

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технології машинобудування, верстатів та інструментів  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи

перший (бакалаврський)  
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу  
Н06.178.00.01

Виконав: студент 5 курсу,  
групи ТМз-51с  
напряму підготовки (спеціальності)  
6.050502 – Інженерна механіка (Технології  
машинобудування)  
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Ритченко Є. Ю.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Савчук В. І.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

\_\_\_\_\_ В. О. Залого

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ

КОРПУСУ Н06.178.00.01

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 6.050502 – Інженерна механіка

Сумський державний університет

Кафедра (Технологія машинобудування),  
верстатів та інструментів

Студент

Є. Ю. Ритченко

Керівник

В. І. Савчук

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

## РЕФЕРАТ

Записка: 46 с., 13 рис., 19 табл., 4 додатки, 9 літературних джерел.

Об'єкт розробки: корпус Н06.178.00.01 електричного зануреного насосу ЕПЗ 50–40.

Мета роботи: проектування технологічного процесу виготовлення корпусу Н06.178.00.01.

Виконаний аналіз службового призначення електричного зануреного 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 обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 015 «Токарно-карусельна» і 020 «Вертикально-фрезерна».

Розраховані припуски і граничні розміри за технологічними переходами на внутрішню поверхню діаметром 95H7.

Вибрані верстатні пристрої, різальні та вимірювальні інструменти, розраховані режими різання та норми часу на наведені операції.

Спроекований верстатний пристрій для обробки заготовок на операції 020 «Вертикально-фрезерна».

Згідно Закону України «Про охорону праці» визначені права працюючих робітників у разі виникнення випадків, пов'язаних з їх безпекою на робочих місцях.

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

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	6
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....	9
3 Визначення типу виробництва та форми його організації.....	11
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
5 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї.....	17
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	20
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	20
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	22
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.....	36
7 Проектування верстатного пристрою.....	39
7.1 Обґрунтування мети технологічної операції та завдання на проектування.....	39
7.2 Розроблення та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки....	40
7.3 Розрахунок точності елементів пристрою.....	43
7.4 Опис конструкції і роботи пристрою.....	44
Висновки.....	45
Перелік джерел посилань.....	46
Додаток А Креслення деталі «Корпус Н06.178.00.01».....	47
Додаток Б Розрахунок припусків на ЕОМ.....	48
Додаток В Специфікація ТМЗ17320858–07–01.00.00.....	49
Додаток Г Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	51

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

ТМЗ17320858 – 00 ПЗ				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разраб.</i>		Ритченко		
<i>Пров.</i>		Савчук		
<i>Реценз.</i>				
<i>Н. Контр.</i>		Денисенко		
<i>Утв.</i>		Залога		
Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу Н06.178.00.01. Пояснювальна записка				
		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
		4	46	
СумДУ, ТМЗ–51с				

## ВСТУП

В багатьох галузях промисловості України, у побутовому житті людей треба перекачувати промислові, зливні та інші стокові води. Великі об'єми води, які треба перекачувати, можна виконати тільки застосувавши велику кількість різних за конструкцією і принципом дії занурених електричних насосів. Умови в яких працюють електричні насоси потребує застосування різних конструктивних та технологічних рішень для безперервної і надійної їх роботи. Ці рішення треба втілити у конструкції окремих деталей із яких складається потрібний тип електричного насосу.

На Сумському ОАО «Насосенергомаш» налагоджений випуск різних модифікацій занурених електричних насосів, потреба яких з кожним роком збільшується. Крім того, реставрація і ремонт деталей працюючих довгий час електричних насосів, потребує удосконалення та запропонування нових рішень для їх виготовлення. Перед технологами підприємства поставлені ряд завдань по технологічній підготовці виробництва таких деталей як корпус, ротор, робоче колесо. В межах виробничої програми випуску виробів виникає потреба в розробки рентабельних методів виготовлення заготовок, удосконаленні технологічних процесів їх механічної обробки, проектуванні спеціальної технологічної оснастки, застосуванні сучасних моделей верстатів, різального та вимірювального інструменту.

В комплексній бакалаврській роботі буде запропонована розробка технологічного процесу виготовлення однієї із головних деталей електричного насосу «Корпус Н06.178.00.01».

					ТМЗ17320858 – 00 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

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

Електричні насоси занурення ЕПЗ 50–40, ЕПЗ 100–20 застосовуються для перекачки комунально-побутових, промислових, зливних та інших стічних вод [1]. Електронасоси в складі агрегату відносяться до виробів контурного призначення, вид I (відновлювані) згідно ГОСТ 27003–80. Відповідно до характеристик виробу робочий інтервал подач електронасоса складає 0,5–1,3 відносно номінальної подачі.

Електронасос є зібраним виробом і складається із електронасосу монолітної конструкції з герметичним двигуном, щитом керування, комплектуючих виробів і комплектів запасних частин, інструментів та пристосувань (відповідно до паспорту Н06.178.00.000.00 ПС) [1].

За класифікацією електронасос є відцентровим, одноступеневим. Робоче колесо насосу може бути відцентровим або вільно вихровим з кільцевим відведенням. Основною деталлю електронасосу є корпус відведення (дивись креслення Н06.178.00.01). В корпусі відведення встановлюється від'ємна частина. Місце роз'їмання корпусу відведення із від'ємною частиною ущільнене резиновими кільцями (резина групи 2 марки 7 В-14 ГОСТ 18829–73). При складанні електронасосу на від'ємну частину, що складається із ротора, опорного і опорно-упорного підшипників, торцевих ущільнювачів, корпусу-пакету електроприводу, корпусу охолодження, щита керування, датчиків контролю води в порожнині електроприводу, робочого колеса встановлюється корпус відведення.

Корпус відведення із від'ємною частиною стикається торцевою поверхнею 1, циліндричними отворами 3 та вісьмома отворами 2 з різью (див. рис. 1.1). Наведеними поверхнями корпус визначає своє положення в складальній одиниці. Ці поверхні є основними конструкторськими базами (ОКБ).

В електронасосі робоче колесо розташовано в порожнині 5 і при обертанні усмоктує рідину із порожнини 10. Для нормальної роботи електронасосу треба підтримувати постійним зазор між діаметром маточини робочого колеса і отвором корпусу 9 в межах 0,25–0,3 мм.

Поверхні 5, 9, 10 визначають службове призначення корпусу і безпосередньо впливають на кількісні та якісні показники насосу (продуктивність, робочий тиск, вид потоку рідини). Наведені поверхні є виконавчими (ВП).

Рід поверхонь корпусу визначають положення деталей, що приєднуються до нього. Поверхні 6, 7, 8, 20 визначають положення ущільнювального матеріалу. Поверхні 18, 19 визначають положення контролюючих приладів (манометрів,

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

ТМЗ17320858 – 00 ПЗ

штуцерів із приєднувальними шлангами). До поверхонь 14, 15, 16, 17, 26 приєднуються патрубки трубопроводів із ущільнюваннями по поверхням 17 і 26.

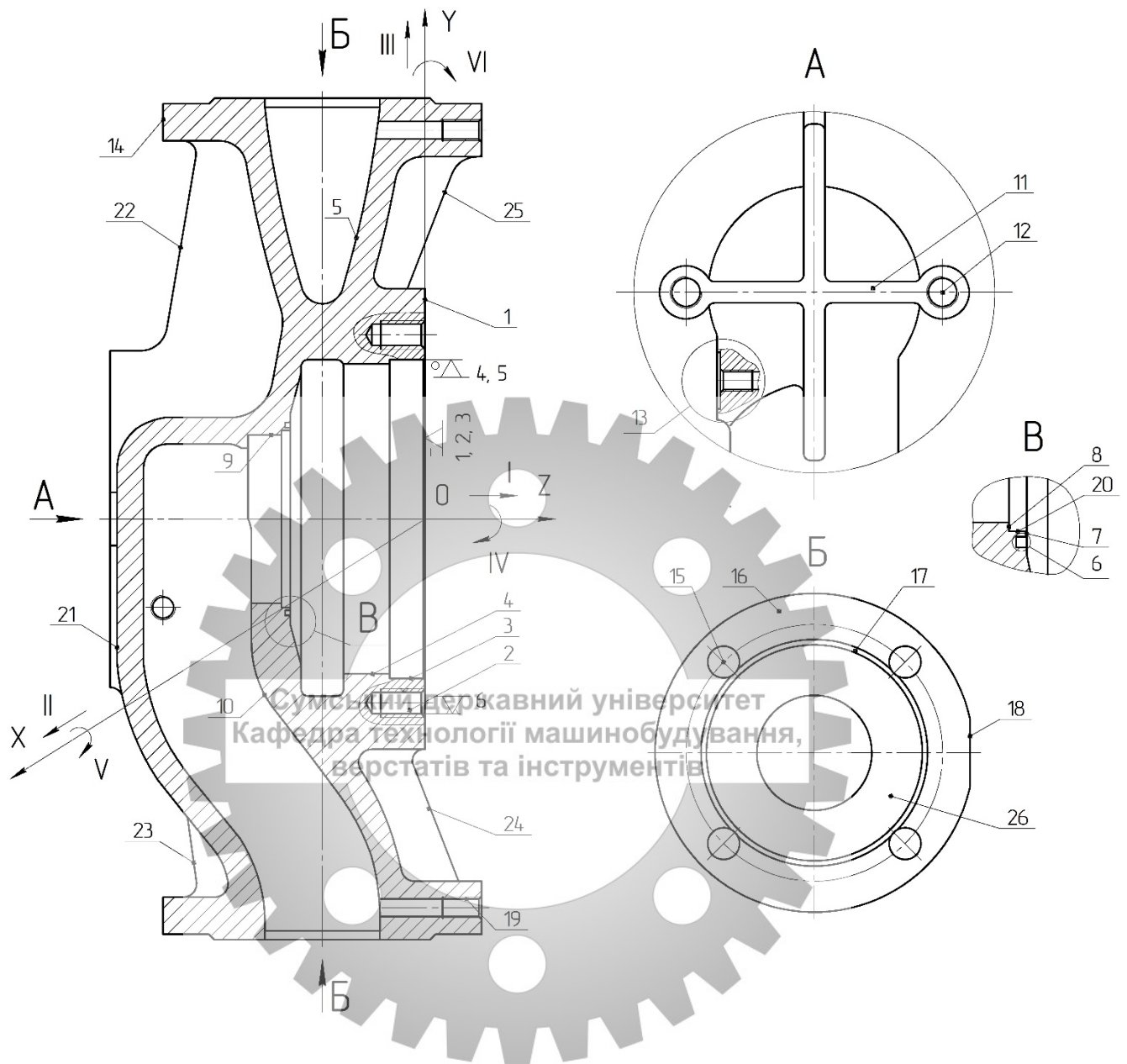


Рисунок 1.1 – Схема базування деталі в складальній одиниці

Поверхня 13 із різью передбачена для установлення в неї пробки, яка потрібна для зливання надлишків рідини. Поверхні 11, 12 потрібні для кріплення щитка керування електронасосом.

Поверхні 5, 9, 10 є виконавчими поверхнями (ВП), які передбачені для перетікання рідини із порожнин корпусу.

Поверхні 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ).

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

ТМЗ17320858 – 00 ПЗ

Поверхні 21, 22, 23, 24, 25, 26 є вільними поверхнями (ВЛП) і визначають габарити та конфігурацію корпусу.

Поверхні ОКБ можна класифікувати за призначенням, ступеню позбавлення вільності, характеру проявлення (явні або приховані) [2].

Схеми зв'язку поверхонь та відповідності позбавлення вільності деталі наведені в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступень вільності	Найменування бази та характер її проявлення
1, 2, 3	I, V, VI	УБ, явна
4, 5	II, III	ДОБ, 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	ДОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Разом	2	2	2	6 зв'язків

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



## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Аналізом креслення «Корпус Н06.178.00.01» 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 сталь 25Л ГОСТ 977–88 (див. табл. 2.1) [3].

Таблиця 2.1 – Хімічні властивості сталі 25Л ГОСТ 977-88, в процентах

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
					Не більше		
0,2–0,3	0,3–0,9	0,2–0,4	До 0,05	0,04–0,08	0,3	0,3	0,3

Основні механічні властивості сталі, рекомендовані режими термічної обробки виливки із сталі 25Л ГОСТ 977–88 наведені в таблицях 2.2 та 2.3 [3].

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 25Л ГОСТ 977-88

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	$\alpha_n$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$E \times 10^5$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Оброблення різанням
480–825	370	12–32	40	50	140–240	20–21	Задовільна

Таблиця 2.3 – Рекомендовані режими термічної обробки виливки із сталі 25Л

Режими термічної обробки	Характеристика механічних властивостей					
	$\sigma_B$ , кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma_T$ , кг/мм <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	$\alpha_n$ , кг·м/см <sup>2</sup>	НВ
Нормалізація 880–900 °С Відпалювання 610–630 °С	24	45	19	30	4,0	124–127
Гартування 870–890 °С Охолодження у воді, відпалювання 610–630 °С	30	50	22	33	3,5	131–207

Глибина без вуглецевого шару на не оброблених поверхнях виливки повинна бути не більше 0,3–0,5 мм. За всіма наведеними показниками, призначений матеріал деталі відповідає експлуатаційним показникам. У разі відсутності зазначеної сталі, можливе замінування її іншою маркою сталі, наприклад, сталь 30Л або 30ФЛ згідно ГОСТ 977–88. Підвищений процент фосфору впливає на якість виливки, але технічні вимоги креслення повністю визначають потрібні показники поверхонь виливаних заготовок.

