



## РЕФЕРАТ

Записка: 48 с., 13 рис., 19 табл., 4 додатки, 11 літературних джерел.

Об'єкт розробки: корпус золотника 1141.03.00.004 бура електрогідравлічного моделі ЕБГП-1М.

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення корпусу золотника 1141.03.00.004.

Виконаний аналіз службового призначення електрогідравлічного бура, корпусу золотника 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 обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 025 «Вертикально-фрезерна» і 035 «Свердлильна з ЧПК».

Розраховані припуски і граничні розміри за технологічними переходами на внутрішню поверхню діаметром 18Н6. Вибрані верстатні пристрої, різальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та норми часу на наведені операції.

Спроектований верстатний пристрій для обробки заготовок на операції 025 «Вертикально-фрезерна».

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

	С.
Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення виробу, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	9
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	12
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	16
5 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї ....	20
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	23
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	23
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки .....	25
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів .....	29
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	30
6.5 Розрахунок режимів різання.....	31
6.6 Технічне нормування операцій .....	35
7 Проектування пристрою для фрезерування .....	39
Висновки .....	46
Перелік джерел посилання .....	47

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.		Бабаханов			Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу золотника 1141.03.00.004. Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Перев.		Нешта				3	48	
Реценз.						СумДУ, ТМЗ–92с		
Н. Контр.		Євтухов						
Затв.		Іванов						

## ВСТУП

Сучасні підприємства різного профілю стараються механізувати і автоматизувати технологічний цикл – від сировини до готової продукції. Основою швидкого розвитку гірничої промисловості є механізація основних трудомістких виробничих процесів. Нова техніка яка використовується на шахтах, постійно модернізується у напрямку автоматизації процесів видобутку корисних копалин. Гірниче і бурове обладнання становлять основу матеріально-технічного фонду геологорозвідувального виробництва. Від його стану і раціонального використання залежить своєчасна та економна підготовка розвіданих рудних та вугільних місць для їх експлуатації.

Бур ЕБГП-1М використовується в сучасному машинобудуванні та на підприємствах, які займаються добуchoю вугілля, руди та інших корисних копалин. Виріб широко застосовується в шахтах, де є небезпека вибуху газу та вугільного пилу і потребує використання електрообладнання у вибухобезпечному виконанні. Бур також є незамінним при вибухових роботах коли у повітрі знаходиться значна кількість пилу. Розроблення технології гірничого виробництва передбачає збільшення її продукції, а це потребує збільшенню кількості агрегатів та удосконалення їх конструкції.

В комплексній роботі бакалавра представлена розробка технологічного процесу виготовлення корпусу золотника 1141.003.00.004, який є однією із деталей з яких складається бур.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

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

Бур ЕБГП-1М призначений для буріння шпурів діаметрами до 50 мм у гірничих породах із коефіцієнтом кріпості до 9 за шкалою «Протод'яконова», при проведенні під землею гірничих виробітках вибуховим способом. Бур розрахований на експлуатацію у шахтах, які мають небезпеку вибуху газу та пилу і де треба застосовувати електричне обладнання у рудничному вибухонебезпечному виконанні.

Таблиця 1.1 – Стисла характеристика бура ЕБГП-1М

Найменування показників	Величина параметру
Умови роботи буру:	
клімат зовнішнього середовища	Нормальний
температура зовнішнього повітря, °С	1 – 35
відносна вологість повітря (при 35 °С), %	100
пил зовнішнього середовища, мг/м <sup>3</sup>	До 2500
Потужність виробу в межах, кВт	0,85 – 1,1
Зусилля подачі, Н	5000±2000
Величина подачі штанги бура, м	Не менше 2,2
Швидкість подачі штанги, м/хв	0,1 – 1,4
Швидкість зворотного руху, м/хв	Не менше 5
Номінальна потужність, кВт	Не менше 2,5
Номінальна напруга, В	380 – 660
Частота обертання, об/хв	315±35
Маса, кг	Не більше 130
Габарити, мм	Не більше 1700 x 400 x 410

Бур є компактним виробом, який складається із електродвигуна, редуктора, гідравлічного привода з двома циліндрами (рух 850 мм), траверзи із шпинделем та установки для промивання. Бур працює із маніпулятором і керується за допомогою п'ятижильної спалаху-безпечної схеми від пускачу.

Вертикальний редуктор 1554.02.00.000 є складовою частиною бура електрогідравлічного ЕБГП-1М і призначений для передачі потужності від двигуна на шпindel. До корпусу вертикального редуктора приєднаний корпус золотника 1141.03.00.004 (див. рис. 1.1).

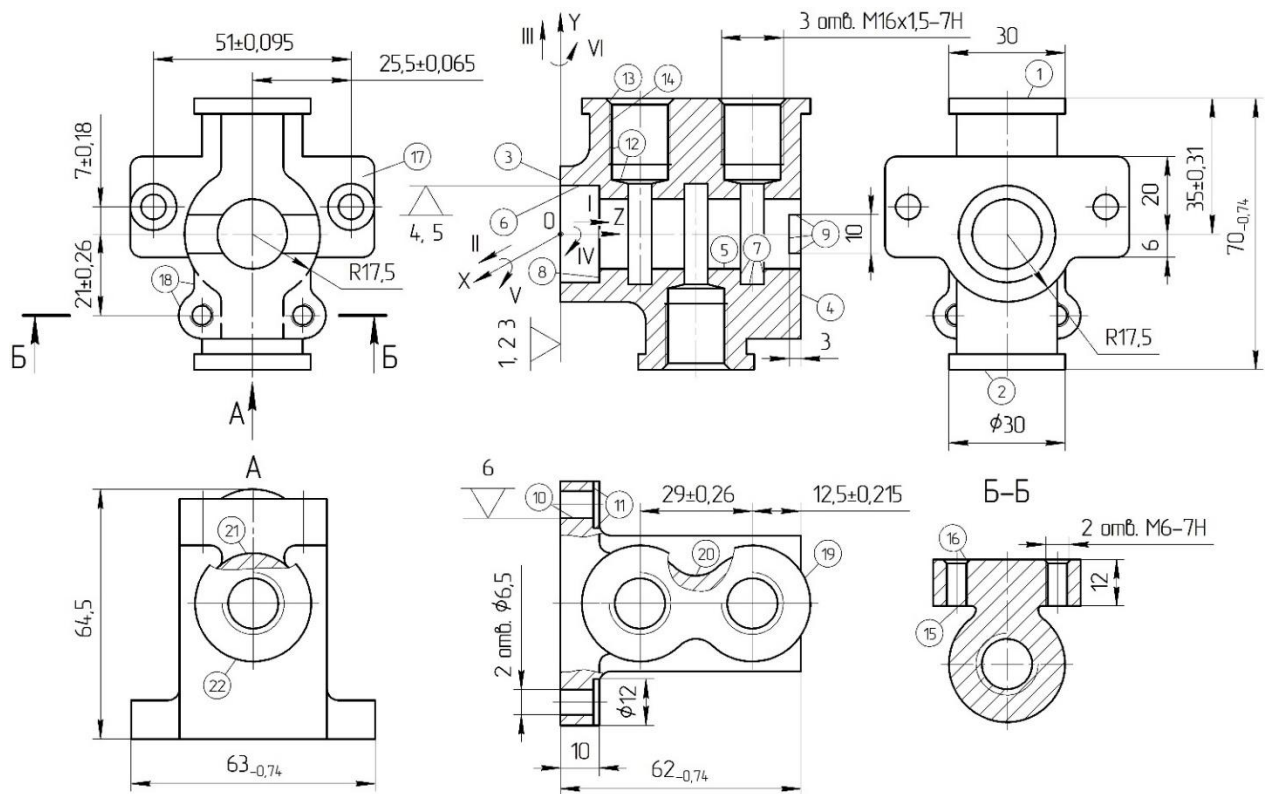


Рисунок 1.1 – Ескіз корпусу золотника із нумерацією поверхонь

Корпус золотника призначений для розташування в ньому рухомого золотника, який розподіляє потік рідини до різних камер вертикального редуктора з метою переміщення регулюючої шестерні та з'єднання зубчастих коліс на потрібну швидкість їх обертання.

