

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» _____ 2021 р.

**Проектування технологічного процесу виготовлення
корпусу 1.3000-101.102.00**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Катерина ПОВОЛОЦЬКА

Керівник

Іван ДЕГТЯРЬОВ

Нормоконтроль

Юлія ДЕНИСЕНКО

РЕФЕРАТ

Записка: 49 с., 13 рис., 19 табл., 4 додатки, 9 літературних джерел.

Об'єкт розробки: корпус 1.3000-101.102.00 насосу шестерного марки «Ш 0,4-5» 1.3000-101.100.00 СК.

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 1.3000-101.102.00.

Виконаний аналіз службового призначення шестерного насосу і корпусу та умов їх експлуатації. За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – дрібносерійний, та форма його організації – групова.

Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками. Вибраний спосіб одержання заготовки – лиття в піщано-глинясті форми машинним формуванням по дерев'яним моделям.

Виконаний аналіз технологічного процесу виготовлення деталі, вибрані і обгрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 020 «Вертикально-фрезерна» і 070 «Свердлильна з ЧПК».

Розраховані припуски і граничні розміри за технологічними переходами на дві внутрішні поверхні діаметром 38H7.

Вибрані верстатні пристрої, різальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та норми часу на наведені операції.

Спроектований верстатний пристрій для обробки заготовок на операції 070 «Свердлильна з ЧПК».

Розроблені заходи для вирішування питань, пов'язаних з охороною праці та безпекою на робочих місцях працюючих.

КОРПУС, ЗАГОТОВКА, БАЗУВАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ,
НОРМА ЧАСУ, ПРИСТРІЙ

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....	8
3 Визначення типу виробництва та форми його організації.....	10
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
5 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї.....	18
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	22
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	22
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	24
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....	28
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	30
6.5 Розрахунок режимів різання.....	31
6.6 Технічне нормування операцій.....	36
7 Проектування верстатного пристрою.....	39
Висновки.....	48
Перелік джерел посилань.....	49
Додаток А Креслення деталі «Корпус 1.3000-101.102.00».....	50
Додаток Б Розрахунок припусків на ЕОМ.....	52
Додаток В Специфікація ТМЗ19090009-07-01.00.00.....	53
Додаток Г Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	56

						ТМЗ19090009-00 ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	Поволоцька				Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу 1.3000-101.102.00. Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>	Дегтярьов					3	49	
<i>Реценз.</i>						СумДУ, ТМЗ-71к		
<i>Н. Контр.</i>	Денисенко							
<i>Затв.</i>	Іванов							

ВСТУП

Шестерні насоси широко застосовуються в системах змащування та гідравлічних приводах верстатів і автоматичних лініях. Конструкція таких насосів є відносно простою, надійною в експлуатації, має невеликі габарити і масу. Виготовлення шестерних насосів супроводжується невеликою трудомісткістю, вони зручні в обслуговуванні. Конструкція насоса допускає відносно високу частоту обертання роторів, короткострокові перевантаження тиску, величина і довготривалість яких залежить від розмірів підшипників. Максимальна частота обертання роторів насоса знаходиться в межах 2500 – 4000 об/хв. Для насосів із невеликою подачею мастила допускається частота обертання до 18000 об/хв.

В останні роки з'явилося багато різних конструкцій шестерних насосів, які відрізняються підвищеними технічними параметрами. Найбільш розповсюдженими є насоси у яких конструкція роторів із шестернями мають зовнішнє зачеплення. Конструкції таких насосів мають вузли, що компенсують і врівноважують максимальний робочий тиск, який не перевищує 15 – 25 МПа.

Фірма Sperry Vickers (США) [1] виготовляє шестерні насоси, які забезпечують подачу до 330 л/хв з частотою обертання роторів 3600 об/хв і тиском до 23 МПа. Конструкція таких насосів має підвищений ККД, їх ресурс роботи становить 10000 годин і більше. Технологічний процес виготовлення насосів передбачає приробку розточених отворів корпусу із зубцями коліс. Кільцевий зазор після приробки не перевищує 0,003 – 0,005 мм на сторону, що сприяє підвищенню ККД, знижує витікання рідини із порожнин насоса. Притирання торцевих поверхонь кришок і корпусу також знижує витікання мастила і утримання потрібного тиску в гідравлічній системі насоса.

В комплексної бакалаврської роботи пропонується розробити технологічний процес виготовлення однієї із головних деталей шестерного насоса «Корпус 1.3000–101.102.00».

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В багатьох галузях машинобудування застосовуються насосні агрегати з електричним двигуном, які складаються із шестерного насоса та електричного двигуна змонтованих на загальній рамі і з'єднаних між собою муфтою.

Шестерний насос за принципом дії – об'ємний, працюючий в системі змащування. Насос призначений для перекачування мінеральних мастил без механічних домішок і маючих кінематичну в'язкість в межах $1,7 \cdot 10^{-5} - 40 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ при температурі $T = 283 - 328 \text{ К}$.

Насос шестерний моделі «Ш 0,4–5» працює при тиску 0,5 МПа ($5 \text{ кгс}/\text{см}^2$) і швидкості перекачування рідини $0,48 \text{ м}^3/\text{г}$ ($0,13 \text{ л}/\text{с}$). Частота обертання вихідного вала становить 25 с^{-1} ($1500 \text{ об}/\text{хв}$). Середнє напрацювання на відмову виробу становить 3000 годин. За паспортними даними середній ресурс до капітального ремонту становить 15000 годин.

Критерієм граничного стану (напрацювання ресурсу) насоса є зменшення швидкості перекачування рідини на 15% від номінального значення. Причиною є знос базових деталей насоса (роторів, корпусу). Критерієм відмови роботи насоса є збільшення витікання мастила (більше $10 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{г}$), причиною якого є спрацювання ущільнювальної манжети. Маса насосного агрегата становить 2,3 кгс.

Шестерний насос складається із робочого механізму, корпусу з кришками і підшипників ковзання. Робочий механізм складається із ведучого і веденого роторів. За конструкцією ротори виготовлені разом із прямозубими шестірнями або окремо.

Корпус з обох торців закритий кришками. В передній кришки виконана канавка в якій розташована ущільнювальна манжета. На торцях кришок також зроблені канавки, які передбачені для відведення мастила в камери всмоктування (вхід).

У разі обертання роторів в всмоктувальній частині кришки виникає розрідження, за яким рідина під тиском атмосфери заповнює порожнини між

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

зубцями і далі з ними переміщується із камери всмоктування в камеру нагнітання, а потім в мастилопровід гідравлічної системи.

Для виключення запирання мастила в порожнинах між зубцями на торцевих поверхнях втулок зроблені розвантажувальні канавки, які мають напрямок в сторону камери навантаження.

Підведення і відведення мастила відбувається через вхідний та вихідний отвори, які мають конічну різь для закручування в них штуцерів.

Розглянемо схему базування корпусу в шестерному насосі (див. рис. 1.1).

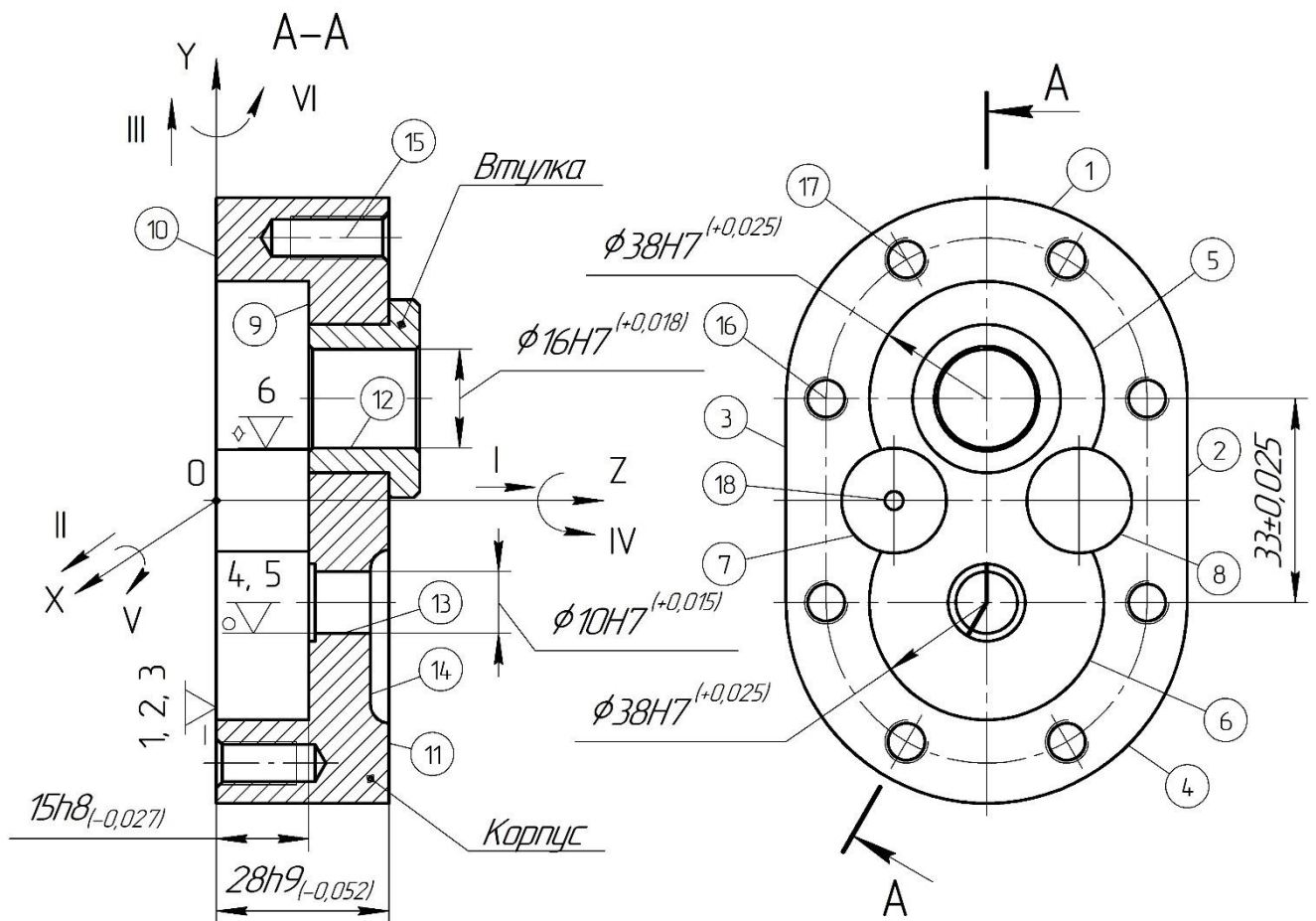


Рисунок 1.1 – Схема базування корпусу в насосі

Поверхні 5, 6, 7, 8, 9, 18 визначають службове призначення корпусу і безпосередньо впливають на кількісні та якісні показники насосу (продуктивність, робочий тиск). Наведені поверхні є виконавчими поверхнями (ВП), за допомогою яких відбувається перекачування мастила.

						ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
							6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

Поверхні 10, 12, 13 є основними конструкторськими базами (ОКБ). Ці поверхні передбачені для потрібного розташування корпусу в шестерному насосі.

Ряд поверхонь корпусу визначають положення деталей, що приєднуються до нього. Поверхні 11, 15, 16, 17 є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ). Плоска поверхня 11 передбачає розташування втулки в корпусі та приєднувальної кришки. Поверхні 5, 6, 9 додатково виконують функцію допоміжної бази для орієнтації шестірни в корпусі. Поверхні 15, 16, 17 призначені для встановлення гвинтів, якими корпус з'єднуються з обома кришками.

Поверхні 1, 2, 3, 4, 14 є вільними поверхнями (ВЛП) і визначають габарити, конфігурацію та масу корпусу.

Поверхні ОКБ можна класифікувати за призначенням, ступені позбавлення свободи, характеру проявлення (явні або приховані) [2]. Схеми зв'язків поверхонь та відповідності позбавлення свободи деталі наведені в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступень свободи	Найменування бази та характер її проявлення
1, 2, 3	I, V, VI	УБ, явна
4, 5	II, III	ПОБ, явна
6	IV	ОБ, явна

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Всього	2	2	2	6 зв'язків

Аналіз наведених поверхонь дає підставу пред'явити до них відповідні вимоги, щодо показників точності та якості, а в подальшому призначити технологічні методи оброблення цих поверхонь.