Маса деталі становить 38 кг, найбільші її габаритні розміри – 475 x 208 x 260 мм.

Аналізом визначено основні поверхні деталі, які безпосередньо впливають на роботу виробу. Це отвори діаметрами 95H7(+0,035;0) мм і 180H7(+0,04;0) мм, торцева поверхня Р шорсткістю  $R_a = 1,6$  мкм, отвори кріплення М16–6Н шорсткістю  $R_a = 3,2$  мкм. Зазначені поверхні забезпечуються відомими методами оброблення (точінням, свердленням, нарізання різи мітчиками). Окрім цього, треба побудувати раціональний технологічний процес механічної обробки для забезпечення вимог креслення (биття торцевої поверхні Р відносно осей отворів діаметрами 95H7 та 180H7 в межах 0,03 мм).

В конструкції корпусу три отвори мають дюймову різь G 1/4–В, які не співпадають із метричною різзю інших отворів. Це конструктивне рішення передбачає приєднання до деталі пристроїв і контролюючих приладів, у яких виконана дюймова різь.

За технічними вимогами креслення треба забезпечити точність взаємного розташування поверхонь  $\varnothing 122/065$  мм та  $190 \times 175$  мм відносно поверхні Р в межах 0,1–0,3 мм, а для цього 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 основу приступити до розроблення маршрутного технологічного процесу та технологічної документації на задану деталь виробу.

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

ТМЗ17320858 – 00 ПЗ

### 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  $N = 1100$  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	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ср.}$	$O$
1	2	3	4	5	6	7
015	Токарно-карусельна	10,66	0,061	1	0,061	13,11
020	Вертикально-фрезерна	2,76	0,016	1	0,016	50
025	Токарна з ЧПК	11,87	0,068	1	0,068	11,77
030	Токарна з ЧПК	13,72	0,078	1	0,078	10,26
035	Свердлильна з ЧПК	10,71	0,061	1	0,061	13,11
040	Свердлильна з ЧПК	2,95	0,017	1	0,017	47,1
045	Свердлильна з ЧПК	2,7	0,016	1	0,016	50
	Разом	55,37	–	7	–	195,35

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  $N = 1100$  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

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{195,35}{7} = 27,9.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо  $20 < K_{з.о.} = 27,9 \leq 40$ , то це відповідає дрібносерійному виробництву [4].

#### *Визначення форми організації виробництва.*

Випуск  $N_d$  деталей за добу:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{1100}{254} \approx 5 \text{ шт.},$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

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

$$Q = \frac{F_{сут} \cdot 0,6}{T_{ср}} = \frac{952 \cdot 0,6}{7,91} = 72 \text{ шт.},$$

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;

$T_{ср} = \frac{\sum T_{ш-к}}{n_p} = \frac{55,37}{7} = 7,91$  хв – середня трудомісткість основних механічних операцій;

$n_p = 7$  – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо  $N_{сут} = 5 \text{ шт} < Q = 72 \text{ шт}$ , 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 можна визначити спрощеним способом:

$$N_{п} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{1100 \cdot 12}{254} \approx 52 \text{ шт.},$$

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

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

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

$$C = \frac{T_{cp} \cdot N_{п}}{F_{cm} \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{7,91 \cdot 52}{476 \cdot 0,9} = 0,96,$$

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

$v = 2$  – кількість змін;

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

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

$$N_{п} = \frac{F_{cm} \cdot C_{п} \cdot \eta_{з.н.}}{T_{cp}} = \frac{476 \cdot 1 \cdot 0,9}{7,91} = 54 \text{ шт.}$$

Основна характеристика дрібносерійного типу виробництва із групової форми 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.

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.

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ				

## 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

### 4.1 Оцінювання технологічності конструкції деталі за якісними показниками

Аналіз технологічності виконаний за кресленням «Корпус Н06.178.00.01». Заготовкою деталі є вилівка в кокіль. Вилівка має складний рельєф зовнішніх і внутрішніх контурів поверхонь, що потребує труднощів при її виготовленні литтям в кокіль. Для партії деталей 1100 штук знадобиться приблизно два кокілю і трудомісткість їх виготовлення 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 площини Р, поверхні 190 x 175 мм, двох «лисок» на діаметрах 180 мм, діаметрів 95Н7, 100Н11, 180Н7 можна застосувати високо продуктивні методи їх обробки (розточування, точіння, торцеве фрезерування). Складність виникає при виконанні технічних вимог взаємного розташування наведених поверхонь із одночасним виконанням розмірів  $237,5 \pm 0,5$  мм,  $58 \pm 0,5$  мм,  $178 \pm 1$  мм відносно головних осей деталі.

Не технологічним елементом деталі є стінка розміром 1,5 мм між отвором діаметром 100Н11 і канавкою 3 x 3 мм передбаченої під ущільнювання. Також не технологічним елементом конструкції є виступка діаметром 33 x 2 мм у восьми отворах діаметром 18 мм, яка розташована в нижній частині фланця. Для виконання такої вимоги треба застосувати різальний інструмент – зворотну зенківку та її установлення ручним способом при обробки кожного отвору зупиненого верстата.

Не технологічним елементом при виготовленні є конструкція «глухої» різі в десяти отворах М16–6Н, а також різання дюймової різі G 1/4–В у трьох отворах.

Виготовлення багатьох отворів обмежено допусками на їх взаємне розташування відносно базових отворів, наприклад, отвори М16–6Н відносно поверхні П, а вісім отворів діаметром 18 мм на двох фланцях відносно головної осі деталі. Останні треба витримати із кутовим розташуванням  $22^{\circ}30'$  відносно поверхонь розміром 30 x 36 мм на діаметрах 180 мм. Наведені вимоги збільшують трудомісткість їх виготовлення, що робить конструкцію деталі відносно не технологічною.

Аналізом встановлено, що чорновими базами при механічної обробки можуть бути два отвори діаметром 65 x 5 мм (поверхні М і К), дві торцеві поверхні  $\emptyset 122/\emptyset 65$ , поверхня розміром 190 x 175 мм.

										Арк.
										14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					

У разі застосування кондукторів на операціях свердлення отворів діаметрами М16–6Н, 18 мм, G 1/4–В базами будуть поверхні Р, П, дві площини розміром 30 x 36 мм, торцева поверхня Ø180/Ø122, отвори М і К.

Інші поверхні, які підлягають механічній обробки, за показниками точності їх розмірів і шорсткості поверхонь не викликають технологічних ускладнень. Ці поверхні можна обробляти відомими високо продуктивними методами і вважати їх конструкції технологічними.

#### 4.2 Оцінювання технологічності конструкції деталі за кількісними показниками

Оцінювання конструкції деталі розглядається за наступними показниками: маса деталі, коефіцієнт використання металу, коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів, коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості поверхонь, рівень технологічності конструкції за використанням металу та технологічній собівартості.

1 Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів  $K_{ye}$ . Деталь має 91 елемент: циліндричних поверхонь – 15 (зовнішніх – 7, внутрішніх – 8), площинних (торцевих) поверхонь – 9, отворів – 10, отворів із різью – 13, фасок – 16, канавкових поверхонь – 1, конічних поверхонь – 1, проточини – 9, ребро жорсткості – 6, бобишок – 8, «знаків» – 1, поверхонь складної форми – 2.

Із 91-го елементів – 86 уніфіковані, а 5 елементів – оригінальні. Коефіцієнт уніфікації становить:

$$K_{ye} = 86/91 = 0,95.$$

Показник коефіцієнта уніфікації елементів достатньо 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 $T_i$	6	7	8	11	14
Кількість квалітетів $n_i$	10	2	3	1	20
$T_i \cdot n_i$	60	14	24	11	280

$$\Sigma n_i = 389; \quad \Sigma(T_i \cdot n_i) = 360.$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma(T_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{360}{389} \cong 0,925.$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{0,925} \cong 0,075.$$

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ				

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

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

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

Шорсткість поверхонь $\Psi_i(R_a, \text{мкм})$	1,6	3,2	6,3	12,5	50
Кількість поверхонь $n_i$	4	13	12	36	12
$\Psi_i \cdot n_i$	6,4	41,6	75,6	450	600

$$\Sigma n_i = 77; \quad \Sigma(\Psi_i \cdot n_i) = 1173,6.$$

$$\Psi_{\text{ср}} = \frac{\Sigma(\Psi_i \cdot n_i)}{\Sigma n_i} = \frac{1173,6}{77} = 15,24.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{\Psi_{\text{ср}}} = \frac{1}{15,24} \cong 0,07.$$

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

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

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ317320858 – 00 ПЗ

Арк.

16



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

За вимогами креслення заготовка виготовляється литтям. 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 заготовок, які виготовляються наведеним способом із урахуванням транспортно-заготівельних витрат та відніманням відходів, 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.;

$m_3 = 47$  кг – вага заготовки;

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

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

$m_d = 38$  кг – вага деталі;

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

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.

$$C_{оз} = \frac{9500}{1000} \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left( 1 + \frac{8\%}{100\%} \right) = 8,32 \text{ грн.}$$

						ТМ317320858 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			17

Визначимо вартість однієї заготовки:

$$S_3 = 47 \cdot 8,32 \cdot \left(1 + \frac{7\%}{100\%}\right) - (47 - 38) \cdot 2,1 \cong 400 \text{ грн.}$$

Вартість річної партії заготовок визначиться за формулою:

$$S_3^0 = S_3 \cdot N = 400 \cdot 1100 = 440000 \text{ грн.}$$

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

1. Установлюємо спосіб одержання заготовки із сталі 25Л ГОСТ 977–88 – лиття в піщано-глинясті форми [5, табл. 9, с. 32].
2. Установлюємо бази для першої операції механічної обробки (дивись креслення «Корпус Н06.178.00.01. Виливка»).
3. Визначимо розташування виливки в формі за лінією площини рознімання (верх, низ, бік) (дивись креслення «Корпус Н06.178.00.01. Виливка»).
4. Установлюємо клас розмірної точності виливки 9т–13 [5, табл. 9, с.32]. Приймаємо 11.
5. Установлюємо ступень жолоблення виливки 7–10 [5, табл. 10, с.35]. Приймаємо 10.
6. Установлюємо ступень точності поверхонь 12–19 [5, табл. 11, с.36–38]. Приймаємо 15.
7. Визначаємо шорсткість поверхонь виливки за критерієм  $R_a$  або  $R_z$ , мкм [5, табл. 12, с.39]. Приймаємо  $R_a = 50$  мкм.
8. Установлюємо клас точності мас 7–15 залежно від способу одержання виливки [5, табл. 13, с.40–42]. Приймаємо 11.
9. Установлюємо допуск зміщення виливки за площиною рознімання виливки, яка виходить на лінію рознімання 2,8 мм [5, пункт 2.7, с.4].
10. Визначаємо ряд припусків 6–9 [5, табл. 14, с.43]. Приймаємо 8.
11. Позначимо оброблені поверхні виливки цифрами 1, ..., n (див. рис. 1.1). Точність виливки 11–10–15–11 Зм. 2,8 ГОСТ 26645–85.
12. Розраховані розміри заготовки (виливки) знесемо до таблиці 5.1 і розробимо креслення заготовки (дивись креслення «Корпус Н06.178.00.01. Виливок»).
13. Технічні вимоги для виготовлення заготовки наведені на кресленні.

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					

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

Номер поверхні	Номінальний розмір елемента деталі	Допуск розміру	Допуск форми і розташування елементів виливки	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	
26*	475±1**	7,0	4,0	8,0	Чорновий	4,0	8	3,4	482±3,5
1, 11	178±1	5,6	1,6	6,4	Тонкий Чорновий	3,2	8	4,8; 2,9	186±2,8
3	Ø180H7(+0,04;0)	5,6	1,6	6,4	Тонкий	3,2	8	4,8	Ø170±2,8
9	Ø95H7(+0,035;0)	4,4	1,0	5,0	Тонкий	2,5	8	4,4	Ø86±2,2
4	Ø175(+1;0)	5,6	1,6	6,4	Чорновий	3,2	8	2,9	Ø169±2,8
20	Ø100H11(+0,22;0)	4,4	1,0	5,0	Півчистовий	2,5	8	3,6	Ø92±2,2
14*	Ø180(0;-0,1)	5,6	1,6	6,4	Чорновий	3,2	8	2,9	Ø186±2,8

\* – Дві однакові за формою і розмірами поверхні (вид Б); \*\* – Відстань між двома однаковими паралельними поверхнями

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків на обробку і проміжні граничні розміри виконується для отвору діаметром 95H7(+0,035;0) мм і шорсткістю  $R_a = 1,6$  мкм. Вихідні дані: вилівка 11–10–15–11 Зм. 2.8 ГОСТ 26645–85 в піщано-глинясті форми, вага деталі 38 кг, вага заготовки 47 кг.