Корпус золотника площиною 3, отвором  $\phi 15H11$  (поверхня 6) та двома отворами  $\phi 6,5$  (поверхні 10, 11) приєднаний до корпусу вертикального редуктора двома гвинтами (на рисунку не позначені). Зазначені поверхні визначають розташування деталі у виробі (електричному бурі) і є основними конструкторськими базами (ОКБ).

										Арк.
										6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	ТМЗ 19320703-00 ПЗ					

За класифікацією баз [1] площа розміром 63x37,5 мм є установчою базою (УБ) і позбавляє деталь трьох ступенів свободи (двох обертань навколо осей ОХ і ОУ та одного переміщення уздовж осі ОZ). Отвір Ø25H11 довжиною 10 мм виконує функцію подвійно-опорної бази (ПОБ), яка позбавляє деталь двох ступенів свободи (переміщень уздовж осей ОХ і ОУ). Один із ступінчастих отворів Ø6,5/Ø12 (поверхні 10 і 11) позбавляє деталь шостого ступеня свободи, є опорною базою (ОБ) і позбавляє деталь обертання навколо осі ОZ.

Таким чином, для виконання службових вимог деталь позбавлена всіх шести ступенів свободи. В таблицях 1.1 та 1.2 наведені найменування баз, зв'язки поверхонь, їх відповідність ступеням позбавлення свободи.

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь 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

Х, Y, Z / 1, α	Х	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

Поверхня 5 є виконавчою поверхнею (ВП). Ця поверхня виконує основне службове призначення деталі – переміщує золотник уздовж своєї осі. Поверхні золотника пов'язані із трьома поверхнями 7, які закриваються або відкриваються рухомим золотником залежно від його розташування у отворі 5.

Поверхні 7 з'єднані із трьома отворами М16х1,5-7Н (поверхні 12 і 14), крізь які відбувається перетікання рідини у камери вертикального редуктора. Таким чином, поверхні 5, 7, 12, 14 виконують функцію виконавчих поверхонь.

Для передачі руху золотнику передбачений електричний магніт постійного струму, який кріпиться до поверхні 4 двома гвинтами (на рисунку не позначені), вкрученими у два отвори 15 із різьбою М6-7Н. В свою чергу, електричний магніт на поверхні 4 орієнтується за допомогою паза 9, який одночасно виконує функцію з'єднання золотника із штовхачем електричного магніта. Зазначені поверхні 4, 15, 9 є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ). Поверхні 1 та 2 до яких дотикаються торцеві поверхні штуцерів вкручених у отвори 15, є також ДКБ. Таким чином, всі перелічені поверхні визначають розташування приєднаних до них деталей і є ДКБ. Інші поверхні корпусу золотника є вільними поверхнями (СП) і визначають контур та жорсткість конструкції деталі.

Аналіз ОКБ і ДКБ показав, що вони є потрібними для реалізації деталлю свого службового призначення безпосередньо. До цих поверхонь конструктор призначив підвищені вимоги, щодо якості їх виготовлення.

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

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		



## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Аналізом креслення «Корпус золотника 1141.03.00.004» (дивись додаток А) 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) [2].

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 [2].

Таблиця 2.2 – Механічні властивості чавуну СЧ20 ГОСТ 1412–89

Марка чавуну	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , 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. Поверхня  $\varnothing 18H6$  виконана під посадку з мінімальним зазором (0,005–0,01) мм рухомого золотника. Це потрібно для виключення перетікання мастила між корпусом і поверхнями золотника. Три отвори  $M16 \times 1,5-7H$  є поверхнями, які виконують функцію підведення (відведення) мастила в зони контакту колотника з корпусом золотника.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Два кріпильних отвори М6х1–7Н передбачені для приєднання кришки до корпусу золотника. Два отвори Ø6,5 мм потрібні для закріплення корпусу золотника на корпусі вертикального редуктора і визначають його потрібне розташування у виробі (бура електрогідравлічного).

Шорсткість отвору Ø18H6 становить Ra = 1,6 мкм. Наведений діаметр за вимогами конструктора повинен мати відхилення від круглості та циліндричності не більше 0,005 мм. Для виконання цих вимог в технологічний процес обробки отвору Ø18H6 введена операція притирання корпусу золотника разом із поверхнею рухомого золотника, який є сполученою деталлю. Після притирання шорсткість буде становити Ra = 0,04-0,06 мкм. Ця вимога потрібна для безвідмовної роботи золотникового устрою і є основним службовим призначення виробу.

Шорсткість двох зовнішніх торцевих поверхонь Ra = 1,6 мкм, які з'єднані розміром 62h14, не відповідає вимоги відносно допуску на цей розмір. Вимоги конструктора до заданої величини шорсткості поверхонь є обґрунтованими і призначені залежно від їх функціонального призначення, а саме, забезпечити якість цих поверхонь під ущільнювальні прокладки та виключити витікання мастила із робочої зони золотника.

За технічними вимогами креслення треба забезпечити перпендикулярність торця «Г» відносно поверхні Ø18H6 в межах 0,08 мм. Для цього треба застосувати обробку цих поверхонь на одному установі операції, щоб виключити похибки базування заготовки та похибку кінематичної точності верстата.

Одним із основних вимог до службового призначення виробу є випробовування корпусу золотника гідравлічним тиском (5 МПа) за встановленою схемою гідравлічних випробувань в межах не менше 30 секунд. Схема наведеної вимоги зазначена на кресленні деталі 1141.03.00.004 і потрібна для виключення тріщини, свищів, «потіння корпусу золотника» (дефектів лиття).

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Аналізом не виявлено суттєвих відхилень технічних вимог креслення корпусу золотника 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 0,73 кг, найбільші її габаритні розміри – 70 x 64 x 63 мм.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

### 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  $N = 1500$  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	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ср.}$	$O$
015	Вертикально-фрезерна	4,63	0,036	1	0,036	22,22
020	Вертикально-розточувальна	8,76	0,068	1	0,068	11,76
035	Вертикально-фрезерна	2,4	0,019	1	0,019	42,11
030	Свердлильна з ЧПК	9,55	0,074	1	0,074	10,81
035	Свердлильна з ЧПК	3,6	0,028	1	0,028	28,57
040	Притиральна	14,2	0,11	1	0,11	7,27
	Всього	43,14	–	6	–	122,74

*Визначення типу виробництва.*

Кількість верстатів по окремим операціям визначається за формулою [4]:

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

де  $N = 1500$  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

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

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:

$$K_{зо} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{122,74}{6} = 20,1.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо  $20 < K_{зо} = 20,1 \leq 40$ , то це відповідає дрібносерійному виробництву [4].

#### *Визначення форми організації виробництва.*

Випуск  $N_d$  деталей за добу:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{1500}{254} \cong 6 \text{ шт},$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

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

$$Q = \frac{F_{сут} \cdot 0,6}{T_{ср}} = \frac{952 \cdot 0,6}{7,19} = 80 \text{ шт},$$

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

$T_{ср} = \frac{\Sigma T_{ш-к}}{n_p} = \frac{43,14}{6} = 7,19$  хв – середня трудомісткість основних механічних операцій;

$n_p = 6$  – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо  $N_{сут} = 6 \text{ шт} < Q = 80 \text{ шт}$ , то застосування одно номенклатурної стрічки є недоцільним, тому приймаємо групову форму організації виробництва [4]. Вироби запускаються у виробництво із визначеною періодичністю, що є ознакою дрібносерійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначається за формулою

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$$N_{\text{п}} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{1500 \cdot 12}{254} \cong 71 \text{ шт.},$$

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

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

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{7,19 \cdot 71}{476 \cdot 0,9} = 1,19,$$

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:

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 1 \cdot 0,9}{7,19} = 60 \text{ шт.}$$

Основна характеристика дрібносерійного типу виробництва із груповою формою організації згідно ГОСТ 14.004–83 [1].

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.

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.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

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.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

*Оцінювання технологічності конструкції деталі за якісними показниками.*

Аналіз технологічності конструкції корпусу золотника виконаний за кресленням «1141.03.00.004». Матеріалом заготовки є чавун СЧ20 ГОСТ 1412–89, тому деталь отримана методом лиття. Виливка має складний рельєф зовнішнього контуру поверхонь і частково потребує підвищену трудомісткість при її виготовленні литтям в піщано-глинясті форми. Для виготовлення партії деталей 1500 штук трудомісткість буде підвищеною. За цим показником деталь можна вважати відносно технологічною.

