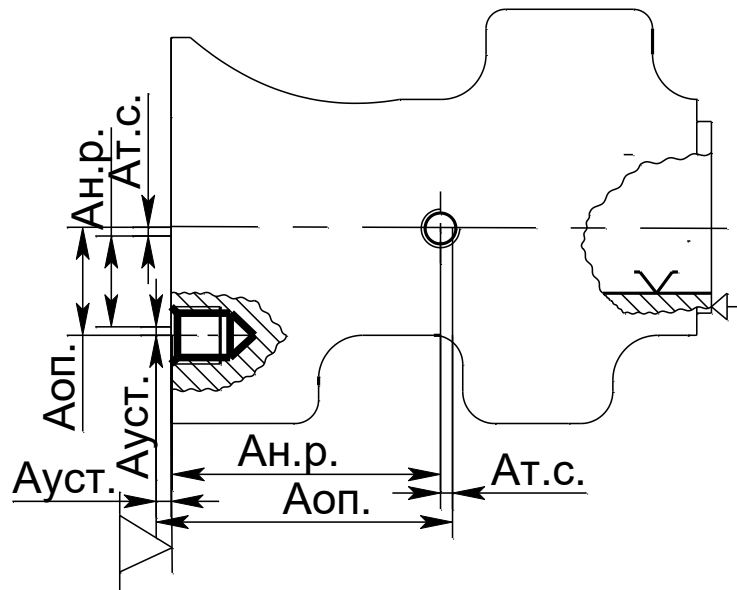


Рисунок 2.6 - Операція 030

$$W_{on} = W_{np} + W_{mc} + W_{уст};$$

$$W_c = W_{np} + W_{mc} = 0,02 \text{ мм [4];}$$

$$W_{ycm} = 0,07 \text{ мм [3];}$$

$$W_{on}=0,027 \text{ мм};$$

$$T=24,3_0^{+130} \text{ H11}.$$

$$W_{on}=W_{np}+W_{mc}+W_{ycm};$$

$$W_c=W_{np}+W_{mc}=0,02 \text{ мм [4];}$$

$$W_{ycm}=0,07 \text{ мм [3];}$$

$$W_c=0,027 \text{ мм};$$

$$T=42_0^{+160} \text{ H11}.$$

$$W_{on}=W_{np}+W_{mc}+W_{ycm};$$

$$W_c=W_{np}+W_{mc}=0,02 \text{ мм [4];}$$

$$W_{ycm}=0,07 \text{ мм [3];}$$

$$W_c=0,027 \text{ мм};$$

$$T=24_0^{+130} \text{ H11}.$$

$$W_{on}=W_{np}+W_{mc}+W_{m'c}=1,2\dots 1,5;$$

$$W_c=W_{np}+W_{mc}=0,12 \text{ мм [4];}$$

$$W_{on}=0,17 \text{ мм};$$

$$T=18_0^{+160} \text{ H11}.$$

2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення

При виборі методу обробки поверхонь заготовки враховують службове призначення деталі, функціональне призначення поверхонь та вимоги до точності, шорсткості, геометричної форми.

Аналізуючи дану деталь приймаємо метод обробки різанням, як найбільш поширений в машинобудуванні. Вимоги, які ставляться до деталі дозволяють

нам зробити цей вибір. Обробку поверхонь необхідно виконувати за декілька переходів на кожному з яких використовується певний вид обробки.

Розглянемо поверхню 25H8 мм. Пошуку методу і маршруту обробки здійснюємо на основі розрахунків уточнення.

При аналізі встановлюємо, що допуск на розмір заготовки становить

$$T_{do}=520 \text{ мм}; \quad T_{d3}=33 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальний коефіцієнт і збільшення жорсткості точності розміру:

$$K_y=T_{do}/T_{d3}=520/33=15,75.$$

Визначаємо кількість технологічних переходів: приймаємо $n=3$.

Допуск на розмір заготовки відповідає 14 квалітету, деталь 8 квалітету. Відповідно точність підвищується на $14-8=6$ квалітетів. По прийнятим переходам розділяємо 6 квалітетів по закону прогресивного зменшення: $6=3+2+1$.

Точність проміжних розмірів заготовки в процесі механічної обробки відповідає після першого переходу 11 квалітету, після 2-го переходу - 9 квалітету, після 3-го переходу - 8 квалітету.

Таблиця 2.4 - Розрахунок кількості уточнення

Розмір поверхні	Допуск заготовки, мкм	Допуск деталі, мкм	Уточнення	Кількість переходів	Метод обробки
22h11	520	130	4	2	Попереднє чистове
12H11	430	180	2,39	1	Попереднє
M12-6H	430	11	39,09	4	Нарізання різьби
48h10	620	10	6,2	2	Попереднє Чистове

1	2	3	4	5	6
68H10	740	190	3.89	2	Попереднє Чистове
25H8	520	33	15,75	3	Попереднє Чистове тонке
36h11	620	160	3,875	1	Попереднє
27h11	520	130	4	1	Попереднє
M8-6H	360	9	40	4	Нарізання різьби
8H12	360	150	2,4	1	Попереднє

Технологічний процес

005 Агрегатна

1. Фрезерувати бобишки 1.
2. Свердлити отвори 2 і 4.
3. Свердлити отвір 3.
4. Зенкувати фаску 5 в отворах 2 і 4 .
- 5.Зенкувати фаску 5 в отворі 3 .
- 6.Обробити торець деталі 6, поверхні 7 і 8.