1 Беремо значення  $R_{zi-1}$  і  $H_{i-1}$  для заготовки [4, т. 4.3, с. 63]  $R_{zi-1} = 200$  мкм і  $H_{i-1} = 300$  мкм; для чорнового розточування [4, т. 4.6, с. 65]  $R_{z \text{ чорн}} = 50$  мкм і  $H_{i \text{ чорн}} = 50$  мкм; для півчистового і чистового розточування [4, т. 4.6, с. 65]  $R_{z \text{ півчист}} = 20$  мкм і  $H_{i \text{ півчист}} = 25$  мкм;  $R_{z \text{ чист}} = 5$  мкм і  $H_{i \text{ чист}} = 10$  мкм.

2 Значення просторового відхилення для заготовки визначається за формулою:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} = \sqrt{69^2 + 868^2} = 871 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 95)^2 + (0,7 \cdot 24)^2} = 69 \text{ мкм,}$$

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

$d = 95\text{H}7$  мм;  $l = 24$  мм – діаметр та довжина обробленого отвору.

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{(T_{237,5/2})^2 + (T_{\emptyset 260/2})^2} = \sqrt{(1150/2)^2 + (1300/2)^2} = 868 \text{ мкм,}$$

де  $T_{237,5} = 1150$  мкм;  $T_{\emptyset 260} = 1300$  мкм – допуски на розташування отвору відносно базових поверхонь.

Просторові відхилення для чорнового і півчистового переходів становлять:

$$\rho_{\text{чорн}} = 0,05 \cdot \rho_z = 0,05 \cdot 871 = 44 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{\text{півчист}} = 0,04 \cdot \rho_z = 0,04 \cdot 871 = 35 \text{ мкм.}$$

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

$$\varepsilon_{y \text{ чорн}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{640^2 + 0^2} = 640 \text{ мкм,}$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування відносно розміру  $237,5 \pm 0,5$  мм визначається різницею граничних відстаней від торця ( $\emptyset 122/\emptyset 65$ ) до осі  $\emptyset 95\text{H}7$ , що обумовлено «просадкою» центру на діаметрі 65 мм [2].

Похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_6 = \frac{T_{\emptyset 65}}{2 \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{0,74}{2 \cdot \tan\left(\frac{60^\circ}{2}\right)} = 0,64 \text{ мм} = 640 \text{ мкм,}$$

де  $T_{\emptyset 65} = 0,74$  мм – допуск на діаметр 65H14;

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ317320858 – 00 ПЗ

$\alpha = 60^{\circ}$  – кут конусу спичака центру.

Похибка закріплення  $\varepsilon_3 = 0$  (сили закріплення діють одночасно на заготовку і мають напрямок дії друг проти друга із двох сторін торців  $\varnothing 122/\varnothing 65$ ).

Похибка установлення заготовки при півчистовому розточування [4, с. 85] становить  $\varepsilon_{y \text{ півчист}} = 0,05 \cdot \varepsilon_{y \text{ чорн}} = 0,05 \cdot 640 = 32$  мкм.

Півчистове і чистове розточування на операції виконується із однієї установки і похибка чистового розточування  $\varepsilon_{y \text{ чист}} = 0$ .

За допомогою ЕОМ (див. додаток Б) розрахуємо припуски та граничні розміри на технологічні переходи операції і побудуємо схему розташування припусків і допусків для обробки отвору діаметром  $95H7(+0,035;0)$  мм (див. рис. 6.1).

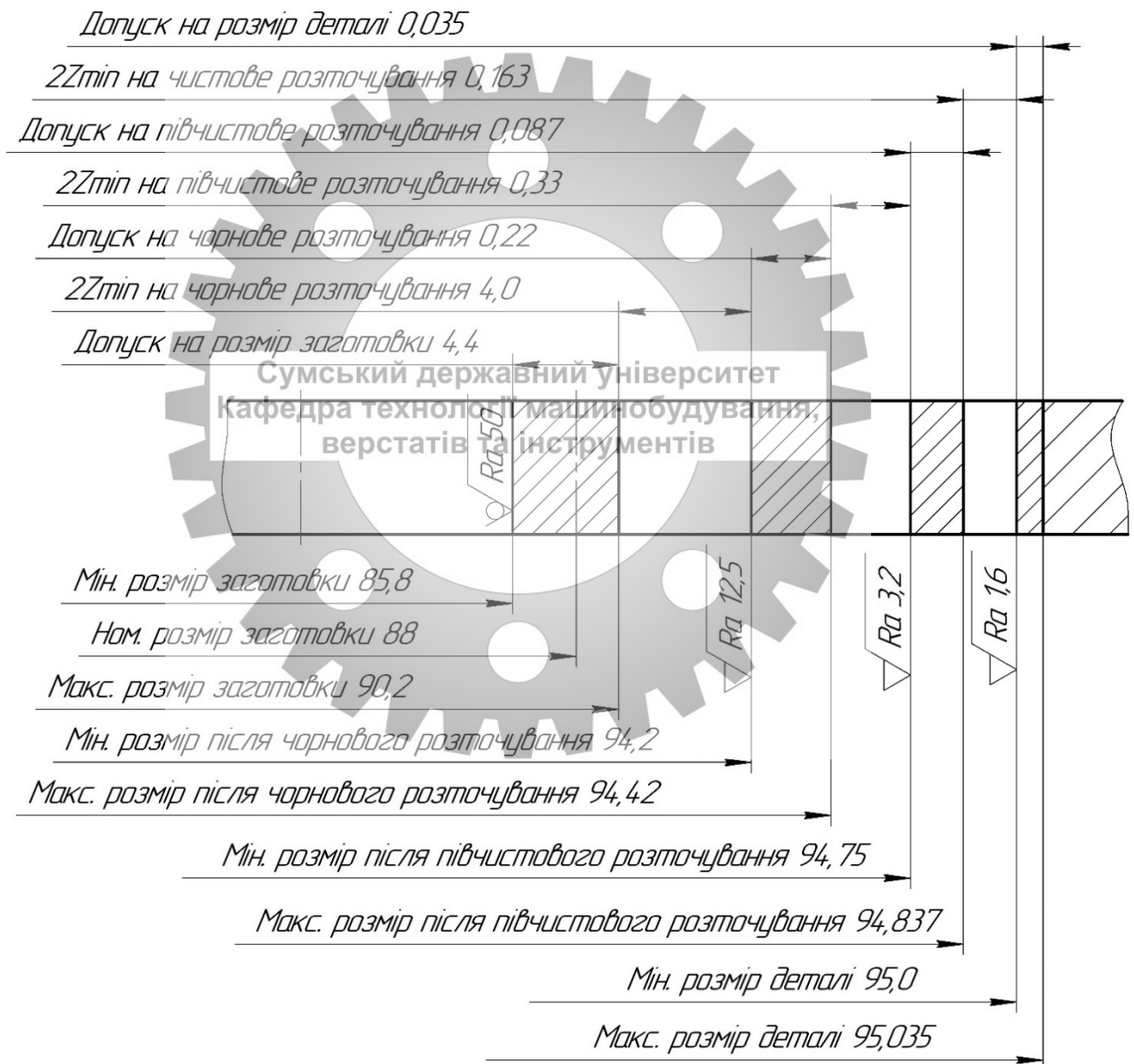


Рисунок 6.1 – Схема розташування припусків і допусків на обробку отвору діаметром  $95H7(+0,035;0)$  мм

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Операція 015 «Токарно-карусельна».

Операція виконується на токарно-карусельному верстаті моделі 1512. На рисунку 6.2 наведена схема установа заготовки за варіантом 1.

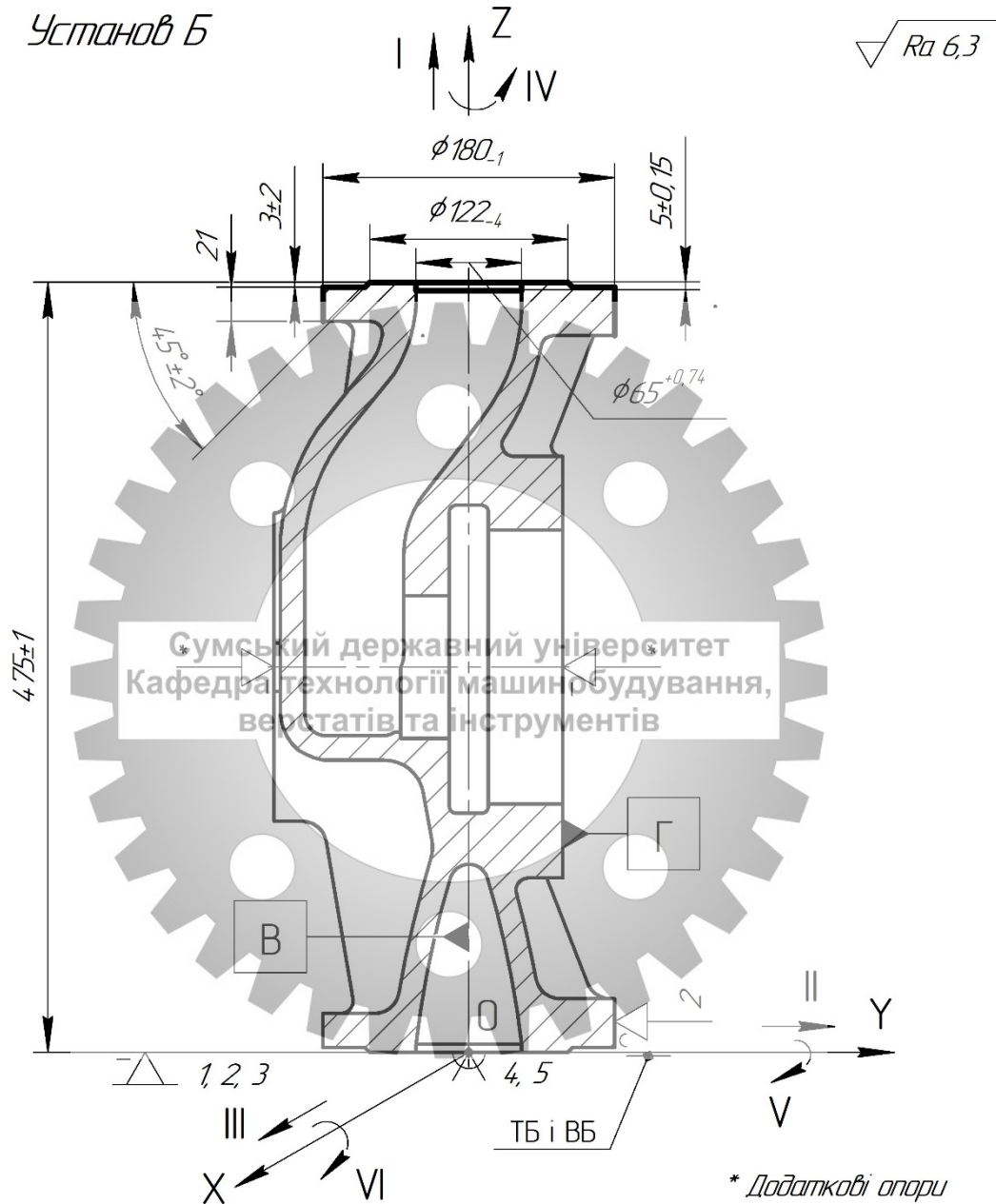


Рисунок 6.2 – Схема установа заготовки на операції 015. Варіант 1

Структура операції складається із двох установів А і Б та восьми технологічних переходів. На установі А точаться торці  $\phi 122/\phi 65$ ,  $\phi 180/\phi 122$ , діаметр 180 мм на довжину 21 мм і розточується отвір діаметром 65 мм на довжину 5 мм. На установі Б точаться аналогічні поверхні іншого фланця.

					ТМ317320858 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Базування на установі А виконується по необробленому торцю Ø186/Ø65 і необробленому отвору діаметром 65 мм. Крутний момент заготовка отримує від двох кулачкового не самоцентрувального патрону, кулаки якого контактують із діаметром 186 мм.

Базування на установі Б виконується по вже обробленому на установі А торцю Ø122/Ø65 і розточеному отвору діаметром 65 мм. Крутний момент заготовка отримує від двох кулачкового не самоцентрувального патрону, кулаки якого контактують із обробленим діаметром 180 мм.

За наведеним базуванням на установках А і Б застосовується принцип взаємозамінності баз. Це дозволяє сформувати двома розточеними отворами діаметром 65 мм приховану базу В (вісь), відносно якої на наступних операціях буде витриманий розмір  $58 \pm 0,5$  мм та розташування бази Г (дивись креслення «Корпус Н06.178.00.01»). Одночасно, завдяки суміщенню технологічної (ТБ) і вимірювальної (ВБ) баз на операції витримується розмір  $475 \pm 1$  мм. Похибка базування для цього розміру  $\epsilon_{6(475)} = 0$ . Точність двох діаметральних розмірів  $180(0; -1,0)$  мм та  $65(+0,74; 0)$  мм, фаски з кутом  $45^\circ \pm 2^\circ$  забезпечується кінематичною точністю верстата.

Базування заготовки на установках А і Б позбавляє її п'яти ступенів вільності: установлювальна база (УБ) – трьох, а подвійно-опорна база (ПОБ) – двох ступенів (див. рис. 6.2). Базування по варіанту 1 наведено 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	II, III	ПОБ
6	IV (вакансія)	–

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	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв'язків

Для підвищення жорсткості технологічної системи (ТС) до заготовки підведені дві додаткові опори, які фіксували досягнуте положення при базуванні (див. рис.6.2).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Базування заготовки за варіантом 2 на установках А і Б відбувалося по торцям: необробленому  $\varnothing 180/\varnothing 65$  і обробленому  $\varnothing 122(0;-4)/\varnothing 65$ , а також необробленому діаметру 186 мм, а потім обробленому діаметру 180 мм (див. рис. 6.3).