При проектуванні конструкції деталі конструктор спромігся максимально зменшити трудомісткість механічних операцій та металоємкість конструкції. Для обробки торцевих поверхонь 38 x 64 мм, Ø30 мм, 63 x 37,5 мм, 70 x 35 мм можна застосувати продуктивний метод їх обробки (торцеве фрезерування). Обробка зазначених поверхонь не викликає утруднень і їх можна вважати технологічними.

Складність виникає при виконанні трьох канавок Ø26x6 мм, які розточуються після чистового зенкерування отвору Ø18H6 перед його розвертанням. Це потребує використання спеціальних розточувальних різців та застосування підвищеної жорсткості оправки на якій вони розташовуються. Наведену конструкцію канавок можна вважати відносно нетехнологічною.

Нетехнологічним елементом при виготовленні є конструкція двох місць під головки гвинтів Ø12x1,5 мм. Це пов'язано із збільшеною довжиною оправки на якій розташований різальний інструмент – циліндрична зенківка. Конструкція деталі не дозволяє застосувати невелику по довжині оправку, що зменшує жорсткість технологічної системи обробки. Можливий інший варіант обробки, який пов'язаний із переустановленням циліндричної зенківки при обробки ступінчастого отвору Ø6,5/Ø12,5 мм. Але це потребує переривання процесу обробки і переналаджування інструмента, що робить процес обробки на верстаті з ЧПК недоцільним.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		



Виготовлення трьох різьбових отворів  $M16 \times 1,5-7H$  з довжиною різьби 17 мм відбувається у «глухих отворах» довжиною 21 мм. Обробки цих отворів пов'язана із видаленням стружки із зони різання і можливою поломкою інструмента (мітчика). Така конструкцію різьбових отворів є нетехнологічною.

Виготовлення двох різьбових отворів  $M6 \times 1-7H$  та їх взаємне розташування відносно осі деталі не має проблем із трудомісткістю їх виготовлення, що робить конструкцію деталі технологічною.

Конструкція паза  $10 \times 3 \times 35$  мм виконана як переривчаста поверхня по його довжині. При фрезеруванні паза 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 оброблювального паза. Таку конструкцію паза можна вважати відносно технологічною.

Більшість поверхонь деталі виготовляються на операції «Лиття металів і сплавів» і не потребують механічної обробки, тому їх конструкція є технологічною.

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

#### *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 [4].

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів  $K_{yc}$ . Деталь має 55 елементів: циліндричних поверхонь – 11 (зовнішніх – 2, внутрішніх – 9), площинних (торцевих) поверхонь – 10, різьбових отворів – 9, фасок – 19, конічних поверхонь – 2, поверхонь складної форми – 1, радіусних поверхонь – 3.

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

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

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

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

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

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

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

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

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

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

де  $m_{\text{д}} = 0,68$  кг – маса деталі;

$m_{\text{з}} = 1,25$  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 стадії виготовлення заготовки та відносно технологічною на стадії механічної обробки.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Корпус золотника виготовляється із чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412–89 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:

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

де  $S_3$  – вартість заготовки, грн.;

$m_3 = 1,2$  кг – вага заготовки;

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

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

$m_d = 0,73$  кг – вага деталі;

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

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

$$C_{оз} = \frac{C_в}{1000} \cdot K_м \cdot K_{сл} \cdot K_в \cdot \left( 1 + \frac{\beta}{100\%} \right),$$

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

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

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

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

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

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

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$$S_3 = 1,2 \cdot 8,32 \cdot \left(1 + \frac{7\%}{100\%}\right) - (1,2 - 0,73) \cdot 2 \cong 10,2 \text{ грн.}$$

Вартість річної партії заготовок визначиться за формулою:

$$S_3^0 = S_3 \cdot N = 10,2 \cdot 1500 = 15300 \text{ грн.}$$

*Розроблення креслення виливної заготовки згідно ДСТУ 8981:2020 [5].*

1. Установлюємо спосіб одержання заготовки із чавуну ГОСТ 1412–89 – лиття в піщано-глинясті форми [5].

2. Установлюємо бази для першої операції механічної обробки (дивись креслення «Корпус золотника 1141.0300.004. Виливка»).

3. Визначимо розташування виливки в формі за лінією площини рознімання (бік) (дивись креслення «Корпус золотника 1141.03.00.004. Виливка»).

4. Установлюємо клас розмірної точності виливки 6–11т [5, т. 9, с. 32].  
Приймаємо 8.

5. Установлюємо ступінь жолоблення виливки 3–6 [5, т. 10, с. 35].  
Приймаємо 5.

6. Установлюємо ступінь точності поверхонь 8–15 [5, т. 11, с. 36–38].  
Приймаємо 11.

7. Визначаємо шорсткість поверхонь виливки за критерієм  $R_a$  мкм із 11-ою ступеню точності поверхонь [5, т. 12, с. 39]. Приймаємо  $R_a = 20$  мкм.

8. Установлюємо клас точності мас 5–13т залежно від способу одержання виливки [5, т. 13, с. 40–42]. Приймаємо 9.

9. Установлюємо допуск зміщення виливки за площиною рознімання виливки, яка виходить на лінію рознімання 1,2 мм [5, пункт 2.7, с. 4].

10. Визначаємо ряд припусків 4–7 [5, т. 14, с. 43]. Приймаємо 5 – для сірого чавуну, 7 – для верхньої поверхні при литті металу.

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

Точність виливки 8–5–11–9 Зм.1,2 ГОСТ 26645–85.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

12. Розраховані розміри заготовки (вилівки) занесемо до таблиці 5.1 і розробимо креслення заготовки (дивись креслення «Корпус золотника 1141.03.00.004. Вилівка»).

13. Технічні вимоги для виготовлення заготовки наведені на кресленні.

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 (на сторону)	Остаточний розмір елемента заготовки
Рис. 1.1		Табл. 1	Табл. 2	Табл. 16	Табл. 7	П. 4.2.1	Табл. 14	Табл. 6	
1, 2	70h14(0; -0,74)	1,4	0,32	1,6	Чистовий	0,8	5	1,5 / 1,5	73±0,8
3, 4	62h14(0; -0,74)	1,2	0,32	1,2	Чорновий	0,6	5	1,0 / 1,0	64±0,6
5	Ø18H6(+0,011; 0)	1,0	0,32	1,1	Тонкий	0,55	5	1,3	Ø15±0,55
6	Ø25H11(+0,13; 0)	1,0	0,32	1,1	Чистовий	0,55	5	1,2	Ø22±0,55
3, 8	10js14(±0,18)	0,8	0,32	0,9	Чистовий	0,45	5	1,1	10±0,45

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків на обробку і проміжні граничні розміри виконується для отвору  $\varnothing 18H6(+0,011; 0)$  мм і шорсткістю  $R_a = 1,6$  мкм.

Вихідні дані: виливка 8–5–11–9 Зм. 1,2 ГОСТ 26645–85 в піщано-глинясті форми, вага деталі 0,73 кг, вага заготовки 1,2 кг.

1. Для заготовки (виливки) [4] –  $R_{zi-1} + H_{i-1} = 600$  мкм. Для зенкерування (чорнового) отвору [4] –  $R_{zi-1} = 50$  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. Для зенкерування (чистового) –  $R_{z-1} = 30$  мкм; розгортання (точного)  $R_{i-1} = 5$  мкм.