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Аналізом креслення «Корпус 1.3000–101.102.00» визначено, що кількість видів, проєкцій, перетинів, виносок достатньо для виготовлення деталі. Технічні вимоги, які наведені на кресленні деталі призначені конструктором вірно і дозволяють виконати своє службове призначення безпосередньо.

Конструктор виходячи із вимог експлуатації деталі у виробі, призначив матеріалом чавун марки СЧ20 ГОСТ 1412–89 (див. табл. 2.1) [3].

Таблиця 2.1 – Хімічні властивості чавуну СЧ20 ГОСТ 1412–89, в процентах

Марка чавуну	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
СЧ20 ГОСТ 1412–89	3,0–3,3	1,3–1,7	0,8–1,2	Не більше			
				0,3	0,15	0,3	0,5

Основні механічні властивості чавуну марки СЧ20 наведені в таблиці 2.2 [3].

Таблиця 2.2 – Механічні властивості чавуну СЧ20 ГОСТ 1412–89

Марка чавуну	σ_B , МПа	σ_T , МПа	НВ
СЧ20 ГОСТ 1412–89	210	400	170–241

Більшість розмірів деталі виконано за квалітетом точності «середній» (для отворів +t, валів –t, інших $\pm t/2$, дивись стандарт СЭВ 302–76). Зазначені розміри не суттєво впливають на функціональну спроможність корпусу у виробі.

Аналізом визначено основні поверхні деталі, які безпосередньо впливають на роботу виробу. Дві поверхні діаметром 38H7 виконані під посадку з мінімальним зазором (0,003–0,005) мм двох коліс. Це потрібно для виключення перетікання мастила між корпусом і зубцями коліс. Діаметральні розміри отворів 10H7 та 16H7 є поверхнями, які виконують функцію баз ковзання. Ці отвори за посадками $\text{Ø}10H7/d8$ та $\text{Ø}16H7/d8$ віднесені до рекомендованих посадок для встановлення підшипників ковзання [1]. Також зазначені посадки визначають мінімальне

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

радіальне биття двох зубчастих коліс, що забезпечує нормальну роботу виробу при перекачуванні мастила.

Дев'ять кріпильних отворів $M6 \times 1-7H$ мають залежний допуск відносно осей отворів $\varnothing 10H7$ та $\varnothing 16H7$. Конструктор правильно визначив потрібну залежність, яка безпосередньо впливає на якість складання виробу та його роботу за час експлуатації.

Шорсткість двох зовнішніх торцевих та однієї внутрішньої поверхонь, які з'єднані розмірами $28h9$ та $15h8$, відповідає мінімальним вимогам відносно допусків на ці розміри. Вимоги конструктора до величини шорсткості поверхонь є обґрунтованими і призначені залежно від їх функціонального призначення.

За технічними вимогами креслення треба забезпечити точність взаємного розташування двох поверхонь $\varnothing 38H7$ на відстані друг від друга в межах $0,05 \pm 0,025$ мм. Для цього треба застосувати принцип взаємозамінності або суміщення базових (конструкторських, технологічних, вимірювальних) поверхонь при обробленні.

Аналізом не виявлено суттєвих відхилень технічних вимог креслення корпусу від діючих державних і міжнародних стандартів. Це дає підставу приступити до розроблення маршрутного технологічного процесу та технологічної документації на задану деталь виробу.

Маса деталі становить 0,68 кг, найбільші її габаритні розміри – 98 x 65 мм.

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій K_{30} [4]. Вихідними даними для розрахунку коефіцієнта є існуючий технологічний процес виготовлення корпусу, норми штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ за всіма операціями та річний випуск виробів $N = 3500$ шт. Вихідні та розраховані дані наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операції

Номер операції	Найменування операції	$T_{ш-к}$, хв	m_p	P	$\eta_{з.ср.}$	O
020	Фрезерна	0,60	0,022	1	0,022	36,4
030	Фрезерна	0,60	0,022	1	0,022	36,4
035	Шліфувальна	0,40	0,014	1	0,014	57,1
040	Токарна	0,55	0,020	1	0,020	40
050	Шліфувальна	0,40	0,014	1	0,014	57,1
070	Координатно-розточувальна	3,00	0,11	1	0,11	7,3
075		2,70	0,097	1	0,097	8,2
080		2,50	0,09	1	0,09	8,9
	Всього	10,75	–	8	–	251,4

Визначення типу виробництва.

Кількість верстатів по окремим операціям визначається за формулою [2]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}}$$

де $N = 3500$ шт – річна програма виготовлення виробів;

$F_d = 4029$ год – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$ – середнє значення нормованого коефіцієнта завантаження обладнання (на цьому етапі тип виробництва ще не визначений).

Приймаємо цілу кількість робочих місць P та округляємо їх до найближчого цілого значення m_p .

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначається за формулою

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці визначається за формулою

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.1, де визначені сумарні показники $T_{ш-к}$; P ; O .

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{зо} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{251,4}{8} = 31,4.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо $20 < K_{зо} = 31,4 \leq 40$, то це відповідає дрібносерійному виробництву [4].

Визначення форми організації виробництва.

Випуск N_d деталей за добу:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{3500}{254} \approx 14 \text{ шт,}$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

Продуктивність Q потокової стрічки за сутки при її завантаженні на 60%:

$$Q = \frac{F_{сут} \cdot 0,6}{T_{ср}} = \frac{952 \cdot 0,6}{1,344} = 425 \text{ шт,}$$

де $F_c = \frac{F_d \cdot 60}{254} = \frac{4029 \cdot 60}{254} = 952 \text{ хв}$ – фонд часу роботи обладнання при режимі роботи у дві зміни;

$$T_{ср} = \frac{\sum T_{ш-к}}{n_p} = \frac{10,75}{8} = 1,344 \text{ хв}$$
 – середня трудомісткість основних механічних операцій;

операцій;

$n_p = 8$ – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо $N_{сут} = 14 \text{ шт} < Q = 425 \text{ шт}$, то застосування одно номенклатурної стрічки є недоцільним, тому приймаємо групову форму організації виробництва

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

[4]. Вироби запускаються у виробництво із визначеною періодичністю, що є ознакою дрібносерійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску можна визначити спрощеним способом:

$$N_{\text{п}} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{3500 \cdot 12}{254} \cong 166 \text{ шт.},$$

де $a = 12$ дня – періодичність запуску деталей у виробництво.

Розмір партії корегуємо за рахунок кількості змін C на обробку всієї партії:

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{1,344 \cdot 166}{476 \cdot 0,9} = 0,52,$$

де $F_{\text{см}} = \frac{F_{\text{сут}}}{\nu} = \frac{952}{2} = 476$ хв – фонд часу роботи обладнання за одну зміну;

$\nu = 2$ – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8 - 0,9$ – нормований коефіцієнт завантаження верстатів у дрібносерійному виробництві [4].

Кількість змін округляємо до найближчого значення $C_{\text{п}} = 1$. Тоді кількість деталей в партії:

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 1 \cdot 0,9}{1,344} = 319 \text{ шт.}$$

Основна характеристика дрібносерійного типу виробництва із груповою формою організації згідно ГОСТ 14.004–83 [2].

У дрібносерійному виробництві використовується універсальне і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК. Верстати розташовані за технологічними групами із урахуванням напрямку основних вантажних потоків цеху по предметно-замкнутим ділянкам. Застосовується універсально-збірне, періодично налагоджувальне технологічне оснащення. Основний типаж різального інструменту – універсальний і частково спеціальний. Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вихідними заготовками застосовують виливки в піщано-глинясті форми, лиття під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки. Потрібна точність розмірів досягається методами пробних холів та вимірювань із частковим застосуванням розмічення.

Кваліфікація основних робочих – висока. Технологічна документація та нормування розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощене нормування – для простих заготовок.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес частково диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами.

Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне, тому що краще використовується технологічне устаткування, спеціалізація робочих місць, що збільшує продуктивність праці і зменшує собівартість виготовленої продукції.

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Оцінювання технологічності конструкції деталі за якісними показниками.

Аналіз технологічності конструкції корпусу виконаний за кресленням «Корпус 1.3000–101.102.00». Матеріалом заготовки є чавун СЧ20 ГОСТ 1412–89, тому деталь отримана методом лиття. Виливка має нескладний рельєф зовнішніх і внутрішніх контурів поверхонь і не потребує труднощів при її виготовленні литтям в піщано-глинясті форми. Для виготовлення партії деталей 3500 штук трудомісткість буде невеликою. За цим показником деталь можна вважати технологічною.

Конструктор при проектуванні конструкції деталі спромігся максимально зменшити трудомісткість механічних операцій та металоємкість конструкції. При обробки двох торцевих поверхонь 98 x 65 мм можна застосувати продуктивні методи їх обробки (торцеве фрезерування, шліфування). Обробка таких поверхонь не викликає утруднень і їх можна вважати технологічними.

Складність виникає при виконанні технічних вимог торцевої поверхні, яка розташована на глибині $15h8$ мм від однієї із зовнішньої торцевої поверхні розміром 98 x 65 мм (шорсткістю $R_a = 0,8$ мкм) і має шорсткість $R_a = 0,8$ мкм. Площина цієї поверхні є замкнутою (обмежена двома діаметрами $38H7$ мм) і її обробка методами розточування і шліфування потребує підвищену трудомісткість обробки. Цю поверхню можна вважати не технологічною.

Не технологічним елементом при виготовленні є конструкція «глухої» різьби з її довжиною в межах 13 – 16 мм в п'яти різьбових отворах $M6 \times 1-7H$. Це пов'язано з можливою поломкою свердл або мітчиків при їх обробки. Підвищену трудомісткість розташування дев'яти різьбових отворів на кутовому і лінійному відстанях (залежний допуск) можна також вважати як недостатньо технологічною конструкцією деталі.

Виготовлення різьбових отворів обмежено допусками на їх взаємне розташування відносно базових отворів (діаметрів $10H7$, $16H7$, $38H7$). Наведені

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

вимоги збільшують трудомісткість їх виготовлення, що робить конструкцію деталі відносно не технологічною.

Конструкція двох отворів діаметром $38H7$ виконана як переривчаста поверхня і при її обробленні (розточуванні) виникають ударні циклічні навантаження, що діють на різальний інструмент. Це призводить до збільшеного зносу різальної частини інструменту і впливає на точність розмірів і шорсткість поверхонь оброблювальних отворів. Такі поверхні є не технологічними.

Інші поверхні, які оброблюються на механічних операціях (поверхні діаметрами 17 мм, 3 мм) за показниками точності їх розмірів і шорсткості поверхонь не викликають технологічних ускладнень. Ці поверхні можна обробляти відомим продуктивним методом (свердлінням) і вважати їх конструкції технологічними.

Ряд поверхонь (зовнішні бокові поверхні, заглиблення на одному із торців деталі) виготовляються на операції «Лиття металів і сплавів», вони не потребують механічної обробки і їх конструкція є технологічною.

До нетехнологічних елементів конструкції виробу треба віднести вставлену у отвір корпусу втулку за пресою посадкою ($\varnothing 24H7/u8$). Це потребує ряд операцій по виготовленню втулки та її складанні з корпусом, що збільшує трудомісткість технологічного процесу виготовлення корпусу.

Таким чином, можна вважати конструкцію корпусу відносно технологічною і запропонувати конструктору доопрацювати її на технологічність.

Оцінювання технологічності конструкції деталі за кількісними показниками.

Рівень технологічності конструкції деталі оцінюється наступними кількісними показниками: коефіцієнтом уніфікації конструктивних елементів, коефіцієнтом точності обробки, коефіцієнтом шорсткості поверхонь, коефіцієнтом використання металу.

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів $K_{уе}$. Деталь має 55 елементів: циліндричних поверхонь – 11 (зовнішніх – 2, внутрішніх – 9), площинних

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

(торцевих) поверхонь – 10, різьбових отворів – 9, фасок – 19, кінчних поверхонь – 2, поверхонь складної форми – 1, радіусних поверхонь – 3.

Із 55-и елементів – 54 уніфіковані, а 1 елемент – оригінальний. Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_{ye} = 54/55 = 0,98.$$

Показник коефіцієнта уніфікації елементів високий і за цим критерієм конструкцію деталі можна вважати технологічною [4].