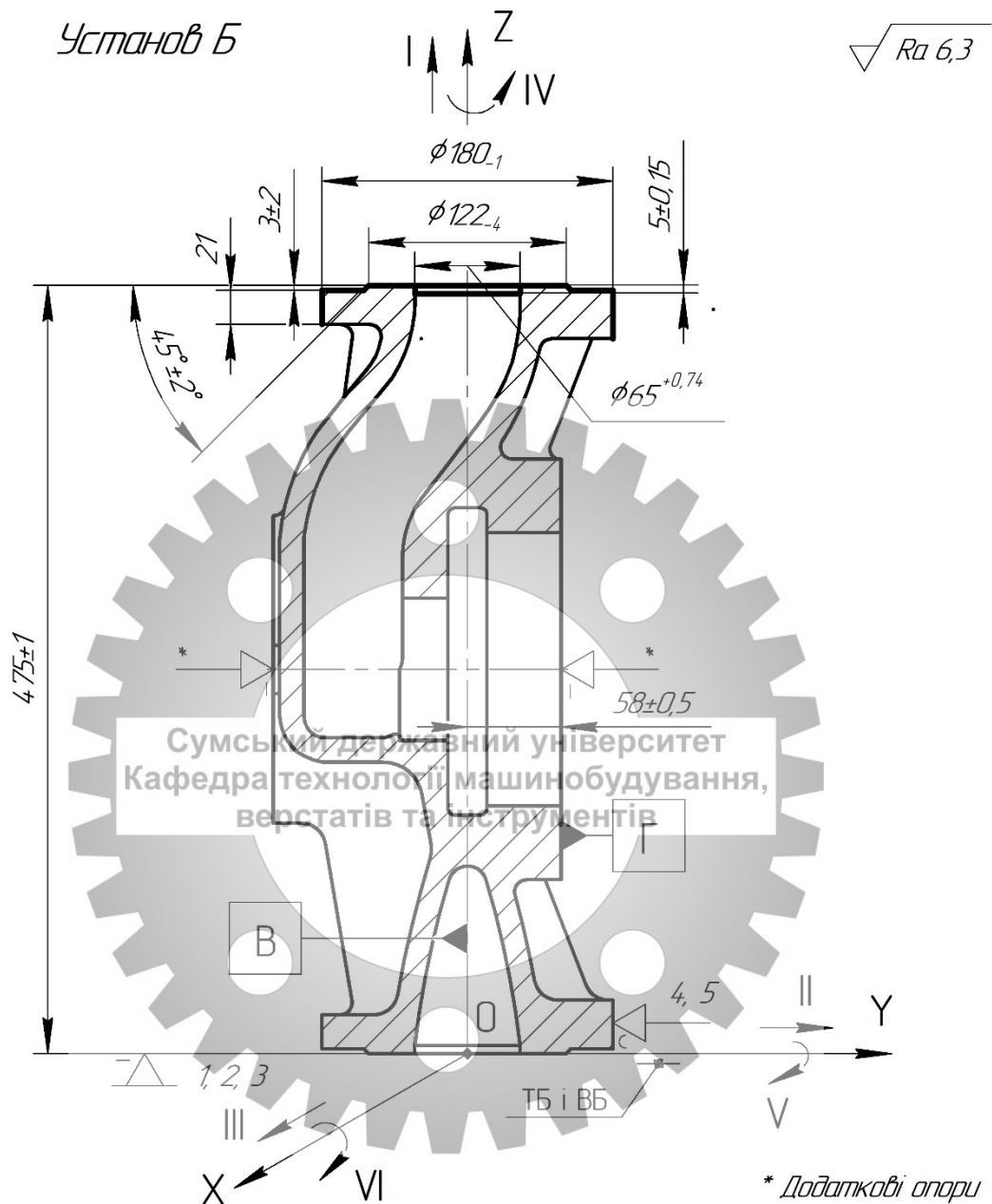


Рисунок 6.3 – Схема установлення заготовки на операції 015. Варіант 2

За цим варіантом розташування осі В відносно поверхні Г буде визначатися точністю взаємного розташування діаметрів 180 мм і 65 мм (радіальне биття). Якщо прийняти допуск на радіальне биття в межах 0,5 допуску на діаметр  $180(0;-1)$  мм, то похибка  $\varepsilon_{6(\uparrow)} = 0,5 \text{ мм} < T_{58} = 1 \text{ мм}$ . Таким чином, технічна вимога креслення буде витримана, але для цього треба збільшити величину припуску на торцеву поверхню Г.

						ТМ317320858 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			24



Для розміру  $475 \pm 1$  мм похибка базування  $\varepsilon_{6(475)} = 0$ , а точність двох діаметрів  $180(0;-1)$  мм і  $65(+0,74;0)$  мм, фаски з кутом  $45^\circ \pm 2^\circ$  будуть забезпечені кінематичною точністю верстата (див. рис. 6.3).

В схемі установлення заготовки за варіантом 2 замість «плаваючого» центру застосовується три кулачковий самоцентрувальний патрон, який одночасно базує, затискає і передає крутний момент на заготовку при його встановленні на діаметр 180 мм. Базування заготовки за варіантом 2 наведені 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 (вакансія)	–

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	–
$\alpha$	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ть зв'язків

Із двох наведених варіантів базування заготовки на операції 015 «Токарно-карусельна» беремо варіант 1, який реалізує технічні вимоги операційних розмірів з більшою точністю, ніж базування за варіантом 2.

#### Операція 020 «Вертикально-фрезерна».

Операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі UWF 10. На рисунках 6.4 і 6.5 наведена схема установлення заготовки за варіантом 1.

Структура операції складається із двох установів А і Б, чотирьох технологічних переходів. На установі А фрезерується поверхня розмірами 190 x 175 мм (див. рис. 6.4, вид В). Заготовка установлюється на необроблений торець  $\varnothing 260/\varnothing 169$ . Один із торців  $\varnothing 122/\varnothing 65$  мм сполучається з нерухомою губою пристрою, а діаметр 260 мм – з опорою, яка обмежує рух заготовки у перпендикулярному напрямку до її осі. Досягнуте базування заготовки фіксується силою Р, яка виникає під дією затискача, що затискає через другий торець  $\varnothing 122/\varnothing 65$  мм заготовку. Наведену схему базування і закріплення заготовки можна реалізувати у пристрої лещатного типу із доопрацюванням. За цією схемою базування витримується точність розміру  $181h12(0;-0,46)$  мм, а торець  $\varnothing 260/\varnothing 169$  виконує одночасно функцію технологічної

(ТБ)) і вимірjuвальної (ВБ) бази. Таким чином, похибка базування для розміру 181h12  $\varepsilon_{6(181h12)} = 0$ .

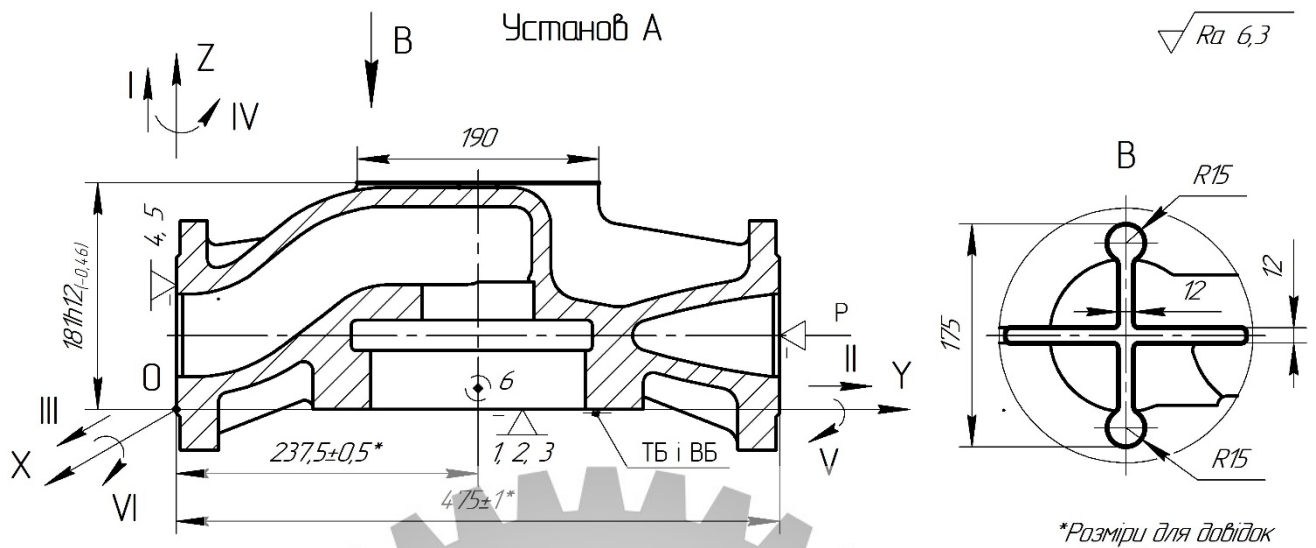


Рисунок 6.4 – Схема установки заготовки на операції 020. Варіант 1, установ А

На установі Б фрезеруються дві поверхні розмірами 30 x 36 мм, які розташовані на діаметрах 180 мм (див. рис. 6.5).



Рисунок 6.5 – Схема установки заготовки на операції 020. Варіант 1, установ Б

Заготовка базується по обробленій поверхні 190 x 175 мм (УБ), одному із торців  $\varnothing 122/\varnothing 65$  (НБ) і зовнішньому діаметру 260 мм (ОБ). Схема закріплення заготовки на установі Б аналогічна схемі закріплення на установі А. На установі Б остаточно витримується розмір 208 мм. Поверхня 190 x 175 мм є одночасно ТБ та ВБ і похибка

базування для розміру 208 мм  $\varepsilon_{6(208)} = 0$ . Розмір  $2(+0,5;0)$  мм та відхилення від площинності поверхні в межах 0,1 мм забезпечуються точністю методу обробки – фрезеруванням. Базування заготовки по варіанту 1 на установках А і Б наведені в таблицях 6.5 та 6.6.

Таблиця 6.5 – Ступені позбавлення вільності

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

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / I, 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-ть зв'язків

Розглянемо базування заготовки на операції 020 за варіантом 2, де на установі А оброблюється поверхня розміром 190 x 175 мм, а на установі Б – дві площини розмірами 30 x 36 мм (див. рис. 6.6 і 6.7).

Заготовка на установі А базується по двом обробленим зовнішнім циліндричним поверхням діаметром 180(0;-1) мм, одному із торців  $\varnothing 122/\varnothing 65$  мм і підведеною опорою до торця  $\varnothing 260/\varnothing 169$  мм. Остання є одночасно технологічною (ТБ) і вимірювальною (ВБ) базою, від якої витримується розмір  $181h12(0;-0,46)$  мм.