2. Просторове відхилення для заготовки визначається за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_3^2} = \sqrt{39^2 + 1100^2} = 1101 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 18)^2 + (0,7 \cdot 52)^2} = 39 \text{ мкм,}$$

де  $\Delta_k = 0,7$  мкм/мм – питома кривизна заготовки [4];

$d = 18H6$  мм;  $l = 52$  мм – діаметр та довжина оброблюваного отвору.

$$\rho_3 = T_{\text{заг}} = 1100 \text{ мкм.}$$

Просторові відхилення для чорнового, чистового зенкерування та точного розвертання становлять:

$$\rho_{\text{чорн}} = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 1101 = 55 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 1101 = 44 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{точн}} = 0,002 \cdot \rho_3 = 0,002 \cdot 1101 = 2 \text{ мкм.}$$

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

$$\varepsilon_{y \text{чорн}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{110^2 + 0^2} = 110 \text{ мкм,}$$

									Арк.
									23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат					





## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

*Операція 25 «Вертикально-фрезерна».* Операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі UWF 10 [3]. Заготовка установлюється в спеціально розроблений верстатний пристрій із пневматичним приводом (дивись розділ 7 ПЗ). Схема базування заготовки на операції наведена на рисунку 6.2.

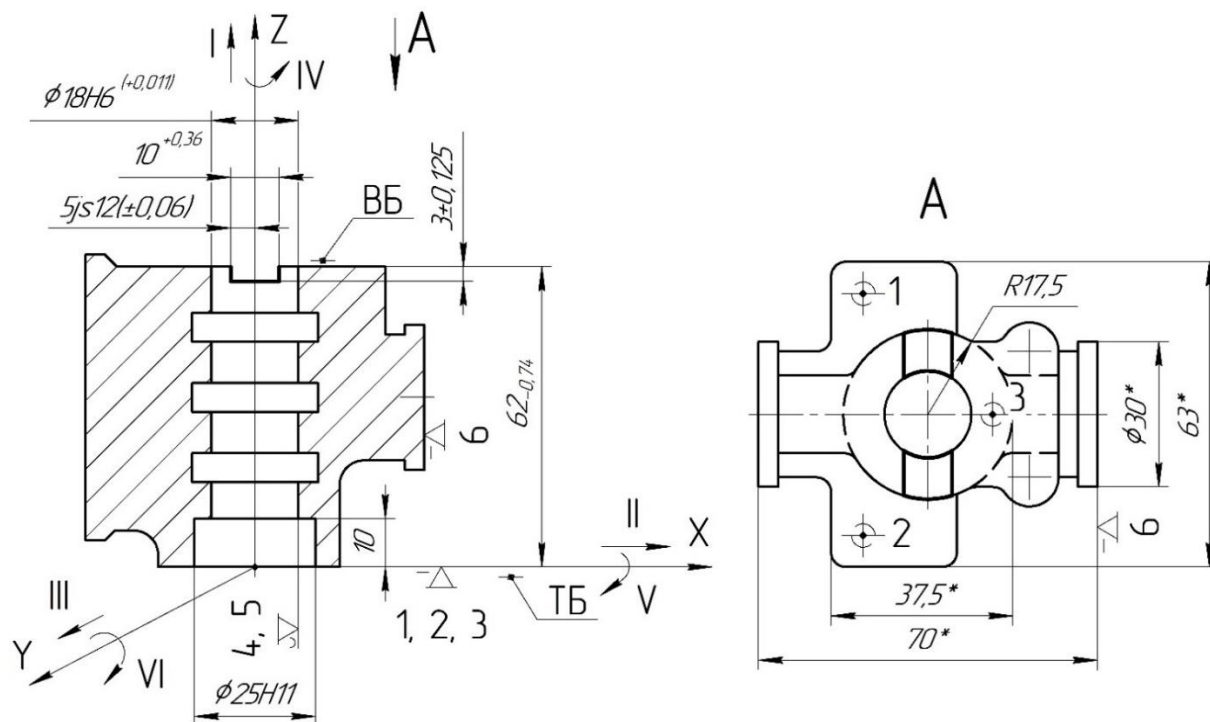


Рисунок 6.2 – Схема установки заготовки на операції 025

На операції фрезерується паз розмірами 10x3x35 мм. Заготовка установлюється плоскою поверхнею розмірами 63x37,5 мм. У вибраній системі координат зазначена поверхня реалізує установчу базу (УБ), яка позбавляє заготовку трьох ступенів свободи. Циліндричною поверхнею  $\phi 18H6$  довжиною 20 мм заготовка установлюється на циліндричний палець  $\phi 18f7$  пристрою і позбавляє її двох ступенів свободи (ПОБ). Боковою поверхнею  $\phi 30$  мм корпус золотника базується по упору, який реалізує опорну базу (ОБ) та позбавляє його одного ступеню свободи. Досягнуте базування заготовки у вибраній системі координат фіксується двома затискачами, яка виконую функцію закріплення (розкріплення) заготовки. Таким чином, заготовка позбавлена всіх шести ступенів свободи.

Ступені позбавлення свободи заготовки і матриця зв'язків наведені відповідно в таблицях 6.1 і 6.2.

										Арк.
										25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат						

Таблиця 6.1 – Ступені позбавлення свободи

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

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язків

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

В наведеній схемі базування допуск розміру  $10H14(+0,36; 0)$  мм витримується для всієї партії заготовок, тому що обробляється мірним інструментом – кінцевою фрезою  $\varnothing 10js12(\pm 0,075)$  мм. Точність розташування осі симетрії паза забезпечується точністю розташування осі отвору заготовки  $\varnothing 18H6(+0,011; 0)$  мм відносно осі циліндричного пальця  $\varnothing 18f7(-0,016; -0,034)$  мм. Максимальний зазор посадки  $\varnothing 18H6/\varnothing 18f7$  складає 45 мкм. Точність розташування осі симетрії паза складає 60% від допуску на ширину паза, а саме  $0,6 \cdot 360 = 216$  мкм. Таким чином, похибка посадки не впливає на точність розташування паза відносно осі отвору заготовки.

Розмір глибини паза  $3 \pm 0,125$  мм не буде витриманий, тому що технологічна (ТБ) і вимірювальна (ВБ) бази не суміщені і похибка базування в напрямку витримуючого розміру дорівнює допуску на розмір  $62(0; -0,74)$  мм, який зв'язує наведені бази (див. рис. 6.2). Для забезпечення точності глибини паза треба налагоджувати фрезу від вимірювальної бази (ВБ), а саме, сумістити технологічну базу (ТБ) із ВБ. Перед обробкою треба торець фрези сумістити із поверхнею ВБ, на лімбі шпинделя верстата установити «0», а далі виконати налагодження інструмента на допуск розміру  $3 \pm 0,125$  мм.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Точність кутового розташування паза забезпечується точністю розташування (паралельності) площини поверхні  $\varnothing 30$  мм відносно осі симетрії паза. Зазначена точність забезпечується точністю розташування упору – опорна база (ОБ), яка обмежує кутове розташування заготовки.

Таким чином, запропонована схема базування заготовки дозволяє реалізувати точність розмірів і розташування паза на операції 025 «Вертикально-фрезерна».

*Операція 035 «Свердлильна з ЧПК».* Операція виконується на свердлильному верстаті з ЧПК моделі Rapidrill 450 [3]. Заготовка установлюється в спеціально розроблений верстатний пристрій із пневматичним приводом. На рисунку 6.3 наведена схема базування заготовки на операції (див. рис. 6.3).