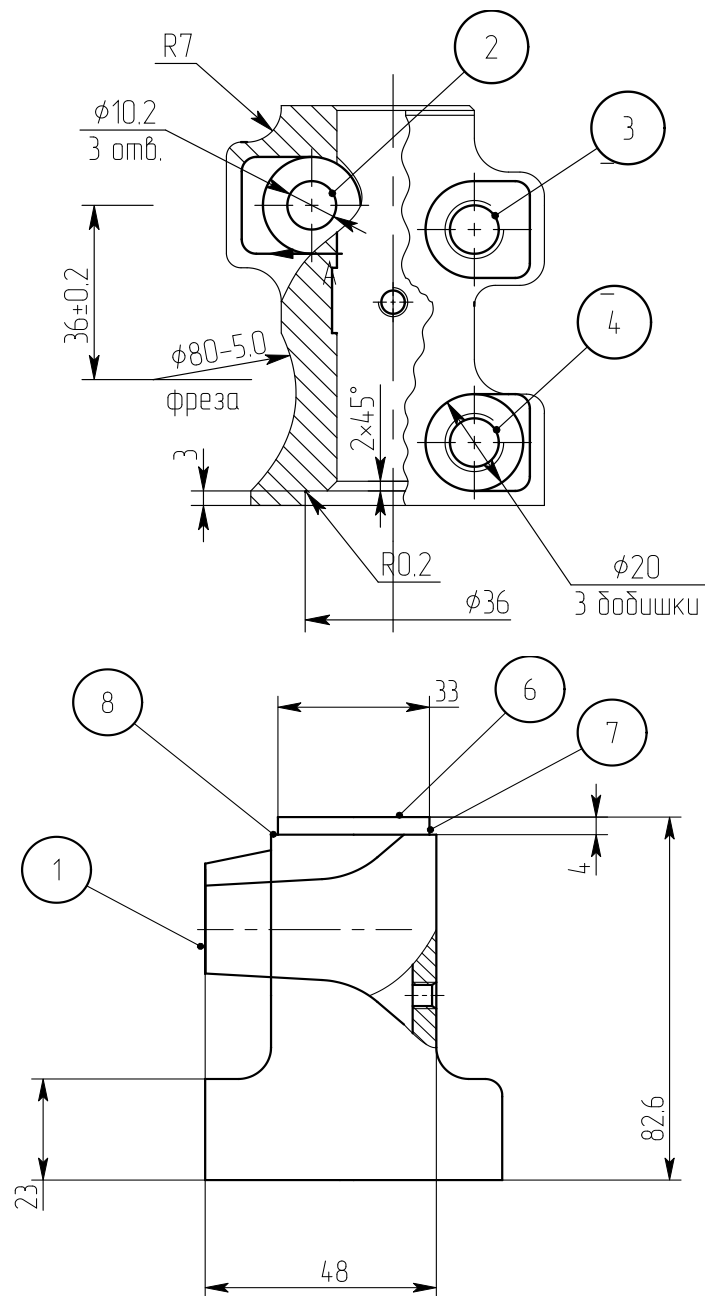


Рисунок 2.7 – Ескіз обробки операція 005

010 Токарна

1. Підрізати торець 16.
2. Точити поверхню 10 начорно.
3. Точити поверхню 10 начисто .
4. Точити поверхню 11.
5. Розточити канавку.

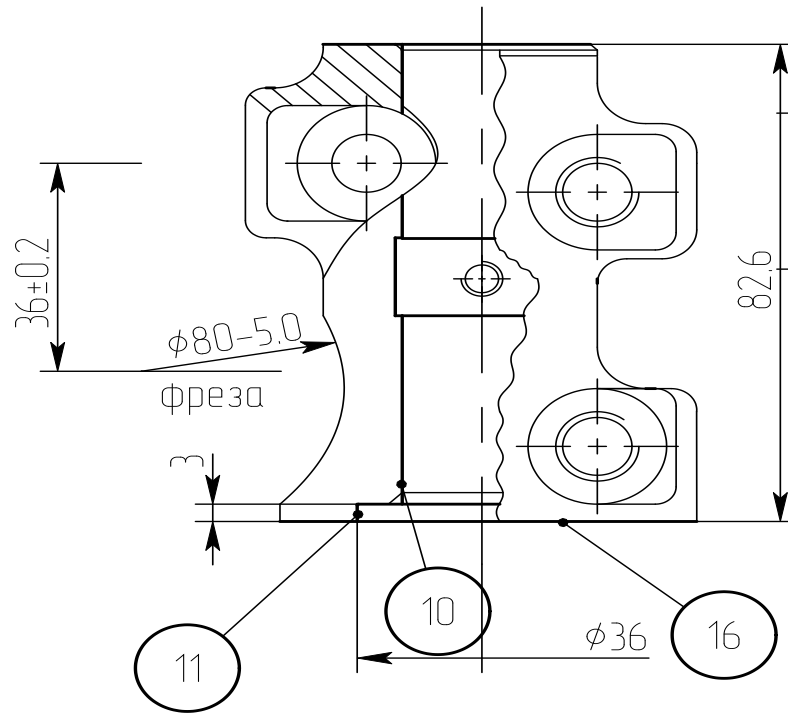


Рисунок 2.8 – Ескіз обробки операція 010

015 Токарна

1. Точити поверхню

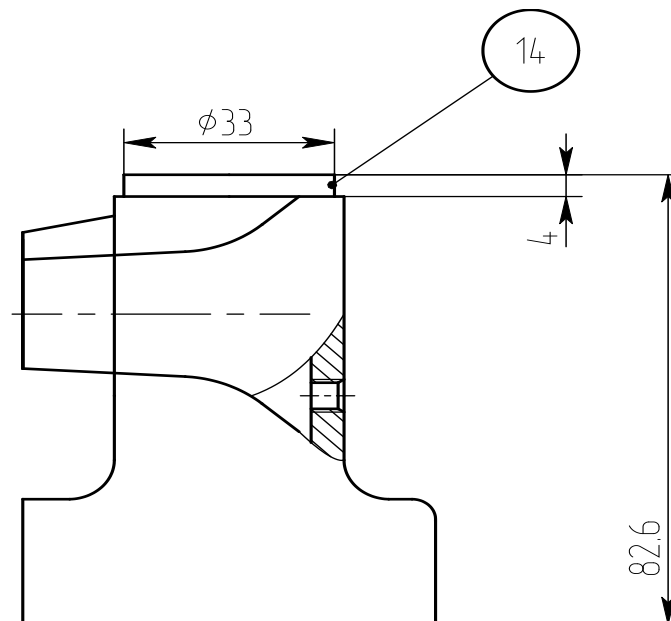


Рисунок 2.9 – Ескіз обробки операція 015

020 Алмазно-розточна

1. Розточити отвір 10 тонко з однієї сторони.
2. Розточити отвір 10 тонко з другої сторони.

3. Зняти фаску.

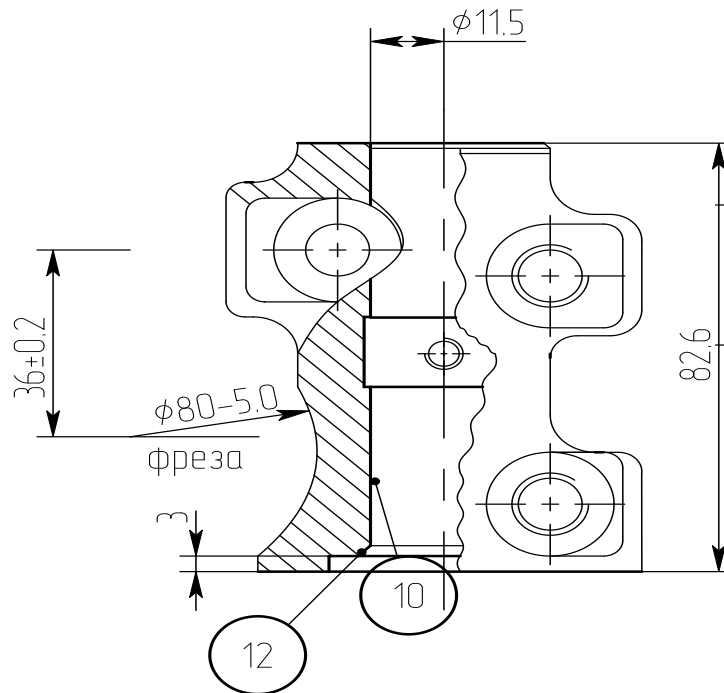


Рисунок 2.10 – Ескіз обробки операція 020

025Фрезерна

1.Фрезерувати поверхню 20.