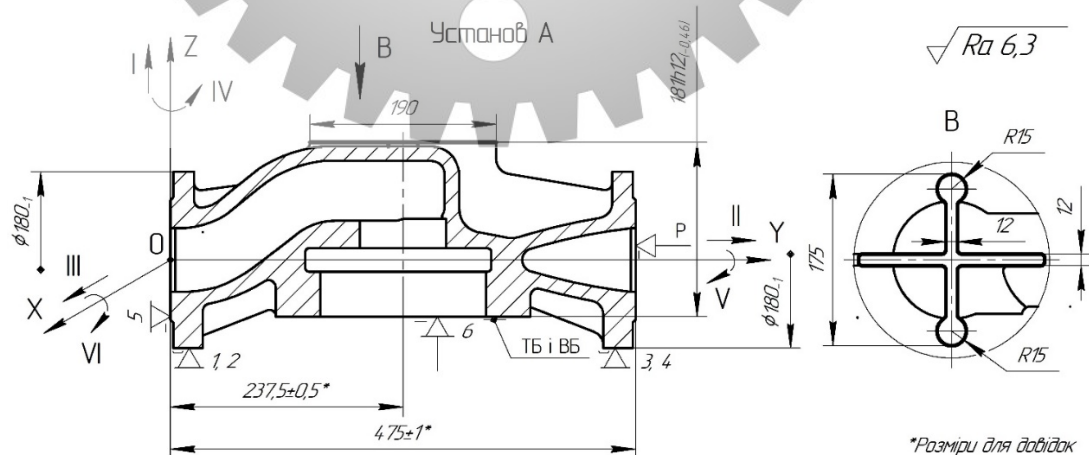


Рисунок 6.6 – Схема установки заготовки на операції 020. Варіант 2, установ А

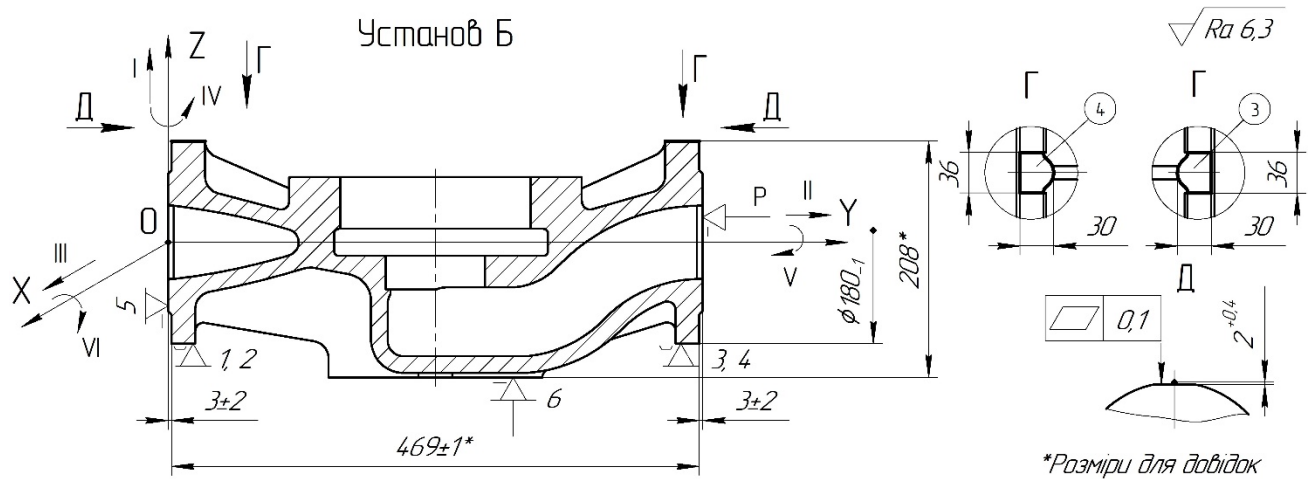


Рисунок 6.7 – Схема установки заготовки на операції 020, Варіант 2, установ Б

На установі Б заготовка установлена на дві поверхні діаметром 180(0;-1) мм, сполучається із губою верстата торцем  $\phi 122/\phi 65$  мм. До поверхні розміром 190 x 175 мм підведена рухома опора, яка є ТБ і ВБ і від якої витримуються розміром 208\* мм дві поверхні розмірами 30 x 36 мм.

Наведена схема базування на установках А і Б дозволяє витримати технічні вимоги креслення, тому що ТБ і ВБ суміщені і похибка базування у напрямку витриманих розмірів буде дорівнювати нулю. Базування заготовки по варіанту 2 на установках А і Б наведені в таблицях 6.7 та 6.8.

Таблиця 6.7 – Ступені позбавлення вільності

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

Таблиця 6.8 – Матриця зв'язків

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

На двох наведених варіантах базування заготовки надані технічні вимоги креслення будуть витримати. Нами запропонована схема базування заготовки на операції за варіантом 1. За цим варіантом конструкція пристрою є простішою і зменшується час на установлення заготовки.

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Операція 015 «Токарно-карусельна». Металорізальні верстати вибираються залежно від типу виробництва, габаритів заготовки, потужності двигунів, спроможністю багато інструментальної обробки поверхонь. Згідно вибраних методів обробки поверхонь пропонується модель верстата [4] та його технічна характеристика (див. табл. 6.9).

Таблиця 6.9 – Технічна характеристика верстата моделі 1512

Найменування параметра	Чисельний показник
Найбільші параметри оброблювальної заготовки:	
- діаметр, мм	1450
- висота, мм	1000
- маса, кг	6300
Найбільше переміщення вертикального супорта:	
- горизонтальне, мм	1315
- вертикальне, мм	800
Діаметр планшайби, мм	1120
Частота обертання планшайби, об/хв	1,0-335
Подача супорта вертикальна і горизонтальна, (безступенева), мм/хв	0,1–1000
Потужність електродвигуна головного привода, кВт	55
Габаритні розміри, мм	
- довжина, мм	5050
- ширина, мм	3950
- висота, мм	4790
Маса, кг	26000

Операція 020 «Вертикально-фрезерна». Для умов дрібносерійного виробництва можна рекомендувати вертикально-фрезерний верстат моделі UWF 10. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Технічна характеристика верстат моделі UWF 10

Найменування параметра	Чисельний показник
1	2
Модель верстата	UWF 10
Поверхня затиснення (Д х Ш), мм	1235 x 460
Кількість Т-шлиців	5
Ширина Т-шлиця, мм	18
Відстані між Т-шлицями, мм	80
Переміщення стола уздовж осі X, мм	900

Продовження таблиці 6.10

1	2
Поперечне переміщення уздовж осі Y, мм	650
Переміщення стола по висоті Z, мм	450
Кут обертання головки, град	360
Кількість обертів шпинделю	27
Діапазон обертів шпинделю, хв <sup>-1</sup>	30–2050
Подача повздовжня (безступенева), мм/хв	10–1000
Подача поперечна (безступенева), мм/хв	10–1000
Подача вертикальна (безступенева), мм/хв	6–640
Швидкий хід повздовжній, мм/хв	2540
Швидкий хід поперечний, мм/хв	2540
Швидкий хід вертикальний, мм/хв	1700
Відстань між кінцем шпинделю і столом, мм	50–500
Потужність головного шпинделя привода, кВт	5,5
Габарити (Д x Ш x В), мм	1940 x 2220 x 2115
Маса, кг	3000

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 015 «Токарно-карусельна». На цій операції застосовується спеціалізований пристрій в склад якого входить спеціальний центр з кутом  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}$  із пружиною і двох кулачковий спірально-рейковий патрон діаметром бази 200 мм. Умовне позначення патрона: патрон 7103–0017 ГОСТ 14903–69. Для підвищення жорсткості технологічної системи (ТС) при обробці заготовки застосовуються два спеціальних регулюючих упори.

Різальний інструмент. Для обробки зовнішніх поверхонь застосовуються три токарних прохідних різця з пластиною із твердого сплаву, з кутом в плані  $\varphi = 45^{\circ}$  згідно ГОСТ 18877–73,  $b \times h = 25 \times 16$  мм,  $L = 140$  мм, матеріал пластини Т5К10 [6, т. 23, с. 128-129]. Умовне позначення: різець 2105–0005 Т5К10 ГОСТ 18877–73. Для обробки внутрішньої поверхні застосовується один розточувальний різець з пластиною із твердого сплаву по ГОСТ 9795–84,  $D_{\min} = 26$  мм,  $L = 63$  мм,  $\varphi = 45^{\circ}$ , матеріал пластини Т5К10,  $b \times h = 16 \times 16$  мм. Умовне позначення різця: різець 2142–0146 Т5К10 ГОСТ 9795–84.

Вимірювальний інструмент. На операції застосовуються штангенциркуль ШЦ-II-320-0,1 ГОСТ 166–89, шаблон М5–205А для вимірювання фаски з кутом  $45^{\circ} \pm 2^{\circ}$ , зразки шорсткості ГОСТ 9378–75.



Операція 020 «Вертикально-фрезерна». На операції застосовується спеціально спроектований пристрій ТМ317320858–07-01.00.00 СК (дивись розділ 7 пояснювальної записки).

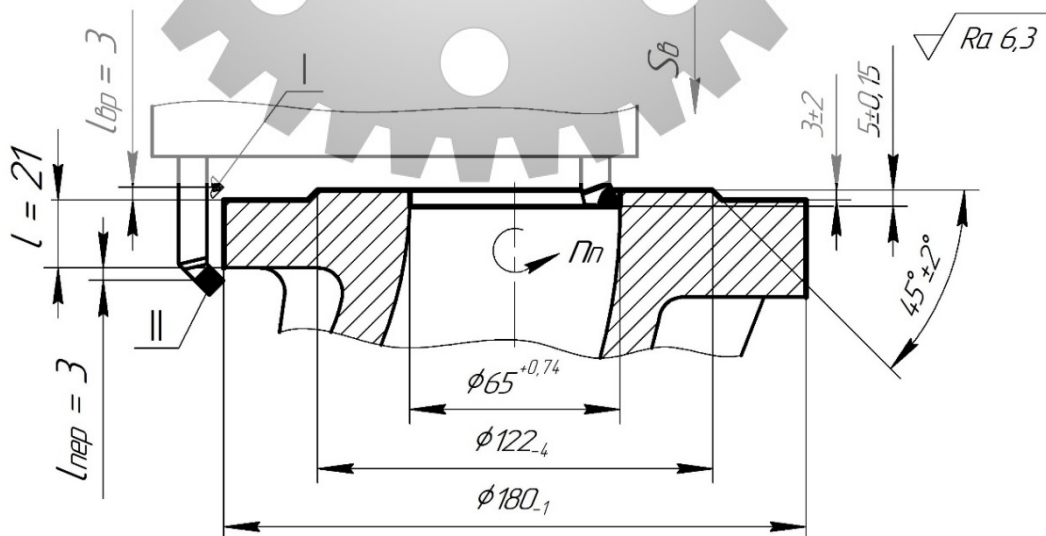
Різальний інструмент. На операції застосовується торцева насадна фреза із швидкорізальної сталі Р6М5,  $D = 50$  мм,  $L = 36$  мм,  $d = 22H7$ ,  $Z = 12$  [6, т. 92, с. 187] згідно ГОСТ 9304–69. Умовне позначення: фреза 2210–0063 Р6М5 ГОСТ 9304–69. Для встановлення фрези у шпиндель верстата застосовується оправка 6222–0032 ГОСТ 13785–68.

Вимірювальний інструмент. Для вимірювання розмірів поверхонь застосовуються штангенциркуль ШЦ-II-320-0,1 ГОСТ 166–89, лінійка ШП–1–500 ГОСТ 8026–75. Для вимірювання шорсткості поверхонь застосовуються зразки шорсткості ГОСТ 9378–75.

### 6.5 Розрахунок режимів різання

Операція 015 «Токарно-карусельна». Обробка поверхонь заготовки виконується на двох установках А і Б. Установ А складається із двох технологічних переходів. На першому переході із горизонтального супорта двома різцями підрізаються два торця ( $\varnothing 186/\varnothing 122$ ,  $\varnothing 186/\varnothing 64$ ) і одночасно витримується кут  $45^\circ \pm 2^\circ$ . На другому переході із вертикального супорта двома різцями одночасно точиться зовнішній діаметр  $180(0; -1)$  мм і розточується внутрішній діаметр 65 мм.

Для розрахунку вибраний другий перехід, де з діаметра 186 мм точиться діаметр 180 мм на довжину 21 мм (на прохід) і одночасно з діаметра 64 мм розточується діаметр 65 мм на довжину 5 мм (див. рис. 6.8).



I – вихідне розташування інструмента; II – кінцеве розташування інструмента

Рисунок 6.8 – Схема обробки двох діаметрів 180 мм і 65 мм

						ТМ317320858 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			31

1 Глибина різання  $t_1 = (186 - 180)/2 = 3$  мм;  $t_2 = (65 - 64)/2 = 0,5$  мм.

2 Подача  $S_t = 0,8 - 1,3$  мм/об [6, т. 11, с. 266]. Подача при розточуванні на токарно-карусельних верстатах з глибиною  $t < 2$  мм не наводиться. Приймаємо подачу для вертикального супорта  $S = 0,8$  мм/об.

3 Швидкість різання  $V$ , м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{340 \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} = 141 \text{ м/хв,}$$

де  $C_v = 340$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $m = 0,2$  [6, т. 17, с. 269];

$T = 60$  хв [6, с. 268];

$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv} \cdot K_{Tn} \cdot K_{Tc} \cdot K_{\varphi} \cdot K_r = 1,39 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,03 = 1.$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{540}\right)^1 = 1,39,$$

де  $K_r = 1,0$ ;  $\sigma_B = 540$  МПа;  $n_v = 1,0$  [6, т.2, с. 262];

$K_{pv} = 0,8$  [6, т. 5, с. 263];  $K_{nv} = 0,65$  [6, т. 6, с. 263];

$K_{Tn} = 1,35$  [6, т. 7, с. 264];  $K_{Tc} = 1,0$  [6, т. 8, с. 264];

$K_{\varphi} = 1,0$  [6, т. 18, с. 271];  $K_r = 1,03$  [6, т. 18, с. 271].

4 Визначаємо кількість обертів заготовки  $n$ , об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 141}{3,14 \cdot 186} = 241,4 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по паспорту верстата  $n_{\pi} = 250$  об/хв, тоді

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 186 \cdot 250}{1000} = 146 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо фактичну подачу  $S_B = S \cdot n_{\pi} = 0,8 \cdot 250 = 200$  мм/хв.

5 Визначаємо силу різання  $P_z$ , н:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 146^{-0,15} \cdot 0,86 = 3115,1 \text{ н,}$$

де  $C_p = 300$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$  [6, т. 22, с. 273];

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,78 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,86,$$

$$K_{mp} = K_r \cdot \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = 1 \cdot \left(\frac{540}{750}\right)^{0,75} = 0,78,$$

де  $n = 0,75$  [6, т. 9, с.264];

$K_{\varphi p} = 1,0$  [6, т. 23, с. 275];  $K_{\gamma p} = 1,1$  [6, т. 23, с. 275];

$K_{\lambda p} = 1$  [6, т. 23, с. 275];  $K_{rp}$  – немає [6, т. 23, с. 275].