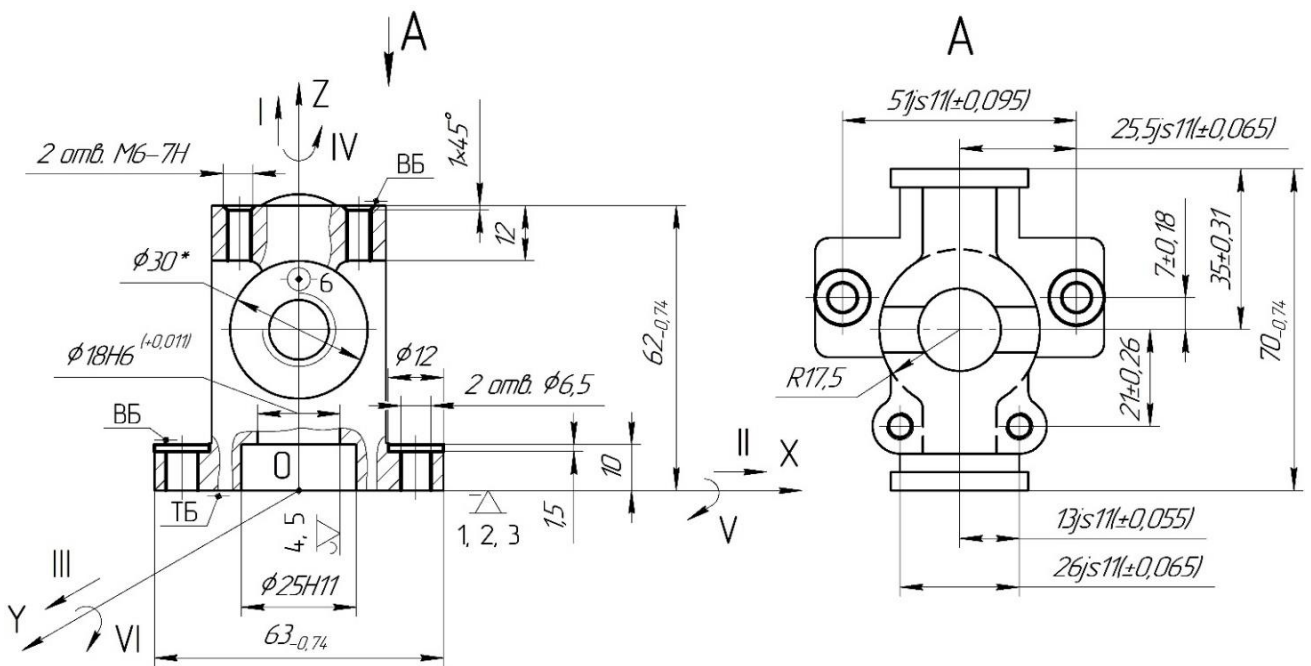


Рисунок 6.3 – Схема установки заготовки на операції 035

Заготовка установлюється площиною  $63 \times 37,5$  мм на базову плиту пристрою, яка позбавляє її трьох ступенів свободи (УБ). Пристрій має базовий циліндричний палець  $\varnothing 18f7$ , який базує заготовку по отвору  $\varnothing 18H6$  і реалізує посадку  $\varnothing 18H6/f7$ . Заготовка позбавляється двох ступенів свободи (ПОБ). Упор, який вводиться в контакт із поверхнею  $\varnothing 30$ , позбавляє заготовку останнього – шостого ступеня свободи (ОБ). Базування заготовки по площині, пальцю та упору дозволяє базувати

										Арк.
										27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	ТМЗ 19320703–00 ПЗ					

оброблювані заготовки в межах допуску поверхонь, які треба виготовити на цієї операції. Базування заготовки на операції наведено в таблицях 6.3 і 6.4.

Таблиця 6.3 – Ступені позбавлення свободи

Зв'язок	Ступені свободи	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, $\alpha$	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
$\alpha$	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
$\alpha$	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
$\alpha$	0	0	1	
Всього	2	2	2	6-ь зв'язків

Обробка діаметральних поверхонь отворів (М6-7H та Ø6,5 мм) виконується мірним інструментом – свердлами, зенківками, мітчиками. Тому точність їх діаметрів залежить від діаметрів відповідних інструментів і схема базування не впливає на точність їх виготовлення.

При обробки двох отворів із різьбою М6-7H та двох отворів Ø6,5 мм похибка базування не впливає на точність глибини їх свердління, а саме, 12 та 10 мм відповідно. Зазначені отвори свердляться, а потім в двох із них нарізається різьба «на прохід» і тому похибка базування не впливає на точність довжини розмірів різьбових отворів.

При обробки двох фасок 1x45° та двох циліндричних поверхонь Ø12x1,5 мм (місць під головки гвинтів) можлива похибка базування, яка пов'язана із не суміщенням ТБ та ВБ. Але обробка поверхонь заготовки виконується на верстаті з ЧПК, де при налагодженні інструмента на потрібний розмір бази ТБ і ВБ суміщаються. Таким чином, запропонована схема базування і закріплення заготовки приймається для обробки різьбових та гладких отворів на операції.

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

*Операція 025 «Вертикально-фрезерна».* Для умов дрібносерійного виробництва можна рекомендувати вертикально-фрезерний верстат моделі UWF 10. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 6.5 [3].

Таблиця 6.5 – Технічна характеристика верстата моделі UWF 10

Найменування параметра	Чисельний показник
1	2
Розміри робочої поверхні стола (Д x Ш), мм	1235 x 460
Переміщення стола уздовж X, Z, Y, мм	900, 450, 650
Кількість пазів (ширина Т-паза, мм):	5 (18)
Відстань між Т-шліцами, мм	80
Кількість обертів шпинделя	27
Частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	30 – 2050
Подача стола, мм/хв: повздовжня / поперечна (без східчаста)	10 – 1000
Відстань між кінцем шпинделя і столом	50 – 500
Максимальне навантаження на стіл, кг	800
Потужність основного електродвигуна, кВт	5,5
Привід кожної осі	DC Servo
Габарити верстата (Д x Ш x В), мм	1940 x 2220 x 2115
Вага, кг	3000

*Операція 035 «Свердлильна з ЧПК».* Згідно методів обробки поверхонь, які застосовуються на операції, пропонується свердлильний центр з ЧПК моделі Rapidrill 450 [3]. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Технічна характеристика верстата моделі Rapidrill 450

Найменування параметра	Чисельний показник
ЧПК	Fanuc Oi-MS
Робоча поверхня стола (Д х Ш), мм	500 х 320
Рух стола уздовж осі X, Y, Z, мм	450, 300, 300
Відстань від торця шпинделя до поверхні стола, мм	175 – 475
Максимальне навантаження на стіл, кг	200
Т-пази (кількість / ширина / відстань), мм	3 / 14 / 100
Частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	60 – 8000
Подача шпинделя, мм/хв	5 – 5000
Точність позиціонування стола, мм	0,01
Максимальний діаметр інструмента, мм	80
Кількість позицій інструмента	12
Час змінювання інструмента, с	1,4
Час закріплення інструмента, с	2,3
Максимальна довжина інструмента, мм	200
Потужність електродвигуна головного привода, кВт	3,7
Габаритні розміри (Д х Ш х В), мм	1200 х 2280 х 2330
Вага, кг	2100

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

*Операція 025 «Вертикально-фрезерна».* На операції для базування і закріплення заготовки застосовується спеціальний пристрій ТМЗ 19320703–07–01.00.00 СК (дивись розділ 7 пояснювальної записки).

Різальний інструмент. Для фрезерування паза розмірами 10х3х35 мм застосовується кінцева твердосплавна фреза згідно ГОСТ 18372-73. Параметри фрези: D = 10 мм, L = 50 мм, l = 25 мм, Z = 4 [7]. Умовне позначення: фреза 2210–0085 BK6 ГОСТ 18372-73. Для установлення фрези у шпиндель верстата застосовується цангова оправка 6222–0032 ГОСТ 13785–75.

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.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

*Операція 035. «Свердлильна з ЧПК».* Для базування і закріплення заготовки на операції застосовуються верстатні лещата. Лещата вибираються залежно від габаритів заготовки. Умовне позначення: лещата 7827-0326 ГОСТ 4045–75Е [7].

Різальний інструмент. Для свердління отворів під різьбу М6х1–7Н приймається свердло спіральне Ø5 мм з циліндричним хвостовиком [7]. Матеріал свердла – швидкорізальна сталь марки Р6М5. Умовне позначення інструмента: свердло 2300–6174 Р6М5 ГОСТ 10902–77. Для свердління отворів Ø6,5 мм приймається свердло Ø6,5 мм з конічним хвостовиком. Умовне позначення: свердло 2301-1003 Р6М5 ГОСТ 10903-77 [7].

Для обробки фасок приймається конічна зенківка з конічним хвостовиком. Умовне позначення: зенківка 2353-0122 Р6М5 ГОСТ 14953-80 [7]. Для обробки Ø12,5х1,5 мм приймається циліндрична зенківка з циліндричним хвостовиком. Умовне позначення: зенківка 2351-0501 Р6М5 ГОСТ 26258-78 [7].

Для нарізання різьби М6х1–7Н «на прохід» приймається комплект машинних мітчиків (чорновий і чистовий) [7]. Умовне позначення: мітчик 2620-0501 Р6М5 Н2 ГОСТ 3266–81 (2).