2. Коефіцієнт точності K_T діаметральних і основних лінійних розмірів деталі (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для визначення коефіцієнта точності K_T

Квалітет точності T_i	7	8	9	14	17
Кількість квалітетів n_i	15	2	1	8	6
$T_i \cdot n_i$	105	14	9	112	102

$$\Sigma n_i = 32; \quad \Sigma(T_i \cdot n_i) = 342.$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma(T_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{342}{32} \cong 10,7.$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{10,7} \cong 0,91.$$

За даними показника коефіцієнту точності $K_T = 0,91$ деталь є технологічною.

3. Коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$ діаметральних, торцевих, площинних поверхонь та різьбових поверхонь деталі (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для визначення коефіцієнта шорсткості $K_{ш}$

Шорсткість поверхонь $Ш_i(R_a, \text{мкм})$	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	50
Кількість поверхонь n_i	2	6	1	9	33	7
$Ш_i \cdot n_i$	1,6	9,6	3,2	56,7	412,5	350

$$\Sigma n_i = 58; \quad \Sigma(Ш_i \cdot n_i) = 833,6.$$

$$Ш_{cp} = \frac{\Sigma(Ш_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{833,6}{58} = 14,37.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}} = \frac{1}{14,37} \cong 0,07.$$

Показник коефіцієнта шорсткості $K_{ш} = 0,07$ є достатнім і за цим критерієм конструкцію деталі можна вважати технологічною [4].

4. Коефіцієнт використання металу $K_{вм}$. Цей коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_{вм} = \frac{m_{д}}{m_{з}} = \frac{0,68}{1,25} \cong 0,55,$$

де $m_{д} = 0,68$ кг – маса деталі;

$m_{з} = 1,25$ кг – маса заготовки.

За цим показником конструкцію деталі можна вважати не достатньо технологічною, тому що приблизно половини ваги металу видаляється в стружку при її механічній обробки.

Аналіз якісних та кількісних показників технологічності поверхонь деталі дозволив визнати її як технологічною на стадіях виготовлення заготовки та механічної обробки.

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Корпус насоса виготовляється із чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412–85 і тому спосіб отримання заготовки – «лиття металів і сплавів». У дрібносерійному виробництві економічно доцільно виготовляти заготовки литтям в піщано-глинясті форми машинним формуванням по дерев'яним моделям [5]. За даними джерел [2, 4] виготовлення виливок масою до 10 тон із складністю любої форми, робить економічно вигідним одержання заготовок наведеним способом. Таким чином, розрахунок варіантів способів отримання заготовок зводиться до розрахунку вартості заготовки, що отримана литтям в піщано-глинясті форми машинним формуванням по дерев'яним моделям.

Вартість однієї заготовки визначається за формулою:

$$S_3 = m_3 \cdot C_{03} \left(1 + \frac{\alpha}{100\%} \right) - (m_3 - m_d) \cdot C_{BT},$$

де S_3 – вартість заготовки, грн.;

$m_3 = 1,25$ кг – вага заготовки;

C_{03} – оптова ціна 1-го кг заготовки, грн.;

$\alpha = 5 \dots 7\%$ – транспортно-заготівельні витрати (приймаємо 7%);

$m_d = 0,68$ кг – вага деталі;

$C_{BT} = 2$ грн. – ціна 1-го кг відходів [4, 6].

Оптову ціну C_{03} заготовки можна визначити за формулою [4]:

$$C_{03} = \frac{C_B}{1000} \cdot K_M \cdot K_{Cl} \cdot K_B \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100\%} \right),$$

де $C_B = 9500$ грн. – вихідна, оптова ціна тони заготовки;

$K_M = 0,86$ – коефіцієнт, що враховує вагу заготовки;

$K_{Cl} = 0,82$ – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

$K_B = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує тип виробництва;

$\beta = 8\%$ – показник, який характеризує точність заготовки.

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$C_{\text{оз}} = \frac{9500}{1000} \cdot 0,86 \cdot 0,82 \cdot 1,15 \cdot \left(1 + \frac{8\%}{100\%}\right) = 8,32 \text{ грн.}$$

$$S_3 = 1,25 \cdot 8,32 \cdot \left(1 + \frac{7\%}{100\%}\right) - (1,25 - 0,68) \cdot 2 \cong 10 \text{ грн.}$$

Вартість річної партії заготовок визначиться за формулою:

$$S_3^0 = S_3 \cdot N = 10 \cdot 3500 = 35000 \text{ грн.}$$

Розроблення креслення виливаної заготовки згідно ГОСТ 26645–85 [5].

1. Установлюємо спосіб одержання заготовки із чавуну ГОСТ 1412–85 – лиття в піщано-глинясті форми [5, т. 9, с. 32].

2. Установлюємо бази для першої операції механічної обробки (дивись креслення «Корпус 1.3000–101.102.00. Виливка»).

3. Визначимо розташування виливки в формі за лінією площини рознімання (верх, низ, бік) (дивись креслення «Корпус 1.3000-101.102.00. Виливка»).

4. Установлюємо клас розмірної точності виливки 9Т–13 [5, т. 9, с.32].
Приймаємо 10.

5. Установлюємо ступень жолоблення виливки 5–10 [5, т. 10, с.35].
Приймаємо 6.

6. Установлюємо ступень точності поверхонь 12–19 [5, т. 11, с.36–38].
Приймаємо 16.

7. Визначаємо шорсткість поверхонь виливки за критерієм R_a мкм із 16-ою ступеню точності поверхонь [5, т. 12, с.39]. Приймаємо $R_a = 63$ мкм.

8. Установлюємо клас точності мас 7–15 залежно від способу одержання виливки [5, т. 13, с.40–42]. Приймаємо 10.

9. Установлюємо допуск зміщення виливки за площиною рознімання виливки, яка виходить на лінію рознімання 2,0 мм [5, пункт 2.7, с.4].

10. Визначаємо ряд припусків 6–16 [5, т. 14, с.43]. Приймаємо 8 – для сірого чавуну, 10 – для верхньої поверхні при литті металу.

11. Позначимо оброблені поверхні виливки цифрами 1, ..., n (див. рис. 1.1).

Точність виливки 10–6–16–10 Зм.2,0 ГОСТ 26645–85.

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

12. Розраховані розміри заготовки (виливки) занесемо до таблиці 5.1 і розробимо креслення заготовки (дивись креслення «Корпус 1.3000–101.102.00. Виливка»).

13. Технічні вимоги для виготовлення заготовки наведені на кресленні.

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						20
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 5.1 – Визначення розмірів заготовки [5], в міліметрах

Номер поверхні	Номінальний розмір елемента деталі	Допуск розміру	Допуск форми і розташування елементів вилівки	Загальний допуск	Вид механічної обробки	Половина загального допуску	Ряд припусків	Величина припуску	Остаточний розмір елемента заготовки
Рис.1.1		Табл.1	Табл.2	Табл.16	Табл.7	П. 4.2.1	Табл.14	Табл.6	
10, 11	$28h9_{-0,052}$	2,2	0,4	2,4	Чистовий	1,2	8, 10	2,5 3,1	$34\pm 0,4$
5, 6	$\varnothing 38H7^{+0,025}$	2,2	0,4	2,4	Тонкий	1,2	8	2,7	$\varnothing 32\pm 0,4$
9, 11	$15h8_{-0,027}$	1,8	0,4	2,0	Тонкий	1,0	8	2,5	$15\pm 0,4$

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків на обробку і проміжні граничні розміри виконується для розточування отвору діаметром 38H7(+0,025;0) мм і шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм. Вихідні дані: вилівка 10–6–16–10 Зм. 2,0 ГОСТ 26645–85 в піщано-глинясті форми, вага деталі 0,68 кг, вага заготовки 1,25 кг.

1. Для заготовки (вилівки) [4, т. 4.3, с. 63] значення $R_{zi-1} + H_{i-1} = 600$ мкм. Розточування отвору [4, т. 4.6, с. 65]: чорнове $R_{zi-1} = 50$ мкм і $H_{i-1} = 50$ мкм. Після першого технологічного переходу дефектний шар H_{i-1} для чавунних заготовок із розрахунків виключається і визначається тільки шорсткість: чистове $R_{z-1} = 20$ мкм; тонке $R_{i-1} = 5$ мкм.

2. Значення просторового відхилення для заготовки визначається за формулою:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_3^2} = \sqrt{29^2 + 800^2} = 801 \text{ мкм.}$$

Жолоблення отвору $\rho_{\text{жол}}$ враховується у діаметральному і осьовому перетинах і визначається за формулою:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 38)^2 + (0,7 \cdot 15)^2} = 29 \text{ мкм,}$$

де $\Delta_k = 0,7$ мкм/мм – питома кривизна заготовки [4, т. 4.8, с. 71];

$d = 38\text{H}7$ мм; $l = 15$ мм – діаметр та довжина обробленого отвору.

$$\rho_3 = T_{\emptyset 32 \text{ заг}} = 800 \text{ мкм.}$$

Просторові відхилення для чорнового і чистового розточування становлять:

$$\rho_{\text{чорн}} = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 801 = 40 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 801 = 32 \text{ мкм.}$$

3. Похибка установлення заготовки $\varepsilon_{y \text{ чорн}}$ при чорновому розточуванні визначиться за формулою:

$$\varepsilon_{y \text{ чорн}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{140^2 + 0^2} = 140 \text{ мкм,}$$

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $\varepsilon_6 = 140$ мкм – похибка установлення заготовки в пристрій з пневматичним затисненням [4, т. 4.12, с. 79–82];

$\varepsilon_3 = 0$ – сила закріплення не впливає на точність оброблювального отвору.

Півчистове і чистове розточування виконується з однієї установки [4, с. 85] і тому $\varepsilon_{y \text{ п/чист}} = \varepsilon_{y \text{ чист}} = 0$.

За програмою «rip.ver.7.1» ЕОМ (див. додаток Б) розрахуємо припуски та граничні розміри на технологічні переходи операції і будемо схему розташування припусків і допусків для обробки отвору діаметром 38H7 мм (див. рис. 6.1).

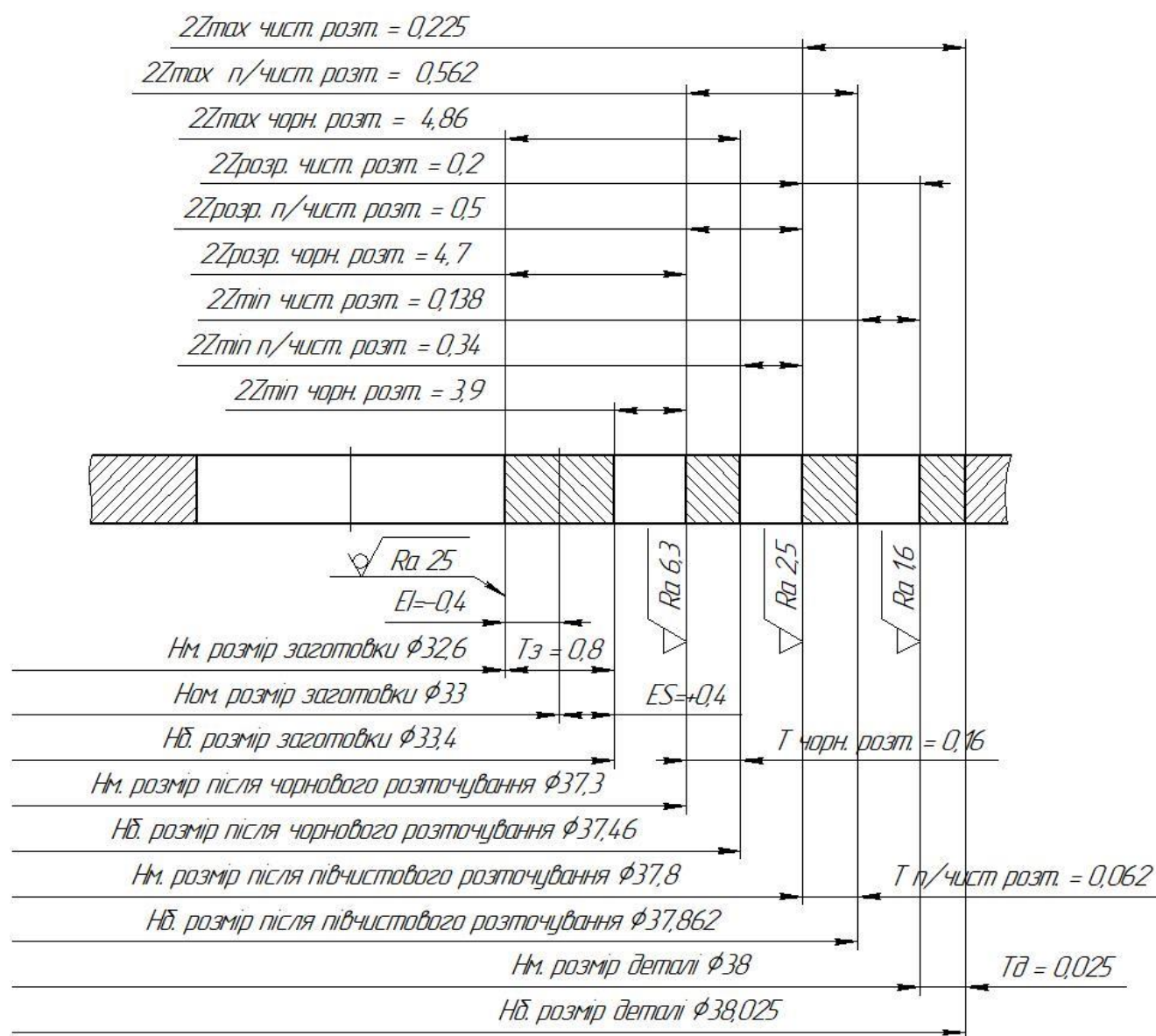


Рисунок 6.1 – Схема розташування припусків і допусків на обробку отвору діаметром 38H7(+0,025; 0) мм

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Операція 20 «Вертикально-фрезерна».

Операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Р10. Для установа заготовки на операції застосовуються машинні лещата із пневматичним приводом. На рисунку 6.2 наведена схема базування заготовки на установі А (див. рис. 6.2).

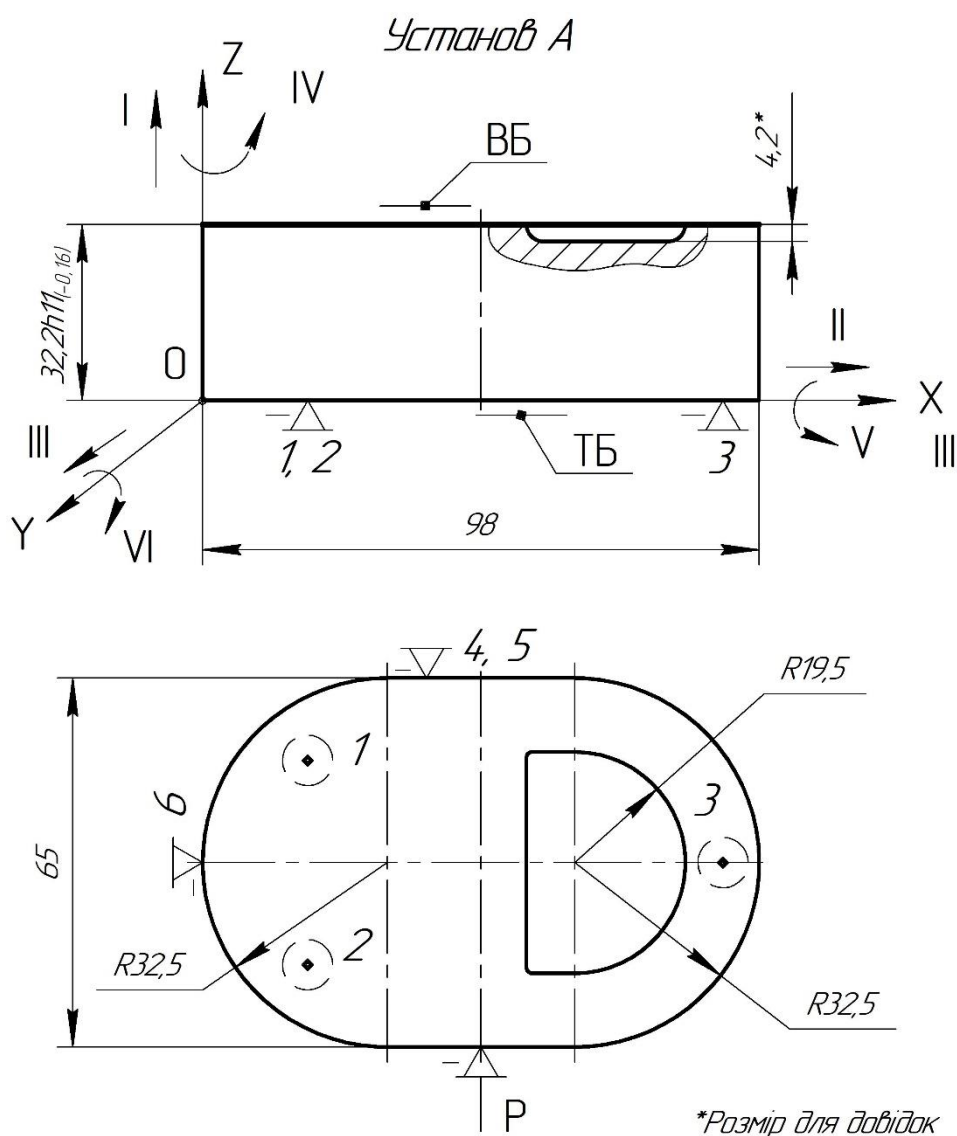


Рисунок 6.2 – Схема установки заготовки на операції 020. Установ А

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

На установі А фрезерується поверхня торця корпусу розмірами (98 x 65) мм. Заготовка установлюється на необроблену поверхню торця (98 x 65) мм. У вибраній системі координат реалізується установча база (УБ), яка позбавляє заготовку трьох ступенів вільності. Боковою поверхнею корпус базується по нерухомій губі лещат і яка реалізує напрямну базу (НБ) та позбавляє його двох ступенів вільності. Упор, що встановлений на нерухомій губі, обмежує рух заготовки уздовж нерухомої поверхні губи лещат і позбавляє її однієї ступені вільності (опорна база – ОБ). Досягнуте базування заготовки у вибраній системі координат фіксується рухомою губою лещат, яка виконує функцію закріплення заготовки. Сила закріплення прикладена до протилежної бокової поверхні заготовки. Таким чином, заготовка позбавлена всіх шести ступенів вільності. Ступені позбавлення вільності заготовки і матриця зв'язків наведені відповідно в таблицях 6.1 і 6.2.

Таблиця 6.1 – Ступені позбавлення вільності

Зв'язок	Ступені вільності	Найменування бази
1, 2, 3	I, V, VI	УБ
4, 5	III, IV	НБ
6	II	ОБ

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	0	1	0	НБ
α	0	0	1	
1	1	0	0	ОБ
α	0	0	0	
Всього	2	2	2	6-ь зв'язків

В наведеній схемі базування допуск розміру $32,2h11(0;-0,16)$ мм витримується для всієї партії заготовок, тому що технологічна (ТБ) і вимірювальна (ВБ) бази суміщені і похибка базування в напрямку витримуємого розміру дорівнює нулю (див. рис. 6.2). Розмір $4,2^*$ мм глибини канавки витримується при обробки автоматично і є довідковим розміром. Розмір згідно креслення 1.3000–101.102.00

						ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
							25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

дорівнює 3 мм і остаточно забезпечується на наступних операціях технологічного процесу.

На установі Б виконується фрезерування протилежного торця заготовки розмірам (98 x 65) мм (див. рис. 6.3).

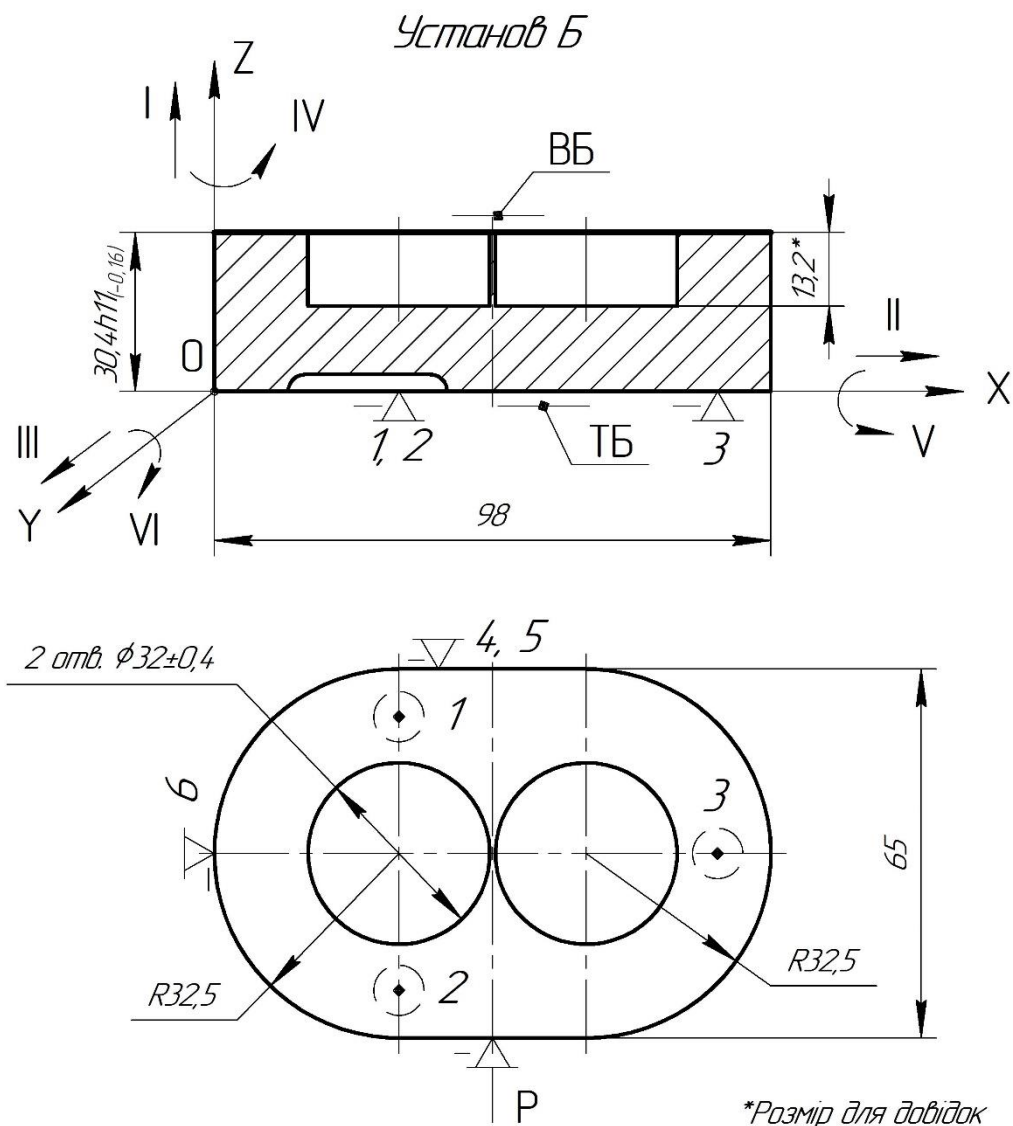


Рисунок 6.3 – Схема установки заготовки на операції 020. Установ Б

Заготовка установлюється (базується) на оброблену на установі А торцеву поверхню розміром (98 x 65) мм, яка є установчою базою (УБ). Також заготовка базується боковою поверхнею по нерухомій губі – напрямна база (НБ), а радіусною поверхнею (R32,5 мм) фіксується упором, який реалізує опорну базу (ОБ). Таким чином, на установі Б реалізується аналогічна схема базування, що наведена на

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

рисунку 6.2 (установ А). Ступені позбавлення вільності і матриця зв'язків заготовки наведені в попередніх таблицях 6.1 і 6.2. На установі Б допуск розміру $30,4h11(0;-0,16)$ мм витримується, тому що ТБ і ВБ суміщені і похибка базування для наведеного розміру дорівнює нулю. Розмір $13,2^*$ мм є довідковим, а розмір креслення $15h8$ мм і буде забезпечений на наступних технологічних операціях.

Операція 070 «Свердлильна з ЧПК».

Операція виконується на вертикально-свердильному верстаті з ЧПК моделі 2Р135Ф2–1. Для установа заготовки на операції застосовуються спеціально розроблений верстатний пристрій із пневматичним приводом. На рисунку 6.4 наведена схема базування заготовки на установі А (див. рис. 6.4).

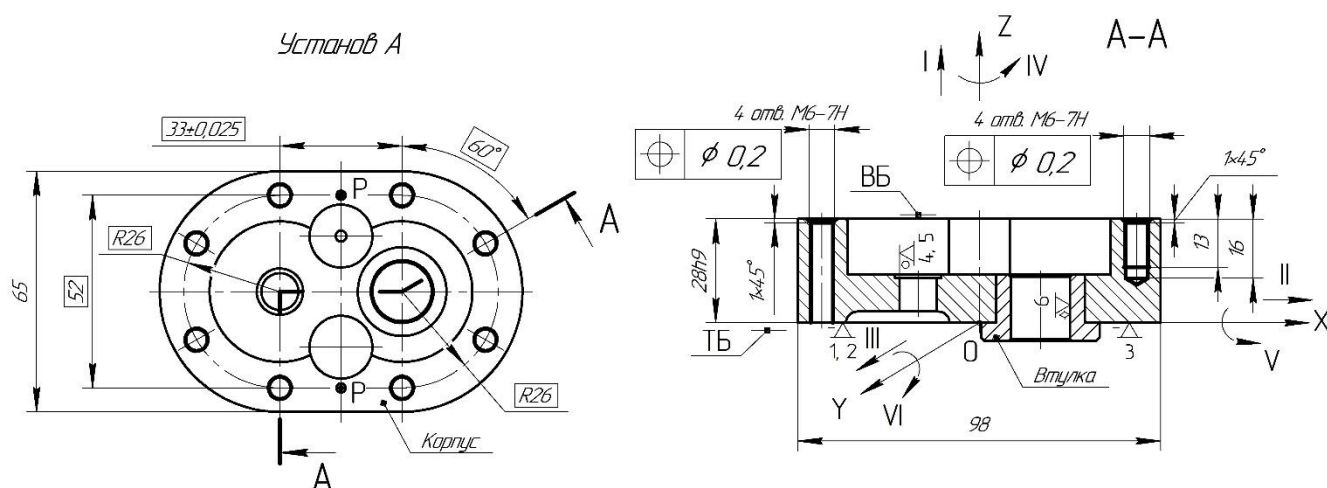


Рисунок 6.4 – Схема установки заготовки на операції 070. Установ А

На установі А заготовка установається площиною на базову плиту пристрою, яка позбавляє її трьох ступенів вільності (УБ). Пристрій має два базових пальця – циліндричний і ромбічний (зрізаний). Циліндричний палець базує заготовку по отвору діаметром $10H7$ і реалізує посадку $10H7/d8$. Заготовка позбавляється двох ступенів вільності (ПОБ). Ромбічний палець циліндричним пояском $16H7$ реалізує посадку $16H7/d8$. Заготовка позбавляється останній – шостої ступені вільності

						ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
							27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

(ОБ). Базування заготовки по площині і двох пальцях дозволяє встановлювати в межах допуску на міжцентрове відхилення $\pm 0,025$ мм всю номенклатуру оброблювальних заготовок. Базування заготовки на установі А наведено в таблицях 6.3 і 6.4.

Таблиця 6.3 – Ступені позбавлення вільності

Зв'язок	Ступені вільності	Найменування бази
1, 2, 3	I, V, VI	УБ
4, 5	II, III	ПОБ
6	IV	ОБ

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Всього	2	2	2	6-ь зв'язків

При обробки отворів виникає похибка базування, що пов'язана з глибиною свердління отворів. Ця похибка дорівнює допуску $0,052$ мм розміру $28h9$, який з'єднує ТБ і ВБ. Допуск на глибину отворів дорівнює 2 мм, що значно більше, ніж похибка базування. Таким чином, похибка базування не впливає на точність розмірів різьбових отворів. Запропоновану схему базування і закріплення заготовки можна прийняти для обробки різьбових отворів на установках А і Б.

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Операція 020 «Вертикально-фрезерна». Для умов дрібносерійного виробництва можна рекомендувати вертикально-фрезерний верстат моделі 6P11. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Технічна характеристика верстата моделі 6P11

Найменування параметра	Чисельний показник
1	2
Розміри робочої поверхні стола (довжина х ширина), мм	1000 х 250
Найбільше переміщення стола, мм:	
повздожнє	630
поперечне	210
вертикальне	360
Розмір ширини Т-паза, мм:	
середнього	14Н8
двох крайніх	14Н11
Відстані між Т-пазами, мм	50
Кількість швидкостей шпинделю	16
Частота обертання шпинделю, хв ⁻¹	50–1600
Кількість ступенів подач стола	16
Подача стола, мм/хв:	
повздожніх і поперечних	35–1020
вертикальних	14–390
Потужність електродвигуна, кВт:	
головного двигуна (подачі стола)	5,5 (1,5)
Габарити верстата (довжина х ширина х висота), мм	1480 х 1990 х 2360
Маса (без виносного обладнання), кг	2360

Операція 070 «Свердлильна з ЧПК». Згідно вибраних методів обробки поверхонь пропонується відповідна модель верстата [4] та його технічна характеристика (див. табл. 6.6).

Таблиця 6.6 – Технічна характеристика верстата моделі 2P135Ф2–1

Найменування параметра	Чисельний показник
Найбільший умовний діаметр свердління в сталі, мм	35
Робоча поверхня стола, мм	400 х 710
Найбільша відстань від торця шпинделя до робочої поверхні стола, мм	600
Найбільше вертикальне переміщення, мм:	
свердлильної (револьверної) головки	560
стола	–
Конус Морзе отвору шпинделя	4
Кількість швидкостей шпинделя	12

Продовження таблиці 6.6

Найменування параметра	Чисельний показник
Частота обертання шпинделя, об/хв	45–2000
Кількість подач шпинделя (револьверної головки)	18
Подача шпинделя (револьверної головки), мм/хв	10–500
Потужність електродвигуна головного привода, кВт	3,7
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1800
ширина	2170
висота	2700
Маса, кг	4700

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 020 «Вертикально-фрезерна».

На операції для базування і закріплення заготовки застосовуються верстатні лещата. Лещата вибираються залежно від габаритів заготовки. Умовне позначення: лещата 7200-0208 ГОСТ 14904–80.

Різальний інструмент. Для фрезерування зовнішньої поверхні заготовки площиною 98 x 65 мм застосовується торцева фреза. Для обробки чавуну марки СЧ 20 ГОСТ 1412–85 матеріал різальної частини фрези приймається твердий сплав марки ВК6 ГОСТ 19265–73 [8, с. 149]. Діаметр фрези визначається шириною фрезерування за формулою:

$$D_{\phi} = (1,25 - 1,5) \cdot 98 = 122,5 - 147 \text{ мм.}$$

Приймається діаметр фрези $D_{\phi} = 125$ мм. Остаточна операція фрезерування застосовується торцева насадна фреза зі вставними ножами із твердого сплаву марки ВК6, $D_{\phi} = 125$ мм, $L = 50$ мм, $d = 40H7$, $Z = 8$ [6, т. 95, с. 188]. Умовне позначення: фреза 2210–0085 ВК6 ГОСТ 22085–76. Для установлення фрези у шпиндель верстата застосовується оправка 6222–0032 ГОСТ 13785-68.

Вимірювальний інструмент. Для вимірювання розмірів поверхонь застосовуються штангенциркуль ШЦ–II–125–0,1 ГОСТ 166–89. Для вимірювання шорсткості поверхонь застосовуються зразки шорсткості ГОСТ 9378–75.

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Операція 070. «Свердлильна з ЧПК».

Для базування і закріплення заготовки при свердлінні дев'яти отворів із різьбою М6х1–7Н застосовується спеціально розроблений пристрій ТМ319090009–07–01.00.00 СК (дивись розділ 7 пояснювальної записки).

Різальний інструмент. Для свердління отворів під різьбу М6х1–7Н приймається свердло спіральне із циліндричним хвостовиком діаметром 5,0 мм [8, т. 27, с. 271-272]. Матеріал свердла – швидкорізальна сталь марки Р6М5. Умовне позначення інструмента: свердло 2300–6174 Р6М5 ГОСТ 10902–77.

Для обробки фасок приймається конічна зенківка із конічним хвостовиком діаметром 16 мм [8, т. 23, с. 328].

Для нарізання різьби М6х1–7Н приймаються два машинних мітчика (чорновий і чистовий). Умовне позначення: мітчик М6–7Н Р6М5 Н2 ГОСТ 3266–81.

Вимірювальний інструмент. Контроль різьбових отворів виконується калібром різьбовим ПР/НЕ М6х1–7Н ГОСТ 1234-56. Вимірювання кутового розташування отворів виконується кутовими шаблонами ($60^{\circ} \pm 30'$). Розміри між осями отворів вимірюються штангенциркулем ШЦ–ІІ–125–0,1 ГОСТ 166–89. Шорсткість вимірюється зразками шорсткості ГОСТ 9378–75.

6.5 Розрахунок режимів різання

Операція 020 «Вертикально-фрезерна».

Обробка виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Р11, потужність верстата $N = 5,5$ кВт. Обробка заготовки виконується на двох установках А і Б. На установі А фрезерується поверхня 98×65 мм і витримується шорсткість $R_a = 6,3$ мкм (чорновий режим). Ширина фрезерування $B = 98$ мм, довжина фрезерування $L = 65$ мм. Діаметр фрези $D = 125$ мм; кількість зубців фрези $Z = 8$.

1. Глибина фрезерування $t = 1,8$ мм.
2. Приймаємо подачу на зуб фрези $S_z = 0,14$ мм/зуб [6, т. 33, с. 283].

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Швидкість різання V , м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{445 \cdot 125^{0,2} \cdot 0,8}{180^{0,32} \cdot 1,8^{0,15} \cdot 0,14^{0,35} \cdot 98^{0,2} \cdot 8^0} = 129,2 \text{ м/хв,}$$

де $C_v = 445$; $g = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,32$

[6, т. 39, с. 286-290]; $T = 180$ хв [6, т. 40, с. 290].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8.$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{\text{HB}}\right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190}\right)^1 = 1,$$

де $\text{HB} = 190$; $n_v = 1,25$ [6, т.2, с. 262]; $K_{pv} = 0,8$ [6, т. 5, с. 263];

$K_{nv} = 1,0$ [6, т. 6, с. 263].

4. Визначаємо кількість обертів фрези n , об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 129,2}{3,14 \cdot 125} = 329,1 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспорту верстата приймаємо $n_{\Pi} = 315$ об/хв, тоді фактична швидкість різання

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\Pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 315}{1000} = 123,6 \text{ м/хв.}$$

5. Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{\Pi} = S_z \cdot Z \cdot n_{\Pi} = 0,14 \cdot 8 \cdot 315 = 352,8 \text{ мм/хв.}$$

За паспортними даними верстата хвилинна подача $S_{\Pi} = 352,8$ мм/хв і подачу на зуб фрези S_z не перераховуємо.

6. Визначаємо силу різання P_z , Н:

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^g \cdot n_{\Pi}^w} = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,8^{0,9} \cdot 0,14^{0,74} \cdot 98 \cdot 8 \cdot 1}{125^1 \cdot 315^0} = 1351,6 \text{ Н,}$$

де $C_p = 54,5$; $x = 0,9$; $y = 0,74$; $u = 1$; $q = 1$; $w = 0$ [6, т. 41, с. 291];

$$K_{mp} = \left(\frac{\text{HB}}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,3} = 1,$$

де $n = 0,3$ [6, т. 9, с.264].

$$P_h = P_z(0,3 - 0,4) = 1351,6 \cdot 0,4 = 541 \text{ Н;}$$

$$P_v = P_z(0,6 - 0,95) = 1351,6 \cdot 0,95 = 1284 \text{ Н;}$$

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$P_y = P_z(0,3 - 0,4) = 1351,6 \cdot 0,4 = 541 \text{ Н};$$

$$P_x = P_z(0,5 - 0,55) = 1351,6 \cdot 0,55 = 744 \text{ Н}.$$

Визначаємо складову сили, за якої розраховується оправка інструмента на вигін:

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} = \sqrt{541^2 + 1351,6^2} = 1456 \text{ Н}.$$

7. Крутний момент $M_{кр}$ (Н · м) на шпинделі інструменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 160} = \frac{1351,6 \cdot 125}{2 \cdot 1000} = 84,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

8. Потужність різання (ефективна), N_e , кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{1351,6 \cdot 123,6}{1020 \cdot 60} = 2,73 \text{ кВт}.$$

Якщо $N_0 = N \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,125 \text{ кВт} > N_e = 2,73 \text{ кВт}$, то обробка можлива.

9. Визначимо основний (машинний) час фрезерування на установі А T_{01} , хв:

$$T_{01} = \frac{L_p \cdot i}{S_n} = \frac{193 \cdot 1}{352,8} = 0,6 \text{ хв},$$

де $L_p = l_0 + l_{вр} + l_{пер} + D = 65 + 1,5 + 1,5 + 125 = 193 \text{ мм}$;

$l_0 = 98 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{вр} = l_{пер} = 1,5 \text{ мм}$ – врізання та перебіг інструмента;

$i = 1$ – кількість ходів інструменту.

10. На установі Б оброблюється другий торець корпусу, який має однакові розміри і режими різання, що і оброблений на установі А торець. Тому основний (машинний) час обробки заготовки на операції:

$$T_0 = 2T_{01} = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ хв}.$$

Операція 070 «Свердлильна з ЧПК».

Верстат моделі 2P135Ф2–1. Потужність верстата $N = 3,7 \text{ кВт}$. На операції свердяться і різються різьба у дев'яти отворах М6х1–7Н, шорсткість поверхні різьби $R_a = 3,2 \text{ мкм}$.

На першому переході свердлиться отвір під різьбу М6 діаметром $D = 5,0 \text{ мм}$. Різальний інструмент: свердло діаметром 5,0 мм, матеріал свердла Р6М5.

1. Глибина різання $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 5,0 = 2,5 \text{ мм}$.

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. Подача $S = (0,12 - 0,18)$ мм/об [6, т. 25, с. 277]. Приймаємо $S = 0,18$ мм/об. Подачу S корегуємо на коефіцієнт $K_\phi = 0,5$ та коефіцієнт $K_{ls} = 0,8$ [6, т. 25, с. 277]. Тоді

$$S_o = S \cdot K_\phi \cdot K_{ls} = 0,18 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,072 \text{ мм/об.}$$

3. Визначаємо швидкість різання V , м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v \cdot K_{zv}}{T^m \cdot S_o^y} = \frac{14,7 \cdot 5^{0,25} \cdot 0,7 \cdot 0,75}{20^{0,125} \cdot 0,072^{0,55}} = 33,8 \text{ м/хв,}$$

де $C_v = 14,7$ $m = 0,125$; $q = 0,25$; $y = 0,55$ [6, т. 28, с. 278];

$$K_{zv} = 0,75 \text{ [7, т. 28; с. 278].}$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,7,$$

де $K_{IV} = 0,7$ [6, т. 31, с. 280];

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190}\right)^{1,3} = 1 \text{ [6, т. 1, с. 261]; } n_v = 1,3 \text{ [6, т. 2, с. 262];}$$

$$K_{IV} = 1 \text{ [6, т. 6, с. 263];}$$

$T = 20$ хв – стійкість фрези [6, т. 30, с. 279-280].

4. Визначимо частоту обертання свердла n , об/хв.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 33,8}{3,14 \cdot 5} = 2153 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо згідно паспорту верстата $n_\pi = 2000$ об/хв. Тоді

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\pi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 2000}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

5. Визначимо хвилину подачу $S_\pi = S_o \cdot n_\pi = 0,072 \cdot 2000 = 144$ мм/хв.

Корегуємо подачу згідно даних паспорта верстата $S_\pi = 127$ мм/хв.

Тоді фактична осьова подача $S_\pi = 127/2000 = 0,0635$ мм/об.

6. Визначимо крутний момент на шпинделі $M_{кр.}(H \cdot м)$ і осьову силу $P_o(H)$:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_\pi^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,021 \cdot 5^2 \cdot 0,0635^{0,8} \cdot 1 = 0,64 \text{ H} \cdot \text{м;}$$

$$P_o = C_p \cdot D^q \cdot S_\pi^y \cdot K_p = 42,7 \cdot 5^1 \cdot 0,0635^{0,8} \cdot 1 = 26,1 \text{ H,}$$

де $C_M = 0,021$; $q = 2,0$; $y = 0,8$; $C_p = 42,7$; $x = 1,0$; $y = 0,8$ [6, т.32, с.281];

$$K_p = K_{MP} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,6} = 1.$$

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $n = 0,6$ [6, т. 9, с. 264].

7. Визначимо потужність різання N_e , кВт.

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_{п}}{9750} = \frac{0,64 \cdot 2000}{9750} \cong 0,14 \text{ кВт.}$$

Якщо $N_e = 0,14 \text{ кВт} < N \cdot \eta = 3,7 \cdot 0,75 = 2,8 \text{ кВт}$, то обробка можлива.

8. Визначимо основний час переходів операції на яких оброблюються однакові за довжиною отвори заготовки T_0 , хв:

$$T_0 = \frac{L_p \cdot i \cdot m}{S_{п}} = \frac{32 \cdot 1 \cdot 4}{127} = 1,0 \text{ хв,}$$

де $L_p = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 28 + 2 + 2 = 32 \text{ мм}$ – розрахункова довжина обробки одного отвору;

$i = 1$ – кількість ходів інструмента;

$m = 4$ – кількість отворів з однаковою довжиною обробки ($l_0 = 28 \text{ мм}$).

Режими різання інших переходів операції наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Режими різання на операції 070

Різальний інструмент, матеріал	t, мм	i	S, мм/хв, (S ₀ , мм/об)	n, об/хв	V, м/хв	Довжина обробки, мм	Кількість отворів	Основний час переходів T ₀ , хв
Свердло Ø5,0; P6M5	2,5	1	127	2000	31,4	28	4	1,0
						16	4	0,57
						19	1	0,17
Зенківка Ø16; P6M5	1,6	1	127	2000	31,4	1,6	13	0,32
Мітчик М6х1; P6M5	0,45	1	(1,0)	180	3,4	28	4	0,78
						13	4	0,34
						16	1	0,1
Мітчик М6х1–7Н; P6M5	0,2	1	(1,0)	180	3,4	28	4	0,78
						13	4	0,34
						16	1	0,1
Всього								4,5

6.6 Технічне нормування операцій

Штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$ обробки заготовок на операціях 020 «Вертикально-фрезерна» та 070 «Свердлильна з ЧПК» в умовах дрібносерійного типу виробництва визначається за формулою:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{N_{п}} + T_0 + T_d + T_{об} + T_{пер},$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-завершальний час, хв;

$N_{п} = 319$ шт – кількість деталей в партії запуску;

T_0 – основний (машинний) час операції;

T_d – допоміжний час операції;

$T_{об}$ – час обслуговування робочого місця;

$T_{пер}$ – час перерви на відпочинок та особисті потреби.

Операція 020 «Вертикально-фрезерна».

Підготовчо-завершальний час складається із установлення лещат на стіл верстата вручну 16 хв; установлення фрези 2 хв; отримання пристрою, інструменту до початку роботи та їх повернення після закінчення обробки всіх заготовок 7 хв [2, т. 6.5, с. 217-218]. Таким чином, $T_{п-з} = 16 + 2 + 7 = 25$ хв.

Основний (машинний) час операції $T_0 = 1,2$ хв.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$\begin{aligned} T_d &= 1,85 \cdot (T_{ус} + T_{зо} + T_{кер} + T_{вим}) \cdot 2 = \\ &= 1,85 \cdot (0,37 + 0,137 + 0,24 + 0,23) \cdot 2 = 3,615 \text{ хв,} \end{aligned}$$

де $T_{ус} = 0,37$ хв – час на установлення та знімання заготовки в лещатах [2, т. 5.5, с. 199];

$T_{зо} = 0,137$ хв – час на закріплення та відкріплення заготовки в пристрою із пневматичним приводом [2, с. 5.7, с. 201];

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$T_{\text{кер}} = 0,01 + 0,04 + 0,19 = 0,24$ хв – час керування верстатом (вмикання, підведення фрези до заготовки, переміщення робочих вузів верстата, вимкнення) [2, т. 5.8, с. 202-203];

$T_{\text{вим}} = 0,23$ хв – час на вимірювання заготовок універсальним інструментом (штангенциркулем) [2, т. 5.16, с. 209];

1,85 – коефіцієнт, який коригує дані масового виробництва стосовно дрібносерійного виробництва;

2 – кількість установлень в операції (установи А та Б).

Оперативний час $T_{\text{оп}} = T_0 + T_d = 1,2 + 3,615 = 4,815$ хв.

Час обслуговування робочого місця та перерви:

$$T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} = \Pi T_{\text{оп}} = 0,08 \cdot 4,815 = 0,386 \text{ хв,}$$

де $\Pi = (7-9) \%$ – процент на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [2, т. 6.1, с. 214-215]. Приймаємо $\Pi = 8\%$.

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{25}{319} + 1,2 + 3,615 + 0,386 \cong 5,3 \text{ хв.}$$

Операція 070 «Свердлильна з ЧПК».

Підготовчо-завершальний час складається із установлення і налагодження пристрою на столі верстата вручну 9 хв; отримання пристрою, різального інструмента до початку і віддача їх після оброблення заготовок 5 хв; налагодження керуючих програм для послідовної обробки дев'яти отворів з різьбою М6х1–7Н 25 хв [2, т. 6.4, с. 216-217]. Тоді,

$$T_{\text{п-з}} = 9 + 5 + 25 = 39 \text{ хв.}$$

Основний (машинний) час операції $T_0 = 4,5$ хв.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$\begin{aligned} T_d &= 1,85 \cdot (T_{\text{ус}} + T_{\text{зо}} + T_{\text{кер}} + T_{\text{вим}}) = \\ &= 1,85 \cdot (0,39 + 0,15 + 0,09 + 3,48) \cdot 2 = 15,21 \text{ хв,} \end{aligned}$$

де $T_{\text{ус}} = 0,39$ хв – час на установлення та знімання заготовки у спеціальному пристрої із пневматичним приводом [2, т. 5.5, с. 199];

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$T_{30} = 0,15$ хв – час на закріплення та відкріплення заготовки в спеціальному пристрої [2, с. 5.5, с. 199];

$T_{кер} = 0,09$ хв – час вмикання (вимикання) верстата, робота з керуючою програмою [2, т. 5.5, с. 202-205];

$T_{вим} = 3,48$ хв – час на вимірювання різьбовою пробкою різьби, вимірювання універсальним інструментом розташування отворів [2, т. 5.5, с. 207-208];

1,85 – коефіцієнт, який коригує дані масового виробництва відносно до дрібносерійного виробництва;

2 – кількість установлень в операції (установи А та Б).

Оперативний час $T_{оп} = T_o + T_d = 4,5 + 15,21 = 19,71$ хв.

Час обслуговування робочого місця та перерви:

$$T_{об} + T_{пер} = \Pi T_{оп} = 0,06 \cdot 19,71 = 1,19 \text{ хв,}$$

де $\Pi = 6\%$ – процент на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [2, т. 6.1, с. 214-215].

$$T_{ш-к} = \frac{39}{319} + 4,5 + 15,21 + 1,19 \cong 21 \text{ хв.}$$

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Обґрунтування мети технологічної операції і завдання для проектування.

Свердління різьбових отворів виконується на операції 070 «Свердлильна з ЧПК». На операції використовується вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2–1, який має розміри стола 710 x 400 мм, середній паз розміром 18H9 мм і два крайніх розмірами 18H10 мм, відстані між пазами – 150 мм.

Несприятливий режим різання виконується при нарізанні різьби М6х1–7H в отворі Ø5 мм: $t = 0,45\text{мм}$; $S_n = 1,0\text{ мм/об}$; $V = 3,4\text{ м/хв}$; $n = 180\text{ об/хв}$; $M_{кр} = 4,91\text{ Н}\cdot\text{м}$; $P_0 = 26,1\text{ Н}$; $T_0 = 0,34\text{ хв}$; $N = 0,1\text{ кВт}$ (див. табл. 6.8).

На операції точність розмірів, форма, шорсткість поверхонь отворів Ø5H12 і М6х1–7H забезпечиться параметрами «мірних» різальних інструментів: свердлом Ø5 и мітчиком М6х1–7H. Точність розташування всіх оброблювальних отворів забезпечиться кінематичною точністю верстата. Точність взаємного розташування поверхонь які оброблюються на операції із поверхнями оброблених на попередніх операціях, залежить від призначених технологічних баз, их форми і шорсткості поверхні. Також на точність вплине вектор і скалярна величина сили закріплення.

Уточнимо точність параметрів базових поверхонь.

Поверхня розміром 98 x 65 мм – торцева поверхня корпусу, має форму витягнутого овалу, шорсткість $R_a = 3,2\text{ мкм}$. Точність форми торцевої поверхні характеризується відхиленням від площинності. Величина допуску похибки форми на кресленні не зазначена, тому його встановлюємо залежно від допуску на розмір 28h9(0; –0,052) мм. Згідно ГОСТ 24643–81 для 9-го квалітету допуск форми поверхні дорівнює 21 мкм.

Форма циліндричної поверхні заготовки діаметром 10H7(+0,015;0) мм характеризується відхиленням від циліндричності. Шорсткість поверхні становить $R_a = 1,6\text{ мкм}$. Величина допуску на відхилення від циліндричності буде дорівнювати 6 мкм. Аналогічно для діаметра 16H7(+0,018;0) мм з шорсткістю $R_a = 1,6\text{ мкм}$ допуск форми буде дорівнювати 7 мкм.

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, аналіз наведеної інформації дозволив виявити основні фактори, які впливають на точність параметрів оброблюваних різьбових отворів. Це осьова сила $P_0 = 26,1 \text{ Н}$ і крутний момент $M_{кр} = 4,91 \text{ Н}\cdot\text{м}$, що виникають при обробки різьбових отворів і їх треба компенсувати силами закріплення, які реалізуються роботою верстатного пристрою.

Основною метою операції є забезпечення технічних вимог креслення, які треба реалізувати конструкцією пристрою (схему базування і закріплення заготовки), а також механізований привод, що забезпечує потрібну силу закріплення заготовки.

При проектуванні конструкції пристрою треба:

- 1) забезпечити швидке і надійне базування і закріплення заготовки;
- 2) забезпечити вільний і зручний доступ різального інструмента до оброблювальних поверхонь заготовки;
- 3) забезпечити постійну і потрібну величину сили закріплення заготовки на час виконання операції..

Розроблення схем базування та закріплення заготовки в пристрої.

Схема базування і закріплення заготовки наведена на рисунку 7.1. Заготовка установлюється поверхньою торця розміром 98 x 65 мм на площину пристрою (УБ) і два пальця: один циліндричний діаметром 10и8 мм а другий – ромбічний (зрізаний) діаметром пояска 16и8 мм. Таким чином, заготовка позбавлена шести степенів вільності (див. табл. 6.3 і 6.4).

Розглянемо дію сил різання і закріплення при обробки заготовки на операції. Спочатку виконується свердління отворів діаметром 5 мм, потім зенкування фасок $1 \times 45^\circ$ і нарізання різьби М6х1–7Н (див. рис. 7.1). При свердлінні отворів діаметром 5 мм на заготовку діють крутний момент $M_{кр}$, осьова сила P_0 , сила ваги заготовки Q і сили тертя, які позначені коефіцієнтами тертя f_1 і f_2 . Аналогічні сили виникають при нарізання різьби М6х1–7Н. Коефіцієнт f_1 виникає при контакті нижньої поверхні торця заготовки розміром 98 x 65 мм заготовки із поверхнею пристрою (установча база). Коефіцієнт f_2 виникає при контакті верхньої поверхні торця заготовки розміром 98 x 65 мм із поверхнею затискача.

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

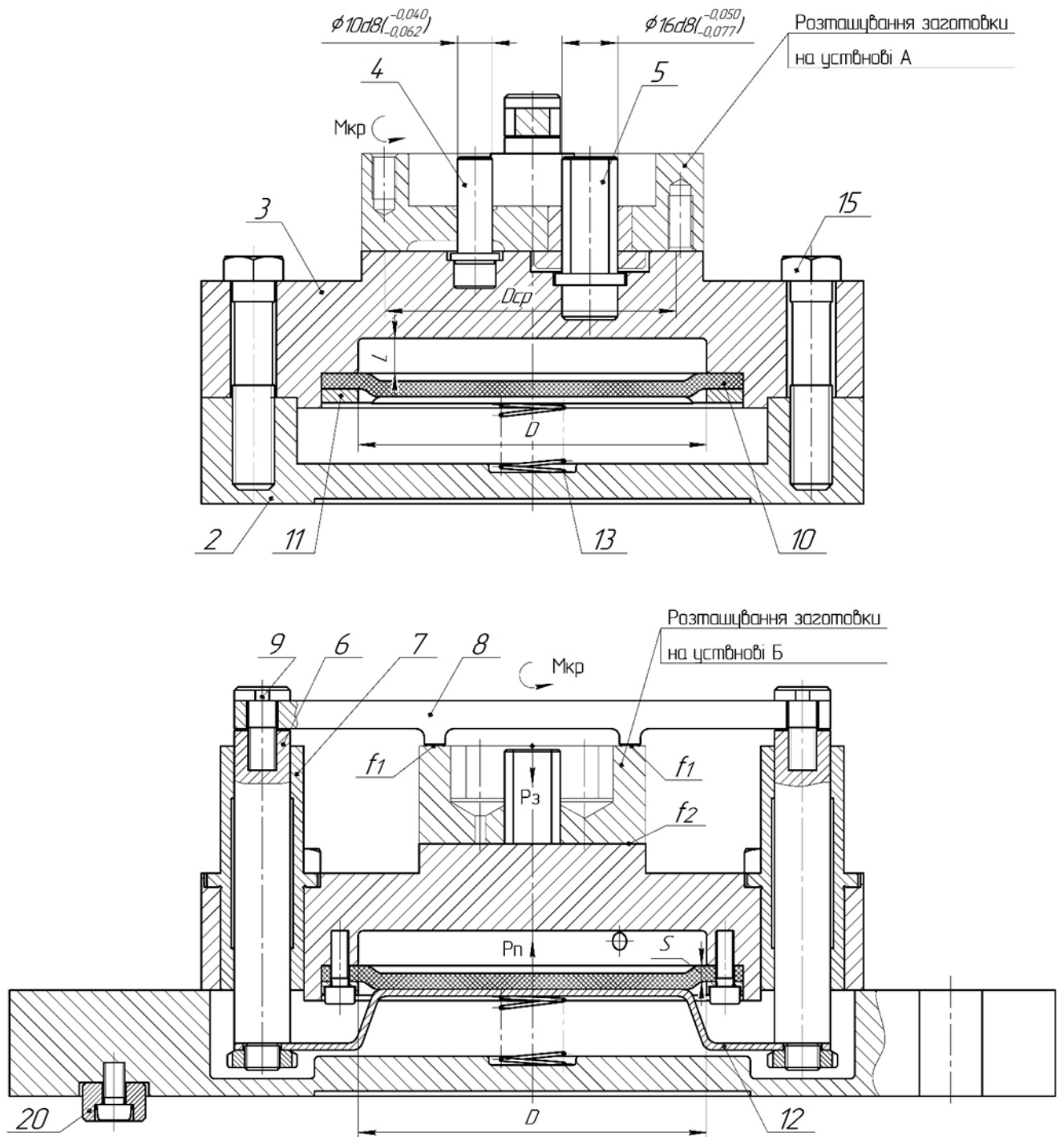


Рисунок 7.1 – Схема для розрахунку сили закріплення

Зі сторони затискача на заготовку діє сила закріплення P_3 , яка прикладена в двох місцях. Напрямок дії сил Q , P_0 співпадають із напрямом сили P_3 . При розрахунку елементів пристрою чисельні значення сил Q і P_0 не враховуються. Крутний момент $M_{кр}$ має змістити заготовку в площині поверхні стола пристрою. Зміщення заготовки треба компенсувати силами тертя (коефіцієнтами f_1 і f_2).

						ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			41

Побудова сил тертя забезпечується силою закріплення P_3 і залежить від тиску повітря p_0 (МПа) в пневматичній системі та діаметру мембрани D пневматичного привода.

Сила закріплення P_3 визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{2KM_{кр}}{D_{ср} \cdot (f_1 + f_2)} = \frac{2 \cdot 4,037 \cdot 4,91}{0,0815(0,16 + 0,16)} = 1520 \text{ Н},$$

де $M_{кр} = 4,91 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – крутний момент, який діє при різанні різі;

$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,15 = 4,037$ – коефіцієнт запасу;

$K_0 = 1,5$; $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,15$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,3$; $K_5 = 1,0$; $K_6 = 1,5$ – коефіцієнти, величини яких наведені в джерелі [6, с.85];

$D_{ср} = (0,065 + 0,098)/2 = 0,0815 \text{ м}$ – середній діаметр нижньої поверхні торця заготовки, яка контактує із пристроєм;

$f_1 = f_2 = 0,16$ – коефіцієнти тертя в місцях контакту «заготовка-пристрій» і «заготовка-затискач», (поверхні заготовки оброблені) [6, т. 10, с. 85].

Визначаємо діаметр діафрагми D [6, т. 19, с. 92] за формулою:

$$D = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{W}{0,196 \cdot p}} = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{1670}{0,196 \cdot 0,4}} \cong 86 \text{ мм},$$

де $W = P_3 + P_n = 1520 + 150 = 1670 \text{ Н}$ – сила мембранного пневматичного приводу;

P_n – зусилля пружини; $P_n = 150 \text{ Н}$;

$p = 0,4 \text{ МПа}$ – тиск стислого повітря.

Приймаємо $D = 100 \text{ мм}$ (із розмірного ряду діаметрів), тоді сила $W = 2266 \text{ Н}$.

Приймаємо діаметр двох штоків $d = 16 \text{ мм}$.

Визначаємо товщину діафрагми S [14, с. 114].

$$S = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3p}{\sigma_{max}}} = \frac{100}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,4}{40}} = 4,33 \text{ мм},$$

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $\sigma_{max} = 40 \text{ МПа}$ – найбільша гранична напруга в резино-тканинній мембрані.

Приймаємо товщину діафрагми $S = 5 \text{ мм}$.

Визначимо хід штоків L при плоскої мембрані [14, с. 114].

$$L = \frac{3 \cdot p \cdot D^4 (1 - \mu^2)}{256 \cdot E \cdot S^3} = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 100^4 (1 - 0,4^2)}{256 \cdot 6 \cdot 10^2 \cdot 5^3} = 5,25 \approx 6 \text{ мм},$$

де $\mu = 0,4$ – коефіцієнт Пуассона матеріалу мембрани;

$E = 6 \cdot 10^2 \text{ МПа}$ – модуль пружності матеріалу мембрани.

За розрахованими даними проектуємо конструкцію пристрою для свердління.

Розрахунок точності розташування пальців пристрою для встановлення партії оброблювальних заготовок.

Схема установлення заготовки на два циліндричних отвори із паралельними осями і перпендикулярною до них площиною, реалізується простою конструкцією пристрою, яка забезпечує широкий доступ різального інструменту до оброблених поверхонь. Заготовка закріплюється силою, яка направлена перпендикулярно до її базової площини і не визиває похибку на довжину (глибину) розмірів отворів $19(+2; 0) \text{ мм}$ та $16(+2; 0) \text{ мм}$. Така установка є раціональною для заготовок, у яких розміри базової площини більше її висоти.

Базову площину заготовки розміром $98 \times 65 \text{ мм}$ обробляють начисто, а базові отвори зенкерують і розвертають до точності $H7$. Установчою базою в пристрої є площина, яка шліфується до шорсткості $R_a = 0,8 \text{ мкм}$ із допуском на відхилення від площинності та хвилястості в межах $0,1 - 0,05 \text{ мм}$. Два пальця зроблені жорсткими і оброблені під посадку $H7/d8$. Один палець зроблений циліндричним, а другий має зрізану (ромбічну) форму. Наведена конструкція елементів пристрою дозволяє обробляти без похибок великі партії заготовок і забезпечити їх технічні вимоги. Схема установлення заготовки на два пальця наведена на рисунку 7.2.

Визначимо найменший зазор S_{1min} між напрямним пояском зрізаного пальця і отвором заготовки за формулою:

$$S_{1min} = \frac{D_{01} - D_{01max}}{2} = \frac{16 - 15,95}{2} = 0,025 \text{ мм},$$

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $D_{01} = 16$ мм – найменший діаметр отвору заготовки (діаметр 16H7);

$D_{01max} = 15,95$ мм – найбільший діаметр напрямного пояска зрізаного пальця.

Визначимо величину зазору Σ для зрізаного пальця, який обумовлений зміщенням отворів і установчих пальців за рахунок допусків на міжцентрову відстань за формулою:

$$\Sigma = y + y_1 - S_{1min} = 0,05 + 0,01 - 0,025 = 0,035 \text{ мм,}$$

де $y = 0,05$ мм – найбільше відхилення відстані між отворами заготовки;

$y_1 = 0,01$ мм – найбільше відхилення відстані між пальцями пристрою.

Визначимо найменший зазор S_{2min} між циліндричним пальцем і отвором заготовки за формулою:

$$S_{2min} = \frac{D_{02} - D_{02max}}{2} = \frac{10 - 9,96}{2} = 0,02 \text{ мм,}$$

де $D_{02} = 10$ мм – найменший діаметр отвору заготовки (діаметр 10H7);

$D_{02max} = 9,96$ мм – найбільший діаметр циліндричного пальця.

Визначимо ширину напрямного пояску b на зрізаному пальці за формулою:

$$b = \frac{D_{01max} \cdot S_{1min}}{\Sigma} = \frac{15,95 \cdot 0,025}{0,035} \cong 11,4 \text{ мм.}$$

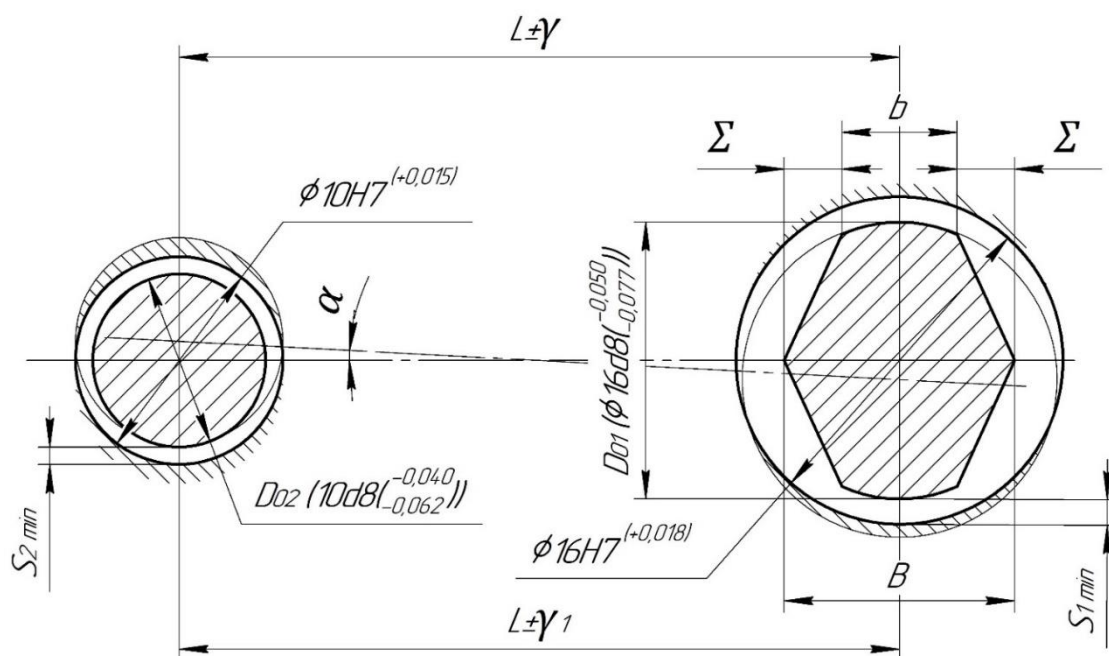


Рисунок 7.2 – Схема установлення заготовки базовими отворами на циліндричний і зрізаний палець

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Приймаємо $b = 11$ мм.

Визначимо ширину B між зрізами (залежно від діаметру зрізаного пальця). За даними джерела [2] для діапазону діаметрів зрізаних пальців (11 – 18) мм ширина

$$B = D_{01max} - 4 = 15,95 - 4 = 11,95 \text{ мм.}$$

Остаточно приймаємо $B = 12$ мм.

Похибка установлення заготовки за рахунок можливого кута α повороту визначається за формулою:

$$\tan \alpha = \frac{S_{1max} - S_{2max}}{L} = \frac{0,095 - 0,077}{33} \cong 0,0006,$$

де $S_{2max} = 0,077$ мм – максимальний зазор між циліндричним пальцем діаметром $10d8$ і отвором діаметром $10H7$;

$S_{1max} = 0,095$ мм – максимальний зазор між пальцем діаметром $16d8$ і отвором діаметром $16H7$;

$L = 33$ мм – міжцентрова відстань між діаметрами $10H7$ і $16H7$ отворів заготовки.

Визначимо кут $\alpha = \arctan 0,0006 \cong 0^{\circ}2'$. Порівняємо допуск кута розташування отворів за вимогами креслення ($\pm 30'$) із розрахованим кутом $\alpha = 0^{\circ}2'$. За розрахованими даними вимоги креслення для всієї партії оброблюваних заготовок – витримуються.

Розрахунок точності елементів пристрою.

Точність розташування осей восьми отворів $M6-7H$ відносно осі шпинделя верстата, в якому установлений різальний інструмент, залежить від точності розташування УБ пристрою. Повинна виконуватися умова, за якою УБ розташовується перпендикулярно до осі різального інструмента. Наведена умова залежить від допуску T_{np} паралельності УБ і нижньої площини плити «база Б» пристрою. Параметр T_{np} визначається за формулою:

$$T_{np} \leq T_{\delta} - K \cdot \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{обр}^2 + \varepsilon_{поз}^2},$$

де $T_{\delta} = 130$ мм – допуск отвору діаметром $5H12$;

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$K = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує відхилення окремих складових від закону нормального розподілення;

$\varepsilon_{\sigma}=0$ – похибка базування заготовки (ВБ і ТБ суміщені);

$\varepsilon_3=0$ – похибка закріплення заготовки (сили закріплення не змінюють положення осей пальців пристрою);

$\varepsilon_u=0$ – похибка зносу установчих елементів (рівномірний знос УБ пристрою);

$\varepsilon_n=10$ мкм – похибка перекосу інструмента (для верстатів з ЧПК свердлильної групи);

$\varepsilon_{уст}=10$ мкм – похибка установлення пристрою на столі верстата;

$\varepsilon_{обр}=K_2 \cdot \omega=0,6 \cdot 150=90$ мкм – середня економічна точність обробки (свердління отворів) [14]; $\omega=150$ мкм (ІТ12); $K_2=0,6$ – коефіцієнт, який враховує імовірність появи похибки обробки [6, с. 23];

$\varepsilon_{noz}=10$ мкм – похибка позиціонування шпиндельного вузла [3, 14].

$$T_{пр} \leq 130 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 10^2 + 90^2 + 10^2} = 20 \text{ мкм.}$$

Приймаємо $T_{пр} = 0,02$ мм і занесемо розраховану величину в перелік технічних вимог креслення пристрою для свердління.

Опис конструкції та роботи пристрою.

Конструкція пристрою складається із плити 2 і корпусу 3, які з'єднані шістьма болтами 15. В корпусі 3 розташований мембранний пневматичний привод односторонньої дії із пружиною стиску 13.

В пневматичному приводі розташований кран керування 1, два штока 6, дві втулки 7, мембрана 10, яка підтиснута кільцем 11 та диском 12. Штоки 6 з'єднані затискачем 8. Нижня поверхня диску 12 підтиснута пружиною 13. Диск двома кінцями знизу з'єднаний із штоками 6 та затискачем 8. а верхня поверхня диску 12 сполучається із мембраною 10.

Заготовка базується на верхню площинну поверхню корпусу 3, в який запресовані два центрові пальця – циліндричний 4 (діаметром $10h6$) та ромбічний 5 (діаметром $16h6$). Заготовка закріплюється затискачем 8, а потрібна орієнтація

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

пристрою на столі верстата відносно осьових різальних інструментів, виконується шпонкою 20.

Для оброблення отворів із різцю (установ А) заготовка установлюється верхньою торцевою поверхнею на стіл корпусу 3 і два пальця (циліндричний 4 і ромбічний 5). Потім на верхні кінці штоків 6 установлюється затискач 8 і вмикається кран керування 1. В порожнину пневматичної камери від крана керування 1 поступає стисле повітря, під дією якого мембрана 10 вигинається до низу, переміщує диск 12, два штока 6, затискач 8. Заготовка затискається і далі відбувається обробка її отворів із різцю із однієї торцевої поверхні.

Розкріплення заготовки відбувається у зворотному напрямі. Рукоятка крана керування установлюється в положення, при якому стисле повітря виходить в атмосферу, а пружина стиску 13 відновлює вихідне положення мембрани 10, штоків 6, затискача 8. Заготовка переустановлюється в положення для обробки її отворів із протилежної торцевої поверхні (установ Б). Далі цикл налагодження верстата повторюється.

Робота пристрою при базуванні, закріпленні, переустановленні та розкріпленні заготовки проста, його обслуговування не потребує високої кваліфікації робочого-верстатника. Пристрій треба зберігати на складі, запобігати ударів, різких змін температури. Перед налагодженням пристрій треба очистити від пилу, бруду, а рухомі частини змастити солідолом.

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

1) Виконаний аналіз службового призначення шестерного насосу та корпусу. Проаналізовані технічні вимоги деталі на її виготовлення.

2) За коефіцієнтом розроблення операцій визначений тип виробництва – дрібносерійний та форма його організації – групова.

3) Виконаний аналіз технологічності конструкції корпусу за якісними та кількісними показниками. Конструкція деталі за окремими її елементами визнана технологічною.

4) Запропонований спосіб одержання вихідної заготовки – лиття в піщано-глинясті форми машинним формуванням по дерев'яним моделям та розроблені технічні вимоги на її виготовлення.

5) Виконаний аналіз існуючого технологічного процесу і запропоновані нововведення для його удосконалення. Розрахунково-аналітичним методом (з використанням ЕОМ) визначені припуски і допуски на обробку внутрішньої поверхні діаметром 38H7 мм. Обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки для двох операцій: 020 «Вертикально-фрезерна» і 070 «Свердлильна з ЧПК». Для наведених операцій вибрані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент, розраховані режими різання і норми часу.

6) На операцію 070 «Свердлильна з ЧПК» спроектований спеціальній пристрій для швидкого і точного установлення заготовки на стіл верстата моделі 2P135Ф2-1.

7) Розроблені заходи для вирішування питань, пов'язаних з охороною праці і технікою безпеки в надзвичайних ситуаціях працюючих.

8) Для запропонованого технологічного процесу виготовлення корпусу розроблена технологічна документація (карти КТП, КЕ).

					ТМ319090009-00 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. **Буренин, В. В.** Обзор конструкций шестеренных насосов. – Станки и инструмент, № 7, 1982. С 22 – 24.
2. **Маталин, А. А.** Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Справочник металлиста: в 5 т. / под ред. А. Г. Рахштадта и В. А. Брострема. – Москва: Машиностроение, 1976. – Т. 2 – 720 с.
4. **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
5. ГОСТ 26645–85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
- 6 Справочник технолога машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1986. – Т. 2 – 496 с.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – Ч.1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбежные и фрезерные станки. – Москва: Машиностроение, 1974. – 416 с.
8. **Корсаков, В. С.** Основы конструирования приспособлений: учебник для вузов / В. С. Корсаков – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1983. – 277 с.
9. **Худобин, Л. В.** Курсовое проектирование по ТМС / Л. В. Худобин – Москва: Машиностроение, 1989. – 288 с.

					ТМЗ19090009-00 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		