6 Визначаємо потужність різання  $N$ , кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} = \frac{3115,1 \cdot 146}{1020 \cdot 60} = 7,43 \text{ кВт.}$$

Визначаємо фактичну швидкість різання при обробки діаметра 65 мм:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D_1 n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 250}{1000} = 51,1 \text{ об/хв.}$$

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					



Визначаємо силу різання  $P_z^1$ , н:

$$P_z^1 = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 51,1^{-0,15} \cdot 0,86 = 605,8 \text{ н.}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N^1 = \frac{P_z^1 \cdot V_\phi^1}{1020 \cdot 60} = \frac{605,8 \cdot 51,1}{1020 \cdot 60} = 0,51 \text{ кВт.}$$

Визначаємо сумарну потужність різання на операції:

$$N_\Sigma = N + N^1 = 7,43 + 0,51 = 7,94 \text{ кВт.}$$

Якщо  $N_0 = N \cdot \eta = 30 \cdot 0,75 = 22,5 \text{ кВт} > N_\Sigma = 7,94 \text{ кВт}$ , то обробка можлива.

7 Визначимо основний (машинний) час роботи вертикально супорта  $T_{01}$ , хв:

$$T_{01} = \frac{L_{p(max)1} \cdot i_1 \cdot m_1}{S_{в1}} = \frac{27 \cdot 1 \cdot 2}{200} = 0,27 \text{ хв,}$$

де  $L_{p(max)1} = l + l_{вр} + l_{пер} = 21 + 3 + 3 = 27 \text{ мм}$ ;

$i_1 = 1$  – кількість рухів інструменту;

$S_{в1} = 200 \text{ мм/хв}$ ;

$m_1 = 2$  – кількість оброблених поверхонь.

8 Визначимо за таблицями [6] режим різання на обробку торців  $\emptyset 180/\emptyset 122$  та  $\emptyset 180/\emptyset 65$  при їх одночасному точінні двома різцями встановленими на горизонтальному супорті:  $t_2 = 3,5 \text{ мм}$ ;  $t_3 = 3 \text{ мм}$ ;  $n = 250 \text{ об/хв}$ ;  $S_{п} = 200 \text{ мм/хв}$ ; початкова швидкість  $V_{\emptyset 180} = 146 \text{ м/хв}$ ; кінцева швидкість  $V_{\emptyset 65} = 51,1 \text{ м/хв}$ ; швидкість на діаметрі 122 мм  $V_{\emptyset 122} = 95,8 \text{ м/хв}$ ;  $i_2 = 1$  – кількість ходів інструменту.

9 Визначимо основний (машинний) час роботи горизонтального супорта  $T_{02}$ , хв:

$$T_{02} = \frac{L_{p(max)2} \cdot i_2 \cdot m_2}{S_{п2}} = \frac{63 \cdot 1 \cdot 2}{200} = 0,63 \text{ хв,}$$

де  $L_{p(max)2} = l_{max} + l_{вр} + l_{пер} = (\emptyset 180 - \emptyset 65)/2 + 2,5 + 3 = 63 \text{ мм}$ ;

$i_2 = 1$  – кількість рухів інструменту;

$S_{п1} = 200 \text{ мм/хв}$ ;

$m_2 = 2$  – кількість оброблених поверхонь.

10 Визначимо основний (машинний) час обробки заготовки на операції:

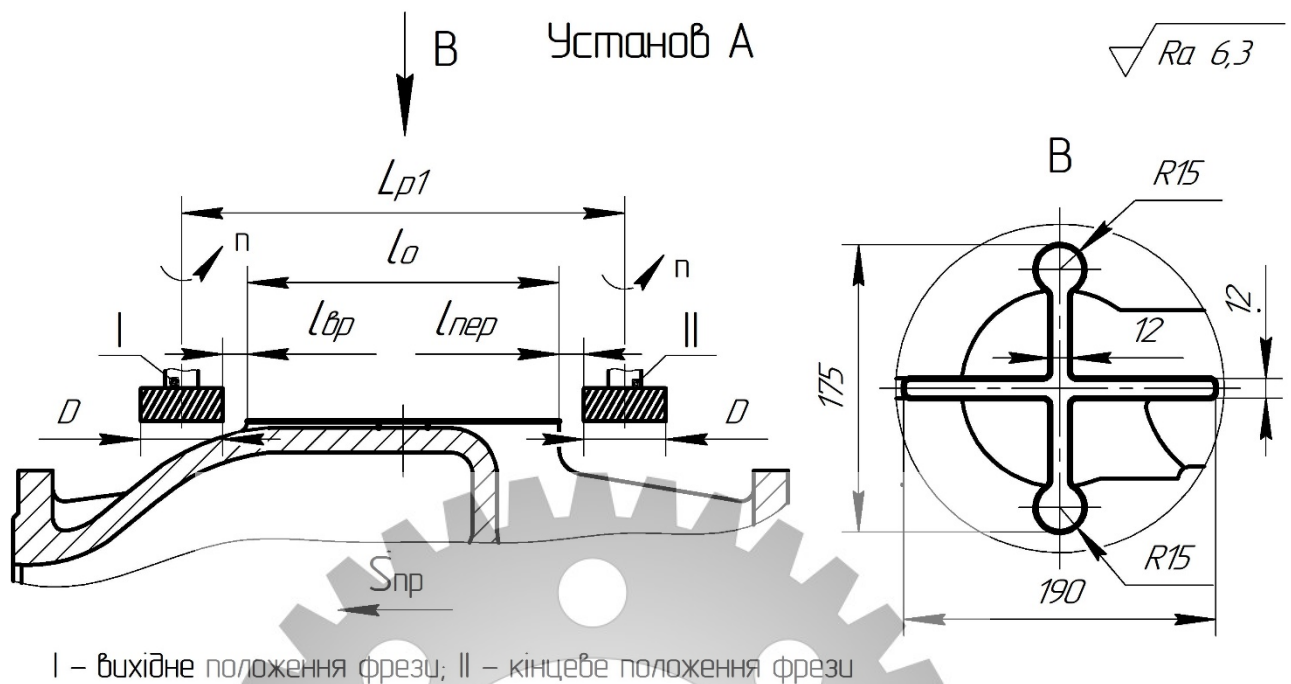
$$T_0 = T_{01} + T_{02} = 0,27 + 0,63 = 0,9 \text{ хв.}$$

*Операція 020 «Вертикально-фрезерна».* Обробка виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі UWF 10. Обробка заготовки виконується на двох установках А і Б. На установі А фрезерується поверхня  $190 \times 175 \text{ мм}$  і витримується шорсткість  $R_a = 6,3 \text{ мкм}$  (чорновий режим). Різальний інструмент – фреза торцева 2210-0063 Р6М5 ГОСТ 9304–69. Схема обробки поверхні наведена на рисунку 6.9.

На першому переході фрезерується поверхня розміром  $190 \times 12 \text{ мм}$ . Ширина фрезерування  $B_1 = 12 \text{ мм}$ .

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					

На другому переході фрезерується поверхня розміром 175 x 30 мм. Ширина фрезерування  $B_2 = 30$  мм.



I – вихідне положення фрези; II – кінцеве положення фрези

Рисунок 6.9 – Схема обробки поверхні 190 x 175 мм на установі А

Сумський державний університет  
 Факультет механіки та машинобудування,  
 Інститут інженерної механіки

1 Глибина фрезерування  $t = 3,0$  мм

2 Подача на зуб фрези  $S_z = 0,08 - 0,15$  мм/зуб [6, т. 34, с. 283]. Приймаємо  $S_z = 0,1$  мм/зуб.

3 Швидкість різання  $V$ , м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{64,7 \cdot 50^{0,25} \cdot 0,632}{180^{0,2} \cdot 30^{1,0} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 30^{0,15} \cdot 12^0} = 32,8 \text{ м/хв,}$$

де  $C_v = 64,7$ ;  $g = 0,25$ ;  $x = 0,1$ ;  $y = 0,2$ ;  $u = 0,15$ ;  $p = 0$ ;  $m = 0,2$   
 [6, т. 39, с. 286-290];

$T = 180$  хв [6, т. 40, с. 290];

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv} = 0,744 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,632.$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{540}\right)^{-0,9} = 0,744,$$

де  $K_r = 1,0$ ;  $\sigma_b = 540$  МПа;  $n_v = -0,9$  [6, т.2, с. 262];

$K_{pv} = 0,85$  [6, т. 5, с. 263];  $K_{nv} = 1,0$  [6, т. 6, с. 263].

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

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 32}{3,14 \cdot 50} = 208,9 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по паспорту верстата  $n_{\pi} = 200$  об/хв, тоді

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 200}{1000} = 31,4 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо хвилинну подачу  $S_{\text{пр}} = S_z \cdot z \cdot n_{\pi} = 0,1 \cdot 12 \cdot 200 = 240 \text{ мм/хв.}$

За паспортними даними верстата  $S_{\text{пр}} = 250 \text{ мм/хв,}$  тоді

$$S_z = \frac{S_{\text{пр}}}{z \cdot n_{\pi}} = \frac{250}{12 \cdot 200} = 0,104 \text{ мм/зуб}$$

5 Визначаємо силу різання  $P_z, \text{ Н:}$

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B \cdot Z \cdot K_{\text{мп}}}{D^g \cdot n_{\pi}^w} = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 3^{0,25} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 30 \cdot 12 \cdot 0,91}{50^{1,1} \cdot 200^0} = 2392 \text{ Н,}$$

де  $C_p = 82,5; x = 0,95; y = 0,8; u = 1,1; q = 1,1; w = 0$  [6, т. 41, с. 291];

$$K_{\text{мп}} = K_r \cdot \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 1 \cdot \left( \frac{540}{750} \right)^{0,3} = 0,91,$$

де  $n = 0,3$  [6, т. 9, с.264].

$$P_h = P_z(0,3 - 0,4) = 2392 \cdot 0,4 = 957 \text{ Н;}$$

$$P_v = P_z(0,6 - 0,95) = 2392 \cdot 0,95 = 2273 \text{ Н;}$$

$$P_y = P_z(0,3 - 0,4) = 2392 \cdot 0,4 = 957 \text{ Н;}$$

$$P_x = P_z(0,5 - 0,55) = 2392 \cdot 0,55 = 1316 \text{ Н.}$$

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

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} = \sqrt{957^2 + 2392^2} = 2577 \text{ Н.}$$

6 Крутний момент  $M_{\text{кр}}$  (Н·м) на шпинделю інструменту:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 160} = \frac{2392 \cdot 50}{2 \cdot 160} = 598 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

7 Потужність різання (ефективна),  $N_e, \text{ кВт:}$

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} = \frac{2392 \cdot 31,4}{1020 \cdot 60} = 1,23 \text{ кВт.}$$

Якщо  $N_0 = N \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,75 = 5,625 \text{ кВт} > N_e = 1,23 \text{ кВт,}$  то обробка можлива.

8 Визначимо основний (машинний) час фрезерування на установі А  $T_{01}, \text{ хв:}$

$$T_{01} = \frac{(L_{p1} + L_{p2}) \cdot i}{S_{\text{пр}}} = \frac{(246 + 231) \cdot 1}{250} = 1,91 \text{ хв,}$$

де  $L_{p1} = l_{01} + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + D = 190 + 3 + 3 + 50 = 246 \text{ мм;}$

$l_{01} = 190 \text{ мм}$  – довжина обробленої поверхні;

$l_{\text{вр}} = l_{\text{пер}} = 3 \text{ мм}$  – врізання та перебіг інструмента;

$L_{p2} = l_{02} + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + D = 175 + 3 + 3 + 50 = 231 \text{ мм;}$

$l_{02} = 175 \text{ мм}$  – довжина обробленої поверхні;

$i = 1$  – кількість рухів інструменту;

$S_{\text{пр}} = 250 \text{ мм/хв}$  – хвилинна подача інструмента.

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					

9 Визначаємо за таблицями режим різання на установі Б, де оброблюються послідовно дві поверхні розміром 30 x 36 мм [7]:  $B = 36$  мм;  $t_2 = 2$  мм;  $S_{пр2} = 250$  мм/хв;  $S_z = 0,104$  мм/зуб;  $n_{п2} = 200$  об/хв;  $V_{ф2} = 31,4$  м/хв;  $i_2 = 1$ .

10 Визначаємо основний (машинний) час фрезерування на установі Б  $T_{02}$ , хв:

$$T_{02} = \frac{L_p \cdot i \cdot m}{S_{пр2}} = \frac{(21 + 50 + 3 + 3) \cdot 1 \cdot 2}{250} = 0,616 \text{ хв,}$$

де  $L_p = l_0 + l_{вр} + l_{пер} + D = 21 + 3 + 3 + 50 = 77$  мм;

$l_0 = 21$  мм – довжина обробленої поверхні;

$l_{вр} = l_{пер} = 3$  мм – врізання та перебіг інструмента;

$i = 1$  – кількість рухів інструмента;

$m = 2$  – кількість оброблених поверхонь;

$S_{пр2} = 250$  мм/хв – хвилинна подача інструмента.