Для кріплення інструмента з циліндричним хвостовиком (свердло Ø5 мм) застосовується збірний цанговий патрон [7]. Для кріплення свердла Ø6,5 мм застосовується збірна перехідна втулка з конусом Морзе 2 [7]. Для кріплення мітчиків застосовується патрон різьбонарізний, регульований (Ø5 – Ø12) [7].

Вимірювальний інструмент. Контроль різьбових отворів виконується калібром для метричної різьби М6х1–7Н ПР/НЕ ГОСТ 17756-72. Розміри між осями отворів вимірюються штангенциркулем ШЦ–II–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 UWF 10, потужність верстата N = 5,5 кВт. Обробка заготовки виконується на одному установі. Фрезерується паз розміром 10х3х55 мм

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

і витримується шорсткість всіх поверхонь паза  $R_a = 6,3$  мкм. Діаметр кінцевої фрези  $D = 10$  мм; кількість зубців фрези  $Z = 4$ ; матеріал фрези – твердий сплав марки ВК6.

1. Ширина фрезерування  $B = 3$  мм, глибина фрезерування  $t = 10$  мм.
2. Приймаємо подачу на зуб фрези  $S_z = 0,05$  мм/зуб [6].
3. Швидкість різання  $V$ , м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{72 \cdot 10^{0,7} \cdot 0,77}{80^{0,25} \cdot 10^{0,5} \cdot 0,05^{0,2} \cdot 3^{0,3} \cdot 4^{0,3}} = 25,4 \text{ м/хв},$$

де  $C_v = 72$ ;  $g = 0,7$ ;  $x = 0,5$ ;  $y = 0,2$ ;  $u = 0,3$ ;  $p = 0,3$ ;  $m = 0,25$  [6, т. 39, с. 286-290];  $T = 80$  хв [6, т. 40, с. 290].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv} = 0,91 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,77.$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v} = \left(\frac{190}{205}\right)^{1,25} = 0,91,$$

де  $HB = 205$  (середня);  $n_v = 1,25$  [6, т. 2, с. 262];  $K_{pv} = 0,82$  [6];  $K_{nv} = 1,0$  [6].

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

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25,4}{3,14 \cdot 10} = 809 \text{ об/хв}.$$

Згідно паспорту верстата приймаємо  $n_{\pi} = 850$  об/хв, тоді фактична швидкість різання

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 850}{1000} = 26,7 \text{ м/хв}.$$

5. Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{\pi} = S_z \cdot Z \cdot n_{\pi} = 0,05 \cdot 4 \cdot 850 = 170 \text{ мм/хв}.$$

За паспортними даними верстата хвилинна подача  $S_{\pi} = 170$  мм/хв і подачу на зуб фрези  $S_z$  не перераховуємо.

6. Визначаємо силу різання  $P_z$ , Н:

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^g \cdot n_{\pi}^w} = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 10^{0,9} \cdot 0,05^{0,74} \cdot 3^1 \cdot 4 \cdot 1,08}{10^{1,0} \cdot 850^0} = 612 \text{ Н},$$

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

										Арк.
										32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат						

ТМЗ 19320703–00 ПЗ



$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{205}{190}\right)^{1,0} = 1,08,$$

де  $n = 1,0$  [6, т. 9, с. 264].

$$P_h = P_z(0,3 - 0,4) = 612 \cdot 0,4 = 245 \text{ Н};$$

$$P_v = P_z(0,6 - 0,95) = 612 \cdot 0,95 = 582 \text{ Н};$$

$$P_y = P_z(0,3 - 0,4) = 612 \cdot 0,4 = 245 \text{ Н};$$

$$P_x = P_z(0,5 - 0,55) = 612 \cdot 0,55 = 337 \text{ Н}.$$

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

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} = \sqrt{245^2 + 612^2} = 659 \text{ Н}.$$

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

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{612 \cdot 10}{2 \cdot 1000} = 3,06 \text{ Нм}.$$

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

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{612 \cdot 26,7}{1020 \cdot 60} = 0,27 \text{ кВт}.$$

Якщо  $N_0 = N \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,75 = 4,125 \text{ кВт} > N_e = 0,27 \text{ кВт}$ , то обробка можлива.

9. Визначимо основний (машинний) час фрезерування  $T_0$ , хв:

$$T_0 = \frac{L_p \cdot i}{S_{п}} = \frac{48 \cdot 1}{170} \cong 0,3 \text{ хв},$$

де  $L_p = l_0 + l_{вр} + l_{пер} + D = 35 + 1,5 + 1,5 + 10 = 48 \text{ мм}$ ;

$l_0 = 35 \text{ мм}$  – довжина оброблюваної поверхні;

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

$i = 1$  – кількість ходів інструменту.

*Операція 035 «Свердлильна з ЧПК».* Верстат моделі Rapidrill 450. Потужність верстата  $N = 3,7 \text{ кВт}$ . На операції свердлиться і нарізається різьба у двох отворах  $M6 \times 1-7H$ , шорсткість поверхні різьби  $R_a = 3,2 \text{ мкм}$ .

На першому переході свердлиться отвір під різьбу  $M6 \times 1$  діаметром  $D = 5,0 \text{ мм}$ . Різальний інструмент: свердло діаметром  $5,0 \text{ мм}$ , матеріал свердла Р6М5.

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

										Арк.
										33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат						

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

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

де  $C_v = 14,7$   $m = 0,125$ ;  $q = 0,25$ ;  $y = 0,55$  [6];

$$K_{3v} = 0,75 [7, \text{ т. 28; с. 278}].$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV} = 0,94 \cdot 1 \cdot 0,7 \cong 0,7,$$

де  $K_{LV} = 0,7$  [6];

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v} = \left(\frac{190}{200}\right)^{1,3} = 0,94 [6, \text{ т. 1, с. 261}]; n_v = 1,3 [6];$$

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

$T = 20$  хв – стійкість фрези [6].

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 хвилинну 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  $P_o(H)$ :

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_\pi^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,021 \cdot 5^2 \cdot 0,0635^{0,8} \cdot 1,03 = 0,64 \text{ Нм;}$$

$$P_o = C_p \cdot D^q \cdot S_\pi^y \cdot K_p = 42,7 \cdot 5^1 \cdot 0,0635^{0,8} \cdot 1,03 = 26,1 \text{ Н,}$$

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

$$K_p = K_{MP} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{200}{190}\right)^{0,6} = 1,03,$$

									Арк.
									34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат					

де  $n = 0,6$  [6].

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:

$$T_0 = \frac{L_p \cdot i \cdot m}{S_{п}} = \frac{16 \cdot 1 \cdot 2}{127} = 0,25 \text{ хв,}$$

де  $L_p = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 12 + 2 + 2 = 16 \text{ мм}$  – розрахункова довжина обробки одного отвору;  $i = 1$  – кількість ходів інструмента;  $m = 2$  – кількість отворів з однаковою довжиною обробки ( $l_0 = 12 \text{ мм}$ ).

Режими різання інших переходів операції наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Режими різання на операції 035

Різальний інструмент, матеріал	t, мм	i	S, мм/хв, (S <sub>0</sub> , мм/об)	n, об/хв	V, м/хв	Довжина обробки	Кількість	Основний час переходів T <sub>0</sub> , хв
Свердло Ø5,0; P6M5	2,5	1	127	2000	31,4	12	2	0,25
Зенківка Ø16; P6M5	1,6	1	127	500	25,2	1,6	2	0,05
Мітчик М6х1; P6M5	0,45	1	(1,0)	180	3,4	12	2	0,2
Мітчик М6х1–7Н; P6M5	0,2	1	(1,0)	180	3,4	12	2	0,2
Свердло Ø6,5; P6M5	3,25	1	127	1250	25,5	10	2	0,22
Зенківка Ø12; P6M5	2,75	1	127	800	30,1	1,5	2	0,05
Всього								0,97

### 6.6 Технічне нормування операцій

Штучно-калькуляційний час  $T_{ш-к}$  обробки заготовок на операціях 025 «Вертикально-фрезерна» та 035 «Свердлильна з ЧПК» в умовах дрібносерійного типу виробництва визначається за формулою [8]:

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

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

$N_{п} = 60 \text{ шт}$  – кількість деталей в партії запуску;

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$T_0$  – 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 025 «Вертикально-фрезерна».* Підготовчо-завершальний час складається із установаження спеціального пристрою на стіл верстата вручну 16 хв; установаження фрези 2 хв; отримання пристрою, інструменту до початку роботи та їх повернення після закінчення обробки всіх заготовок 7 хв [8]. Таким чином,  $T_{п-з} = 16 + 2 + 7 = 25$  хв.