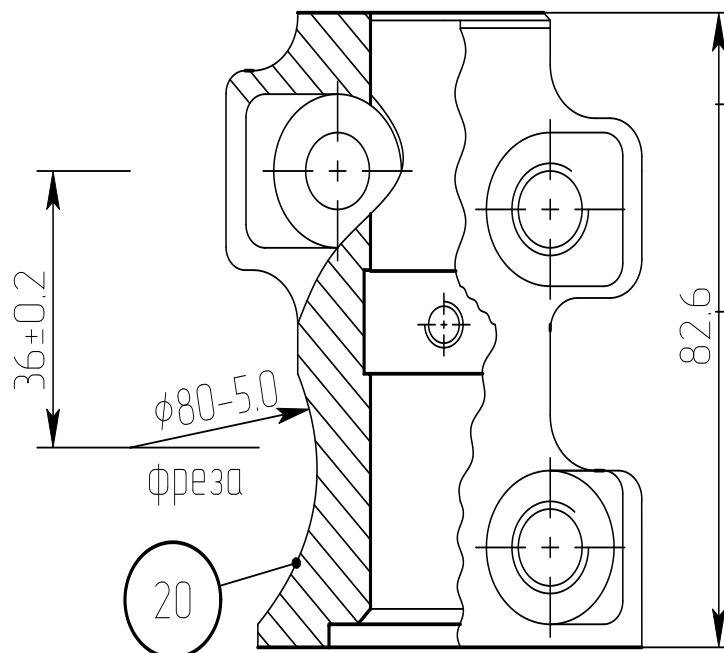


Рисунок 2.11 – Ескіз обробки операція 025

030 Агрегатна

- 1.Свердлити отвір 18.
2. Зенкувати фаску 19.
3. Нарізати різьбу 8 в отворі 18.
- 4.Зацентрувати 3 отвори 23.
- 5.Свердлити 3 отвори 23.
- 6.Свердлити отвір 27.
7. Нарізати різьбу 24 в 3 отворах 23.
8. Зенкувати фаску .

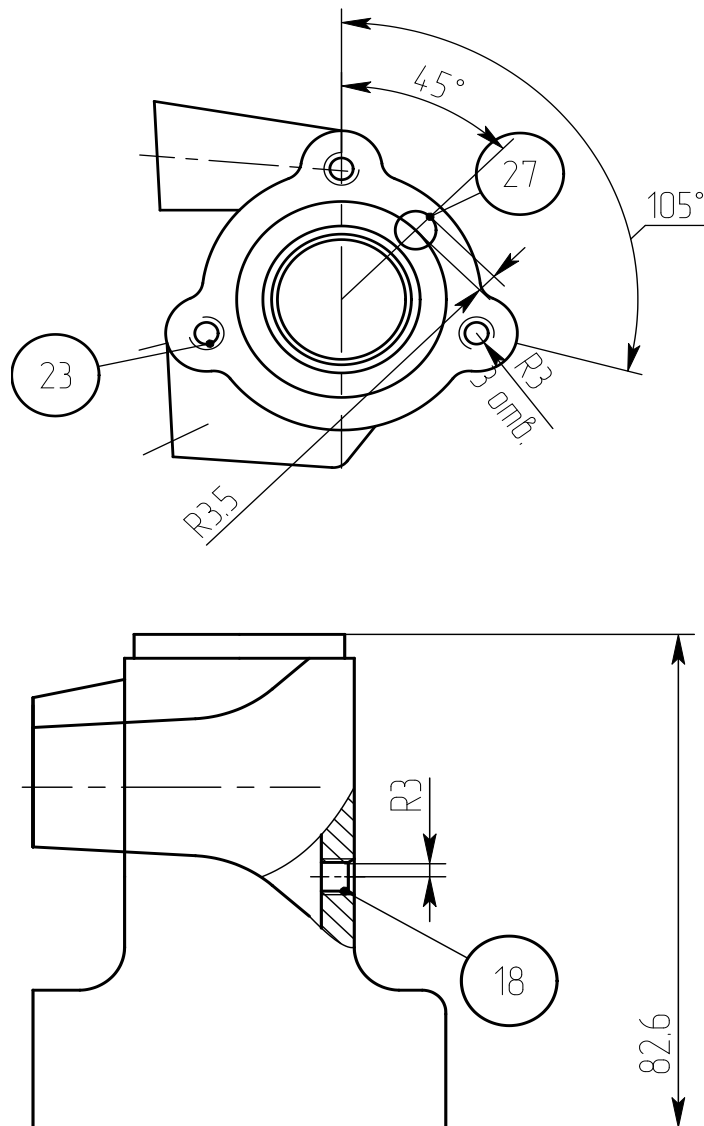


Рисунок 2.12 – Ескіз обробки операція 030

2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

Розраховуємо припуски на обробку і проміжні розміри 25Н8.

Сумарні відхилення розташування штампованої заготовки при обробці в патроні для зовнішньої поверхні:

$$\rho_o = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}; \quad (2.8)$$

ρ_1 – питома короблення отвору вилівка, мкм;

ρ_2 – сумарне зміщення отвору вилівка, мкм.

$$\rho_1 = \sqrt{(k \cdot d)^2 + (k \cdot l)^2}, \quad (2.9)$$

$k = 0,7$ мкм/м – питома короблення вилівка;

$d = 25$ мм – діаметр отвору;

$l = 82$ мм;

$\rho_2 = 300$ мкм.

$$\rho_0 = \sqrt{(0,7 \cdot 25)^2 + (0,7 \cdot 82)^2} = 60 \text{ мм};$$

$\rho_{зм} = 300$ мкм;

$$\rho_o = \sqrt{60^2 + 300^2} = 3,06 \text{ мкм}.$$

Просторове відхилення для заготовки після чорнового точіння:

$$\rho = K_y \cdot \rho_{заг};$$

K_y – коефіцієнт уточнення форми.

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 306 = 18,36 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 306 = 12,24 \text{ мкм};$$

Похибка установки при чорновому точінні

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}; \quad (2.10)$$

$\varepsilon_3 = 73$ мкм – похибка в зажимному патроні;

$\varepsilon_6 = 32$ мкм – похибка базування.

$$\varepsilon = \sqrt{32^2 + 73^2} = 80 \text{ мкм};$$

Похибка при чистовому точінні становить

$$\varepsilon_1 = \varepsilon \cdot 0,05 = 4 \text{ мкм}.$$

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо користуючись основною формулою:

$$2Z_{min} = 2(Rz - I + Ti - I + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2});$$

Мінімальний припуск під чорнове обточування:

$$2Z_{min1} = 2(200 + 300 + \sqrt{306^2 + 80^2}) = 1632,57 \text{ мкм};$$

під чистове точіння :

$$2Z_{min2} = 2(50 + 50 + \sqrt{18,36^2 + 4^2}) = 237,58 \text{ мкм};$$

під тонке точіння:

$$2Z_{min} = 2(20 + 25 + 12,24) = 114,48 \text{ мкм};$$

Виходячи з креслень деталі і розрахунковий розмір після останнього переходу для останніх отримуємо:

$$d_4 = 25,033;$$

$$d_3 = 25,033 - 0,114 = 24,919 \text{ мм};$$

$$d_2 = 24,919 - 0,238 = 24,681 \text{ мм};$$

$$d_1 = 24,681 - 1,633 = 23,048 \text{ мм};$$

Визначаємо граничні значення припусків $2Z_{max}^{pp}$, як різницю найбільших граничних розмірів і $2Z_{min}^{pp}$ - різницю найменших граничних розмірів попереднього і реального переходів:

$$2Z_{max3}^{pp} = 25 - 24,867 = 133 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max2}^{pp} = 24,867 - 24,551 = 316 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max1}^{pp} = 24,551 - 22,528 = 2023 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min1}^{pp} = 25,033 - 24,919 = 114 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min2}^{pp} = 24,919 - 24,681 = 238 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min3}^{pp} = 24,681 - 23,048 = 1633 \text{ мкм}.$$

Перевірка.

$$Z_{max3}^{pp} - Z_{min3}^{pp} = 133 - 114 = 19 \text{ мкм};$$

$$S_2 - S_3 = 52 - 33 = 19 \text{ мкм};$$

$$Z_{max2}^{pp} - Z_{min2}^{pp} = 316 - 238 = 78 \text{ мкм};$$

$$S_1 - S_2 = 130 - 52 = 78 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max}^{\text{пр}} - Z_{\min}^{\text{пр}} = 2023 - 1633 = 390 \text{ мкм};$$

$$S_3 - S_1 = 520 - 130 = 390 \text{ мкм};$$

На інші оброблювані поверхні деталі припуски та допуски визначаємо табличним методом.

Таблиця 2.5 - Загальні припуски на оброблювальні поверхні

Розмір поверхні	Припуск, мм	Допуск, мм
22h11	2*2,2	+0,23 -0,64
25H8	2*2,5	+0,033 -0,104
48h11	2*1	+0,22 -0,22
33h11	2*1	+0,16 -0,16
M6-6H	-	
M8-6H	-	

Міжопераційні розміри на останні операції:

$$A_{005.1} = 52,4 - 4,4 = 48$$

$$A_{010.4} = 33,2 + 2,8 = 36$$

$$A_{005.2} = 12 + 1 = 13$$

$$A_{010.5} = 25 - 23 = 2$$

$$A_{005.3} = 12 + 1 = 13$$

$$A_{015.1} = 33 + 2 = 35$$

$$A_{005.6} = 84,1 - 2,1 = 82$$

$$A_{020.1} = A_{020.2} = 22,4 + 0,6 = 23$$

$$A_{010.1} = 84,1 - 2,1 = 82$$

$$A_{030.1} = 6 + 1 = 7$$

$$A_{010.2} = 18 + 2,8 = 20,8$$

$$A_{030.5} = 8 + 1 = 9$$

$$A_{010.3} = 20,8 + 1,6 = 22,4$$

$$A_{030.6} = 7 + 1 =$$

2.6 Вибір різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів

Проводимо розрахунок режимів різанні на токарну операцію 015 .
Обробку ведемо на токарному верстаті 1A161.

Токарна обробка

I. Вибираємо токарний різець для обробки зовнішніх поверхонь.

II. Призначаємо режими різання.

1. Глибина різання:

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{36-33}{2} = 1,5 \text{ (мм)}. \quad (2.11)$$

2. Призначаємо подачу $S = 0,19$ мм/об.

Коректуємо подачу по паспортних даних $S_0 = 0,15$ мм/об

3. Стійкість різця $T = 60$ хв.

4. Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^q} \cdot K_V, \quad (2.12)$$

де $C_V = 292$; $y = 0,2$; $m = 0,2$; $x = 0,15$.

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 108,48 \text{ (м/хв)}.$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 108,48}{3,14 \cdot 33} = 1046,9 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя $n_0 = 1000$ хв⁻¹.

6. Дійсна швидкість різання становить:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{1000} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 1000}{1000} = 103,62 \text{ (м/хв)}.$$

7. Потужність, що витрачається на різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_\partial}{60 \cdot 102}, \quad (2.13)$$

де $C_{pz}=92$; $y_{pz}=0,75$; $n_{pz}=0$; $x_{pz}=1,0$;

$$P_z = C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz};$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 103,62^0 \cdot 0,97 \cdot 1,24 = 443 (H).$$

$$N_{piz} = \frac{443 \cdot 103,62}{60 \cdot 102} = 7,5 \quad (\text{кВт}).$$

Відповідно до паспорта $N_{об} = 10,4$ (кВт).

$$N_{шп} = 10,4 \cdot 0,8 = 8,32 \quad (\text{кВт}).$$

Так як, $N_{piz} < N_{шп}$ ($7,5 < 8,32$), то обробка можлива.

III. Основний час:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \quad (2.14)$$

$$L = y + l + \Delta = 0,6 + 33 + 2 = 35,6 \quad (\text{мм}),$$

де $y = 0,6$ (мм) – врізання,

$l = 33$ мм – довжина обробки,

$\Delta = 2$ – перебіг.

$$T_o = \frac{35,6}{1000 \cdot 0,15} = 0,24 \quad (\text{хв}).$$

025 Фрезерна

I. Вибираємо циліндричну фрезу $D = 80$ мм.

II. Призначаємо режими різання.

1. Встановлюємо глибину різання:

$$B = 48 \text{ мм.}$$

2. Призначаємо подачу на зуб фрези:

$$S_z = 0,1 \text{ мм/зуб.}$$

2. Призначаємо період стійкості фрези:

$$T = 120 \text{ хв.}$$

3. Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V, \quad (2.15)$$

де $C_V=72$; $q=0,45$; $x=0,5$; $y=0,4$; $u=0,1$; $p=0,1$; $m=0,5$.

$$V = \frac{72 \cdot 80^{0,45}}{120^{0,5} \cdot 2^{0,5} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 48^{0,1} \cdot 10^{0,1}} \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1 = 43,2$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 43,2}{3,14 \cdot 80} = 171,9 \text{ (хв}^{-1}\text{)}. \quad (2.16)$$

По паспортних даних $n_d=160 \text{ хв}^{-1}$.

4. Дійсна швидкість різання:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 160}{1000} = 40,19 \text{ (м/хв)}.$$

5. Хвилинна подача становить:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_\partial = 0,2 \cdot 10 \cdot 160 = 320 \text{ (мм/хв)},$$

Коректуємо по паспортним даним $S_m = 250 \text{ мм/хв}$.

6. Потужність, що витрачається на різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_\partial}{60 \cdot 102}$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^{q^*} n^w}, \quad (2.17)$$

де $C_p=30$; $x=0,83$; $y=0,65$; $u=1$; $q=0,86$; $w=0$.

$$P_z = \frac{1030 \cdot 2^{0,83} \cdot 0,2^{0,65} \cdot 48^1 \cdot 10}{80^{0,86^*} \cdot 160^0} = 175 \text{ (Н)}.$$

Тоді

$$N_{\text{різ}} = \frac{175 \cdot 40,19}{60 \cdot 102} = 1,149 \quad (\text{кВт})$$

7. Визначаємо, чи достатня потужність верстату:

$$N_{\text{ун}} = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \quad \text{кВт.}$$

Так як $N_{\text{різ}} < N_{\text{ун}}$ ($3,2 < 8$), то обробка можлива.

III. Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{L}{S_m}, \quad (2.18)$$

де $L = l + y + 2 = 90 + 1,5 + 2 = 93,5 \text{ мм.}$

$S_m = S_z \cdot z \cdot n \cdot d = 0,2 \cdot 10 \cdot 160 = 320 \text{ (мм/хв).}$

Приймаємо $S_m = 300 \text{ (мм/хв).}$

$$T_o = \frac{93,5}{300} = 0,34 \text{ (хв.).}$$

Вибір обладнання та оснащення.

005 Агрегатна

Верстат – агрегатно-фрезерний 6904ВМФ2. $N = 3,6 \text{ кВт.}$

010 Токарна

Верстат – токарно-гвинторізний 1А616. $N = 10,4 \text{ кВт.}$

015 Токарна

Верстат – Токарний 1А616. $N = 10,4 \text{ кВт.}$

020 Алмазно-розточна

Верстат – алмазно-розточний ВК-773. $N = 6 \text{ кВт.}$

025 Фрезерна

Верстат – горизонтально-фрезерний 6М82. $N = 4,5 \text{ кВт.}$

030 Агрегатна

Верстат – агрегатний ХА14735. $N = 3,6 \text{ кВт.}$

Для забезпечення безперебійного протікання технологічного процесу

механічної обробки деталі необхідно забезпечити транспортування заготовок. Транспортування заготовок з заготівельного цеху до дільниці механічної обробки здійснюється електрокаром, для міжопераційного транспортування використовується кран-балка, а для доставки на склад готових деталей застосовується електрокар.

Для попередження і виявлення браку деталі проходить технічний контроль у відділі технічного контролю, який здійснюється контролерами. Розрізняють контроль і перших деталей при налагодженні верстату, коопераційний та кінцевий. Два останні можуть бути суцільними або вибірковими.

До допоміжних операцій відносяться додаткові операції технологічного процесу, які забезпечують необхідну якість готової деталі по її зовнішньому виду, естетичними вимогами, зберіганню.

2.7 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу

Визначаємо норма штучного часу визначається по формулі:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от}. \quad (2.19)$$

T_o - основний час, мм.

T_e - допоміжний час, мм.

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця.

$T_{от}$ - час на відпочинок.

$$T_e = T_{уст} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{пз}. \quad (2.20)$$

$T_{уст}$ - час на встановлення та знімання деталі.

$T_{з.о.}$ - час на закріплення і відкріплення деталі.

$T_{уп}$ - час на прийоми управління.

$T_{пз}$ - час на вимірювання деталі.

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}. \quad (2.21)$$

$T_{тех}$ - час на технічне обслуговування робочого місця.

$T_{орг}$ - час на організаційне обслуговування робочого місця.

Проведемо розрахунок для 015 токарної операції. [1].

$$T_{yc} + T_{зв} = 0,085$$

Час на включення верстата $0,01$ хв.;

Час на переміщення $0,04$ хв.;

$$T_{yn} = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ хв.};$$

Час на вимірювання деталі $T_{нз} = 0,12$ хв.;

Допоміжний час:

$$T_{г} = 0,085 + 0,05 + 0,12 = 0,225 \text{ хв.};$$

$$T_{on} = T_o + T_{г} = 1,46 + 0,225 = 1,685 \text{ хв.};$$

Час на обслуговування робочого місця.

Час на технічне обслуговування:

$$T_{tex} = 0,05 \cdot T_{on} = 0,05 \cdot 1,685 = 0,084 \text{ хв.};$$

Час на організаційне обслуговування $1,4\%$:

$$T_{орг} = 1,46 \cdot 1,4 / 100 = 0,02 \text{ хв.};$$

Час на перерви та відпочинок 7% дод. 5.22 ст. 213.

$$T_{оп} = 1,685 \cdot 7 / 100 = 0,118 \text{ хв.};$$

Штучний час:

$$T_{шт} = 1,46 + 0,225 + 0,084 + 0,02 + 0,118 = 1,907 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.6 - Технічні норми часу, хв.

№ оп.	Назва операції	T_o	T_δ			T_{on}	$T_{об}$		$T_{від}$	$T_{шт}$
			$T_{уст}$	$T_{ун}$	$T_{ем}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$		
005	Агрегатна	0,36	0,11	0,06	0,25	0,74	0,031	0,01	0,0518	0,833
010	Токарна	1,815	0,085	0,07	0,18	2,15	0,076	0,025	0,154	2,402
015	Токарна	1,46	0,085	0,07	0,18	1,685	0,084	0,02	0,118	1,907
020	Алмазно-розточна	1,86	0,085	0,08	0,18	2,205	0,092	0,026	0,13	2,687
025	Фрезерна	0,34	0,11	0,02	0,12	0,79	0,033	0,011	0,055	0,89
030	Агрегатна	0,54	0,11	0,02	0,25	0,92	0,038	0,013	0,064	1,035

Уточнення типу виробництва

Визначаємо необхідну кількість верстатів:

$$M_{p1} = 30000 \cdot 0,359 / 60 \cdot 4029 \cdot 0,7 = 0,148; \quad M_p = 1;$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = 0,148 / 1 = 0,148;$$

Визначаємо кількість операцій:

$$O = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.} = 0,7 / 0,148 = 4,7.$$

Проведемо аналітичний розрахунок для 005 агрегатної операції.

Всі інші розрахунки занесемо в таблицю.

Таблиця 2.7 - Уточнення типу виробництва

№ оп.	Операція	$T_{шт-к}$	Mp	Mn	$\eta_{з.ф.}$	$\eta_{з.н}$	O
005	Агрегатна	0,833	0,148	1	0,148	0,7	4,7
010	Токарна	2,402	0,426	1	0,426	0,7	1,64
015	Токарна	1,907	0,338	1	0,338	0,7	2,07
020	Алмазно-розточна	2,687	0,476	1	0,476	0,7	1,5
025	Фрезерна	0,89	0,158	1	0,158	0,7	4,43
030	Агрегатна	1,035	0,183	1	0,183	0,7	3,83
ВСЬОГО		9,754		6			18,17

Визнаємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \sum O / \sum P = 18,17/6 = 2,86 .$$

Отже, тип виробництва – крупносерійний.

2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

1) Вартість заготовки (лиття в кокіль, СЧ20) складає 18,04 грн., тобто

$$V_m = 18,04 \text{ грн.}$$

2) Вартість технологічної енергії враховується при розрахунку витрат на

утримання і експлуатацію машин і механізмів.

3) Витрати на основну заробітну плату виробничих працівників (при відрядній формі оплати) визначають по кожній операції за формулою:

$$P_{від} = \frac{t_{шт} \cdot C_{г}}{60} \quad (2.22)$$

де: $t_{шт}$ - час виконання однієї операції, хв.;

$C_{г}$ - годинна тарифна ставка, грн/год.

Розрахунок зведемо в таблицю 2

Таблиця 2.8 Розрахунок основної заробітної плати

№ з/п	Назва операції	Час виконання операції ($t_{шт}$),хв	Розряд	Година тарифна ставка($C_{г}$)	Відрядна роцінка ($P_{від}$),грн.
005	Агрегатна	0,883	V	62,2	0,92
1	2	3	4	5	6
010	Токарна	2,402	V	62,2	2,49
015	Токарна	1,907	IV	56,4	1,79
020	Алмазно-розточна	2,687	V	62,2	2,79
025	Фрезерна	0,89	V	62,2	0,92
030	Агрегатна	1,035	V	62,2	1,05
Всього					9,96

4) Витрати на додаткову заробітну плату працівників складають 11% від основної заробітної плати виробничих працівників і розраховують за формулою:

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = \sum_{i=1}^n \cdot P_{\text{від.}} \cdot 0,11 \quad (2.23)$$

$P_{\text{від.}}$ - відрядна розцінка на i -тій операції;

n - кількість операцій.

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = 9,96 \cdot 0,11 = 1,10 \text{ грн.}$$

5) Відрахування на соціальні заходи складають 22% від суми основної та додаткової заробітної плати, тобто:

$$B_{\text{від.с.з.}} = (\sum_{i=1}^n \cdot P_{\text{від.}} + B_{\text{дод.з.пл.}}) \cdot 0,22 \quad (2.24)$$

$$B_{\text{від.с.з.}} = (9,96 + 1,1) \cdot 0,22 = 2,43 \text{ грн.}$$

6) Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів є комплексними, оскільки охоплюють витрати, що безпосередньо необхідні для експлуатації обладнання, амортизаційні відрахування, тощо. Такі витрати визначають як певний відсоток від заробітної плати виробничих працівників (приймають 50-100%) за формулою:

$$B_{\text{уео.}} = (\sum_{i=1}^n \cdot P_{\text{від.}} + B_{\text{дод.з.пл.}}) \cdot 0,6 \quad (2.25)$$

$$B_{\text{уео.}} = (9,96 + 1,1) \cdot 0,6 = 6,64 \text{ грн}$$

7) Загально-виборчі витрати включають витрати на управління, виробниче та господарське обслуговування виробництва, заробітну плату з

відрахуваннями на соціальні заходи управлінських працівників, спеціалістів, обслуговуючого персоналу, тощо. Такі витрати визначають як певний відсоток від заробітної плати виробничих працівників (приймають 100-200%) за формулою:

$$B_{зв.} = \left(\sum_{i=1}^n \cdot P_{від.} + B_{дод.з.пл.} \right) \cdot 1,8 \quad (2.26)$$

$$B_{зв.} = (9,96 + 1,1) \cdot 0,18 = 1,99 \text{ грн.}$$

8) Виробнича собівартість визначається як сума розрахункових вище затрат за формулою:

$$S_{вир} = B_{м.} + \sum_{i=1}^n \cdot P_{від.} + B_{дод.з.пл.} + B_{від.с.з.} + B_{уео.} + B_{зв.} \quad (2.27)$$

$$S_{вир} = 18,04 + 9,96 + 1,1 + 2,43 + 6,64 + 1,99 = 40,16$$

9) Поза виробничі витрати (адміністративні , витрати на збут, тощо) визначають аналогічно до способу визначення загальновиробничих витрат (приймають 5-10%) за формулою:

$$S_{п.вир.} = S_{вир.} \cdot 0,05 \quad (2.28)$$

$$S_{п.вир.} = 40,16 \cdot 0,05 = 2,01 \text{ грн.}$$

10) Повна собівартість включає виробничу собівартість та поза виробничі витрати:

$$S_{пов.} = S_{вир.} + S_{п.вир.} \quad (2.29)$$

$$S_{пов.} = 40,16 + 2,01 = 42,17 \text{ грн.}$$

Калькуляція собівартості встановлення корпусу наведена в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 Калькуляція собівартості корпусу

№ з/п	Статті витрат	Сума витрат, грн.
1	2	3
1.	Вартість матеріалів	18,04
2.	Основна заробітна плата виробничих працівників	9,96
3.	Додаткова заробітна плата виробничих працівників	1,1
4.	Відрахування на соціальні заходи	2,43
5.	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	6,64
1	2	3
6.	Загальновиробничі витрати	1,99
<i>Разом виробнича собівартість (сума 1-6)</i>		40,16
7.	Позавиробничі витрати	2,01
<i>Повна собівартість (сума 1-7) у тому числі витрати</i>		42,17
8.	- змінні (сума 1-4) $V_{зм.од.}$	31,53
9.	-умовно-постійні (сума 5-7) $V_{ум.од}$	10,64

Приймаємо вартість покупних деталей 271 грн.

Загальна собівартість виробу включає собівартість виготовленої деталі та вартість покупних деталей ($C_{пок.}$) і визначається за формулою:

$$S_{\Sigma} = S_{\text{пов.}} + C_{\text{пок.}} \quad (2.30)$$

$$S_{\Sigma} = 42,17 + 271 = 313,17 \text{ грн.}$$

Ціну одиниці продукції розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{од.пр}} = \frac{S_{\text{пов.}} \cdot (100 + x)}{100} + C_{\text{пок.}} \quad (2.31)$$

x – відсоток запланованого прибутку (приймаємо 20%)

$$C_{\text{од.пр.}} = \frac{42,17 \cdot (100 + 20)}{100} + 271 = 321,61 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість виготовлення деталі становить 321, 61 грн. на одиницю продукції.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування технологічного оснащення

3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Виходячи з завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра необхідно спроектувати верстатний пристрій на обробку поверхні 10 (операція 020 алмазно-розточна). В прийнятому варіанті механічна обробка поверхні здійснюється на алмазно-розточному верстаті ВК-773.

Тип виробництва крупносерійний, тому згідно рекомендацій пристрій повинен мати механізований привод затискування, а саме гідропривід.

Даний пристрій служить для закріплення заготовки на столі вибраного верстата з метою обробки даної поверхні. Для базування деталі виберемо установочний елемент у вигляді пальця.

Принцип дії даного пристрою заключається в наступному, деталь встановлюється на два пальці і притискається зверху. В спеціальні камери подається масло, за допомогою якого шток опускається і деталь притискається зверху. Отже, деталь затиснена, і готова до виконання технологічної операції.

Пристрій алмазно-розточний призначений для установки і закріплення заготовки при обробці на алмазно-розточному верстаті. Дане приспособлення встановлюється на стіл алмазно-розточного верстата.

Приспособлення складається з корпусу, елементів базування, механізму зажима і гідропривода. Механізм зажиму складається з штока і прижимної оправки, які працюють безпосередньо від гідроциліндра.

Приспособлення працює наступним чином: деталь встановлюється на два пальці і зверху притискається за допомогою притискної оправки сфероподібної форми. Масло поступає в безштокову порожнину гідроциліндра. Поршень циліндра рухається під тиском і з допомогою оправки прижимає деталь. Деталь закріплена і готова до операції.

3.1.2 Силовий розрахунок параметрів привода

Виходячи з структурної схеми пристрою і схеми сили дії, зусилля затиску розраховуємо за формулою:

$$W = KM - P \cdot f_2 / (f_1 + f_2); \quad (3.1)$$

де f_1, f_2 - коефіцієнт тертя відповідно між поверхнею затискного елемента і поверхні деталі і опорною поверхнею деталі і установчою поверхнею. ($f_1=0.15$, $f_2=0.2$).

K - коефіцієнт запасу ;

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6;$$

$K_0=1.5$ -загартований коефіцієнт запасу;

$K_1=1.2$ - коефіцієнт, який враховує нерівномірність сил різання через непостійність припуску.

$K_2=1,0$ – коефіцієнт, який враховує зміну сил обробки при неперервному різанні.

$K_4=1,2$ – коефіцієнт, який враховує непостійність сил різання.

$K_5=1,1$ – коефіцієнт, який враховує невизначене положення місць контакту заготовки з установочними елементами і зміни, в зв'язку з цим моментів тертя і які протидіють повороту заготовки по базовій площині.

$$\text{Тоді: } K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 2,59$$

$$\text{Сила } P_z = 57 \text{ Н.}$$

$$\text{Момент } M = 3,45 \text{ Нм.}$$

$$\text{Тоді } W = 2,59 \cdot 3,45 + 340 \cdot 0,2 / (0,2 + 0,15) = 2514,3 \text{ Н.}$$

Діаметр циліндра:

$$D = 2 \cdot \sqrt{P / (0,75 \cdot p \cdot \eta \cdot \pi)} = 2 \cdot \sqrt{2514,3 / (0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot 0,92)} = 217 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D = 220 \text{ мм.}$

Діаметр штока пневмоциліндра $d = 50 \text{ мм.}$

3.1.3 Розрахунок на точність

Для забезпечення точності пристрою необхідно виконати умову:

$$\sum \varepsilon < T, \quad (3.2)$$

де $T=0,1$ – допуск на розмір

$\sum \varepsilon$ – сумарна похибка

$$\sum \varepsilon = K \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_{pn}^2 + \varepsilon_{py}^2 + \varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_{\sigma_3}^2 + \varepsilon_{pnc}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{pz}^2 + \varepsilon_{nd}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_t^2},$$

де $\varepsilon_{\sigma} = 0,01$ – похибка стола верстата;

$\varepsilon_{pn} = 0,03$ – похибка розташування пристрою на верстаті (для установчих пазів стола)

$\varepsilon_{py} = 0,035$ – похибка розташування установчих елементів поверхонь пристрою, якими він встановлює на верстаті;

$\varepsilon_{\sigma} = 0,008$ – похибка базування;

$\varepsilon_{\sigma_3} = 0,08$ – похибка закріплення;

$\varepsilon_{pnc} = 0,01$ – похибка розташування направляючих елементів пристрою;

$\varepsilon_n = 0,01$ – похибка налагодження;

$\varepsilon_{pz} = 0,01$ – похибка розмірного зношування;

$\varepsilon_{nd} = 0,003$ – похибка пружних деформацій;

$\varepsilon_i = 0,002$ – похибка інструменту;

$\varepsilon_{zn} = 0,003$ – похибка, викликана зношуванням установчих елементів;

$\varepsilon_t = 0,001$ – похибка, викликана температурними впливами;

$K = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує закони розподілу похибок.

Тоді:

$$\sum \varepsilon = 1,1 \sqrt{0,01^2 + 0,03^2 + 0,035^2 + 0,008^2 + 0,08^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,003^2 + 0,002^2 + 0,003^2 + 0,001^2} = 0,048 \text{ мм.}$$

Отже, точність забезпечена.

Умова $\sum \varepsilon = 0,048 < T = 0,052$ мм виконується.

3.1.4 Розрахунок на точність контрольного пристрою

Загальна похибка контрольного пристрою залежить від похибки положення деталі в пристрої ε , похибки передавальних механізмів Δ_p , похибки виготовлення еталонної деталі Δ_e , яка служить для налагодження пристрою і похибки показів вимірювального приладу Δ_n .

Тоді загальна похибка буде визначатися як

$$\Delta_{мет.} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_e + \Delta_n = 0,0158 + 0,0005 + 0,001 + 0,0008 = 0,0181 \text{ мм.}$$

Дійсне значення похибки контрольного пристрою визначається в процесі його атестації і може бути зменшене до певної границі при налагодженні, регулюванні.

Величину визначають так

$$\Delta_{дон.} = (0,2 \dots 0,35) \delta_{дет} = (0,2 \dots 0,35) 0,052 = 0,0182 \text{ мм.}$$

При цьому повинна задовольнятися умова $\Delta_{дон.} \geq \Delta_{мет.}$. Отже, умова задовольняється.

Загальна похибка пристрою визначається так:

$$\varepsilon_{пр.} = \sqrt{\varepsilon_{уст.}^2 + \varepsilon_{ін.}^2 + \varepsilon_c^2} \quad (3.3)$$

$\varepsilon_{уст.} = 0,005$ мм – похибка, що залежить від точності опор.

$\varepsilon_{ін.} = 0,015$ мм – похибка індикатора;

$\varepsilon_c = 0$.

Отже, $\varepsilon_{пр.} = \sqrt{0,005^2 + 0,015^2} = 0,0158$ мм.

Похибка показів вимірювального приладу визначається за формулою:

$$\Delta_{контр.} = \delta_{дет.} - \Delta_{мет.} = 0,1 - 0,0181 = 0,019 \text{ мм.}$$

Отже, точність забезпечена

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Мікроклімат виробничих приміщень, його вплив на організм працівника і заходи щодо зниження його негативного впливу

Мікроклімат виробничих приміщень на виробництві впливає на самопочуття, стан здоров'я людини. До основних факторів мікроклімату відносять вологість, рухомість повітря і теплового випромінювання. Виробничий мікроклімат, характеризується значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі. А також до його особливостей відносять різноманітність сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання. Всі ці фактори залежать від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд та інших чинників

Джерелами для створення теплоти повітря на виробництві є:

- технологічне устаткування, яке має великий нагрів;
- деталі й розплавлені матеріали, які відповідно до ТП нагріваються до високих температур,;
- теплова енергія, яка здатна виділяється рухомими механізмами.

Тепло від перелічених вище джерел викликає значне підвищення температури повітря у робочих приміщеннях. Проте, на деяких виробництвах люди працюють при зниженій температурі, наприклад склади, елеватори.

Технологічні процеси, що пов'язані з підвищеною вологістю, зустрічаються на підприємствах харчової промисловості та у гальванічних і травильних відділеннях у машинобудуванні.

Для вимірювання параметрів мікроклімату класично використовуються різні прилади: ртутні та спиртові термометри, психрометри, анемометри й кататермометри.

Провівши ряд досліджень можна зробити висновок, що у виробничих умовах усі метеорологічні фактори впливають на людину одночасно. Необхідно виявити сумарний вплив даних факторів на працівника. Спосіб обліку ефектних і

еквівалентно-ефективних температур пропонується, як один з найбільш точних способів. Показник ефективної температури визначається, як сума впливів температури і вологості повітря на працюючого на робочому місці.

Визначення температури здійснюється за наступним алгоритмом. За допомогою лінійки з'єднують точки на шкалі номограми, що відповідають показам сухого і мокрого термометрів психрометра. У точці перетину побудованої лінії з лінією швидкості руху повітря і буде міститися точка ефективної температури нерухомого повітря

Розрізняють різні види мікрокліматичних умов. А саме оптимальні, допустимі та шкідливі.

При розгляді механізмів впливу метеорологічних факторів конкретного виробничого середовища на людину, необхідно врахувати, що буд-який людський організм хоче підтримати відносну динамічну сталість всіх своїх функцій під час впливу різних метеорологічних умов. Дана сталість покриває один з найважливіших фізіологічних механізмів — механізм терморегуляції. Та може визначатися при певному співвідношенні теплоутворення і тепловіддачі.

Надлишкова вологість повітря чинить негативний вплив на механізм терморегуляції організму. Особливо шкідливою є вологість повітря, яка перевищує 70—75 % за температури 30 °С і більше. За даними М. Є. Маршаківа і В. Г. Давидова (1985), верхньою межею описаної рівноваги людини, у стані спокою, є температура повітря 30—31 °С при відносній вологості 85 % або ж 40 °С - 30 %. Ці межі змінюються залежно від виду виконуваної фізичної роботи.

В умовах підвищеної температури буд-яка фізична робота спричиняє прискорення серцебиття та зниження артеріального тиску. За низької температури, відповідно може статися переохолодження організму, що приведе до простудного захворювання.

Доведено, що оптимальна працездатність людини спостерігається, якщо температура навколишнього повітря 18—20 °С, відносна вологість — 40—60 %, швидкість руху повітря — 0,1—0,2 м/с.

Висока температура розслабляє організм, як наслідок викликає млявість, а низька — сковує рухи, що дуже небезпечно, бо є підвищена небезпека травмування при обслуговуванні машин та механізмів. За високої температури та вологості може статися перегрів тіла та спричинити тепловий удар.

Теплові апарати, що використовуються під час виконання ТП, є джерелом інфрачервоного випромінювання. Воно негативно впливає на функціональний стан нервової системи. Впливає на зміни у серцево-судинній системі та на очі.

Для зниження негативного впливу мікроклімату пропонуються наступні заходи:

- впровадження раціональних технологічних процесів;
- повної механізації та автоматизації виробничих процесів;
- дистанційного управління ТП;
- раціонального розміщення устаткування;
- встановлення раціональної вентиляції та опалювання;
- раціоналізації режимів праці й відпочинку, перерви;
- спеціального питного режиму;
- застосування особливого спецодягу.

Існує захист від інфрачервоного випромінювання у вигляді пристроїв: огорожувальні, герметизуючі, дистанційне управління.

Зниження інтенсивності потрапляння теплового випромінювання проводиться використанням різних екранів а також індивідуальними засобами захисту.

Для захисту працівників від переохолодження передбачають: створення захисних споруд на відкритих площадках та майданчиках, застосування опалення на постійних робочих місцях, встановлення технічних перерв у роботі, обладнання спеціальних зон для обігріву, використання спецодягу з достатнім тепловим ефектом.

ВИСНОВКИ

Прийняті в кваліфікаційній роботі наукові та інженерні рішення дозволили вдосконалити технологічний процес механічного оброблення кронштейна маятникового важіля та добитися суттєвого покращення окремих показників технологічного процесу.

Прийняті рішення забезпечили можливість концентрації обробки, організацію багатостанкового обслуговування, мобільність виробництва, а також значне скорочення затрат на оснащення виробничого процесу.

В роботі було синтезовано ще один варіант маршруту обробки, що в поєднанні з існуючими дозволило синтезувати оптимальний технологічний маршрут механічної обробки.

Розроблені конструкції спеціальних верстатних пристроїв дали змогу підвищити якість виготовлення деталі і зменшити підготовчо-заключний час на операціях. Крім того, завдяки застосуванню механізованого приводу, значно покращилися умови праці робітників.

Також для забезпечення безпечних умов роботи персоналу і суттєвого їх покращення розглянуто ряд питань безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Правильність прийнятих проектних рішень і показали, що завдяки впровадженню нового технологічного процесу знизилася собівартість виготовлення деталі.

ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ

1. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков.М.: Машиностроение,1975.
2. Антонюк В.Е.Справочник конструктора по расчету и проектированию приспособлений.-Минск: Беларусь,1979.
3. Горбацевич А.Ф. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.-Минск.: Высшая школа,1970.
4. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник – К.:ІСДО, 1996 – 300 с.
5. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
6. ГрабченкоА.І., УзунянМ.Д., Зубкова Н.В та ін. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні. Харків НТУ «ХП» 2014. 87 с.
7. Григурко І. О., Брендюля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
8. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. Вид. 2-ге, стер. Київ : Знання, 2002. 203 с.
9. Жарков Н. В., Прокди Р. Г., Финков М. В. AutoCAD 2014 : посібник. Санкт-Петербург : Наука и техника, 2014. 624 с.
- 10.Капаціла Ю. Б., Комар Р. В., Дячун А. Є. Механоскладальні дільниці та цехи : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 40 с.
- 11.Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
- 12.Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення корпусних деталей.
- 13.Паливода Ю. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормуваннямеханічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя, 2019. – 240с.

14. Маталин А.А. Технология машиностроения.– Л. – М., 1985. – 496 с.
15. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2007. 275 с.
16. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк та ін. Вінниця, 2009. 199 с.
17. Локтев А. Д. Общемашиностроительные нормативы режимов резания : справочник. В 2 т. Москва : Машиностроение, 1991.
18. Солнцев Ю. П. Материаловедение : учебник для вузов. Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. 784