11 Визначимо основний (машинний) час обробки заготовки на операції:

$$T_0 = T_{01} + T_{02} = 1,91 + 0,616 = 2,526 \approx 2,6 \text{ хв.}$$

## 6.6 Технічне нормування операцій

Штучно-калькуляційний час  $T_{ш-к}$  на операції 015 «Токарно-карусельна» і 020 «Вертикально-фрезерна» за умовою дрібносерійного типу виробництва визначається за формулою:

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

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

$N_{п} = 54$  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 015 «Токарно-карусельна».* Підготовчо-завершальний час складається із установлення пристрою на столі верстата вручну 16 хв; установлення чотирьох різців на горизонтальний і вертикальний супорти  $3,8 \cdot 4 = 15,2$  хв; отримання пристрою, інструменту до початку роботи та їх повернення після закінчення обробки всіх заготовок 10 хв [4, т. 6.5, с. 215-216]. Таким чином,  $T_{п-з} = 16 + 15,2 + 10 = 41,2$  хв.

Основний (машинний) час операції  $T_0 = 0,9$  хв.

Допоміжний час визначається за формулою:

										Лист
										36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					

$$T_d = 1,85 \cdot (T_{yc} + T_{zo} + T_{кер} + T_{вим}) \cdot 2 =$$

$$= 1,85 \cdot (0,254 + 0,55 + 0,17 + 0,25) \cdot 2 = 4,53 \text{ хв},$$

де  $T_{yc} = 0,254$  хв – час на установлення та знімання заготовки у пристрої [4, т. 5.6, с. 199-201];

$T_{zo} = 0,55$  хв – час на закріплення та відкріплення заготовки в пристрою [4, с. 5.7, с. 201-202];

$T_{кер} = 0,01 + 0,02 + 0,14 = 0,17$  хв – час керування верстатом [4, т. 5.8, 5.9, с. 203-206];

$T_{вим} = 0,25$  хв – час на вимірювання універсальним інструментом [4, т. 5.16, с. 209];

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

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

Оперативний час  $T_{оп} = T_o + T_d = 0,9 + 4,53 = 5,43$  хв.

Час обслуговування робочого місця та перерви:

$$T_o + T_d = ПT_{оп} = 0,07 \cdot 5,43 = 0,38 \text{ хв},$$

де  $П = 7\%$  – процент на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [4, т. 6.1, с. 214-215].

$$T_{ш-к} = \frac{41,2}{54} \cdot (0,9 + 4,53 + 0,38) = 6,573 \approx 6,6 \text{ хв}.$$

Операція 020 «Вертикально-фрезерна». Підготовчо-завершальний час складається із установлення пристрою на столі верстата вручну 16 хв; установлення фрези = 2 хв; отримання пристрою, інструменту до початку роботи та їх повернення після закінчення обробки всіх заготовок 7 хв [4, т. 6.5, с. 217-218]. Таким чином,  $T_{п-з} = 16 + 2 + 7 = 25$  хв.

Основний (машинний) час операції  $T_o = 2,6$  хв.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_d = 1,85 \cdot (T_{yc} + T_{zo} + T_{кер} + T_{вим}) \cdot 2 =$$

$$= 1,85 \cdot (0,37 + 0,137 + 0,24 + 0,23) \cdot 2 = 3,615 \text{ хв},$$

де  $T_{yc} = 0,37$  хв – час на установлення та знімання заготовки в спеціалізованому пристрою [4, т. 5.5, с. 199];

$T_{zo} = 0,137$  хв – час на закріплення та відкріплення заготовки в пристрою із пневматичним приводом [4, с. 5.7, с. 201];

$T_{кер} = 0,01 + 0,04 + 0,19 = 0,24$  хв – час керування верстатом (вмикання, підведення фрези до заготовки, переміщення робочих вузів верстата) [4, т. 5.8, с. 202-203];

$T_{вим} = 0,23$  хв – час на вимірювання заготовок універсальним інструментом (штангенциркулем) [4, т. 5.16, с. 209];

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					

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

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

Оперативний час  $T_{оп} = T_о + T_д = 2,6 + 3,615 = 6,215$  хв.

Час обслуговування робочого місця та перерви:

$$T_о + T_д = \Pi T_{оп} = 0,08 \cdot 6,215 = 0,5 \text{ хв,}$$

де  $\Pi = (7 - 9) \%$  – процент на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [4, т. 6.1, с. 214-215]. Приймаємо  $\Pi = 8\%$ .

$$T_{ш-к} = \frac{25}{54} + 2,6 + 3,615 + 0,5 = 7,178 \approx 7,2 \text{ хв.}$$



									Лист
									38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ317320858 – 00 ПЗ

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

### 7.1 Обґрунтування мети технологічної операції та завдання для проектування

На операції 020 «Вертикально-фрезерна», з установка А фрезерується поверхня розміром 190 x 175 мм, яка на наступних операціях буде виконувати функцію бази. Після переустановлення заготовки, із установка Б послідовно оброблюються дві поверхні розміром 30 x 36 мм.

На установі А треба при обробці поверхні розміром 190 x 175 мм забезпечити паралельність цієї поверхні відносно поверхні Р в межах 0,3 мм (дивись технічні вимоги креслення Н06.178.00.01). На наступних операціях при обробці торця  $\varnothing 260/\varnothing 180$  треба забезпечити розмір між наведеними поверхнями  $178 \pm 1$  мм. Шорсткість обробленої поверхні –  $R_a = 12,5$  мкм.

На установі Б треба забезпечити розміри  $208 \pm$  мм, з двох діаметрів 180 мм видалити припуск  $2(+0,5;0)$  мм і забезпечити форму поверхонь 30 x 36 мм (плоскостність в межах 0,1 мм). Шорсткість цих поверхонь –  $R_a = 6,3$  мкм.

В розділі 6 пояснювальної записки були вибрані схеми базування і закріплення заготовки, модель верстата, різальний інструмент, розраховані режими різання для операції 020. Уточнимо технічні умови операції. Верстат моделі UWF 10, потужність головного привода  $N = 5,5$  кВт, розміри робочої поверхні стола верстата  $D \times Ш = 1235 \times 400$  мм, кількість пазів – 5, відстані між пазами – 80 мм, ширина окремого паза – 18 мм.

Режими різання (установ А) при фрезеруванні поверхні розміром 190 x 175 мм:  $t = 3$  мм,  $i = 2$ ,  $B_1 = 12$  мм,  $B_2 = 30$  мм,  $S_z = 0,104$  мм/зуб,  $S_{пр} = S_{поп} = 250$  мм/хв,  $n_{п} = 200$  об/хв,  $V_{ф} = 31,4$  м/хв,  $P_z = 2392$  н,  $P_h = P_y = 957$  н,  $P_v = 2273$  н,  $P_x = 1316$  н (див. рис. 7.1).

Режими різання (установ Б) при фрезеруванні поверхонь розміром 30 x 36 мм:  $t = 2$  мм,  $B = 36$  мм,  $S_z = 0,104$  мм/зуб,  $S_{пр} = 250$  мм/хв,  $n_{п} = 200$  об/хв,  $V_{ф} = 31,4$  м/хв,  $P_z = 2392$  н,  $P_h = P_y = 796$  н,  $P_v = 1891$  н,  $P_x = 1095$  н (див. рис. 7.2).

Аналізом вихідних даних та схем дії сил різання на установках А і Б встановлено, що найбільші сили різання виникають при фрезеруванні поверхні розміром 190 x 175 мм на установі А.

Для реалізації технічних вимог креслення треба спроектувати спеціальний пристрій для фрезерування наведених поверхонь і вирішити наступні задачі.

1 Реалізувати в конструкції пристрою запропоновані схеми базування і закріплення заготовки на установках А і Б.

2 Забезпечити швидку дію сил закріплення заготовки, виходячи із її конструктивних особливостей при переустановленні, застосував в пристрої пневматичний привод.

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					

3 Забезпечити точність установлення пристрою на столі верстата при виконанні технічних вимог креслення деталі.

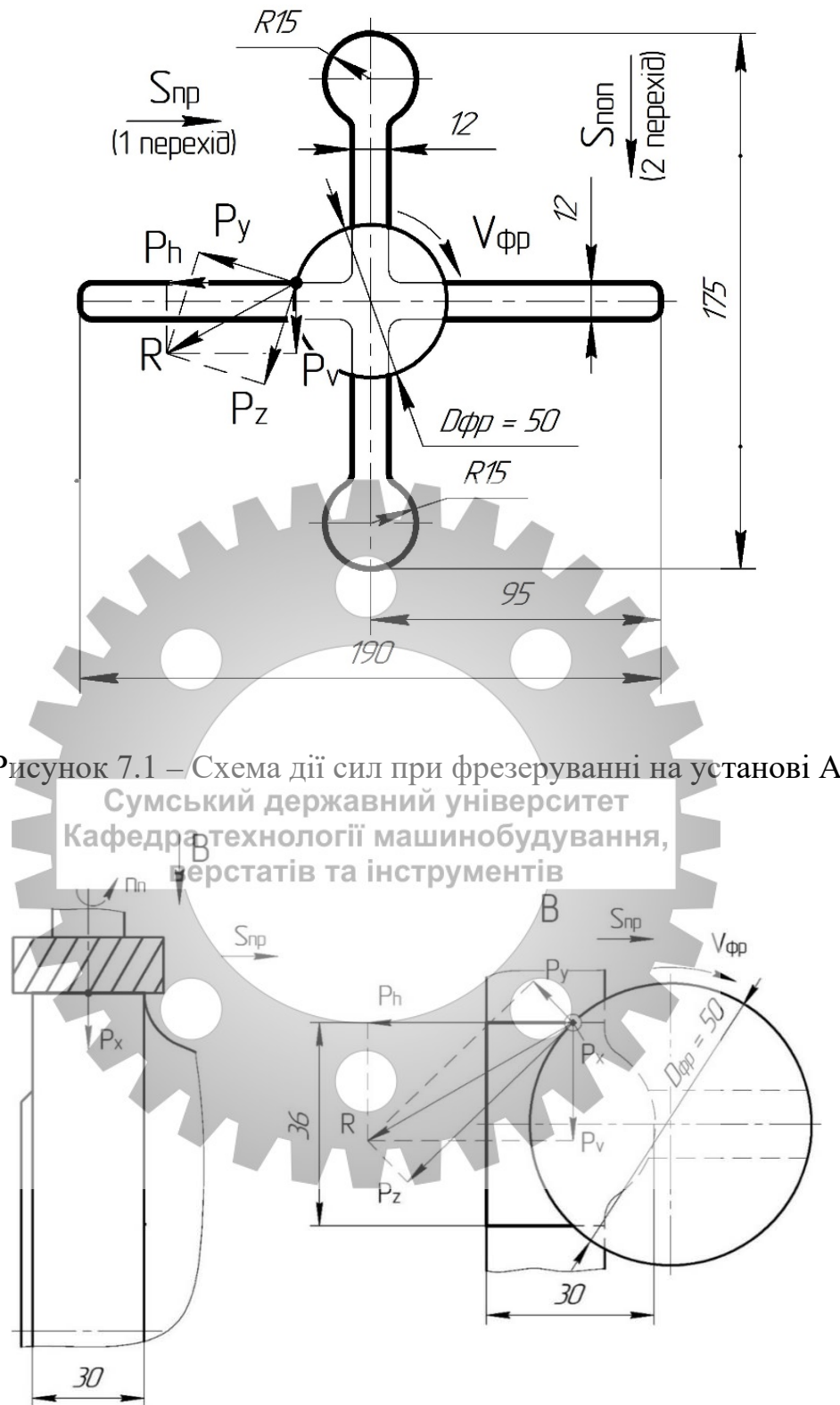


Рисунок 7.1 – Схема дії сил при фрезеруванні на установі А  
 Сумський державний університет  
 Кафедра технології машинобудування,  
 верстатів та інструментів

Рисунок 7.2 – Схема дії сил при фрезеруванні на установі Б

7.2 Розроблення та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.

При фрезеруванні поверхонь розмірами 190 x 175 мм, 30 x 36 мм треба реалізувати схеми базування, які розроблені для операції 020 (установи А і Б). На

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ				



установі А установленою базою буде торцева поверхня  $\varnothing 260/\varnothing 169$  (чорнова база), напрямною базою буде один із торців  $\varnothing 122/\varnothing 65$ , опорною базою – зовнішній діаметр 260 мм.

На установі Б установленою базою буде оброблена на установі А поверхня розмірами 190 x 175 мм. Ця поверхня є одночасно технологічною і вимірювальною базою для витримування розміру 208 мм при обробці поверхонь 30 x 36 мм і розміру  $178 \pm 1$  мм із припуском під обробку на операціях 025 та 030. Напрямною базою буде один із торців  $\varnothing 122/\varnothing 65$ , а опорною базою – зовнішня поверхня радіусом R15 поверхні 190 x 175 мм.

При переустановленні заготовки розташування осі торців  $\varnothing 122/\varnothing 180$  змінюється в межах 62 мм, що утруднює реалізацію схеми закріплення. На установі А закріплення заготовки відбувається по торцям  $\varnothing 122/\varnothing 65$ , що потребує установчу базу зробити змінною деталлю і виконати у вигляді кільцевої поверхні розмірами  $\varnothing 260/\varnothing 169$ . Для обробки заготовки на установі Б змінна деталь видаляється і установленою базою буде площина поверхні корпусу пристрою. Схема установлення заготовки на установі А наведена на рисунку 7.3.

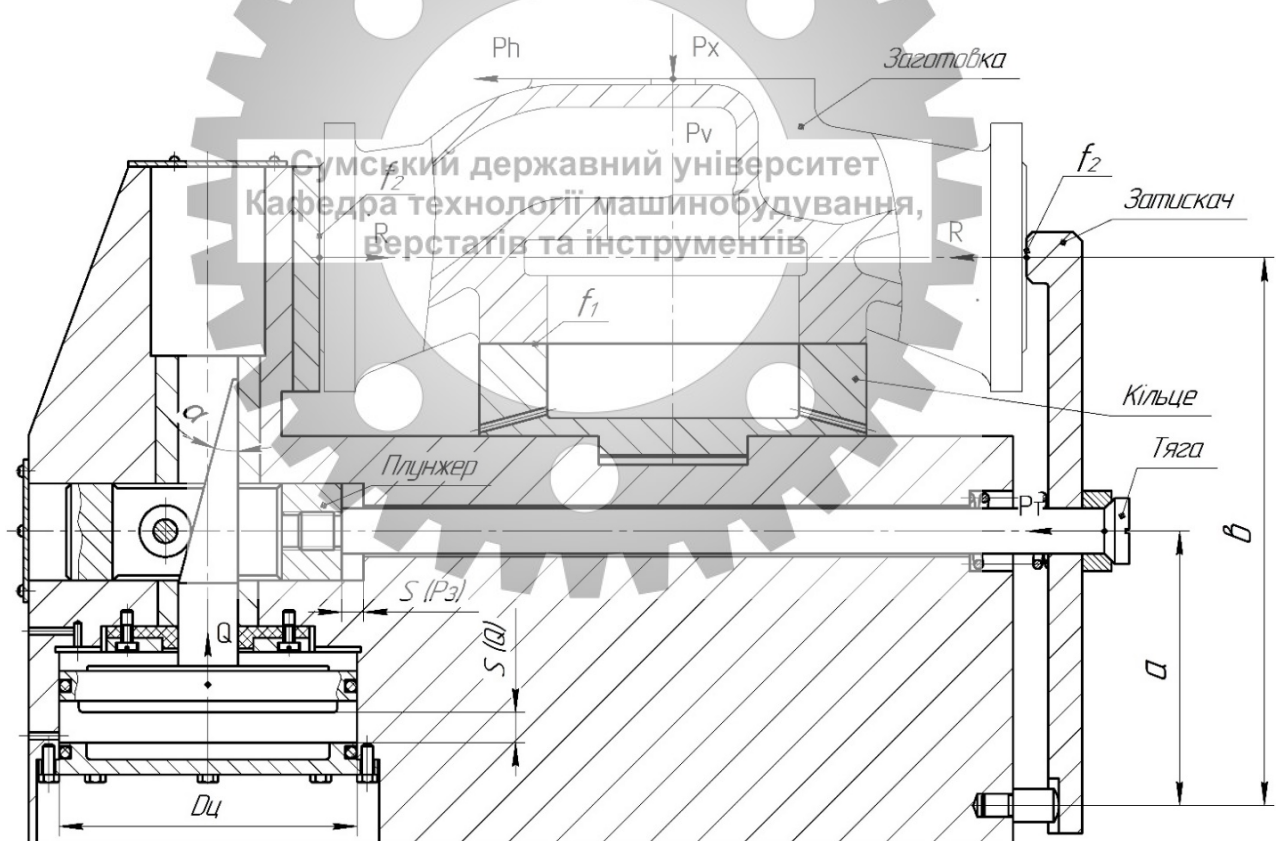


Рисунок 7.3 – Схема установлення заготовки на установі А

Аналізом сил різання при фрезерування поверхні на установі А встановлено, що на заготовку діє сила  $P_x$ , яка притискає заготовку до установчої поверхні – кільцю. Сила  $P_h$  має напрямок до нерухомої опори і на яку протидіє сила реакції опори R.

					ТМ317320858 – 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Сила  $P_v$  направлена паралельно поверхні опори та притискачу і прямує виштовхнути заготовку із зони обробки. Дії сили  $P_v$  протидіють сили тертя  $f_1$  та  $f_2$ , які виникають відповідно на поверхнях нерухомої опори і затискача в місцях їх сполучення з заготовкою, а також на поверхні установочної бази  $\varnothing 260/\varnothing 169$  заготовки, що сполучається з опорною поверхнею кільця. Сила  $P_h$  збільшує силу закріплення заготовки  $P_3$ .

Таким чином, розрахунок сили закріплення  $P_3$  треба вести по силі  $P_v$ , яка визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{K \cdot P_v}{f_1 + f_2} = \frac{3,68 \cdot 2273}{0,2 + 0,7} = 9294 \text{ Н,}$$

де  $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,68$  – коефіцієнт запасу, який потрібний для забезпечення надійного закріплення заготовки. Коефіцієнти  $K_0, \dots, K_6$  враховують умови різання, наявність пневматичного приводу та його функціональну роботу [6, с.85];

$P_v = 2273 \text{ Н}$  – складова сили різання;

$f_1 = 0,2 - 0,25$  – коефіцієнт тертя в місцях сполучення заготовки з установочною поверхнею кільця [6, т. 10, с. 85]. Приймаємо  $f_1 = 0,2$ ;

$f_2 = 0,7$  – коефіцієнт тертя в місцях сполучення заготовки з поверхнями опори та затискача (поверхні з рифленням) [6, т. 10, с. 85].

Далі визначимо силу  $Q_{шт}$  – силу штовхання на приводі пневматичного циліндра, яка виникає при руханні поршня ввєрх. Механізм закріплення пристрою складається із вбудованого в корпус пневматичного циліндра, односкосного клина з одним роликком на осі і важелем-затискачом при відношенні пліч « $b : a = 2 : 1$ ».

Максимальна сила штовхання  $Q_{шт}$  визначається за формулою [6, т. 16, с. 91]:

$$Q_{шт(max)} = \frac{P_x}{i_{к-п} \cdot i_3} = \frac{9294}{2,3 \cdot 0,475} = 8507 \text{ н,}$$

де  $i_{к-п} = 2,3$  – передавальне відношення «клин – плунжер» для кута  $\alpha = 15^\circ$  [6, т.14, с. 88];

$i_3 = 0,475$  – фактичне передавальне відношення від механізму затискача при відношенні пліч « $b : a = 2 : 1$ », яке визначається із співвідношення [6, т.14, с. 88]:

$$P_3 = \frac{P_T \cdot a \cdot \eta}{b},$$

де  $\eta = (0,85 - 0,95)$  – ККД механізму. Приймаємо  $\eta = 0,95$ .

Таким чином,  $a \cdot \eta / b = 1 \cdot 0,95 / 2 = 0,475$ .

Вибираємо із нормального ряду стаціонарних поршневих пневматичних циліндрів наступний [6, т. 17, с. 91]: діаметр циліндра  $D_{ц} = 200 \text{ мм}$ , діаметр штока  $d = 40 \text{ мм}$ , мінімальний хід поршню  $10 \text{ мм}$ . Для обраного пневматичного циліндра сила штовхання  $Q_{шт} = 11400 \text{ Н}$ , сила тяги  $Q_T = 10800 \text{ Н}$ , при мінімальному тиску в пневматичній мережі  $0,4 \text{ МПа}$ .

Визначимо фактичну силу закріплення:

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ				

$$P_3 = Q_{\text{шт}} \cdot i_{\text{к-п}} \cdot i_3 = 11400 \cdot 2,3 \cdot 0,475 = 12455 \text{ Н.}$$

Хід  $S(P_3)$  плунжера визначиться за формулою [6, с. 86–87]:

$$S(P_3) = \Delta_{\text{гар}} + \Delta + \frac{P_3}{I} + \Delta S(P_3) = 0,4 + 2 + \frac{12455}{3500} + 0,4 = 6,4 \text{ мм,}$$

де  $\Delta_{\text{гар}} = (0,2 - 0,4)$  мм – гарантований зазор для вільного установалення заготовки, приймаємо 0,4 мм;

$\Delta = 2$  мм – відхилення розміру заготовки (за кресленням);

$I = (1000 - 3500)$  Н/мм – жорсткість механізму, приймаємо 3500 Н/мм;

$\Delta S(P_3) = (0,2 - 0,4)$  мм – запас ходу плунжера, що враховує знос і похибку виготовлення механізму, приймаємо 0,4 мм.

Визначаємо хід  $S(Q)$  привода [6, с. 86–87]:

$$S(Q) = S(P_3) \cdot i_{\text{п}} = 6,4 + \frac{1}{\tan 15^\circ} = 24 \text{ мм,}$$

де  $i_{\text{п}} = \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{1}{\tan 15^\circ} = 3,732$  – передавальне відношення переміщення, яке залежить від кута  $\alpha = 15^\circ$ .

Розраховані вище параметри використовуємо для проектування верстатного пристрою (дивись креслення ТМ317320858–07–01.00.00 СК).

### 7.3 Розрахунок точності елементів пристрою.

До параметрів, які визначають технічні вимоги пристрою, треба віднести паралельність поверхні Д відносно установчої поверхні кільця (на установі А) та установчої поверхні корпусу пристрою (на установі Б).

Допустима похибка виготовлення елементів пристрою, щодо паралельності двох зазначених поверхонь, визначиться за формулою:

$$T_{\text{пр}} \leq T_{\text{д}} - 1,2 \sqrt{(K_{\text{т1}} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{пер}}^2 + \varepsilon_{\text{у}}^2 + \varepsilon_{\text{об}}^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2},$$

де  $T_{\text{д}} = 1150 \cdot 0,6 = 690$  мкм – допуск розміру 208 мм деталі (установ Б) на паралельність при обробленні площини розміром 190 x 175 мм та двох поверхонь розміром 30 x 36 мм;

$K_{\text{т1}} = 1,2$  – коефіцієнт корекції;

$\varepsilon_6 = 0$  – похибка базування заготовки на столу пристрою;

$\varepsilon_3 = 0$  – похибка закріплення заготовки;

$\varepsilon_{\text{зн}} = 0$  – похибки зносу установочних елементів пристрою;

$\varepsilon_{\text{пер}} = 150$  мкм – похибка перекоосу інструменту;

$\varepsilon_{\text{у}} = 100$  мкм – похибка установалення пристрою на столі верстата;

$\varepsilon_{\text{об}} = K_{\text{т2}} \cdot \omega = 0,6 \cdot 460 = 276$  мкм – середня економічна точність обробки ( $\omega = 460$  мкм – 12-й квалітет точності;  $K_{\text{т2}} = 0,6$  – коефіцієнт, який враховує імовірність появи похибки обробки);

$\varepsilon_{\text{поз}} = 0$  – похибка позиціювання шпindelного вузла верстата.

$$T_{\text{пр}} \leq 690 - 1,2\sqrt{(1,2 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 150^2 + 100^2 + 276^2 + 0^2} = 294 \text{ мкм.}$$

Приймаємо  $T_{\text{пр}} = 250$  мкм і розраховане значення впишемо в технічні вимоги креслення пристрою.

#### 7.4 Опис конструкції і роботи пристрою.

Конструкція пристрою складається із корпусу 2, затискача 14, пальця 21, тяги 16, плунжера 8 з роликом 19 на осі 20. Для повернення тяги з плунжером у вихідне положення застосовується пружина 17. На установі А заготовка установлюється на змінне кільце 13, губу 12 і упор 22. В корпусі пристрою розташований поршень 4, який закритий кришкою 3. З боку корпусу приєднаний кран 1, який розподіляє подачу повітря в штокову і без штокову порожнини пневматичного циліндру.

Після очищення установочних поверхонь пристрою від стружки заготовка установлюється на базові поверхні кільця, губи і упору. Повітря від крана подається в штокову порожнину і одночасно із без штокової порожнини повітря видаляється в атмосферу. Поршень з штоком підіймається вгору, нахилена площина клину переміщує ролик 19, плунжер 8 і затискач 14 вліво. Верхня частина затискача затискає заготовку, а нижня частина сполучається із пальцем 21, що дозволяє затискачу виконувати функцію «важеля» і закріплювати заготовку з розрахованою силою.

Після оброблення поверхні заготовки, рукоятка крана встановлюється в положення за яким стисле повітря подається у без штокову порожнину, а із штокової повітря видаляється в атмосферу і заготовка розкріплюється. Затискач відводиться від заготовки пружиною 17.

Для обробки заготовки на установі Б змінне кільце видаляють. Заготовка установлюється обробленою поверхнею на базові площини корпусу, губи і упору. Потім весь цикл роботи пристрою повторюється.

Робота верстатника с пристроєм не складна і робочі дії не потребують високої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					

## ВИСНОВКИ

1 Виконаний аналіз службового призначення електричного 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 95H7 мм. Обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки для двох операцій: 015 «Токарно-карусельна» і 020 «Вертикально-фрезерна». Для наведених операцій вибрані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент, розраховані режими різання і норми часу.

6 На операцію 020 «Вертикально-фрезерна» спроектований спеціальний пристрій для швидкого і точного установа заготовки на стіл верстата моделі UWF 10.

7 Для вирішування питань, пов'язаних з охороною праці і технікою безпеки в надзвичайних ситуаціях, працюючі робітники ознайомлені із своїми правами згідно Закону України «Про охорону праці».

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

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1 Электронасосы погружные ЭПЗ 100-20, ЭПЗ 50-40. – Техническое описание и конструкция по эксплуатации. / Сумы : ПО «Насосэнергомаш», 2000. – 78 с.
- 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.

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ317320858 – 00 ПЗ					