Основний (машинний) час операції  $T_0 = 0,3$  хв.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$\begin{aligned} T_d &= 1,85 \cdot (T_{ус} + T_{зо} + T_{кер} + T_{вим}) = \\ &= 1,85 \cdot (0,37 + 0,137 + 0,24 + 0,23) = 1,81 \text{ хв,} \end{aligned}$$

де  $T_{ус} = 0,37$  хв – час на установаження та знімання заготовки в спеціальному пристрої [8];

$T_{зо} = 0,137$  хв – час на закріплення та відкріплення заготовки в пристрою із пневматичним приводом [8];

$T_{кер} = 0,01 + 0,04 + 0,19 = 0,24$  хв – час керування верстатом (вмикання, підведення фрези до заготовки, переміщення робочих вузів верстата, вимкнення) [8];

$T_{вим} = 0,23$  хв – час на вимірювання заготовок універсальним інструментом (штангенциркулем) [8];

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

1 – кількість установажень в операції.

Оперативний час  $T_{оп} = T_0 + T_d = 0,3 + 1,81 = 2,11$  хв.

Час обслуговування робочого місця та перерви:

$$T_{об} + T_{пер} = ПТ_{оп} = 0,08 \cdot 2,11 = 0,17 \text{ хв,}$$

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

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

$$T_{ш-к} = \frac{25}{60} + 0,3 + 1,81 + 0,17 = 2,7 \text{ хв.}$$

*Операція 035 «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 двох отворів з різьбою  $M6 \times 1-7H$  2,8 хв та двох отворів  $\varnothing 6,5$  мм 1,2 хв [8]. Тоді,

$$T_{п-з} = 9 + 5 + 2,8 + 1,2 = 18 \text{ хв.}$$

Основний (машинний) час операції  $T_0 = 0,97$  хв.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$\begin{aligned} T_d &= 1,85 \cdot (T_{ус} + T_{зо} + T_{кер} + T_{вим}) = \\ &= 1,85 \cdot (0,29 + 0,1 + 0,12 + 0,78) = 2,39 \text{ хв,} \end{aligned}$$

де  $T_{ус} = 0,29$  хв – час на установлення та знімання заготовки у спеціальному пристрої із пневматичним приводом [8];

$T_{зо} = 0,1$  хв – час на закріплення та відкріплення заготовки в спеціальному пристрої [8];

$T_{кер} = 0,12$  хв – час вмикання (вимикання) верстата, робота з керуючою програмою [8];

$T_{вим} = 0,78$  хв – час на вимірювання різьбовою пробкою різьби, вимірювання універсальним інструментом розташування отворів [8];

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

1 – кількість установлень в операції.

Оперативний час  $T_{оп} = T_0 + T_d = 0,97 + 2,39 = 3,36$  хв.

Час обслуговування робочого місця та перерви:

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$$T_{об} + T_{пер} = ПT_{оп} = 0,06 \cdot 3,36 = 0,2 \text{ хв},$$

де  $\Pi = 6\%$  – процент на обслуговування робочого місяця, відпочинок та особисті потреби [8].

$$T_{ш-к} = \frac{18}{60} + 0,97 + 2,39 + 0,2 = 6,2 \text{ хв}.$$

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

## 7 ПРОЄКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ

*Обґрунтування мети операції фрезерування та завдання для проектування.*

На операції 025 фрезерується паз шириною  $10(+0,36; 0)$  мм, глибиною  $3\pm 0,125$  мм, довжиною 35 мм «на прохід» (дивись креслення 1141.03.00.004).

Забезпечити наведені вимоги креслення не визиває ускладнення при фрезеруванні. В розділі 6 пояснювальної записки обраний верстат, різальний і вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та норми часу на операцію. Аналіз наведених даних показав, що для реалізації технічних вимог креслення на вертикально-фрезерній операції треба спроектувати спеціальний пристрій. При проектуванні пристрою треба вирішити наступні задачі.

1. Забезпечити точне і швидке устанавлення, закріплення, розкріплення і зняття заготовки із пристрою.
2. Забезпечити постійну і швидку силу закріплення заготовки за час обробки отворів, застосував в пристрої пневматичний привід.
3. Розрахувати потрібну точність базування заготовки.

*Розроблення та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки в пристрої.*

При фрезеруванні паза треба забезпечити високу жорсткість технологічної системи (ТС), яка буде залежати від конструкції пристрою, способу закріплення у ньому заготовки та способу устанавлення пристрою на столі верстата. Приймаємо торцеву поверхню заготовки розміром 64 x 37,5 мм за устанавлювальну базу, яка позбавляє заготовку трьох ступенів вільності.

Оброблений на попередній операції отвір  $\text{Ø}18H7$  приймається за технологічну подвійно-опорну базу, яка позбавляє заготовку двох ступенів свободи. Торцева поверхня заготовки  $\text{Ø}30$  мм приймається за опорну базу, яка позбавляє заготовку однієї ступені свободи.

Таким чином, заготовка позбавляється шести ступенів свободи і орієнтує заготовку відносно фрези із достатньою точністю, щоб реалізувати симетричне

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		





У розділі 6.2 пояснювальної записки наведена схема базування заготовки для фрезерування паза. Досягнуте базування треба фіксувати постійною силою за час операції, яку треба розрахувати.

*Розрахуємо силу закріплення заготовки.*

Заготовка 1 установлена на площину плити 3 торцем площиною 63x37,5 мм та отвором Ø18H6(+0,011; 0) мм на циліндричний палець Ø18f7(-0,016; 0,034) мм (див. рис. 7.1). Кутове розташування заготовки досягається регулюючим упором 9.

Заготовка 1 закріплюється двома окремими затискачами 4, які виконані у вигляді важеля. Затискачі 4 згвинчені зі штоками 5, які одночасно рухаються та обертаються навколо своїх осей. У верхньому кінці кожного затискача вбудована губа, яка самостійно установлюється при дотику із поверхнею заготовки. Нижні кінці штоків з'єднані пластиною 7. Рух затискачів 4 відбувається під дією поршня 6, який є основним розрахунковим елементом пневматичного циліндру розташованого в плиті 3. При впуску стислого повітря в верхню порожнину камери, поршень разом з пластиною і затискачами переміщується вниз. Відбувається рух затискачів 4, які одночасно переміщуються вниз та під дією гвинтів 10 обертаються навколо своїх осей на кут 90° і стискають пружину 8. Кожний затискач закріплює заготовку 1 силою  $P_z/2$ . При видаленні повітря із верхньої порожнини камери, пружина 8 під дією сили  $P_n$  повертає у вихідне положення рухомі елементи пристрою і заготовка 1 розкріплюється. При фрезеруванні паза на заготовку діє сила різання  $P_z = 612$  Н. Пристрій установлюється на стіл верстата і базується боковими площами двох шпонок, розташованих в корпусі 2 (на рисунку не зазначені).

1. Сила закріплення  $P_3$  визначиться за формулою [9]

$$P_3 = \frac{K \cdot P_z}{f_1 + f_2} = \frac{3,1 \cdot 612}{0,16 + 0,16} = 5929 \text{ Н,}$$

де  $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cong 3,1$  – коефіцієнт запасу [9];

$P_z = 612$  Н – сила різання при фрезеруванні паза кінцевою фрезою;

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

$f_1 = f_2 = 0,16$  – коефіцієнти тертя при контакті заготовки відповідно з губами затискачів та базовою площиною плити [9].

2. Діаметр поршня визначається із формули [9]

$$P_3 = 0,785 \cdot D^2 \cdot p_0 \cdot \eta_{\text{мех}} - P_{\text{п}},$$

де  $D$  – діаметр поршня, мм;

$p_0 = 0,4$  МПа – тиск стислого повітря в порожнині камери плити;

$\eta_{\text{мех}} = 0,9$  – ККД рухомої частини пристрою;

$P_{\text{п}} = 100$  Н – сила стиснутої пружини (визначається за масою деталей, які рухає пружина при розкріпленні заготовки).

