

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Віталій ІВАНОВ
_____ . _____ . 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**
освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування»**
на тему:

ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЖЕЛЯ 1.2780.140.210.08

Здобувача групи **ТМз-91с**

Згода Валентин Анатолійович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Валентин ЗГОДА _____
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник _____ доцент, канд. техн. наук, доцент Артем ЄВТУХОВ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Консультант _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Суми – 2023

РЕФЕРАТ

Записка: 45 с., 13 рис., 19 табл., 4 додатки, 9 літературних джерел.

Об'єкт розробки: важіль 1.2780.140.210.08 крана кульового Ду500, Ру80

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення важеля 1.2780.140.210.08.

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

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

Виконаний аналіз технологічного процесу виготовлення деталі, вибрані і обгрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 020 «Токарна з ЧПК» і 040 «Свердлильна з ЧПК».

Розраховані припуски і граничні розміри за технологічними переходами на дві зовнішні поверхні діаметром 90 \pm 9 мм.

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

Спроектований верстатний пристрій для обробки заготовок на операції 040 «Свердлильна з ЧПК».

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

**ВАЖІЛЬ, ЗАГОТОВКА, СХЕМА БАЗУВАННЯ, РЕЖИМ РІЗАННЯ,
НОРМА ЧАСУ, ВЕРСТАТНИЙ 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	11
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	15
5 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї	17
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	21
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку	21
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки	22
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	27
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	29
6.5 Розрахунок режимів різання.....	30
6.6 Технічне нормування операцій	34
7 Проектування верстатного пристрою	37
Висновки	44
Перелік джерел посилання	45

					ТМЗ 91320002–00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Згода			Проектування технологічного процесу виготовлення важеля 1.2780.140.210.08. Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Євтухов					3	45
Реценз.						СумДУ, ТМЗ-91с		
Н. контр.		Дегтярьов						
Затв.		Іванов						

ВСТУП

На сьогодні промисловість України потребує збільшення об'ємів природного газу та кількості газоперекачувальних агрегатів встановлювальних на газових мережах, що, в свою чергу, збільшує експлуатацію на газоперекачувальному комплексі кульового крану Ду500, Ру80, який застосовується у якості запірною пристрою. Встановлення кульових кранів на території держави потребує їх виготовлення за двома кліматичними варіантами: із помірним та холодним кліматом. Підприємству, що виготовляє ці вироби, треба вирішувати проблему якості конструкції кульового крану та їх деталей, кількості їх випуску. Значна інтенсивність їх експлуатації в тяжких кліматичних умовах потребує ремонту та відбудову зношених вузлів і деталей кульового крану з механічним приводом, таких як важіль, гвинт механізму обертання, вал-шестірня, колесо зубчасте.

На підприємстві СНПО (м. Суми) побудовані виробничі дільниці для виготовлення зазначених деталей, вузлів та складання кульових кранів різних модифікацій. Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення важеля кульового крана Ду500, Ру80 із механічним приводом встановив, що для підвищення експлуатаційного ресурсу деталі «Важіль 1.2780.140.210.08», треба удосконалити технологічний процес її виготовлення. В межах виробничої програми виникла потреба в спеціальних способах виготовлення заготовок, а на механічних дільницях застосування спеціального обладнання, технологічної оснастки, різального та вимірювального інструментів.

В бакалаврській роботі пропонується удосконалити існуючу конструкцію важеля та технологію її виготовлення, а саме розробити удосконалений варіант технологічного процесу виготовлення деталі «Важіль 1.2780.140.210.08» кульового крану Ду500, Ру80 з механічним приводом.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

Кульовий кран є запірним пристроєм і встановлюється на газопроводах, що транспортують природний газ. Кульові крани виготовляються в двох кліматичних варіантах за категорією I згідно ГОСТ 15150–69. Перший варіант – виконання VI для районів із помірним кліматом, другий – виконання XVI для районів із холодним кліматом [1]. Кран встановлюється на горизонтальних і вертикальних земляних ділянках газопроводів. За вимогами монтажу крани виготовляються із одним патрубком під зварювання, а другим – із фланцевим розніманням. Можливо виготовлення крана із двома патрубками під зварювання. Кульовий кран по відношенню до зовнішнього середовища є герметичним. Основні технічні характеристики кульового крана наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики крана Ду500, Ру80

Найменування показника	Чисельні дані
Умовний прохід, Ду500, мм	500
Умовний тиск, Ру80, МПа	80
Діапазон температури робочого середовища, °С	Від – 30 до + 80
Температура зовнішнього середовища, °С	Від – 60 до + 45
Робоче середовище	Не агресивний природний газ
Швидкість робочого середовища, м/с	20
Герметичність затвору крана при іспитах водою в межах тиску від 0 до 8 МПа	I клас згідно ГОСТ 9544–75
Привод крана	Ручний, механічний
Маса крана, кг	Не більше 2295

Однією із складових одиниць конструкції кульового крана Ду500, Ру80 є ручний механізований привод. Механізований привод застосовується для переустановлення кульової пробки крана в одне із фіксованих положень «ВІДЧИНЕНО» або «ЗАЧИНЕНО». Привод закріплюється на кульовому крані через фланцеве з'єднання і складається із редуктора, механізму повороту, штурвалу.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Механізм повороту (див. рис. 1.1) складається із корпусу 1, кришки 3, гвинтової пари, в яку входять гвинт 8, вісь 4 та важіль 2.

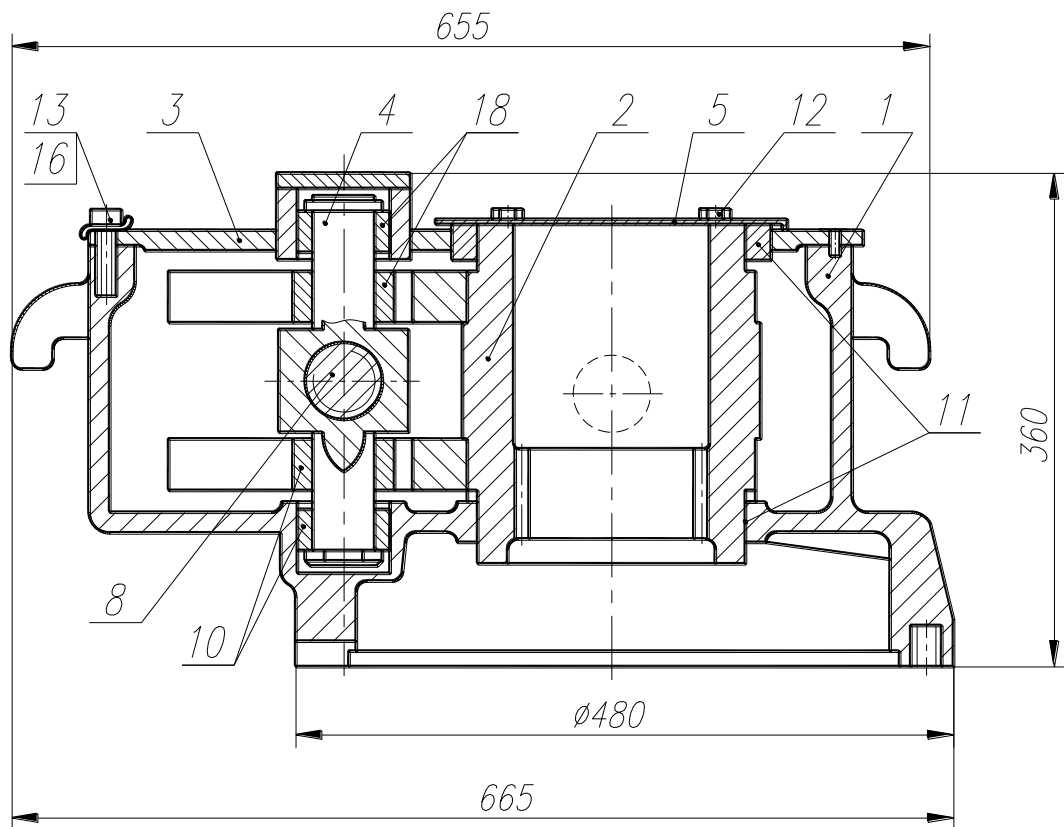


Рисунок 1.1 – Механізм повороту кульового крана

Важіль 2 розташований на опорах ковзання із запресованими в них втулками 11, матеріал яких є металічний фторопласт. Конструкція важеля складається із короткого циліндру та двох щок. Внутрішня поверхня циліндра важеля 2 має шліцьову поверхню, яка передбачена для передачі крутного моменту від важеля 2 на шпindelь кульового крану. В щоках виконані пази, в яких переміщуються два повзуна 18. Останні встановлені на осі 4, де також знаходиться друга пара повзунів, що поступово рухається в пазах, розташованих в корпусі 1 і кришки 3. Вісь 4 має отвір з різьбою у вигляді трапеції. Гвинт 8 встановлений в корпусі 1 на підшипниках кочення. При обертання гвинта 8, вісь 4 з повзунами 18 переміщуються в пазах важеля 2 і виконують його обертання.

										Арк.
										6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ТМ 91320002-00.ПЗ

Обертання кульової пробки крана виконується штурвалом редуктора. Крутний момент передається від зубчастого колеса насадженого на шліцьову поверхню гвинта 8 на вісь 4 із повзунами 18, які переміщуються в пазах важеля 2 і обертають його до упору з обмежувальними гвинтами 9. Риска на поверхні кришки 5 визначає положення крана «ВІДЧИНЕНО» або «ЗАЧИНЕНО» в якому знаходиться важіль.

Основне службове призначення важеля (див. додаток А) – передання крутного моменту від гвинта до шпindelю кульового крана. Виконавчими поверхнями (ВП) є два пази шириною $35H10(+0,1; 0)$ мм і довжиною 85 мм (поверхні 3, 4, 5, 6), які розташовані в верхньому та нижньому щоках важеля (див. рис. 1.2).

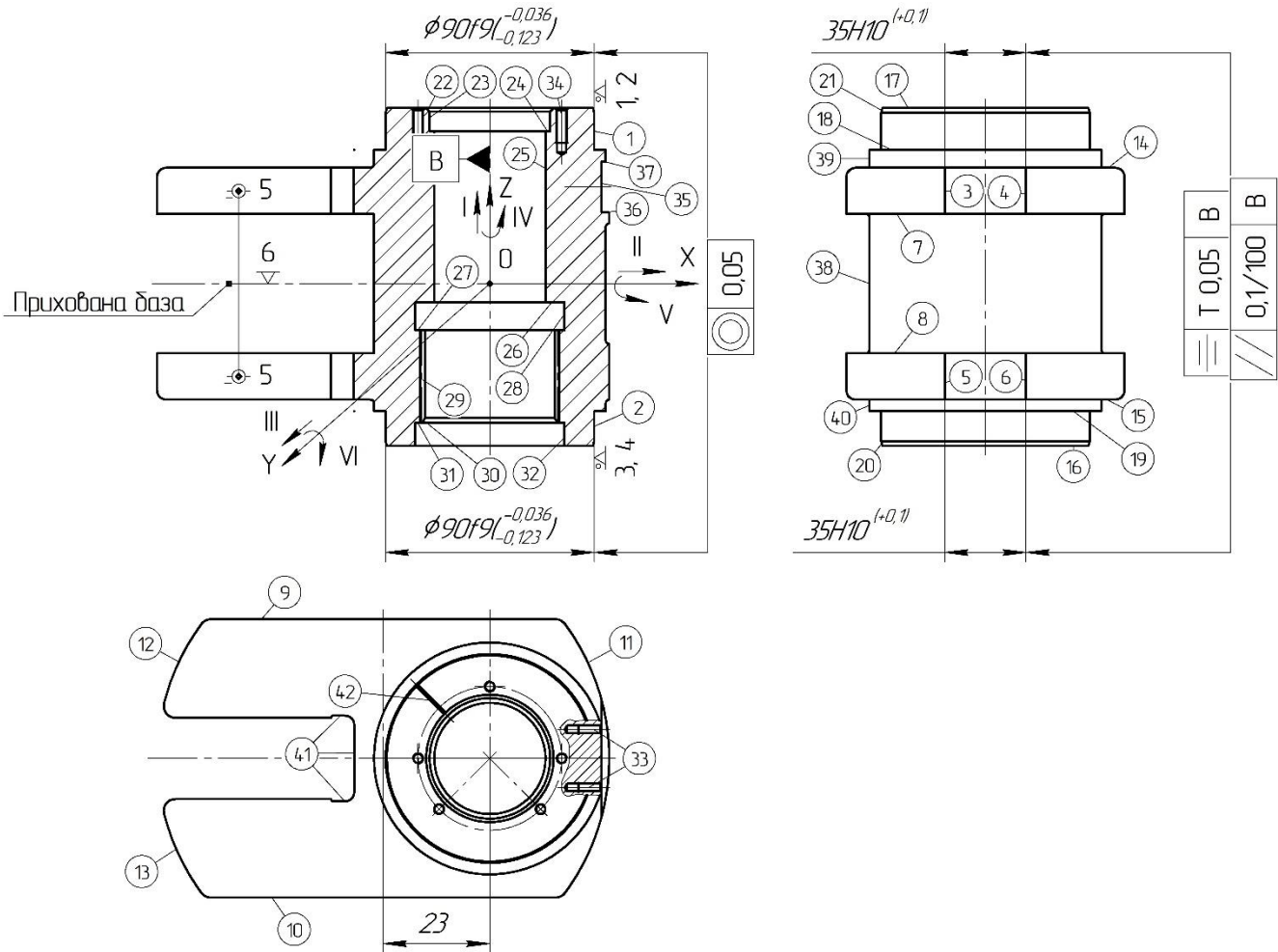


Рисунок 1.2 – Схема базування важеля у механізмі повороту

										Арк.
										7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ТМ 91320002-00.ПЗ

Дві поверхні Ø90f9 довжиною 15 і 18 мм (поверхні 1, 2) передбачені для встановлення в них металевих фторопластових втулок (підшипників кочення), які визначають положення важеля в складальній одиниці механізму повороту. Зазначені поверхні є основними конструкторськими базами (ОКБ). Разом поверхні 1 та 2 позбавляють важіль чотирьох ступенів свободи у вибраній системі координат – одного переміщення і одного обертання відповідно осей OX і OY. За класифікацією баз це є подвійна напрямна база (ПНБ). Одна із поверхонь 3, 4, 5, 6 орієнтує кутове розташування важеля (ОБ) і позбавляє одну ступінь свободи (обертання навколо осі OZ). Уздовж осі OZ важіль має вільний поступальний рух і не позбавлений ступеня свободи. Ступені свободи та матриця зв'язків деталі наведені в таблицях 1.2 та 1.3 відповідно.

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	IV	ОБ
Вакансія	I	–

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

1, α / X, Y, Z	X	Y	Z	Найменування бази
1	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
1	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	5	5-ь зв'язків

Поверхні 3, 4, 5, 6 є ВП, поверхні 1, 2, 3, 4 – ОКБ, поверхні 17, 29, 33, 34, 35 є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ), які передбачають орієнтацію приєднаних до важеля деталей. Інші поверхні важеля є вільними, вони визначають габарити деталі, її масу, жорсткість і її спроможність довготривалій роботі у виробі.

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Аналізом креслення «Важіль 1.2780.140.210.08» визначено, що кількість видів, проекцій, перетинів, виносок достатня для виготовлення деталі. Технічні вимоги креслення деталі призначені конструктором вірно і дозволяють виконати своє службове призначення безпосередньо. Маса деталі – 10,2 кг, її максимальні габаритні розміри – 196 x 120 x 150 мм.

Конструктор виходячи із вимог експлуатації деталі у виробі, призначив матеріалом сталь марки 20ГЛ ГОСТ 977-88 (див. табл. 2.1 та 2.2) [3].

Таблиця 2.1 – Хімічні властивості сталі 20ГЛ ГОСТ 977-88, в процентах

Марка матеріалу	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
Сталь 20ГЛ ГОСТ 977-88	0,15-0,25	0,2-0,4	1,2-1,6	Не більше				
				0,04	0,04	0,3	0,3	0,3

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 20ГЛ ГОСТ 977-88

Марка матеріалу	σ_B , МПа	σ_T , МПа	НВ
Сталь 20ГЛ ГОСТ 977-88	550	300	143-187

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

Аналізом визначено основні поверхні деталі, які безпосередньо впливають на роботу виробу. Дві поверхні $\varnothing 90f9$ виконані під посадку $\varnothing 90H8/\varnothing 90f9$ з зазором в межах (0,036-0,177) мм. Це посадка підшипників ковзання [1], яка забезпечує нормальний обертальний рух важеля у ручному режимі в межах кута 90° . Технічна вимога співвісності розташування поверхонь $\varnothing 90f9$ в межах 0,05 мм зазначена конструктором правильно. Це пов'язано з перпендикулярним розташуванням загальної осі цих поверхонь відносно осі гвинта 8. В межах кутового повороту важеля і обертання гвинта зазначена вимога повинна зберігатися.

Два пази, розташованих в щоках важеля, мають розміри 35H10(+0,1; 0) мм кожний. Точність паза становить 10-й квалітет і відповідає потрібному службовому

					ТМ 91320002-00.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

призначенню, а саме, вільному переміщенню повзунів по площинним поверхням пазів. Конструктор правильно запропонував технічну вимогу по симетричному та паралельному розташуванню бокових поверхонь пазів. Ця вимога пов'язана із віссю деталі «вісь», яка повинна розташовуватися паралельно при переміщенні повзунів в межах повороту важеля на кут 90° .

Конструктор правильно зазначив точність шліцьової поверхні 60x2x9H. Ця поверхня з'єднується із шліцьовою поверхнею штурвала редуктора і передає крутний момент їй від гвинта. Зазначена точність шліцьової поверхні практично виключає радіальне биття у з'єднанні і забезпечує нормальну роботу виробу [1].

П'ять кріпильних отворів M5x0,8–7H мають залежний допуск відносно осі ділильного кола $\varnothing 62$ мм і пов'язана із віссю циліндричної частини важеля. Крім цього, кутове розташування п'яти отворів 45° та 90° пов'язане із горизонтальною віссю пазів. За вимогами експлуатації отвори передбачені для встановлення на деталь кришки, яка тільки прикриває внутрішній отвір важеля. Зазначена вимога креслення утруднює технологічний процес виготовлення п'яти отворів і її треба переглянути, з'ясував з конструктором.

Шорсткість зовнішніх, внутрішніх та торцевих поверхонь, зазначених на кресленні відповідає мінімальним вимогам відносно допусків на ці розміри. Вимоги конструктора до величини шорсткості поверхонь є обґрунтованими і призначені залежно від їх функціонального призначення.

За технічними вимогами креслення треба забезпечити співвісність двох поверхонь $\varnothing 90f9$ в межах 0,05 мм. Для цього треба застосувати принцип взаємозамінності базових (конструкторських, технологічних, вимірювальних) поверхонь при обробленні.

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

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій K_{30} [4]. Вихідними даними для розрахунку коефіцієнта є існуючий технологічний процес виготовлення важеля, 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
020	Токарна з ЧПК	13,11	0,102	1	0,102	7,84
025	Токарна з ЧПК	6,90	0,054	1	0,054	14,81
035	Горизонтально-фрезерна	19,40	0,151	1	0,151	5,3
040	Вертикально-фрезерна	1,02	0,008	1	0,008	100
045	Горизонтально-фрезерна	2,43	0,019	1	0,019	42,11
050	Вертикально-свердлильна	3,12	0,024	1	0,024	33,33
055	Зубодовбальна	4,46	0,035	1	0,035	22,86
	Всього	50,44	–	7	–	226,25

Визначення типу виробництва.

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

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

де $N = 1500$ 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

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}.$$

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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:

$$K_{зо} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{226,25}{7} \cong 32,4.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо $20 < K_{зо} = 32,4 \leq 40$, то це відповідає дрібносерійному виробництву [4].

Визначення форми організації виробництва.

Випуск N_d деталей за добу:

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

де 254 – кількість робочих днів за рік.

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

$$Q = \frac{F_{сут} \cdot 0,6}{T_{ср}} = \frac{952 \cdot 0,6}{7,206} = 80 \text{ шт,}$$

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;

$$T_{ср} = \frac{\Sigma T_{ш-к}}{n_p} = \frac{50,44}{7} = 7,206 \text{ хв – середня трудомісткість основних}$$

механічних операцій;

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

Якщо $N_d = 6 \text{ шт} < Q = 80 \text{ шт}$, 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.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

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

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

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

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{7,206 \cdot 71}{476 \cdot 0,9} = 1,194,$$

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

$\text{в} = 2$ – 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:

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 1 \cdot 0,9}{7,206} = 60 \text{ шт.}$$

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

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

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.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Оцінювання технологічності конструкції деталі виконується за якісними показниками. Аналіз технологічності конструкції важеля виконаний за кресленням «1.2780.140.210.08». Матеріал заготовки – сталь 20ГЛ ГОСТ 977–88 і тому деталь отримана методом лиття. Виливка має відносно нескладний рельєф зовнішніх і внутрішніх контурів поверхонь, але потребує певних рішень при її виготовленні литтям в піщано-глинясті форми машинною формовкою по дерев'яним моделям. Партія деталей становить 1500 штук і тому трудомісткість їх виготовлення є невеликою. За цим показником деталь можна вважати технологічною.

Конструктор при проектуванні конструкції деталі спромігся максимально зменшити трудомісткість механічних операцій та металоємкість конструкції. При обробки двох торцевих поверхонь $\varnothing 90f9/\varnothing 65$ та $\varnothing 90f9/\varnothing 52$ мм можна застосувати продуктивні методи їх обробки – точіння різцями. Обробка таких поверхонь не викликає утруднень і їх можна вважати технологічними.

Складність виникає при виконанні технічних вимог двох внутрішніх торцевих поверхонь щок, які розташовані на відстані $60H12$ мм одна від одної. При обробки (фрезеруванні) наведених поверхонь жорсткість конструкції важеля може бути недостатньою і потребує додаткових конструктивних елементів верстатного пристрою для її збільшення. Це збільшує трудомісткість виготовлення важеля і наведене конструктивне рішення можна вважати відносно не технологічним.

Не технологічним елементом при виготовленні є конструкція «глухої» різьби з її довжиною в межах 15 – 19 мм в п'яти різьбових отворах $M5-7H$ та двох отворів $M4-7H$ довжиною 10 – 15 мм. Це пов'язано з можливою поломкою свердл або мітчиків при їх обробки. Підвищену трудомісткість розташування п'яти різьбових отворів $M5-7H$ на кутовому і лінійному відстанях (залежний допуск) можна також вважати як недостатньо технологічною конструкцією деталі.

Відносна складність передбачається обробка внутрішнього зубчастого вінця $60x2x9H$. Обробка зубчастої поверхні можлива тільки методом довбання і є мало

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

продуктивним процесом і тому конструкцію зубчастого вінця можна вважати відносно не технологічною.

Два паза шириною $35H10(+0,1; 0)$ мм і довжиною 85 мм пов'язані між собою технічними вимогами симетричності ($T 0,05$ мм) та паралельності ($0,1/100$ мм) відносно загальної осі важеля (база Б). Виконання цих вимог креслення вимагає єдності конструкторської та технологічної баз при обробки, що можливо у разі застосування спеціального верстатного пристрою (його треба проектувати). Наведене підвищує трудомісткість механічної обробки, що робить елементи конструкції важеля відносно не технологічною.

Не технологічним елементом виробу є відстань $46,5js12(\pm 0,125)$ мм між двома осями. Одна вісь є конструкторською базою $\varnothing 195$ мм, а друга – конструкторською базою (вісь Б) поверхонь $\varnothing 90f9$, $\varnothing 65$, $\varnothing 52$, $\varnothing 48$ і зубчастого вінця $60x2x9H$. При точінні цих поверхонь треба застосовувати спеціальний пристрій із зміщеними центрами, що ускладнює і збільшує час їх обробки.

Поверхні $\varnothing 48$ мм, $\varnothing 52$ мм, $\varnothing 65$ мм, дві торцеві поверхні, які пов'язані розміром 120 мм, площина розміром $12x16$ мм оброблюються на механічних операціях відомими продуктивними методами точінням та фрезеруванням і за показниками точності їх розмірів та шорсткості поверхонь не викликають технологічних ускладнень. Конструкції цих поверхонь можна вважати технологічними.

Ряд поверхонь важеля (зовнішні бокові поверхні, заглиблення, радіуси) мають шорсткість $R_a = 50$ мкм, виготовляються на операції «Лиття металів і сплавів», не потребують механічної обробки і тому їх конструкція є технологічною.

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

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Заготовка важеля виготовляється із сталі 20ГЛ ГОСТ 977–88 способом «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 будь-якої 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.;

$m_3 = 13,4$ кг – вага заготовки;

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

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

$m_d = 10,2$ кг – вага деталі;

$C_{вт} = 2$ 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.

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

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$S_3 = 13,4 \cdot 8,32 \cdot \left(1 + \frac{7\%}{100\%}\right) - (13,4 - 10,2) \cdot 2 = 113 \text{ грн.}$$

Вартість річної партії заготовок визначиться за формулою:

$$S_{зр} = S_3 \cdot N = 113 \cdot 1500 = 169500 \text{ грн.}$$

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

1. Установлюємо спосіб одержання заготовки із сталі 20ГЛ ГОСТ 977-88 – лиття в піщано-глинясті форми [5, т. 9, с. 32–35].
2. Установлюємо бази для першої операції механічної обробки (дивись креслення «Важіль. Виливка. 1.2780.140.210.08»).
3. Визначимо розташування виливки в формі за лінією площини рознімання (верх, низ, бік) (дивись креслення «Важіль. Виливка. 1.2780.140.210.08»).
4. Установлюємо клас розмірної точності виливки 8–13т [5, т. 9, с. 32–35].
Приймаємо 13т.
5. Установлюємо ступінь жолоблення виливки 4–7 [5, т. 10, с. 35].
Приймаємо 7.
6. Установлюємо ступінь точності поверхонь 11–18 [5, т. 11, с. 36–38].
Приймаємо 18.
7. Визначаємо шорсткість поверхонь виливки за критерієм R_a мкм із 18-ою ступеню точності поверхонь [5, т. 12, с. 39]. Приймаємо $R_a = 100$ мкм.
8. Установлюємо клас точності мас 7–15 залежно від способу одержання виливки [5, т. 13, с. 40–42]. Приймаємо 11.
9. Установлюємо допуск зміщення виливки за площиною рознімання виливки, яка виходить на лінію рознімання 5,0 мм [5, пункт 2.7, с. 4].
10. Визначаємо ряд припусків 5–8 [5, т. 14, с. 43]. Приймаємо 6 – для сталі, 8 – для верхньої поверхні при литті металу.
11. Позначимо оброблені поверхні виливки цифрами 1, ..., n (див. рис. 1.1).
Точність виливки 13т–7–18–11 Зм. 5,0 ГОСТ 26645–85.
12. Розраховані розміри заготовки (вилівки) занесемо до таблиці 5.1 і розробимо креслення заготовки (див. рис. 5.1).

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

13. Технічні вимоги для виготовлення заготовки наведені на кресленні «Важіль. Виливка. 1.2780.140.210.08».

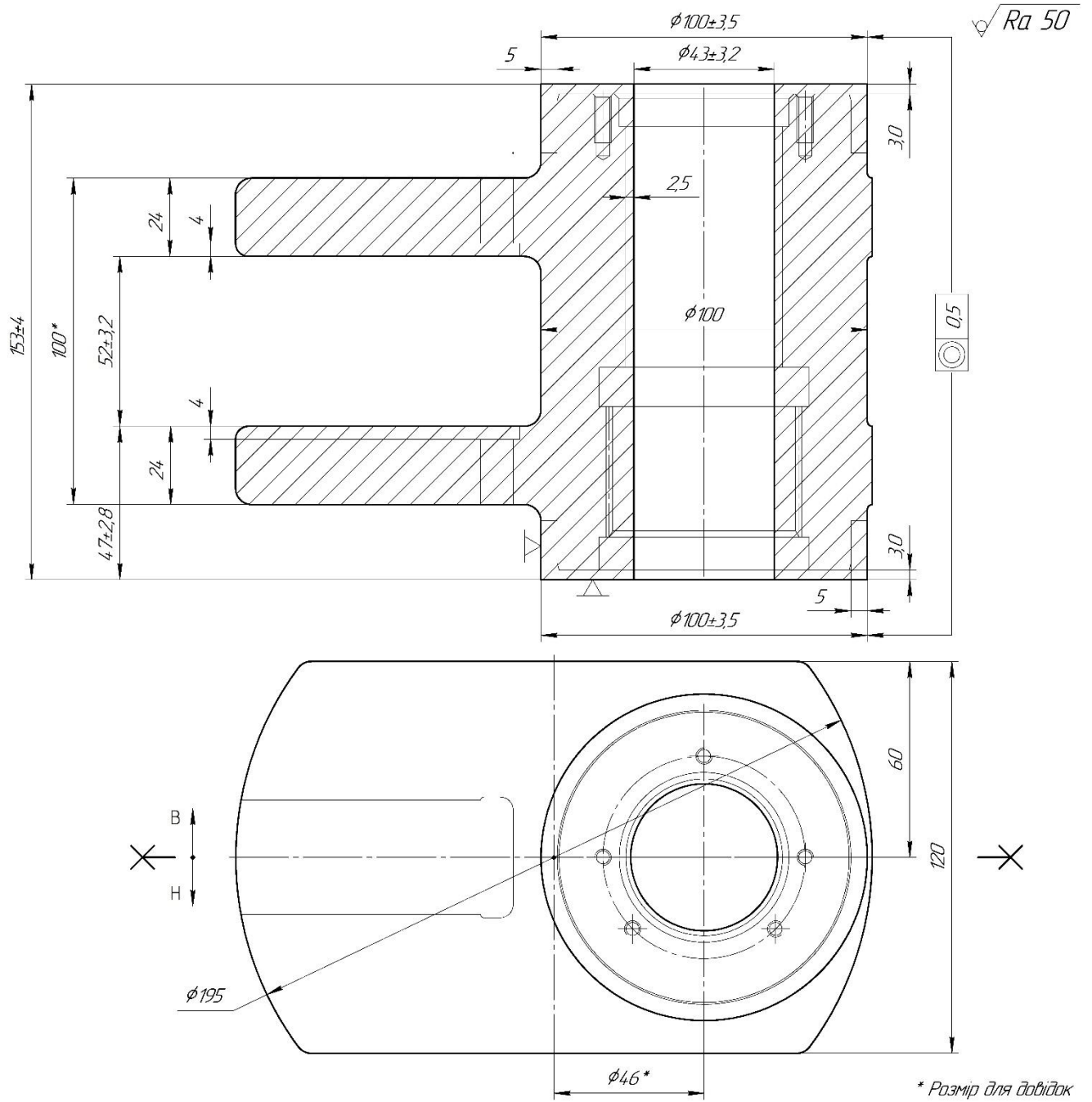


Рисунок 5.1 – Заготовка деталі «Важіль»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТМ 91320002–00.ПЗ

Арк.

19

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

Номер поверхні	Номінальний розмір елемента деталі на кресленні	Допуск розміру	Допуск форми і розташування елементів вилівки	Загальний допуск	Вид механічної обробки	Половина загального допуску	Ряд припусків	Величина припуску	Остаточний розмір елемента заготовки на кресленні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рис.1.2	«Важіль» 1.2780.140.210.08	Табл. 1	Табл. 2	Табл. 16	Табл. 7	П. 4.2.1	Табл. 14	Табл. 6	«Важіль. Виливок»
1–2	$\varnothing 90f9$ (-0,036; -0,123)	7,0	0,5	8,0	Тонкий	4,0	10	9,3	$\varnothing 100 \pm 3,5$
25	$\varnothing 48H14(+0,62; 0)$	6,4	0,5	6,4	Чорновий	3,2	10	5,1	$\varnothing 43 \pm 3,2$
16–17	$147h12(0; -0,4)$	8,0	0,64	8,0	Чорновий	4,0	10	6,0	$153 \pm 4,0$
8–16	$40h10(0; -0,1)$	5,6	0,5	6,4	Чистовий	3,2	10	7,3	$47 \pm 2,8$
7–8	$60H12(+0,3; 0)$	6,4	0,5	6,4	Чорновий	3,2	10	5,1	$52 \pm 3,2$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТМ 91320002–00.ПЗ

Арк.

20

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків на обробку і проміжні граничні розміри виконується для поверхні $\varnothing 90f9(-0,036; -0,123)$ мм з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм. Вихідні дані: вилівка 13Т-7-18-11 Зм. 5,0 ГОСТ 26645-85 в піщано-глинясті форми, вага деталі 10,2 кг, вага заготовки 13,4 кг.

Заготовка (вилівка) $R_{z_{i-1}} + H_{i-1} = 600$ мкм [4, т. 4.3, с. 63].

Чорнове точіння $R_{z_{i-1}} = 50$ мкм і $H_{i-1} = 50$ мкм [4, т. 4.6, с. 65].

Чистове точіння $R_{z_{i-1}} = 30$ мкм і $H_{i-1} = 30$ мкм [4, т. 4.6, с. 65].

Просторове відхилення для заготовки визначається за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_3^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 90)^2 + 700^2} = 703 \text{ мкм},$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – величина жолоблення вилівки; $\rho_{\text{жол}} = \Delta_K \cdot D$.

$\Delta_K = 0,7$ мкм/мм – питома кривизна заготовки [4, т. 4.8, с. 71]; $D = 90$ мм – діаметр оброблювальної поверхні; $\rho_3 = T_{\varnothing 100 \pm 3,5} = 700$ мкм – допуск заготовки.

Просторові відхилення для чорнового і чистового точіння

$$\rho_{\text{чорн}} = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 703 = 42 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{чист}} = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 703 = 28 \text{ мкм}.$$

Похибка установа заготовки $\varepsilon_{y \text{ чорн}}$ при чорновому точінні визначиться за формулою:

$$\varepsilon_{y \text{ чорн}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{440^2 + 0^2} = 440 \text{ мкм},$$

де $\varepsilon_6 = 440$ мкм – похибка установа заготовки в пристрій з пневматичним затисненням [4, т. 4.12, с. 79–82];

$\varepsilon_3 = 0$ – сила закріплення (не впливає на точність оброблювальної поверхні).

Чорнове і чистове точіння виконується на одному технологічному переході з однієї установки [4, с. 85] і тому $\varepsilon_{y \text{ чист}} = 0$.

За програмою «*prp.ver.7.1*» ЕОМ (див. додаток Б) розраховуємо припуски та граничні розміри на технологічні переходи операції і будуємо схему розташування припусків і допусків для обробки поверхні $\varnothing 90f9$ мм (див. рис. 6.1).

									Арк.
									21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

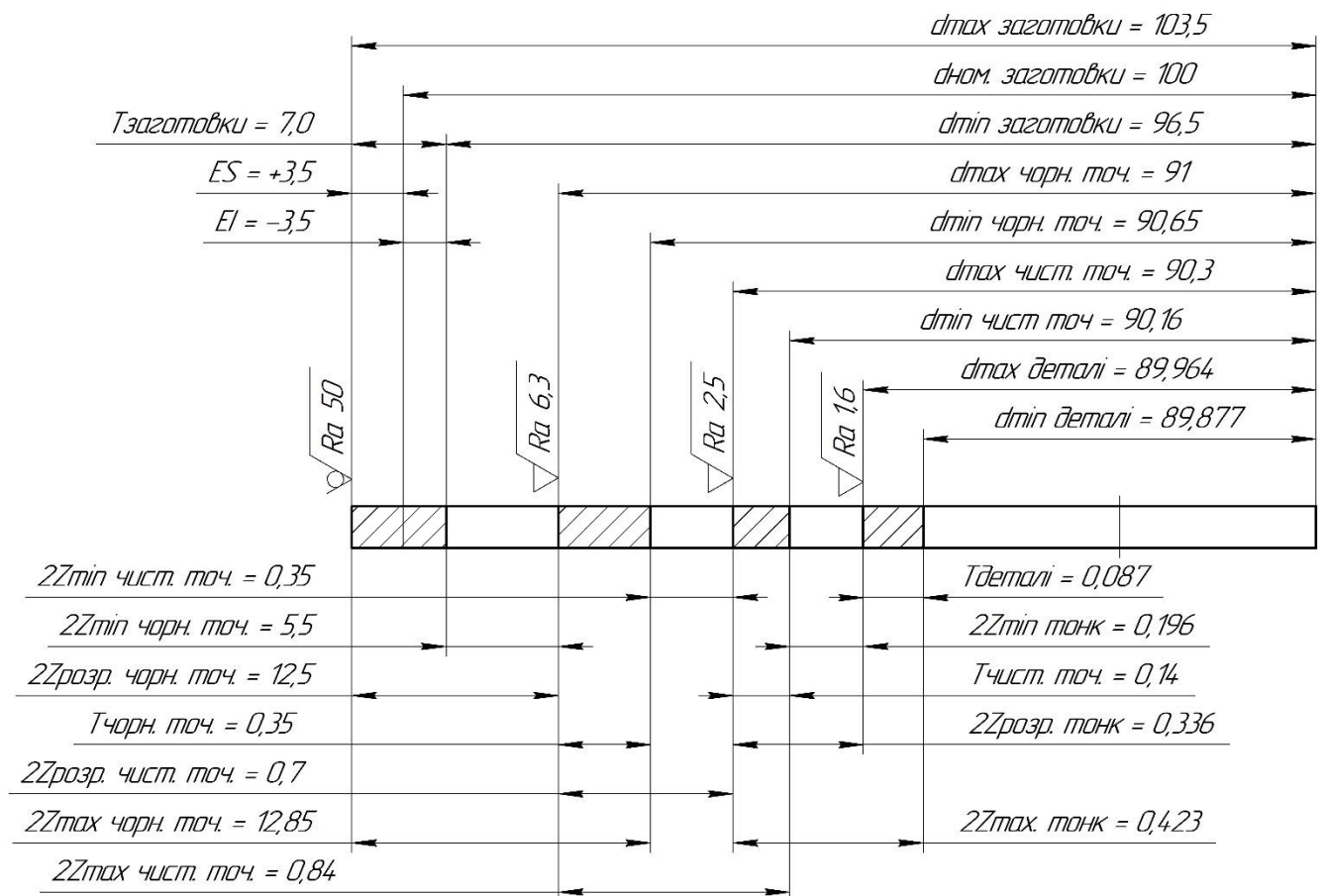


Рисунок 6.1 – Схема розташування припусків і допусків на обробку поверхні діаметром 90f9(-0,036; -0,123) мм

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Операція 20 «Токарна з ЧПК». Операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті моделі Star Chip 450. Для установлення заготовки на операції застосовується пневматичний токарний патрон, яким комплектується верстат. На рисунку 6.2 наведена схема базування заготовки на установках А та Б.

На установі А точаться базові поверхні – торець 1 і циліндрична поверхня 2. Заготовка установлюється на необроблені поверхні – торець $\varnothing 100/\varnothing 43$ і циліндричну поверхню $\varnothing 100$ мм довжиною 15 мм. У вибраній системі координат торець є установчою базою (УБ) і позбавляє заготовку трьох ступенів свободи. Циліндрична поверхня $\varnothing 100$ мм є подвійно-опорною базою (ПОБ) і позбавляє заготовку двох ступенів свободи. Позбавляти заготовку шостої ступені свободи не потрібно, тому що вона не впливає на точність розмірів поверхонь, які виконуються

						ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			22

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

Таблиця 6.1 – Ступені позбавлення свободи

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

В наведеній схемі базування заготовки допуск розміру $18h11(0;-0,1)$ мм витримується, тому що обробка виконується на верстаті з ЧПК і при налагодженні різця відбувається суміщення технологічної (ТБ) та вимірювальної (ВБ) баз. Похибка базування в напрямку витримуюемого розміру дорівнює нулю.

На установі Б (див. рис. 6.2) заготовка установлюється на базові поверхні 1 та 2, які оброблені на установі А. Схема базування на установі Б аналогічна схемі, наведеної на установі А (див. табл. 6.1 та 6.2). На установі Б оброблюються поверхні 3,...,8. Точність діаметральних розмірів поверхонь 4,...,8 витримуються на операції. Точність виконання лінійних розмірів 4, 6, 7, 8 залежить від допуску розміру $147h12(0; -0,4)$ мм, який пов'язує ТБ із ВБ. Допуски лінійних розмірів $12(+0,43; 0)$ мм та $50\pm 0,31$ мм поверхонь 6 і 7 становлять відповідно 0,43 мм і 0,62 мм і є більшими за допуск розміру $147h12(0,4)$ мм). Тому наведені лінійні розміри будуть витримані.

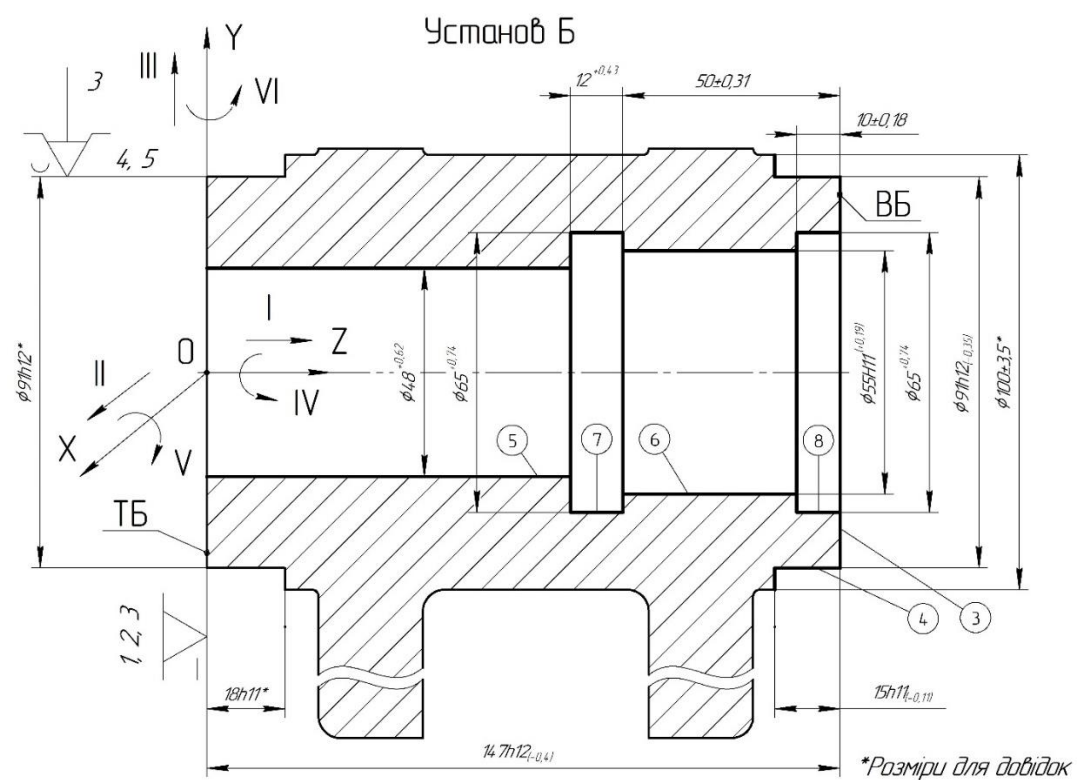
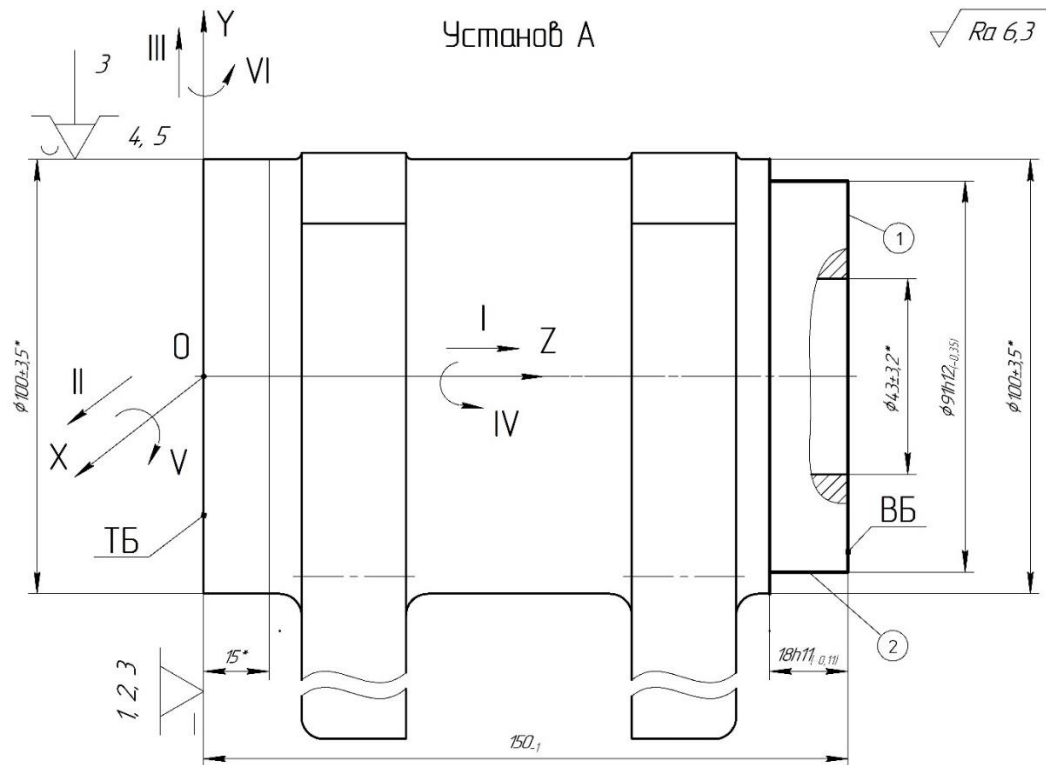


Рисунок 6.2 – Схема установки заготовки на операції 020. Установи А і Б

Допуск розмірів $15h11(0; -0,1)$ мм та $10_{\pm 0,18}$ мм поверхонь 4 і 8 становлять відповідно 0,1 мм та 0,36 мм і є меншими ніж допуск розміру $147h12(0,4)$ мм). Виникає похибка базування, яка дорівнює 0,4 мм. Для її виключення треба

										Арк.
										24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМ 91320002–00.ПЗ					

сумістити ТБ і ВБ. Таким чином, запропонована схема базування на операції 020 може бути реалізована для виконання технічних вимог креслення деталі.

Операція 040 «Свердлильна з ЧПК». Операція виконується на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК моделі KST 16V. Заготовка установлюється в спеціально розроблений верстатний пристрій. На рисунку 6.3 наведена схема базування заготовки на операції.

Заготовка установлюється торцем на базову плиту пристрою, яка позбавляє її трьох ступенів свободи (УБ). Пристрій має базовий циліндричний палець, який базує заготовку по отвору діаметром 56H7 і реалізує посадку 56H7/f7. Заготовка позбавляється двох ступенів вільності (ПОБ). Шоста степінь свободи заготовка позбавляється упором (ОБ), який установлюється в один із пазів розміром 35H10. При базуванні по упору реалізується посадка 35H10/d10. Базування заготовки за наведеною схемою 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, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Всього	2	2	2	6-ь зв'язків

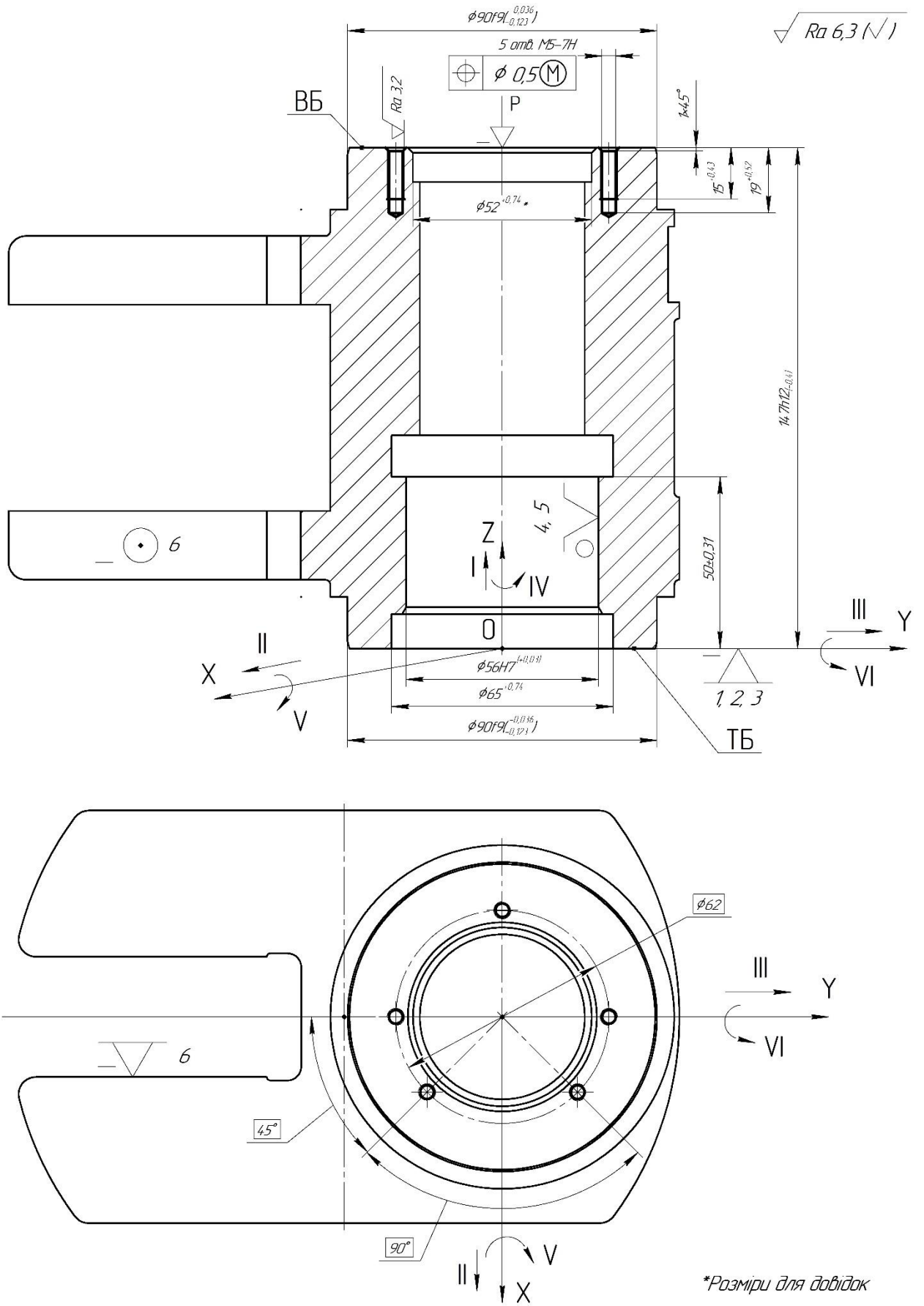


Рисунок 6.3 – Схема установки заготовки на операції 040

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТМ 91320002-00.ПЗ

Арк.

26

При свердлінні п'яти отворів глибиною 19(+0,52; 0) мм похибка базування дорівнює допуску 0,4 мм розміру 147h12(0; -0,4) мм, який з'єднує ТБ і ВБ. Допуск глибини отворів дорівнює 0,52 мм є більшим ніж похибка базування. Допуски діаметрів отворів під різьбу Ø4,2 мм і різьби M5x0,8-7H витримуються мірним різальним інструментом, відповідно свердлом і мітчиками (чорновим і чистовим).

Таким чином, похибка базування не впливає на точність розмірів різьбових отворів. Запропоновану схему базування і закріплення заготовки можна прийняти для обробки різьбових отворів на операції 040 «Свердлильна з ЧПК».

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Операція 020 «Токарна з ЧПК». В існуючому технологічному процесі на токарних операціях застосовується токарний верстат з ЧПК моделі 16K20Ф3. Ця модель верстата є застарілою і не виготовляється підприємствами верстатобудування. Для обробки поверхонь заготовки методом точіння у дрібносерійному виробництві можна застосувати сучасний верстат з ЧПК моделі Star Chip 450 [6]. Технічна характеристика токарно-гвинторізного верстата з ЧПК моделі Star Chip 450 наведена в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Технічна характеристика верстата з ЧПК моделі Star Chip 450

Найменування параметрів	Чисельне значення
1	2
Керування	Fanuc Oi-Mate
Найбільший діаметр точіння, мм:	
- над станиною	450
- над супортом	200
Найбільший діаметр деталі, мм	280
Найбільша довжина деталі, мм	500
Кількість обертів шпинделю, об/хв	45 – 4000
Подача (б/с), мм/об	
- повздовжня	0,01 – 2,8
- поперечна	0,005 – 1,4
Тип головного двигуна	Fanuc B12/7000i
Потужність двигуна шпинделя, кВт	11
Кріплення шпинделя	A 2-5

Продовження таблиці 6.5

1	2
Шпиндельний отвір, мм	Ø35
Отвір патрона, мм	Ø50
3-и кулачковий гідравлічний патрон	8" (210 мм)
Максимальний момент обертання шпинделя, Нм	124
Довжина ходу, мм:	
- вісь X	170
- вісь Z	500
Прискорений рух, м/хв	20
Кількість інструментальних місць	8
Хвостовик інструмента, мм	25 x 25
Габарити (Д x Ш x В), мм	3625 x 1700 x 1700
Вага, кг	5000

Операція 040 «Свердлильна з ЧПК». В існуючому технологічному процесі на свердлильній операції застосовується застарілий верстат моделі 2Н118. Пропонується на операції застосувати настільний верстат з ЧПК моделі KST 16V із ступінчастим регулюванням частоти обертання шпинделя і автоматичним пристроєм для нарізання різьби. На верстаті виконуються свердління, зенкування, розгортання, нарізання різьби з великою точністю. Стисла технічна характеристика свердлильного верстата з ЧПК моделі KST 16V наведена в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Технічна характеристика верстата моделі KST 16V

Найменування параметрів	Чисельні значення
1	2
Максимальний діаметр свердління, мм	16
Робоча поверхня стола, мм	425 x 425
Діаметр колони, мм	85
Висота пінолі, мм	100
Виліт, мм	180
Максимальна відстань:	
шпиндель / стіл, мм	425
шпиндель / підвалина, мм	610
Кількість T-шліців (2), мм	14H8 x 95
Затискна площа стола, мм	280 x 310
Технологічний хід пінолі, мм	180
Частота обертів шпинделя, об/хв	290; 580; 820; 1160; 1640; 2000
Автоматична подача шпинделя, мм/об	0,1; 0,14; 0,17; 0,25

						ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			28

Продовження таблиці 6.6

1	2
Автоматична подача стола, мм/хв	24; 48; 96; 152; 242; 384; 607; 720
Потужність двигуна, кВт	0,75
Висота верстата, мм	1050
Маса, кг	108

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 020 «Токарна з ЧПК». Заготовка установлюється в трикулачковий пневматичний токарний патрон 7100-0061 ГОСТ 2675-80.

Різальний інструмент. Для точіння зовнішніх поверхонь заготовки застосовується контурний різець 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20871-80. Для розточування внутрішніх отворів застосовується розточувальний різець 2145-0551 Т5К10 ГОСТ 20874-75. Розточування канавки Ø65x12 мм виконується спеціальним канавковим різцем з напаяною пластиною твердого сплаву Т5К10.

Вимірювальний інструмент. Вимірювання діаметральних і лінійних розмірів заготовки виконується штангенциркулем ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89. Шорсткість поверхонь вимірюється зразками шорсткості згідно ГОСТ 9378-75.

Операція 040. «Свердлильна з ЧПК». Базування і закріплення заготовки для свердління п'яти отворів з різьбою М5x0,8-7Н виконується у спеціально розробленому верстатному пристрою ТМ391320002-07-01.00.00 СК (дивись розділ 7 пояснювальної записки).

Різальний інструмент. Для свердління отворів під різьбу М5x0,8-7Н приймається свердло Ø4,2 мм з циліндричним хвостовиком [8, т. 27, с. 271-272]. Матеріал свердла – швидкорізальна сталь марки Р6М5. Умовне позначення інструмента: свердло 2300-0674 Р6М5 ГОСТ 4010-77.

Для обробки фасок застосовується конічна зенківка з конічним хвостовиком діаметром 16 мм. Умовне позначення: зенківка 2353-0133 Р6М5 ГОСТ 14953-80 [8, т. 23, с. 328].

					ТМ 91320002-00.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для нарізання різьби М5х0,8–7Н приймаються чорновий і чистовий машинні мітчики. Умовне позначення: мітчик 2620-1123 Н2 Р6М5 ГОСТ 3266-81.

Вимірювальний інструмент. Контроль різьбових отворів виконується калібром різьбовим ПР/НЕ М5х0,8–7Н ГОСТ 17756-72. Кутове розташування отворів виконується шаблонами (45°±30') та (90°±30'). 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 «Токарна з ЧПК». Розрахунок режимів різання виконується для другого технологічного переходу. Точиться Ø100±3,5 мм до Ø91h12(0; -0,35) мм на довжину 15h11(0; -0,1) мм. Шорсткість поверхні – R_a = 6,3 мкм.

Вихідні дані: різець 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20872–80; матеріал заготовки – сталь 20ГЛ ГОСТ 977-88, маса – 13,4 кг. Геометрія різальної пластини різця: φ = 95°, φ₁ = 10°, γ = 10°, λ = 0°, r = 1,0 мм, розміри державки різця – 20×20 мм.

1 Глибина різання t = (100–91)/2 = 4,5 мм.

2 Подача інструмента [4]: S = (0,5 – 1,1) мм/об. Приймаємо S = 0,7 мм/об.

3 Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

де C_v = 350 – коефіцієнт, який враховує умови обробки [4];

T = (30 – 60) хв – період стійкості різця; приймається T = 60 хв;

m = 0,2; x = 0,15; y = 0,35;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv},$$

де K_{mv} = K_r · (750/σ_B)ⁿ – поправний коефіцієнт, який враховує міцність оброблювального матеріалу; K_r = 1; n = 1,0 [4, т. 2, с. 262];

K_{pv} = (0,8–0,85) – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки; приймається K_{pv} = 0,85 [4, т. 5, с. 263];

K_{iv} = 0,65 – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструмента (Т5К10).

						Арк.
					ТМ 91320002–00.ПЗ	30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$K_v = 1 \cdot \left(\frac{750}{550}\right)^{1,0} \cdot 0,85 \cdot 0,65 = 0,75.$$

$$V = \frac{350 \cdot 0,75}{60^{0,2} \cdot 4,5^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} = 104,6 \text{ м/хв.}$$

4 Частота обертання шпинделя верстата визначається за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104,6}{3,14 \cdot 100} = 334 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата приймаємо $n_{\pi} = 350$ об/хв. Тоді, фактична швидкість різання становить

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 350}{1000} = 110 \text{ м/хв.}$$

5 Сила різання визначається за формулою [4]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p},$$

де K_{mp} – коефіцієнт, який враховує міцність оброблювального матеріалу;

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{550}{750}\right)^{0,75} = 0,79,$$

$K_{\phi p} = 0,89$ – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані;

$K_{\gamma p} = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута різця;

$K_{\lambda p} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головної різальної кромки різця.

$$K_p = 0,79 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,77.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4,5^{1,0} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 110^{-0,15} \cdot 0,77 = 3931 \text{ Н.}$$

6 Потужність різання визначається за формулою [4]:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} = \frac{3931 \cdot 110}{1020 \cdot 60} = 7,1 \text{ кВт.}$$

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт} > N_p = 7,1 \text{ кВт.}$$

Таким чином, розрахований режим різання реалізується.

7 Визначимо машинний (основний) час обробки на виконуємому переході:

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(18 + 1,5 + 0) \cdot 1}{0,7 \cdot 350} = 0,08 \text{ хв,}$$

де $L = (L_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}})$ – розрахована довжина обробки; $L_0 = 18$ мм – довжина оброблювальної поверхні заготовки; $l_{\text{вр}} = 1,5$ мм – величина врізання інструмента; $l_{\text{пер}} = 0$ – величина перебігу інструмента; $i = 1$ – кількість ходів інструмента.

Режими різання за іншими переходами наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Режими різання на операції 020 «Токарна з ЧПК»

Номер оброблювальної поверхні	D, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	T ₀ , хв
Установ А								
1	100/43	31	3,0	1	0,2	400	125,6/54	0,39
2	100	19,5	4,5	1	0,7	350	110	0,08
Установ Б								
3	100/43	31	3,0	1	0,2	400	125,6/54	0,39
4	100	16,5	4,5	1	0,7	350	110	0,07
5	48	150	2,5	1	0,5	630	95	0,48
6	55	73,5	3,5	1	0,5	630	108,8	0,24
7	65	6,5	Напуск	1	0,1	400	81,6/69,1	0,17
8	65	11,5	5	2	0,1	500	102,1	0,46
Всього								2,28

Операція 040 «Свердлильна з ЧПК». Верстат моделі KST 16V. Потужність верстата $N = 0,75$ кВт. На операції свердяться і нарізається різьба в п'яти отворах $M5 \times 0,8-7H$, шорсткість поверхні різьби $R_a = 3,2$ мкм.

На першому переході свердлиться отвір під різьбу М5 діаметром $D = 4,2$ мм. Різальний інструмент: свердло діаметром 4,2 мм, матеріал свердла Р6М5.

1 Глибина різання $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 4,2 = 2,1$ мм.

2 Подача $S = (0,13 - 0,19)$ мм/об [6, т. 25, с. 277]. Приймаємо $S = 0,19$ мм/об.

Подачу S корегуємо на коефіцієнти $K_\phi = 0,5$ і $K_{ls} = 0,9$ [6, т. 25, с. 277]. Тоді

$$S_0 = S \cdot K_\phi \cdot K_{ls} = 0,19 \cdot 0,5 \cdot 0,9 = 0,086 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S_0 = 0,1$ мм/об.

3 Визначаємо швидкість різання V , м/хв:

									Арк.
									32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМ 91320002–00.ПЗ				

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S_o^y} = \frac{7 \cdot 4,2^{0,4} \cdot 0,58}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} = 15,73 \text{ м/хв},$$

де $C_v = 7$; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$ [6, т. 28, с. 278];

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV} = 0,77 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,58,$$

де $K_{LV} = 0,75$ [6, т. 31, с. 280]; $K_{IV} = 1$ [6, т. 6, с. 263];

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{550}\right)^{-0,9} = 0,77 \text{ [6, т. 1, с. 261];}$$

$K_{\Gamma} = 1$ [6, т. 2, с. 262]; $n_v = -0,9$ [6, т. 2, с. 262];

$T = 15$ хв – стійкість фрези [6, т. 30, с. 279-280].

4 Визначимо частоту обертання свердла n , об/хв.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 15,73}{3,14 \cdot 4,2} = 1193 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо згідно паспорту верстата $n_{\Pi} = 1160$ об/хв. Тоді

$$V_{\Phi} = \frac{\pi D n_{\Pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4,2 \cdot 1160}{1000} = 15,3 \text{ м/хв.}$$

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

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S_{\Pi}^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,034 \cdot 4,2^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,79 = 0,76 H \cdot м;$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 4,2^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,79 = 452 H,$$

де $C_m = 0,034$; $q = 2,0$; $y = 0,8$; $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ [6, т. 32, с. 281];

$$K_p = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{550}{750}\right)^{0,75} = 0,79,$$

де $n = 0,75$ [6, т. 9, с. 264].

6 Визначимо потужність різання N_e , кВт.

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_{\Pi}}{9750} = \frac{0,76 \cdot 1160}{9750} = 0,09 \text{ кВт.}$$

$$N = 0,75 \cdot 0,8 = 0,6 \text{ кВт} > N_e = 0,09 \text{ кВт.}$$

7 Визначимо основний час T_0 , (хв) операції за формулою:

$$T_0 = \frac{L_p \cdot i \cdot m}{S_o \cdot n_{\Pi}} = \frac{20,5 \cdot 1 \cdot 5}{0,1 \cdot 1160} = 0,9 \text{ хв},$$

										Арк.
										33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

де $L_p = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 19 + 1,5 + 0 = 20,5$ мм – розрахункова довжина обробки одного отвору; $i = 1$ – кількість ходів інструмента; $m = 5$ – кількість оброблювальних отворів.

Режими різання операції 040 «Свердлильна з ЧПК» наведені в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Режими різання на операції 040

Різальний інструмент, матеріал	t, мм	i	S ₀ , мм/об	n, об/хв	V, м/хв	M _{кр} , Н·м	N _е , кВт	T _о , хв
Свердло Ø4,2; P6M5	2,1	1	0,1	1160	15,3	0,76	0,09	0,9
Зенківка Ø16; P6M5	0,5	1	0,14	580	29,1	1,0	0,06	0,13
Мітчик M5x0,8; P6M5	0,45	1	0,8	290	3,82	1,9	0,06	0,47
Мітчик M5x0,8–7H; P6M5	0,2	1	0,8	290	3,82			0,47
Всього								1,97

6.6 Технічне нормування операцій

Штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$ обробки заготовок на операціях 020 «Токарна з ЧПК» та 040 «Свердлильна з ЧПК» в умовах дрібносерійного типу виробництва визначається за формулою:

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

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

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

T_o – основний (машинний) час операції;

T_d – допоміжний час операції;

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

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

Операція 020 «Токарна з ЧПК». Підготовчо-завершальний час для виконання операції складається із: отримання інструмента і пристроїв до початку і віддача їх після обробки заготовок – 10 хв; налагодження верстата, інструментів і пристроїв – 12 хв; установлення (базування і закріплення) заготовки в трикулачковому токарному пневматичному патроні – 7 хв; $T_{п-з} = 10 + 12 + 7 = 29$ хв.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Основний (машинний) час операції $T_0 = 2,28$ хв.

Допоміжний час операції $T_d = 0,39$ хв.

Час обслуговування робочого місця і перерви на відпочинок та особисті потреби працюючого визначається в процентах (5%) від оперативного часу $T_{оп}$

$$T_{обс} + T_{від} = T_{оп} \cdot \frac{5\%}{100\%} = (2,28 + 0,39) \cdot 0,05 = 0,14 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час операції

$$T_{ш-к} = \frac{29}{60} + 2,28 + 0,39 + 0,14 = 2,8 \text{ хв.}$$

Операція 040 «Свердильна з ЧПК». Підготовчо-завершальний час складається із установаження і налагодження пристрою на столі верстата – 9 хв; отримання пристрою, різального інструмента до початку і віддача їх після оброблення заготовок – 5 хв; керування верстатом для послідовної обробки п'яти отворів з різьбою М5х0,8–7Н – 8 хв [2, т. 6.4, с. 216-217]. Тоді,

$$T_{п-з} = 9 + 5 + 8 = 22 \text{ хв.}$$

Основний (машинний) час операції $T_0 = 1,97$ хв.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_d = 1,85(T_{ус} + T_{зо} + T_{кер} + T_{вим}) = 1,85(0,39 + 0,15 + 0,09 + 3,48) = 7,61 \text{ хв,}$$

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

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

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

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

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

Оперативний час $T_{оп} = T_0 + T_d = 1,97 + 7,61 = 9,58$ хв.

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

Час обслуговування робочого місця та перерви:

$$T_{об} + T_{пер} = \Pi T_{оп} = 0,06 \cdot 9,58 = 0,58 \text{ хв},$$

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

$$T_{ш-к} = \frac{22}{60} + 1,97 + 7,61 + 0,58 = 10,6 \text{ хв}.$$

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Обґрунтування мети технологічної операції і завдання для проектування.

Свердління різьбових отворів виконується на операції 040 «Свердлильна з ЧПК». На операції використовується вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі KST 16V, з розмірами стола 425 x 425 мм, двома пазами 14H8 мм, відстанню між пазами – 95 мм.

Несприятливий режим різання виконується при нарізанні різьби M5x0,8–7H в отворі Ø4,2 мм: $t = 0,45$ мм; $S_n = 0,8$ мм/об; $V = 3,82$ м/хв; $n = 290$ об/хв; $M_{кр} = 1,9$ Н·м; $N = 0,06$ кВт.

Також при свердлінні отвору Ø4,2 мм виникає осьова сила, яка має напрям уздовж осі отвору $P_0 = 423$ Н (див. табл. 6.8).

На операції точність розмірів, форма, шорсткість поверхонь отворів Ø4,2H12 і M5x0,8–7H забезпечиться параметрами «мірних» різальних інструментів: свердлом Ø4,2H12 і двома мітчиками M5x0,8–7H. (чорновим і чистовим). Точність розташування всіх оброблювальних отворів забезпечиться кінематичною точністю верстата. Точність взаємного розташування поверхонь, які оброблюються на операції, із поверхнями оброблених на попередніх операціях, залежить від призначених технологічних баз, их форми і шорсткості поверхні. Також на точність вплине вектор і скалярна величина сили закріплення.

Уточнимо точність параметрів базових поверхонь.

Торцева поверхня розміром Ø90f9/Ø65 мм – кільцева поверхня важеля з шорсткістю $R_a = 3,2$ мкм. Допуск форми торцевої поверхні характеризується відхиленням від площинності і на кресленні не зазначений, тому його встановлюємо залежно від допуску на розмір 147h12(0; -0,4) мм. Згідно ГОСТ 24643–81 для 12-го квалітету допуск форми поверхні дорівнює 240 мкм.

Форма циліндричної поверхні заготовки Ø56H7(+0,03; 0) мм характеризується відхиленням від циліндричності. Шорсткість поверхні становить $R_a = 3,2$ мкм. Величина допуску на відхилення від циліндричності буде дорівнювати 18 мкм.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для бокових плоских поверхонь паза розміром $35H10(+0,1; 0)$ мм з шорсткістю цих поверхонь $Ra = 1,6$ мкм допуск форми буде дорівнювати 64 мкм.

Аналіз вихідної інформації виявив основні фактори, які впливають на точність параметрів оброблюваних різьбових отворів. Це осьова сила $P_0 = 423$ Н і крутний момент $M_{кр} = 1,9$ Нм, що виникають при обробки різьбових отворів і їх треба компенсувати силами закріплення, які реалізуються роботою верстатного пристрою.

Метою операції є забезпечення технічних вимог креслення, які треба реалізувати в конструкції пристрою, застосувавши схеми базування і закріплення заготовки, та запропонувати механізований привод, що забезпечує потрібну силу закріплення заготовки.

При проектуванні конструкції пристрою треба забезпечити:

- 1) швидке і надійне базування та закріплення заготовки;
- 2) вільний і зручний доступ різального інструмента до оброблювальних поверхонь заготовки;
- 3) постійну за величиною та напрямком величину сили закріплення заготовки впродовж всього часу виконання операції.

Розроблення схем базування та закріплення заготовки в пристрої. Схема базування і закріплення заготовки наведена на рисунку 7.1.

Заготовка установлюється поверхнею торця $\varnothing 90f9/\varnothing 65$ мм на площину пристрою (УБ), отвором $\varnothing 56H7$ мм на коротку циліндричну оправку $\varnothing 56f7$ (ПОБ). Паз шириною $35H10$ з'єднується із циліндричним упором $\varnothing 35d10$ (ОБ). Таким чином, заготовка позбавлена шести степенів вільності (див. табл. 6.3 і 6.4).

Розглянемо дію сил різання і закріплення при обробки заготовки на операції. Спочатку виконується свердління отворів діаметром $4,2H12$ мм, потім зенкування фасок $1 \times 45^\circ$ і нарізання різьби $M5 \times 0,8-7H$ (див. рис. 7.1). При свердлінні отворів діаметром $4,2H12$ мм на заготовку діють крутний момент $M_{кр}$, осьова сила P_0 , сила ваги заготовки Q і сили тертя, які позначені коефіцієнтами тертя f_1 і f_2 . Аналогічні сили виникають при нарізання різьби $M5 \times 0,8-7H$. Коефіцієнт f_1 виникає при

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

контакті нижньої поверхні торця заготовки розміром $\varnothing 90f9/\varnothing 65$ мм заготовки із поверхнею пристрою (УБ). Коефіцієнт f_2 виникає при контакті верхньої поверхні торця заготовки $\varnothing 90f9/\varnothing 52$ мм з поверхнею затискача. Зі сторони затискача на заготовку діє сила закріплення P_3 . Напрямок дії сил Q , P_0 співпадають із напрямом сили P_3 . При розрахунку елементів пристрою чисельні значення сил Q і P_0 не враховуються.

Крутний момент $M_{кр}$ має змістити заготовку в площині поверхні стола пристрою. Зміщення заготовки треба компенсувати силами тертя, які на рисунку 7.1 позначені коефіцієнтами f_1 і f_2 . Величини сил тертя залежать від тиску повітря p_0 (МПа) в пневматичній системі та діаметру мембрани D пневматичного привода.

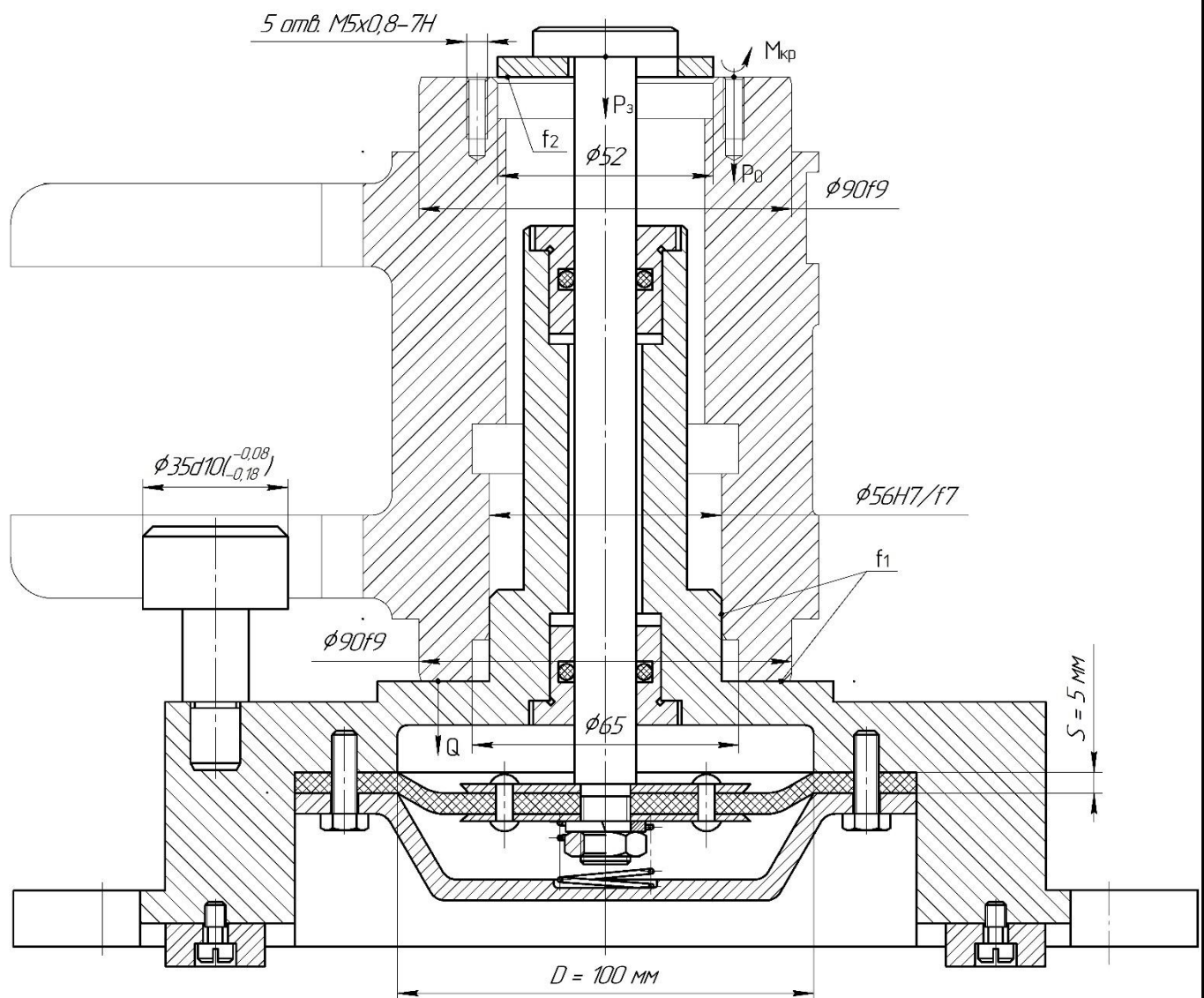


Рисунок 7.1 – Схема для розрахунку сили закріплення

						ТМ 91320002-00.ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

Сила закріплення P_3 визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{2KM_{кр}}{D_{ср} \cdot (f_1 + f_2)} = \frac{2 \cdot 4,1 \cdot 1,9}{0,0775 \cdot (0,16 + 0,16)} = 629 \text{ Н,}$$

де $M_{кр} = 1,9$ Нм – крутний момент, який діє при різанні різьби;

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

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

$D_{ср} = (0,090 + 0,065)/2 = 0,0775$ м – середній діаметр нижньої поверхні торця заготовки, яка контактує зі столом пристрою;

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

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

$$D = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{W}{0,196 \cdot p}} = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{829}{0,196 \cdot 0,4}} \cong 61 \text{ мм,}$$

де $W = P_3 + P_n = 629 + 200 = 829$ Н – сила мембранного пневматичного приводу;

$P_n = 200$ Н – сила пружини;

$p = 0,4$ МПа – тиск стислого повітря.

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

Приймаємо діаметр штоку $d = 16$ мм.

Визначаємо товщину діафрагми S [14, с. 114] за формулою:

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

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

Приймаємо товщину діафрагми $S = 5$ мм.

Визначимо хід штоку L при плоскій мембрані [14, с. 114] за формулою:

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

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

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

За розрахованими даними проектуємо конструкцію пристрою для свердління.

Розрахунок точності елементів пристрою. Точність розташування осей п'яти отворів М5х0,8–7Н відносно осі шпинделя верстата, в якому установлений різальний інструмент, залежить від точності розташування УБ пристрою. Повинна виконуватися умова, за якою УБ розташовується перпендикулярно до осі різального інструмента. Наведена умова залежить від допуску T_{np} паралельності УБ та нижньої площини плити «база Б» пристрою. Параметр T_{np} визначається за формулою:

$$T_{np} \leq T_d - K \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{обр}}^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2},$$

де $T_d = 120$ мм – допуск отвору Ø4,2Н12;

$K = 1,2$ – 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 заготовки в пристрої);

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

$\varepsilon_{\text{п}} = 10$ мкм – похибка перекосу інструмента (для верстатів з ЧПК свердлильної групи);

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

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

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

$$T_{np} \leq 120 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 10^2 + 90^2 + 10^2} = 10 \text{ мкм.}$$

						ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
							41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

Приймаємо $T_{пр} = 0,01$ мм і занесемо розраховану величину в перелік технічних вимог креслення пристрою для свердління.

Опис конструкції та роботи пристрою. Конструкція пристрою (дивись креслення ТМ391320002-07-01.00.00 СК) складається із корпусу 2, в якому розташований мембранний пневматичний привод односторонньої дії із пружиною стиснення 18.

В пневматичному приводі розташований кран розподільний 1, шток 5, дві напрямні втулки 7, мембрана 9, яка скріплена шістьма заклепками 16 з двома дисками 8. У верхній частині штока знаходиться затискна шайба 6. Нижня поверхня мембрани 9 підтиснута пружиною 18. В лівій частині корпусу установлений упор 4. В нижній частині до корпусу 2 привернути гвинтами 15 дві призматичні шпонки 21, які з'єднуються зі столом верстата посадкою 14H8/h9.

Для обробки отворів із різьбою заготовка установлюється на плоску поверхню стола та короткий циліндричний палець корпусу 2. Кутове положення заготовки фіксується упором 4, який входить у паз нижньої щочки важеля посадкою 35H10/d10. На заготовку установлюється затискна шайба 6 і вмикається розподільний кран 1.

В порожнину пневматичної камери від розподільного крана 1 надходить стисле повітря, яке вигинає мембрану 9 до низу і одночасно переміщує шток 5 до дотику із затискною шайбою 6. Заготовка затискається, а далі повністю оброблюється один із отворів (свердлиться отвір, зенкується фаска і нарізається різьба).

Розкріплення заготовки відбувається у зворотному напрямі. Рукоятка розподільного крана установлюється в положення, при якому стисле повітря виходить у атмосферу, а пружина стиснення 18 відновлює вихідне положення мембрани 9, штока 5. Затискна шайба 6 знімається із заготовки.

Робота пристрою при базуванні, закріпленні та розкріпленні заготовки проста, його обслуговування не потребує високої кваліфікації робочого-верстатника.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Зберігати пристрій треба на складі, запобігати ударів, різких змін температури. Перед налагодженням пристрій очистити від пилу, бруду, а рухомі частини змастити солідолом.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						43
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового призначення кульового крана та важеля. 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 важеля за якісними та кількісними показниками. Конструкція деталі за її окремими 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 двох поверхонь діаметром 90/9 мм. Обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки для двох операцій: 020 «Токарна з ЧПК» і 040 «Свердлильна з ЧПК». Для наведених операцій вибрані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент, розраховані режими різання і норми часу.

6. На операцію 040 «Свердлильна з ЧПК» спроектований спеціальній пристрій для швидкого і точного установлення заготовки на стіл верстата моделі KST 16V.

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

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

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Коваленко, І. В.** Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: підручник / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. – К.: Інрес : Воля, 2005. – 264 с.

2. **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.

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

4. **Дикань, В. Л.** Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.

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

6. **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.

7. **Бойко, Ю. І.** Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.

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

9. **Євтухов, В. Г.** Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів : для студ. спец. 6.05050201 «Технології машинобудування» / В. Г. Євтухов. – Суми : СумДУ, 2017. – 44 с.

					ТМ 91320002–00.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		