Тоді діаметр поршня визначиться за формулою

$$D = \sqrt{\frac{P_3 + P_{\text{п}}}{0,785 \cdot p_0 \cdot \eta_{\text{мех}}}} = \sqrt{\frac{5929 + 100}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 146 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $D = 150$  мм.

3. Розраховуємо силу закріплення  $P_0$ , яка виникає на кінці поршня 8, діє на пластину 10 і затискачі 6.

$$P_0 = 0,785 \cdot D^2 \cdot p_0 \cdot \eta_{\text{мех}} - P_{\text{п}} = 0,785 \cdot 150^2 \cdot 0,4 \cdot 0,9 - 100 = 6260 \text{ Н.}$$

Сила на кожному окремому затискачу становить  $P_0/2 = 6260/2 = 3130$  Н.

4. Хід поршня зі штоком визначається прорисовкою на кресленні граничних положень затискачів при їх повороті на кут  $90^\circ$  (дивись креслення ТМЗ19320703-07-01.00.00 СК). Граничні положення затискачів дорівнюють відстані  $L$ , яка потрібна для зняття заготовки із пристрою. За даними креслення  $L = 7,5$  мм.

Зв вихідними даними  $L = 7,5$  мм,  $P_{\text{п}} = 100$  Н визначаємо конструктивні елементи пружини [9].

*Розрахунок точності елементів пристрою.*

Схема установлення заготовки на площину  $63 \times 37,5$  мм, циліндричний отвір  $\varnothing 18H6$  із фіксацією упором по площині  $\varnothing 30$  мм заготовки реалізується простою

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

конструкцію пристрою та забезпечує широкий доступ різального інструменту до оброблених поверхонь паза. Заготовка закріплюється силою, яка направлена перпендикулярно до її базової площини і не визиває похибку на розмір глибини паза  $3 \pm 0,125$  мм.

Точність розташування підвалини паза відносно осі шпинделя верстата, в якому установлений різальний інструмент, залежить від точності розташування установчої бази пристрою. Повинна виконуватися умова, за якою установча база розташовується перпендикулярно до осі різального інструмента. Наведена умова залежить від допуску  $T_{пр}$  паралельності установчої бази пристрою до установчої площини плити на яку установлюється заготовка. Одночасно треба забезпечити перпендикулярність осі пальця  $\varnothing 18f7$  до установчої площини плити. Параметр  $T_{пр}$  визначається за формулою:

$$T_{пр} \leq T_{д} - K \cdot \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{3н}^2 + \varepsilon_{п}^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{обр}^2 + \varepsilon_{поз}^2}$$

де  $T_{д} = 250$  мм – допуск на глибину паза;

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

$\varepsilon_6 = 0$  – похибка базування заготовки (ВБ і ТБ суміщені);

$\varepsilon_3 = 0$  – похибка закріплення заготовки (сили закріплення не змінюють положення осі отвору  $\varnothing 18H6$ , відносно якої фрезерується паз);

$\varepsilon_{3н} = 0$  – похибка зносу установчих елементів (рівномірний знос УБ пристрою);

$\varepsilon_{п} = 100$  мкм – похибка перекосу інструмента (для верстатів фрезерної групи);

$\varepsilon_{уст} = 50$  мкм – похибка установлення пристрою на столі верстата;

$\varepsilon_{обр} = K_2 \cdot \omega = 0,6 \cdot 100 = 60$  мкм – середня економічна точність обробки (однократне фрезерування паза) [4];  $\omega = 100$  мкм (ІТ12);  $K_2 = 0,6$  – коефіцієнт, якій враховує імовірність появи похибки обробки [4];

$\varepsilon_{поз} = 100$  мкм – похибка позиціювання шпиндельного вузла [4].

$$T_{пр} \leq 250 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2 + 100^2 + 50^2 + 60^2 + 100^2} = 56 \text{ мкм.}$$

Приймаємо  $T_{пр} = 0,05$  мм і занесемо розраховану величину в перелік технічних вимог креслення пристрою для фрезерування.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

*Опис конструкції і роботи пристрою.*

Пристрій складається із корпусу 2 з'єданого із плитою 3 болтами 21 (дивись креслення ТМЗ 19320703–07–01.00.00 СК). В плиту 3 запресовані дві втулки 4, крізь які рухаються два штоки 5 із затискачами 6 під дією пластини 10, яка з'єднана із поршнем 8. Для повернення поршня 8 у вихідне положення передбачена пружина 13. Базова поверхня плити 3 прошліфована і розташована паралельно відносно площини корпусу 2, якою він установлюється на стіл верстата. Пристрій орієнтується на ньому двома напрямними шпонками 26. Для зняття або установлення пристрою на стіл верстата передбачені рим-болти 25. Порожнина пневматичної камери корпусу 2 з'єднана з мережею стислого повітря краном-розподільником 1 (дивись схему подання стислого повітря у порожнину пневматичної камери).

Робота пристрою починається з установлення заготовки на плиту 3 і палець 7 ( $\text{Ø}18f7$ ). Для орієнтування корпусу золотника по куту, до його площини ( $\text{Ø}30$ ) підводиться упор 16 Далі ручка крана-розподільника 1 установлюється в положення «Р» і стисле повітря із мережі подається у верхню порожнину пневматичної камери. Поршень 8 переміщується вниз разом із пластиною 10, штоками 5 і затискачами 6, де на їх верхніх кінцях закріплені губи 17. Затискачі 6 рухаються вниз і одночасно під дією гвинтів 14 обертаються навколо своїх осей на кут  $90^\circ$ . Одночасно пластина 10 стискає пружину 13. В момент контакту заготовки з губами 17 і затискачами 6 відбувається закріплення заготовки, а пружина 13 застається стиснутою на час обробки паза.

По закінченню обробки, стіл верстата з пристроєм відводиться від інструмента, ручка розподільного крана 1 повертається в положення «0» і стисле повітря видаляється із верхньої порожнини камери. Пружина 13 з пластиною 10, штоками 5 і затискачами 6 підіймаються вгору. В продовж руху, шток 5 із затискачами 6 обертаються у зворотному напрямку на кут  $90^\circ$  і заготовка розкріплюється. Розведені затискачі дозволяють зняти заготовку із пальця пристрою.

Час роботи на установлення або зняття заготовки невеликий, робота пристрою не складна, його обслуговування не потребує високої кваліфікації верстатника.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

Пристрій для фрезерування треба зберігати в сухій кранниці, на окремому стелажу, запобігати ударам, вібраціям. Перед застосуванням пристрою із його поверхонь пристрою треба видалити пил, бруд, рештки стружки, а рухомі частини змазати мастилом.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						45
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дат</i>		

## ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового призначення електрогідравлічного бура та корпусу золотника. 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 золотника 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 18H6 мм. Обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки для двох операцій: 025 «Вертикально-фрезерна» і 035 «Свердлильна з ЧПК». Для наведених операцій вибрані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент, розраховані режими різання і норми часу.

6. На операцію 025 «Вертикально-фрезерна» спроектований спеціальній пристрій для швидкого і точного устанавлення заготовки на стіл верстата моделі UWF 10.

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).

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Добрянський, С. С.** Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

2. **Попович, В. В.** Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підруч. для вищ. навч. закл. / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.

3. KNUTH : каталог металообробного устаткування [Електронний ресурс]: WEB-сайт. – Режим доступу: <https://www.knuth.ua>. – Назва з екрану.

4. **Петраков, Ю. В.** Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

5. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів і сплавів. Допуски розмірів, маси й припуски на механічне оброблення.

6. **Залога, В. О.** Робоча програма та методичні вказівки до обов'язкового домашнього завдання з дисципліни «Теорія різання»: для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» і 133 «Галузеве машинобудування» освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання / В. О. Залога. – Суми : СумДУ, 2017. – 43 с.

7. **Мазур, М. П.** Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		

8. **Паливода, Ю. Є.** Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

9. **Петров, О. В.** Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

10. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 ч. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

11. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування : у 2 ч. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

					ТМЗ 19320703–00 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат		