МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
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 КОРПУСУ ВТ 69.347-80.10.01

Здобувача групи **ТМ-91-1** **Каплун Владислав Валерійович**

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

_____ **Владислав КАПЛУН**
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник ст. викладач, канд. техн. наук Анна НЕШТА _____
(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: 52 с., 13 рис., 19 табл., 4 додатки, 7 літературних джерел.

Об’єкт розробки: корпус ВТ 69.347–80.10.01 «оболонки обігріву» кульового крана DN80, PN16.

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення корпусу ВТ 69.347–80.10.01.

Виконаний аналіз службового призначення кульового крана і корпусу та умов їх експлуатації. Проаналізовані і доповнені технічні вимоги креслення деталі «Корпус». За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – дрібносерійний, та форма його організації – групова.

Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними показниками. Вибраний спосіб одержання заготовки – штамповка на КГШП, розроблені технічні вимоги до її виготовлення.

Виконаний аналіз технологічного процесу виготовлення деталі, вибрані і обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 015 «Токарна з ЧПК» і 040 «Свердлильна з ЧПК».

Розраховані припуски і граничні розміри за технологічними переходами на внутрішню поверхню діаметром 124$H9$(+0,1; 0) мм.

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

Спроектований верстатний пристрій для свердління чотирьох отворів на операції 040 «Свердлильна з ЧПК».

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

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

ЗМІСТ

С.

Вступ 4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації 5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі 9
3 Визначення типу виробництва та форми його організації 12
4 Аналіз технологічності конструкції деталі 16
5 Вибір способу виготовлення заготовки і розробка технічних вимог до неї 20
6 Аналіз існуючого технологічного процеса 26
6.1 Зміни до існуючого технологічного процесу 26
6.2 Розрахунок припусків на механічну обробку 27
6.3 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки 28
6.4 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів 34
6.5 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, різального і вимірювального інструментів 36
6.6 Розрахунок режимів різання 38
7 Проєктування верстатного пристрою 45
Висновки 51
Перелік джерел посилання 52

					ТМ 21510020–00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.		Каплун			Проєктування технологічного процесу виготовлення корпусу ВТ 69.347-80.10.01. Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш 3 / Аркушів 52
Перев.		Нешта					
Реценз.						СумДУ, ТМ–91-1	
Н. контр.		Євтухов					
Затв.		Іванов					

ВСТУП

Кульові крани різноманітних конструкцій, які продаються на світовому ринку, повинні відповідати високим показникам якості, надійності, довговічності і мати низьку собівартість виготовлення. Перелічені показники безпосередньо впливають на якість продукції, яка виготовляється із застосуванням кульових кранів.

На АТ «НІКМАС» розроблений і впроваджений у виробництво технологічний процес виготовлення кульового крана DN80 PN16, стосовно одиничного типу виробництва. Але ринок потребує збільшення об’єму випуску зазначеної продукції.

Однією із відповідальних деталей кульового крана є корпус ВТ 69.347–80.10.01 від якого залежить якісна та надійна робота всього виробу в умовах виготовлення відповідної продукції. Технологами підприємства в технологічному процесі виготовлення корпусу за умовами одиничного виробництва застосовані технологічне обладнання, оснастка, інструмент цього підприємства.

Для збільшення об’єму виготовлення виробів перед технологами підприємства поставлено завдання – забезпечити якісну конструкторську і технологічну підготовку виробництва зазначеної деталі.

В межах виробничої програми виникає потреба в розробленні рентабельних методів виготовлення заготовок, застосування на механічних дільницях спеціалізованого, високопродуктивного і точного обладнання, технологічного оснащення, металорізального та вимірювального інструментів.

Таким чином, розроблення оптимального технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» ВТ 69.347–80.10.01 для визначених умов виробництва є метою бакалаврської роботи.

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

Деталь «Корпус» ВТ 69.347-80.10.01 виготовляється на підприємстві АТ «НІКМАС» і є однією із основних деталей складової одиниці «оболонка обігріву» кульового крана DN80, PN16 [1].

Кульовий кран DN80, PN16 є спеціальним зачинено-регулюючим устроєм, який застосовується в технологічних лініях підприємств хімічної, коксохімічної, нафтопереробної, металургійної, целюлозно-паперової та інших галузях промисловості. Основна перевага кульового крана: низький гідравлічний опір, постійний взаємний контакт ущільнювальних поверхонь, які зменшують корозію і дозволяють використовувати змащування, невеликі габарити виробу.

Кульовий кран забороняється використовувати при підвищеної концентрації шкідливих хімічних речовин (агресивних і токсичних): лугів, сірчаної, сірчистої, мурашиної, оцтової кислот на робочих місцях при експлуатації і ремонті виробу.

Концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати даних, наведених в ГОСТ 12.1.005-88. У разі ручного керування приводом кульового крана забороняється використовувати важелі із збільшеним плечем.

Технічна характеристика кульового крана DN80, PN16 наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика кульового крана DN80, PN16

Технічна характеристика	Позначення технічної характеристики
1	2
Робоче середовище	Варений розчин, варена кислота, водяний пар, целюлозна суспензія після варення, розчин хімікатів і т. ін. із змістом NaOH до 65%, H_2S до 25%, Na_2SO_4 до 10%, $NaSO_4$ до 5%, SO_2 до 12%, кислот (мурашиної, оцтової, сірчистої, сірчаної) до 1,5% і т. ін. Агресивні кислотно-лугові розчини і суспензії із концентрацією механічних домішок до 40 мг/л, розміри часток до 100 мкм.
Швидкість робочого середовища	- для газових середовищ – 10-35; - для водяних середовищ – 0,5-4,0; - для целюлозної суспензії – 0,2-1,5.
Габаритні розміри крана	288 х 150 х 302
Герметичність в затворі	Клас А згідно ГОСТ 9544-93

Продовження таблиці 1.1

1	2
Тип приєднання	Фланцевий згідно ГОСТ 12815-80 виконання 1
Кліматичне виконання	У1, УХЛ1 згідно ГОСТ 15150-80
Середній строк служби	Не менше 10-и років
Середній ресурс	Не менше 1500 циклів
Напрацювання на відмову	Не менше 1000 циклів
Строк зберігання	Не менше 2-х років
Температура робочого середовища	+2° – +350° С
Температура зовнішнього середовища	–45° – +45° С
Максимальний перепад тиску при відчиненні крана	1,6 МПа
Допустимий крутний момент для повороту пробки	20 Нм
Маса	25,8 кг

Деталь «Корпус» ВТ 69.347-80.10.01 є складовою частиною складальної одиниці кульового крана – «оболонки обігріву». Конструкція корпусу складається із багатьох окремих поверхонь, які мають різні функції при роботі виробу (див. рис. 1.1).

Виконавчими поверхнями корпусу є поверхні 12, 13, 14, 19, 33, які виконують свої виконавчі функції безпосередньо. В поверхнях 12, 13, 14, 33 знаходиться пар під тиском і відповідною температурою, а через поверхню 19 транспортується робоча рідина в зону, де відбувається хімічна реакція.

Поверхні 8, 28, 35 (чотири із восьми різьбових отворів) є основними конструкторськими базами (ОКБ), які визначають розташування деталі у виробі, а саме в трубопроводі, де корпус застосовується як запірне-регулюючий устрій. Схема базування корпусу в кульовому крані наведена в таблицях 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв’язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3	I, V, VI	Установча (УБ)
4, 5	II, III	Подвійна опорна (ПОБ)
6	IV	Опорна (ОБ)

Таблиця 1.3 – Матриця зв’язків

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

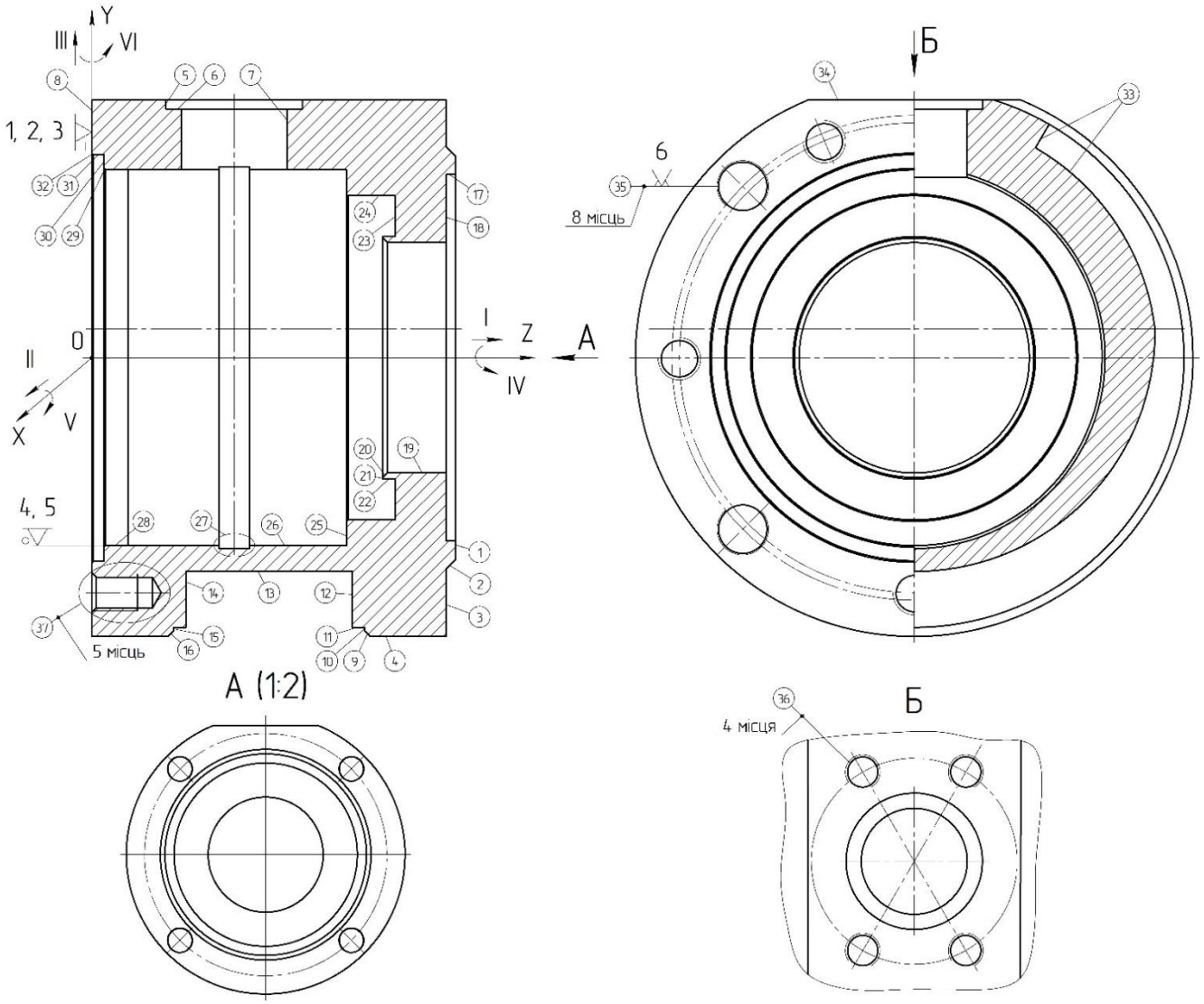

Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Корпус» із нумерованими поверхнями

Поверхні 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 15, 16, 22, 23, 24, 34, 35 (4-и отвори, які розташовані на торцевій поверхні 3), 36 37 є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ), які визначають розташування приєднаних деталей до корпусу. Поверхня 34

визначає розташування корпусу сальника; поверхні 5 і 6 – ущільнювальні прокладки; поверхня 7 – підшипника. Поверхнями 8, 28, 35 корпус приєднується до фланця трубопроводу; поверхні 22, 23, 24 визначають розташування сідла; поверхні 10, 11, 15 з'єднуються з обичайкою «оболонки обігріву». Поверхні 9 і 16 передбачені для зварювання обичайки з «оболонкою обігріву».

Інші поверхні деталі є вільними поверхнями і визначають її габарити і конфігурацію.

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

В корпусі передбачена установка и закріплення інших деталей кульового крана. Робочим середовищем кульового крана є агресивні кислотно-лугові розчини, суспензії, кислоти та інші речовини, які надходять в порожнини корпусу під тиском, який не перевищує 2,5 МПа. Для забезпечення зносостійкості робочих поверхонь корпусу застосовується жаростійка сталь марки 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72. Сталь марки 12Х18Н10Т добре працює при температурах від -196° С до +600° С, де середовище розчинене азотною, оцтовою, фосфорною кислотами, містить лугові та сольові розчини.

Замінниками марки сталі 12Х18Н10Т можуть бути сталі марок 10Х18Н10Т, 10Х14Г14Н4Т, 12Х17Г9АН4. Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т наведений в таблиці 2.1, а механічні властивості в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, в процентах

Si	Mn	Cu	S	C	P	Ni	Ti	Cr
Не більше								
0,8	2,0	0,3	0,020	0,12	0,035	9,0-11,0	0,6-0,8	17,0-19,0

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72

$T_{ісп}$, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_В$, МПа	δ_5, %	Ψ, %	KCU, Дж/м^2
20	225÷315	550÷650	46÷74	66÷80	215÷372

Деталь має ряд технічних вимог, які наведені на кресленні у вигляді умовних позначень (допуски форми, розташування, шорсткості поверхонь, квалітети точності розмірів, види, перетини, перерізи), а також текстом, який розташований над штампом креслення.

Технічні вимоги, які наведені на кресленні, є наступними.

1. Незазначені граничні відхилення розмірів: *H*14; *h*14; ±*t*2/2. Вимога розповсюджена на всі розміри, де не позначені квалітети точності. На кресленні визначені точні розміри: Ø124*H*9, Ø134*H*9, Ø39*H*9, Ø45*H*10. Зазначені конструктором вимоги до точності цих розмірів є обґрунтованими. Точність

наведених розмірів визначає потрібні зазори між з'єднаними деталями, а це дозволяє виконувати безпосереднє службове призначення цих деталей і складальних одиниць у кульовому крані.

2. До декількох поверхонь корпусу пред'явлені наступні вимоги щодо їх допусків форми та розташування: 1) допуск перпендикулярності торця Ø184/Ø134 відносно осі отвору Ø124*H*9 дорівнює 0,1 мм; 2) допуск перпендикулярності торця Ø80/Ø76 відносно осі отвору Ø124*H*9 дорівнює 0,1 мм; 3) допуск перпендикулярності осі отвору Ø35H9 відносно осі отвору Ø124*H*9 дорівнює 0,1 мм; 4) позиційний допуск розташування осей отворів М16-7Н, М12-7Н, М10-7Н не більше 0,5 мм на діаметр (допуск залежний); 5) допуск перетину осей отвору Ø35*H*9 і отвору Ø124*H*9 не більше 0,1 мм.

Зазначені конструктором на кресленні допуски форми і розташування поверхонь є правильними. Невиконання цих вимог може привести до перекосу з'єднаних деталей, порушенню технологічного процесу складання виробу та режиму його роботи.

Інші допуски форми і розташування поверхонь вибрані конструктором в межах відповідного поля допуску розміру деталі або розміру між деталями, що з'єднуються. Найбільші відхилення форми і паралельність поверхонь можливі при повному використовуванні поля допуску відповідного розміру. Незазначені допуски розташування і биття, які безпосередньо не обмежені полем допуску розміру, визначені стандартом СТ СЭВ 636-77. На кресленні установлено декілька рівнів точності незазначених допусків. Їх вибір виконувався залежно від квалітету або класу точності допуску відповідного розміру.

3. Кожна поверхня деталі позначена відповідною шорсткістю, яка за критерієм Ra знаходиться в межах 1,6–6,3 мкм і відповідає квалітету точності, який обумовлений функціональним призначенням поверхні. Наведена шорсткість зазначена конструктором правильно і відповідає експлуатаційним потребам виробу.

4. На кресленні деталі наведені види, перетини, перерізи, які визначають повну уяву о її конструкції та складності виготовлення. Конструкція деталі та вимоги до її виготовленню відповідають вимогам ЕСКД.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операції $К_{зо}$ [7].

Вихідні дані: N = 1400 штук – річний об'єм випуску виробів; режим роботи підприємства – 2-і зміни за добу; фонд роботи обладнання за рік $F_д$ = 4015 годин. Штучно-калькуляційний час $T_{ш\text{-}к}$ окремих операцій технологічного процесу виготовлення корпусу прийнятий за даними підприємства.

Кількість верстатів окремих механічних визначається за формулою

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

де $\eta_{з.н.ср.} = 0{,}8 -$ середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання.

Приймаємо кількість робочих місць P. Для цього округлюємо до ближнього більшого цілого числа значення $m_р$.

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначається за формулою

$$\eta_{з.ф.} = \frac{P}{m_p}.$$

Кількість операцій O, які виконуються на робочому місці

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

Результати розрахунків коефіцієнта закріплення операцій наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення коефіцієнта закріплення операцій

Номер операції	Найменування операції	$T_{ш\text{-}к}$, хв	$m_р$	P	$\eta_{з.ф.}$	O
010	Токарна	55,7	0,4032	1	0,4032	1,9840
015	Фрезерна	2,062	0,0149	1	0,0149	53,6195
020	Токарна	50,52	0,3657	1	0,3657	2,1874
025	Токарна з ЧПК	33,83	0,2449	1	0,2449	3,2666
030	Розточувальна	8,164	0,0591	1	0,0591	13,5362
035	Свердлильна з ЧПК	3,941	0,0285	1	0,0285	28,0410
040	Свердлильна	1,435	0,0104	1	0,0104	77,0103
	Всього	155,651		7		179,645

Визначимо коефіцієнт закріплення операцій $К_{зо}$:

$$К_{з.о.} = \frac{\Sigma О}{\Sigma Р} = \frac{179{,}645}{7} = 25{,}7.$$

Якщо $20 < К_{зо} = 25{,}7 \leq 40$, то це буде дрібносерійне виробництво [4].

Визначимо добовий випуск деталей

$$N_д = \frac{N}{254} = \frac{1400}{254} = 6 \text{ шт},$$

де 254 – кількість робочих днів у році.

Визначаємо добову продуктивність Q потокової стрічки, якщо вона завантажена на 60%

$$Q = \frac{F_д \cdot 0{,}6}{T_{ср}} = \frac{948{,}5 \cdot 0{,}6}{22{,}24} = 26 \text{ шт},$$

де $F_д = \frac{F_д \cdot 60}{254} = \frac{4015 \cdot 60}{254} = 948{,}5$ хв $-$ час роботи обладнання за дві зміни.

$T_{ср} = \frac{\sum T_{ш-к}}{n_р} = \frac{155{,}651}{7} = 22{,}24$ хв $-$ середня трудомісткість механічних операцій;

$n_p = 7 -$ кількість основних механічних операцій за технологічним процесом.

Якщо $N_д = 6 < Q = 26$, то застосування одно номенклатурної потокової стрічки недоцільно. Тому приймаємо групову форму організації виробництва.

Запуск деталей виконується партіями із заданою періодичністю, що є ознакою серійного виробництва. Визначимо кількість деталей $N_п$ в партії запуска

$$N_п = N_д \cdot a = 6 \cdot 12 = 72 \text{ шт},$$

де $a = 12$ діб $-$ періодичність запуска деталей для виготовлення.

Визначимо кількість змін С для оброблення партії запуску за формулою

$$С = \frac{T_{ср} \cdot N_п}{F_з \cdot \eta_{з.н.ср.}} = \frac{22{,}24 \cdot 72}{474{,}25 \cdot 0{,}8} \cong 4{,}22,$$

де $F_з = \frac{F_д}{в} = \frac{948{,}5}{2} = 474{,}25$ хв – час роботи обладнання за одну зміну;

$в = 2 -$ кількість змін за добу.

Приймаємо кількість змін $С_п = 5$.

Остаточно корегуємо кількість деталей в партії

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{з}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.ср.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{474{,}25 \cdot 5 \cdot 0{,}8}{22{,}24} = 86 \text{ шт.}$$

Основна характеристика групової форми організації виробництва визначається згідно ГОСТ 14.004–83 [5]. Групова форма організації виробництва заснована на застосуванні групового технологічного процеса за яким організовуються предметно-замкнуті дільниці. Обладнання на дільницях розташовуються за ходом технологічного процесу.

В дрібносерійному виробництві виготовляють партії деталей та серії виробів, які регулярно повторюються через визначений проміжок часу. Серійне виробництво є багато номенклатурним. Характерна ознака дрібносерійного виробництва – виконання на більшості робочих місць операцій, які періодично повторюються. Продукцією серійного виробництва є вироби сталих типів (металорізальні верстати, двигуни внутрішнього згоряння, насоси, компресори, обладнання для виготовлення їжі і т. ін.). Випуск зазначених виробів виконується в незначної їх кількості і через деякий проміжок часу – виробництво повторюється.

В дрібносерійному виробництві застосовується як універсальне, та і спеціалізоване обладнання. Верстати на дільниці розташовуються за технологічними групами: наприклад, група токарних, свердлильних, фрезерних верстатів. Широко застосовується нормалізований, робочий, універсальний різальний та вимірювальний інструменти.

Кваліфікація робочих-верстатників вища нім у масовому виробництві, але нижче ніж у одиничному. На робочих дільницях працюють робочі високої кваліфікації (на універсальних верстатах), а також оператори, що працюють на налагоджувальних верстатах.

Дрібносерійне виробництво є значно економічним ніж одиничне, тому що більш якісно використовується технологічне обладнання, використовується спеціалізація робочих певної кваліфікації. Зростання продуктивності праці зменшує собівартість виготовленої продукції.

Групова форма організації виробництва визначає певний порядок виконання операцій технологічного процесу, напрямок руху деталей при їх виготовленні, розташування технологічного обладнання і робочих місць.

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Технологічність конструкції деталі визначимо за якісними показниками.

Матеріал деталі – сталь марки 12Х18Н10Т, яка містить значний відсоток нікелю, титану та хрому (див. табл. 2.1 і 2.2). Сталь в'язка і погано оброблюється різанням лезовим інструментом (різцями, фрезами, свердлами). Цей матеріал практично не оброблюється абразивним або ельборовим інструментом. Замінити надану марку сталі на іншу із високим коефіцієнтом обробки неможливо, тому що вона передбачена для виконання свого службового призначення – роботи в агресивному середовищі, де відбувається хімічна реакція. Цей показник конструкції деталі є нетехнологічним.

Нетехнологічними елементами конструкції деталі є «глухі» різьбові отвори (див. рис. 4.1).

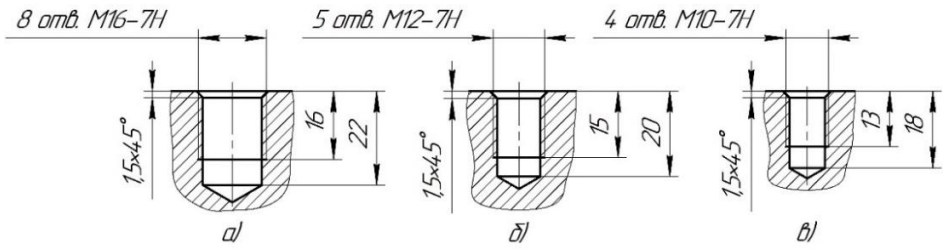

Рисунок 4.1 – Нетехнологічні отвори деталі:
а) М16х2-7Н; б) М12х1,75-7Н; в) М10х1,5-7Н

Свердління і нарізання різьби в «глухих» отворах без виходу інструмента (перебігу), може призвести до поломки різального інструмента, який зостається в отворі і його складно видалити. Також можливе неповне різання довжини різьби, що пов'язано із забірною частиною мітчиків.

Суттєвим обмеженням є обробка всіх поверхонь із зниженими режимами різання, що робить обробку деталі малопродуктивною. Наприклад, при чистовому точінні поверхонь *Ø*124*H*9, *Ø*134*H*9, *Ø*39*H*9, *Ø*45*H*10 окрім малої продуктивності можливе не забезпечення потрібної шорсткості, що пов'язано із зносом інструмента, який виникає під дією адгезії або дифузії. При нарізанні різьби в

«глухих» отворах виникає поява «рваної» різьби, що є слідством в’язкості матеріалу деталі.

В конструкції деталі конструктор передбачив ексцентричне розташування поверхні оболонки обігріву R80 відносно інших поверхонь (див. рис. 4.2).

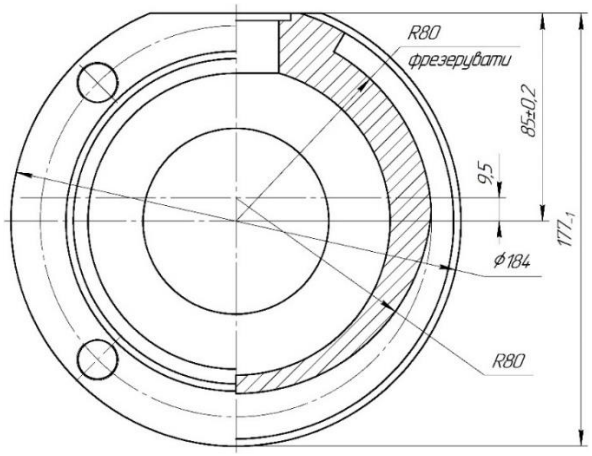

Рисунок 4.2 – Нетехнологічний елемент деталі – ексцентрична поверхня

Ця поверхня передбачає контакт із охолоджувальною рідиною, тому її можна не обробляти лезовим інструментом, а отримати на заготівельній операції. По можливості можна відмовитися від ексцентричної поверхні і зробити її форму циліндричною. Для цього конструктору креслення треба розрахувати потрібний об’єм охолоджувача. Цей елемент деталі є нетехнологічним.

Нетехнологічним елементом деталі є канавка Ø126(+1,0; 0) мм і шириною 10(+0,36; 0) мм, яка виконана в отворі корпусу (див. рис 4.3).

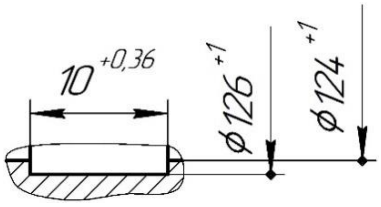

Рисунок 4.3 – Нетехнологічний елемент деталі – канавка

Для розточування канавки на токарній операції треба застосувати спеціальну конструкцію різального різця і відповідні режими різання.

Відносно нетехнологічним елементом деталі є площинна поверхня, яка виконується на фрезерному верстаті і потребує застосування допоміжного пристрою, який треба проектувати (див. рис. 4.4).

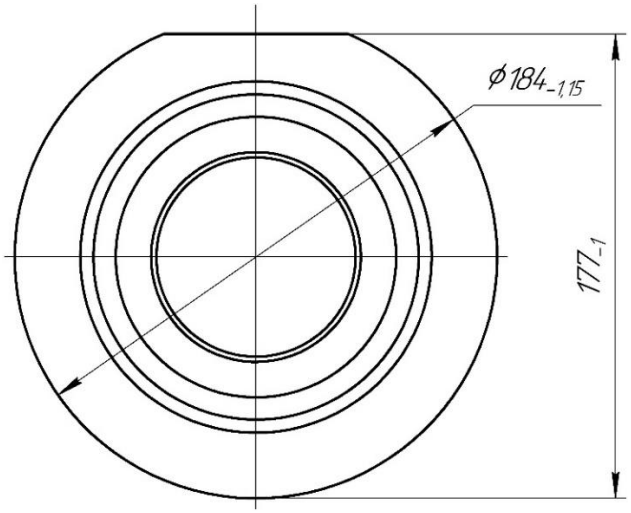

Рисунок 4.4 – Нетехнологічний елемент деталі – площинна поверхня

Відносно нетехнологічною конструкцією є внутрішня торцева кільцева поверхня для ущільнювання розмірами Ø107/Ø80 мм, яка розточується в межах довжини обмеженої розмірами 100±0,1 мм та 84 мм (див. рис. 4.5).

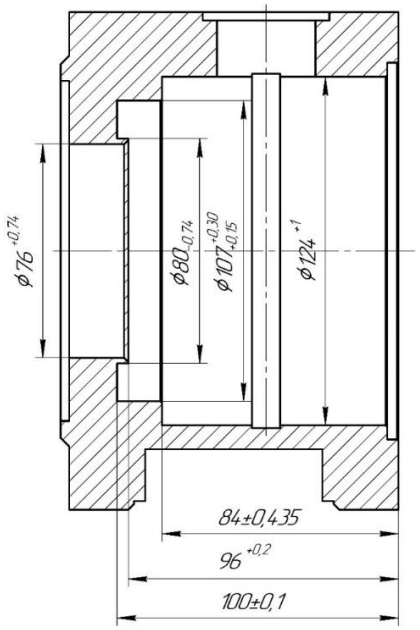

Рисунок 4.5 – Нетехнологічний елемент деталі – внутрішня торцева площинна поверхня для ущільнювання

Обмеженням при розточуванні є мала товщина стінки між Ø80 та Ø76 мм (2 мм). Цей елемент конструкції деталі не є жорстким, що позначається на силовому факторі режиму різання. Також, для обробки торцевої площини обмеженої діаметрами 107 та 80 мм необхідно застосувати спеціальний розточувальний різець і відповідні режими різання. Складністю є отримання низької шорсткості площинних та діаметральних поверхонь (R_a = 1,6 мкм), що пов'язано із хімічним складом сталі 12Х18Н10Т.

Розміри на кресленні деталі проставлені частково координатним, частково цепним або змішаним методами і є зручними для налагодження інструмента при їх виконанні на окремій технологічній операції. Проставлені розміри є зручними для суміщення та постійності конструкторської і технологічної баз при операційних налагодженнях. Зайвих або недостатніх розмірів немає.

Деталь має невеликі габарити, малу кількість поверхонь з високим квалітетом точності розмірів і низькою шорсткістю. Корпус є деталлю достатньо жорсткої конструкції, що дозволяє застосовувати підвищені сили закріплення та сили різання при її механічній обробки.

Поверхні деталі достатньо розвиті для базування і закріплення, що робить можливість застосування універсальних або спеціалізованих верстатних пристроїв на різних операціях технологічного процесу виготовлення.

Конфігурація деталі зручна для доступу різального інструменту при обробки, а також вимірювального – для проведення комплексного контролю.

Конструкція деталі дозволяє використати для механічної обробки верстати з ЧПК, півавтомати, що відповідає серійному типу виробництва.

Зазначені конструктором технічні вимоги креслення не підлягають змінюванню, оскільки вони потрібні для виконання деталлю свого службового призначення безпосередньо, але окремі пункти вимог можна уточнити або доповнити.

За якісними показниками технологічності конструкція деталі можна вважати відносно технологічною.

5 ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ І РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

На підприємстві заготовкою корпусу кульового крана є круглий гарячекатаний прокат діаметром 185 мм і довжиною 3000 мм. Наведена заготовка є груповою заготовкою. Групову заготовку розрізають на кругло-відрізних верстатах дисковим абразивним кругом на окремі (штучні) заготовки довжиною 150 мм. За таким варіантом виготовлення заготовки, багато металу видаляється в стружку при її обробки на механічних операціях. Пропонується альтернативний варіант – виготовлення заготовки штампуванням на КГШП. Для вибору раціонального варіанту виготовлення заготовки порівняємо собівартість виготовлення заготовки із прокату з собівартістю заготовки штампованою на КГШП.

1 Собівартість заготовки, яка виготовлена із прокату визначається за формулою:

$$S_{зп} = M + C_o, \tag{5.1}$$

де M – витрати на матеріал заготовки.

$$M = Q \cdot S - (Q - q)\frac{S_{від}}{1000}, \tag{5.2}$$

де Q – маса заготовки виготовленої із прокату;

S = 15 грн/кг – вартість 1-го кілограма матеріалу заготовки;

q = 9,8 кг – маса деталі.

$$Q = V_з \cdot \rho, \tag{5.3}$$

де $V_з$ – об'єм заготовки (прутка);

$\rho = 7{,}9 \cdot 10^{-3}$ кг/см^3 – густина матеріалу прутка.

$$V_з = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h = \frac{3{,}14 \cdot 18{,}5^2}{4} 15 = 4030 \text{ см}^3, \tag{5.4}$$

де D = 185 мм – діаметр прутка;

h = 150 мм – довжина прутка.

$$Q = 7{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 4030 = 31{,}84 \text{ кг.}$$

$S_{від} = 0{,}25 \cdot S \cdot 1000 = 0{,}25 \cdot 15 = 3750$ грн/т – вартість 1-ї тони відходів.

$$M = 31{,}84 \cdot 15 - (31{,}84 - 9{,}8) \cdot \frac{3750}{1000} = 395 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість операцій $С_о$ правки та розрізання прутків на штучні заготовки визначається за формулою:

$$С_о = \frac{С_{пз} \cdot Т_{шт}}{60 \cdot 100}, \quad (5.5)$$

де $С_{п.з.} = 2500 \frac{коп}{год}$ – зведені затрати на робочому місці;

$Т_{шт}$ – штучний час операції.

$$Т_{шт} = Т_о \cdot \varphi_к, \quad (5.6)$$

де $Т_о = 0{,}19 \cdot D^2 \cdot 10^{-3} = 0{,}19 \cdot 185^2 \cdot 10^{-3} = 6{,}5$ хв – основний час операції.

$\varphi_к = 2{,}10$ – коефіцієнт, який враховує вид верстата та тип виробництва.

$$Т_{шт} = 6{,}5 \cdot 2{,}10 = 13{,}65 \text{ хв.}$$

$$С_о = \frac{2500 \cdot 13{,}65}{60 \cdot 100} = 5{,}7 \text{ грн.}$$

$$S_{зп} = 395 + 5{,}7 \cong 401 \text{ грн.}$$

2 Собівартість штампованої заготовки визначається за формулою:

$$S_{зш} = S_ш \cdot Q \cdot k_т \cdot k_м, \quad (5.7)$$

де $S_ш = 3{,}73$ грн – вартість 1-го кілограму штампованої заготовки;

Q – маса штампованої заготовки [2, с. 37];

$k_т = 1$ – коефіцієнт, який враховує точність штамповки [2, с. 37];

$k_м = 1{,}79$ – коефіцієнт, який враховує марку матеріалу штамповки [1, с. 37].

$$Q = q \cdot K_p = 9{,}8 \cdot 1{,}7 = 16{,}7 \text{ кг}, \quad (5.8)$$

де $К_р = 1{,}7$ – коефіцієнт для розрахунку заготовки [6, додаток 3].

$$S_{зш} = 3{,}73 \cdot 16{,}7 \cdot 1 \cdot 1{,}79 \cong 112 \text{ грн.}$$

Собівартість штампованої заготовки менше собівартості заготовки виготовленої із прокату. Таким чином, приймаємо заготовку штампованою на КГШП і визначаємо припуски і допуски згідно ГОСТ 7505-89.

1 Клас точності – Т4 [6, т. 19].

2 Група сталі – М3 [6, т. 1]. Середня масова доля вуглецю в сталі 12Х18Н10Т – С = 0,12%. Сумарна масова доля легуючих елементів складає 29,875-34,075%.

3 Ступінь складності С заготовки визначається коефіцієнтом, який розраховується поділкою маси поковки $М_п$ на масу описаної фігури $М_ф$ [6, т. 21]. Маса поковки визначається за формулою:

$$М_п = М_д \cdot К_р = 9{,}8 \cdot 1{,}5 = 14{,}7 \text{ кг}, \quad (5.9)$$

де $М_д$ = 9,8 кг – маса деталі;

$К_р$ = 1,5 – коефіцієнт для розрахунку [6, т. 20].

Маса описаної фігури визначається за формулою:

$$М_ф = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l \cdot \rho \cdot 1{,}05 = \frac{3{,}14 \cdot 18{,}4^2}{4} \cdot 12{,}0 \cdot 7{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}05 = 26{,}5 \text{ кг}, \quad (5.10)$$

де D = 184 мм – найбільший діаметр деталі;

l = 120 мм – висота деталі;

$\rho = 7{,}9 \cdot 10^{-3}$ – густина сталі деталі;

1,05 – коефіцієнт [6, т. 21].

Ступінь складності визначаємо за формулою:

$$С = \frac{М_п}{М_ф} = \frac{14{,}7}{26{,}5} = 0{,}56. \quad (5.11)$$

За даними ГОСТ 7505-89 (див. табл. 21), якщо значення С = 0,56 і знаходиться в межах 0,32 – 0,63, то ступінь складності становить С2.

4 Конфігурація поверхні рознімання штампа – П (площинна) [6, т. 1].

5 Вихідний індекс – 15 [6, т. 2].

6 Припуски на механічну обробку.

6.1 Основні припуски на розміри визначаються за даними [6, т. 3] і отримані результати запишемо в таблицю 5.1.

6.2 Додаткові припуски, які враховують:

зміщення за площиною рознімання штампа – 0,4 мм [6, т. 4].

відхилення від площинності та прямолінійності – 0,5 мм [6, т. 5]

7 Розраховуємо розміри поковки і отримані результати запишемо в таблицю 5.1.

8 Допустимі відхилення розмірів визначаємо за даними [6, т. 8] і отримані результати запишемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів заготовки

Розмір поверхні, мм	Шорст-кість поверхні, мкм	Припуск, мм			Розрахований розмір заготовки, мм	Прийнятий розмір заготовки, мм	Граничні відхилення розмірів, мм	Фактичний припуск, мм
		Осн.	Доп.	Заг.				
Ø184	6,3	2,7	0,5	3,2	190,4	190	$190^{+2,7}_{-1,3}$	3
Ø124	1,6	2,5	0,5	3,0	118	118	$118^{+1,2}_{-2,4}$	3
Ø76	6,3	2,3	0,5	2,8	70,4	70	$70^{+1,1}_{-2,1}$	3
120	6,3/3,2	2,5	0,4	2,9	125,8	126	$126^{+2,4}_{-1,2}$	3
84	6,3	2,5-2,3	0,5	0,3	83,7	84	$84^{+1,1}_{-2,1}$	0

9 Штампувальний уклін на зовнішній поверхні не більше 5°, на внутрішній – не більше 7° [6, т. 18].

10 Радіуси закруглень зовнішніх поверхонь – 4,0 мм [6, т. 7].

11 Допуски радіусів закруглень – 1,0 мм [6, т. 17].

12 Допустима висота торцевої задирки – 7,0 мм [6, т. 11].

Розраховуємо масу заготовки за формулою:

$$\text{М}_{\text{заг}} = V_{\text{з}} \cdot \rho, \tag{5.12}$$

де $V_{\text{з}}$ – об'єм штампованої заготовки;

$\rho = 7{,}9 \cdot 10^{-3}$ г/см^3 – густина матеріалу заготовки.

За розмірами креслення штампованої заготовки (див. рис. 5.1) визначаємо об'єм заготовки. Спочатку поділяємо об'єм заготовки на три частини, далі визначаємо об'єм кожної частини, а потім – загальний об'єм всієї заготовки за формулою:

$$V_{\text{заг}} = V_1 - (V_2 + V_3), \tag{5.13}$$

де V_1, V_2, V_3 – об'єми окремих (трьох) частин заготовки.

$$V_1 = \frac{3{,}14 \cdot 19^2}{4} \cdot 12{,}6 = 3571 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \frac{3{,}14 \cdot 11{,}8^2}{4} \cdot 8{,}4 = 918 \text{ см}^3;$$

$$V_З = \frac{3{,}14 \cdot 7^2}{4}(12{,}6 - 8{,}4) = 162 \text{ см}^3;$$

$$V_{заг} = 3571 - (918 + 162) = 2491 \text{ см}^3.$$

$$\text{М}_{заг} = 2491 \cdot 7{,}9 \cdot 10^{-3} = 19{,}7 \text{ кг}.$$

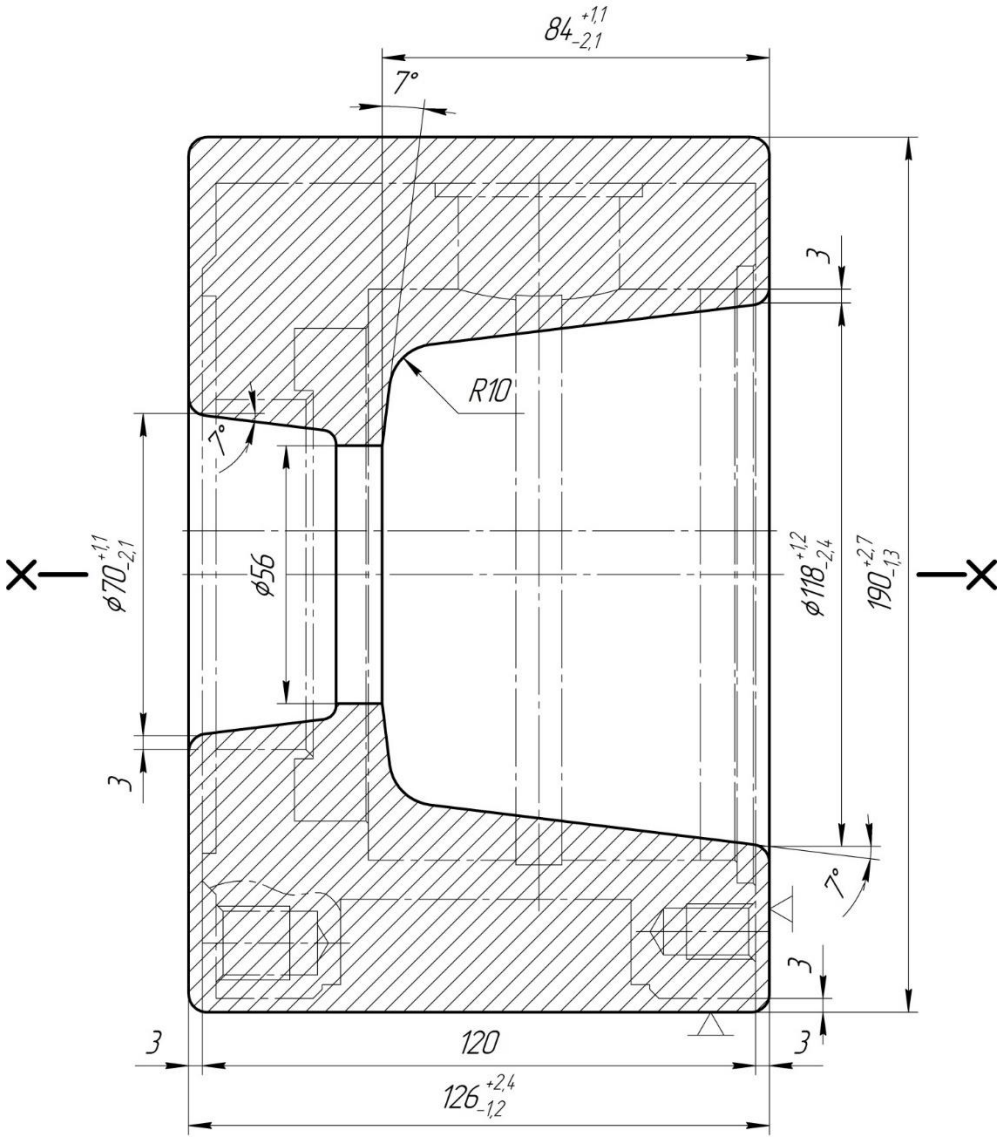

Рисунок 5.1 – Креслення заготовки корпусу штампованого на КГШП

Технічні вимоги на виготовлення штампованої заготовки:

1 Поковка Гр. II – 142…163 НВ ГОСТ 8478-70.

2 Клас точності Т4, група сталі М3, ступінь складності – С2, вихідний індекс – 15 згідно ГОСТ 7505-89.

3 Незазначені штампувальні радіуси закруглень зовнішніх поверхонь $R4^{+1,0}$ мм.

4 Незазначені штампувальні уклони: зовнішні – 5°; внутрішні – 7°.

5 Допустима висота торцевої задирки не більше 7 мм.

6 Допустима величина зсунення площини рознімання штампу 0,7 мм.

7 Маркувати на бирки: номер креслення, марку сталі.

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА

6.1 Зміни до існуючого технологічного процесу

В існуючому технологічному процесі операції названі по групам обладнання, наприклад, «Токарна» або «Контроль ВТК». За вимогами класифікатора технологічних операцій в машинобудуванні і приладобудуванні [1] наведені операції треба назвати «Токарна з ЧПК», «Технічний контроль» і т. ін.

На підприємстві, де виготовляється корпус, після кожної механічної операції виконується контрольна операція. Це ускладнює технологічний процес виготовлення деталі. Пропонується, останнім технологічним переходом в кожній механічній операції зробити контроль виконавцем, а в технологічному процесі останньою операцію ввести операцію «Технічний контроль».

Свердління отворів і нарізання різьби М16х2-7Н, М12х1,75-7Н і М10х1,5-7Н пропонується виконувати на свердлильних і розточувальних верстатах з ЧПК.

В технологічний процес треба ввести операцію «Слюсарна», яка потрібна для зняття задирок, що зостаються після токарних, фрезерних, свердлильних операцій.

З урахуванням наведених пропозицій, пропонується наступний варіант технологічного процесу виготовлення корпусу (див. табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус»

Номер операції	Найменування обладнання	Код і найменування операції
005	КГШП	2100 Обробка тиском
010	Піч	5000 Термічна обробка
015	Star Chip 450	4233 Токарна з ЧПК
020	Star Chip 450	4233 Токарна з ЧПК
025	2620ВФ1	4231 Розточувальна з ЧПК
030	6Б443ГФ3	4234 Фрезерна з ЧПК
035	Star Chip 450	4233 Токарна з ЧПК
040	KBF 50	4232 Свердлильна з ЧПК
045	KBF 50	4232 Свердлильна з ЧПК
050	Верстак	0108 Слюсарна
055	Ванна	0125 Промивання
060	Стіл ВТК	0200 Технічний контроль

6.2 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків та проміжних граничних розмірів виконується для обробки внутрішньої поверхні діаметром 124*H*9(+0,1; 0) мм. Обробка отвору виконується розточуванням (чорновий, п/чистовий і чистовий режими) із використовуванням самоцентрувальних токарних патронів.

Величини Rz_{i-1} і H_{i-1} для заготовки, чорнового, п/чистового і чистового розточування беремо із джерела [3, т. 4.3 і т. 4.6, с. 63 – 65] та запишемо їх в таблиці 6.2.

Величина просторових відхилень $\rho_з$ для заготовки визначиться за формулою [3, т. 4.7, с. 66 – 69]:

$$\rho_з = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{ексц}^2} = \sqrt{0{,}4^2 + 0{,}5^2} = 0{,}641 \text{ мм} \cong 641 \text{ мкм},$$

де $\rho_{зм} = 0{,}4$ мм – гранична величина зміщення по поверхні рознімання штампа [4, табл. 9];

$\rho_{ексц} = 0{,}5$ мм – допустиме найбільше відхилення від концентричності пробитого в штамповки отвору [4, т. 12].

Остаточні просторові відхилення після чорнового розточування заготовки:

$$\rho_1 = 0{,}06 \cdot 641 = 39 \text{ мкм}.$$

Остаточні просторові відхилення після п/чистового розточування заготовки:

$$\rho_2 = 0{,}05 \cdot 641 = 32 \text{ мкм}.$$

Остаточні просторові відхилення після чистового точіння:

$$\rho_3 = 0{,}02 \cdot 641 = 13 \text{ мкм}.$$

Похибка установки заготовки на токарній чорновій операції розточування визначається за формулою [3, с. 73]:

$$\varepsilon_{у\ чорн} = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2} = \sqrt{0{,}15^2 + 0{,}5^2} = 0{,}522 \text{ мм} = 522 \text{ мкм},$$

де $\varepsilon_б = 0{,}15$ мм – похибка базування штампованих заготовок в токарному патроні [6, с. 43, т. 35];

$\varepsilon_з = 0{,}5$ мм – похибка закріплення заготовки [3, с. 77, т. 4.11].

Похибка установки заготовки на п/чистовій операції розточування:

$$\varepsilon_{у\ п/чист} = 0{,}06 \cdot \varepsilon_{у\ чорн} = 0{,}06 \cdot 522 \cong 32 \text{ мкм}.$$

Похибка установки заготовки на чистовій операції:

$$\varepsilon_{у\ чист} = 0{,}04 \cdot \varepsilon_{у\ чорн} = 0{,}04 \cdot 522 \cong 21 \text{ мкм}.$$

Вихідні дані для розрахунку припусків наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Вихідні дані для розрахунку припусків на Ø124H9

Технологічні операції оброблювальної поверхні Ø124H9(+0,1; 0) мм	Позначення точності розміру	Допуск T, мкм	Граничні відхилення поля допуску ES і EI, мм	Елементи мінімального припуску, мкм			
				R_{zi-1}	H_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_i
Заготовка	T4	3600	+1,2; –2,4	200	250	641	–
Токарна чорнова	H12	400	+0,4; 0	40	50	39	522
Токарна п/чистова	H10	160	+0,16; 0	20	20	32	32
Токарна чистова	H9	100	+0,1; 0	10	15	13	21

Розрахунок припусків і операційних розмірів виконувався за програмою «prip.ver.7» розрахунково-аналітичним методом із використанням ЕОМ. Результати розрахунку наведені в додатку Е.

Схема розташування припусків і допусків для Ø124H9 наведена на рисунку 6.1.

6.3 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки

Операція 015 «Токарна з ЧПК».

Базування заготовки на установі А виконується по не обробленим (чорновим) поверхням, які отримані на попередній операції 005 «Обробка тиском». На установі Б заготовка базується по поверхні Ø184h12(0; –0,46) мм і торцю Ø184h12/Ø133, які отримані на установі А. Схеми базування заготовки на операції (установах А і Б) наведені на рисунках 6.2 і 6.3.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

Зв’язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3	I, V, VI	УБ
4, 5	II, III	ПОБ
6	Вакансія	–

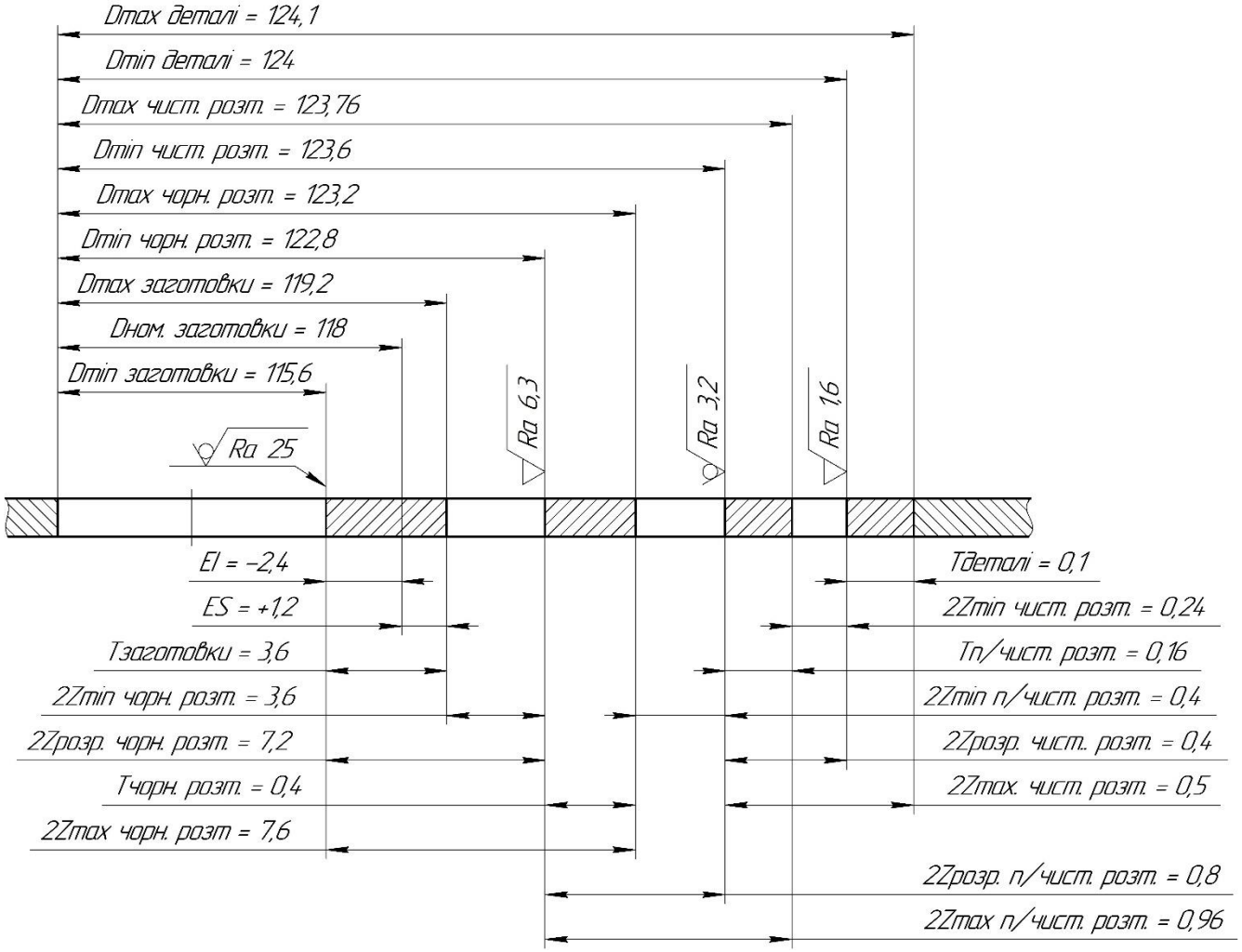

Рисунок 6.1 – Схема полів припусків і допусків для Ø124*H*9(+0,1; 0) мм

Таблиця 6.4 – Матриця зв’язків

L, α / X, Y, Z	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
L	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
L	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв’язків

На установах А і Б заготовка позбавлена 5-и ступенів вільності. Вакантним є обертальний рух навколо осі OZ. Для виконання розмірів оброблювальних поверхонь заготовки достатньо позбавити п’яти ступенів вільності. При виконанні лінійних розмірів поверхонь 20, 12, 11, 16, 18 (див. рис. 6.3), які пов’язані із поверхнею 8, виникає похибка базування через не суміщення технологічної (ТБ) і вимірювальної (ВБ) баз. Ця похибка дорівнює допуску розміру 117h12(0; –0,35) мм, який з’єднує ТБ із ВБ. Щоб виключити похибку базування, треба при обробки кожної із перелічених поверхонь задавати переміщення інструмента (різця) від поверхні 8, яка буде одночасно ТБ і ВБ. Таким чином, ТБ і ВБ співпадають і похибка базування для зазначених розмірів буде виключена.

На інші лінійні розміри (див. рис. 6.2 і 6.3) запропоновані схеми базування не вплинуть і їх точність на операції буде забезпечена.

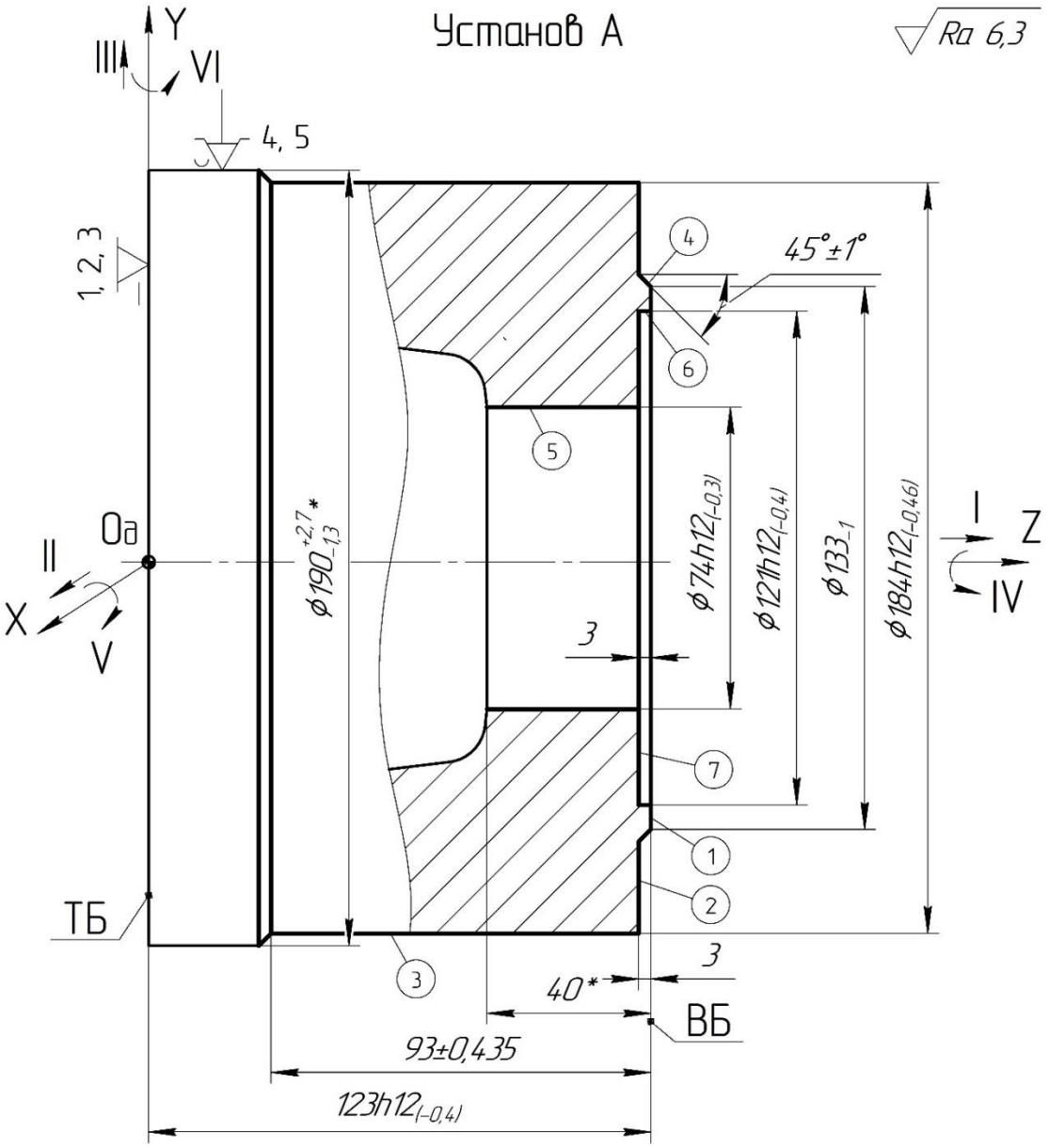

Рисунок 6.2 – Схема установки заготовки на операції 015 «Токарна з ЧПК».

Установ А

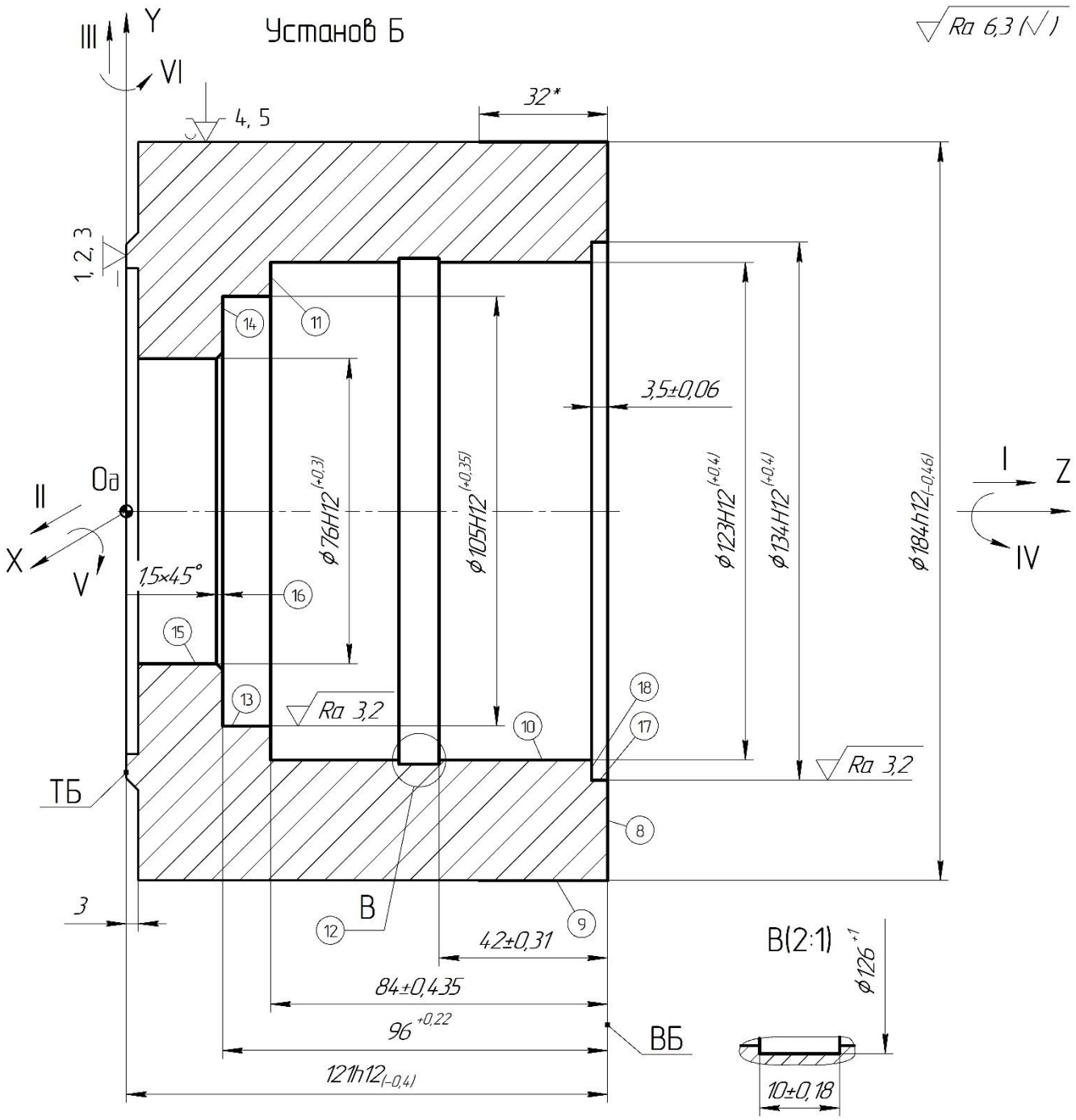

Рисунок 6.3 – Схема установки заготовки на операції 015 «Токарна з ЧПК». Установ Б

Операція 040 «Свердлильна з ЧПК».

На операції виконується обробка чотирьох «глухих» отворів із різьбою М16-7Н, які розташовані на торцевій поверхні Ø184/Ø139. Схема установки заготовки при обробки зазначених отворів наведена на рисунку 6.4.

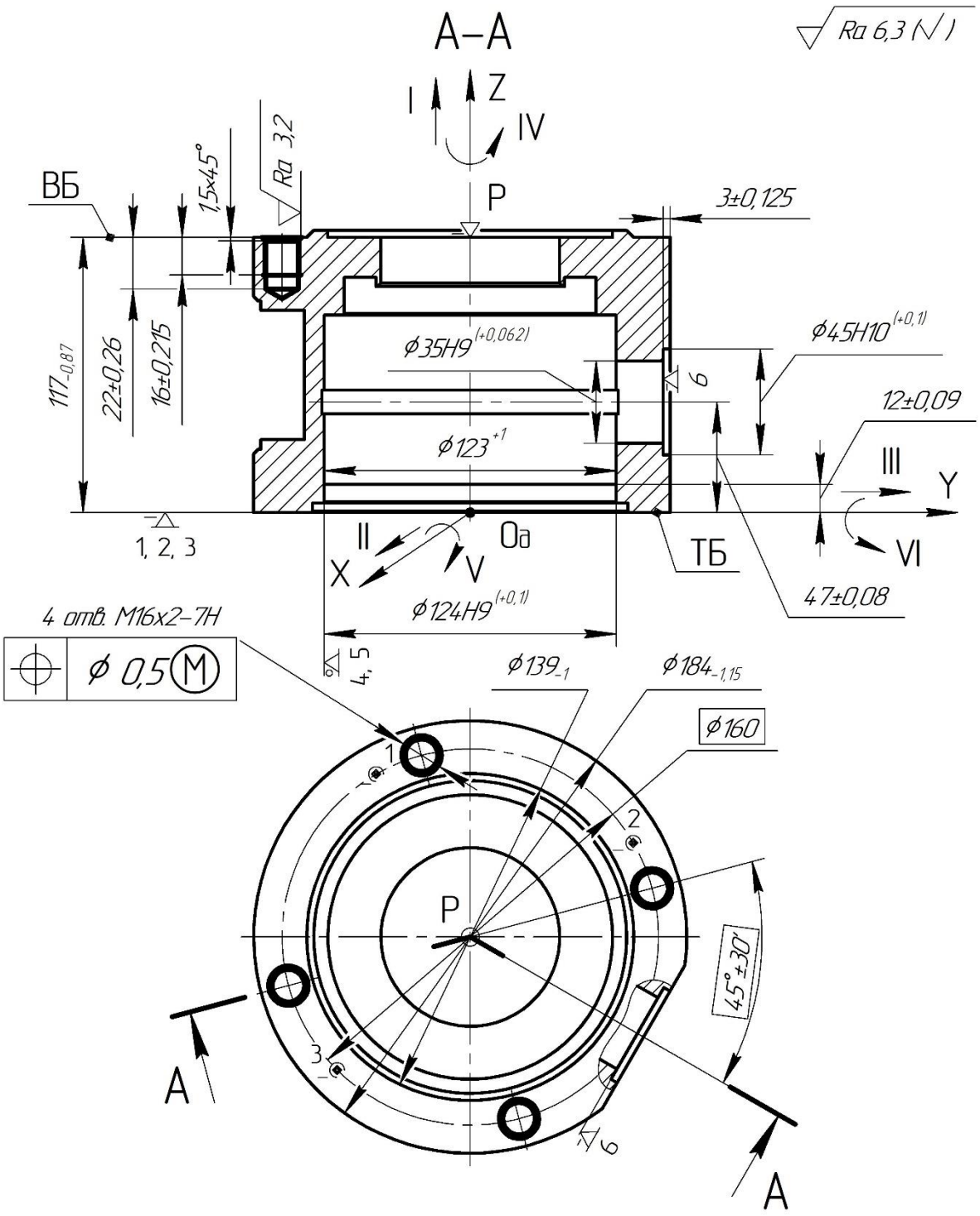

Рисунок 6. 4 – Схема базування заготовки на операції 040 «Свердлильна з ЧПК»

Для забезпечення точності розташування осей 4-х різьбових отворів на діаметрі 160 мм (допуск залежний), а також кутову відстань 45°±30', треба виконати забування заготовки одночасно по торцю Ø184/Ø134 і діаметру Ø124*H*9(+0,1; 0) мм.

Схема базування заготовки на операції 040 «Свердлильна з ЧПК» наведена в таблицях 6.5 і 6.6.

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідності

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

Таблиця 6.6 – Матриця зв’язків

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

Запропонована схема базування позбавляє заготовку шести ступенів вільності. Вимірювальна база (ВБ) для лінійних розмірів отвору М16х2-7Н розташована на торці Ø184/Ø139 і не співпадає із технологічною базою (ТБ), якою заготовка базується в пристрої. Для зазначених лінійних розмірів отвору буде виникати похибка базування, яка дорівнює допуску розміру 117(0; –0,87) мм, яким пов’язані ВБ і ТБ. Але обробка виконується на свердлильному верстаті з ЧПК, на якому виставити різальний інструмент (свердло) від ВБ і тим самим сумістити ТБ із ВБ. В цьому випадку похибка базування буде дорівнювати «0» і лінійні розміри отвору будуть витримані.

6.4 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Операція 015 «Токарна з ЧПК». В існуючому технологічному процесі на токарних операціях застосовується токарний верстат з ЧПК моделі 16К20Ф3. Ця модель верстата є застарілою і не виготовляється підприємствами верстатної галузі.

Для обробки поверхонь заготовки методом точіння у дрібносерійному виробництві можна застосувати сучасний верстат з ЧПК моделі Star Chip 450 [6].

Технічна характеристика токарного верстата з ЧПК моделі Star Chip 450 наведена в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Технічна характеристика верстата з ЧПК моделі Star Chip 450

Найменування параметрів	Чисельне значення
Керування	Fanuc Oi–Mate
Найбільший діаметр точіння, мм: - над станиною - над супортом	 450 200
Найбільший діаметр деталі, мм	280
Найбільша довжина деталі, мм	500
Кількість обертів шпинделю, об/хв	45 – 4000
Подача (б/с), мм/об - повздовжня - поперечна	 0,01 – 2,8 0,005 – 1,4
Тип головного двигуна	Fanuc B12/7000i
Потужність двигуна шпинделя, кВт	11/15 (непр. 30 хв.)
Кріплення шпинделя	A 2–5
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 - вісь Z	 170 500
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 свердлильних операціях застосовуються свердлильно-фрезерно-розточувальні верстати з ЧПК моделі СС2В05ПМФ4 (оброблювальні центри). Ці верстати передбачені для комплексної обробки заготовок складної форми в умовах дрібносерійного та серійного виробництва. На верстаті виконується обробка

свердлінням, фрезеруванням, розточуванням, нарізання різьби і т. ін. Але на операції 040 виконується обробка отворів обмеженою кількістю методів: свердління, зенкування, нарізання різьби. Тому, застосування оброблювальних центрів великої вартості є економічно недоцільним.

Пропонується на операції 040 «Свердлильна з ЧПК» застосувати свердлильно-фрезерний верстат з ЧПК моделі KBF 50 із безступінчастим регулюванням частоти обертання шпинделя і автоматичним пристроїм для нарізання різьби. На верстаті наведеної моделі виконуються операції фрезерування, свердління, зенкування, розгортання, нарізання різьби з великою точністю. Технічна характеристика свердлильно-фрезерного верстата з ЧПК моделі KBF 50 наведена в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Технічна характеристика верстата моделі KBF 50

Найменування параметрів	Чисельні значення
Максимальний діаметр свердління, мм	50
Робоча поверхня стола, мм	1220 х 360
Кількість Т-шліців (3), мм	14Н8 х 95
Технологічні переміщення по координатам, мм	X = 650; Y = 360
Технологічний хід пінолі, мм	180
Кількість обертів, об/хв	94 – 2256
Подача, мм/об	0,1; 0,15; 0,3
Автоматична подача стола (8), мм/хв	24 – 720
Потужність двигуна, кВт	2,4
Габарити (Д х Ш х В), мм	1730 х 1730 х 2300
Маса, кг	1400

6.5 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, різального і вимірювального інструментів

Операція 015 «Токарна з ЧПК». На операції застосовується 3-и кулачковий гідравлічний патрон, яким комплектується токарний верстат. Умовне позначення: патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-80.

Різальний інструмент. 1) Різець токарний зібраний для контурного точіння з механічним кріпленням пластини із твердого сплаву з $\varphi = 93°$. Умовне позначення: різець 2301-0641 ВК8В ГОСТ 20872-80. 2) Різець токарний зібраний

розточувальний з механічним кріпленням пластини із твердого сплаву з φ = 92° (для наскрізних отворів). Умовне позначення: різець 2145-0552 ВК8В ГОСТ 20874-75. 3) Різець токарний зібраний розточувальний з механічним кріпленням 3-х граної пластини із твердого сплаву з φ = 92° (для глухих отворів). Умовне позначення: різець 2141-0601 ВК8В ГОСТ 20874-75, тип 5. 4) Різець токарний зібраний для проточування внутрішніх прямих канавок з механічним кріпленням пластини із твердого сплаву. Умовне позначення: різець К.01.4155.000 ВК8В ТВ2 035-558-77.

Вимірювальний інструмент. 1) штангенциркуль двосторонній ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; штангенглибиномір ШГ-160-0,01 ГОСТ 162-90; шаблон спеціальний 1,5х45°; зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

Операция 040 «Свердлильна з ЧПК». На операції застосовується верстатний пристрій, який спроектований і наведений в розділі 7 пояснювальної запаски.

Різальний інструмент. 1) Свердло спіральне для центрування з кутом 2φ = 90°. Умовне позначення: свердло 2300-1073 Р6М5 ГОСТ 4010-77. 2) Свердло спіральне з кутом 2φ = 118°. Умовне позначення: свердло 2301-1033 Р6М5 ГОСТ 10903-77. 3) Зенківка конічна з кутом φ = 90°. Умовне позначення: зенківка 2353-0135 Р6М5 ГОСТ 14953-80. 4) Комплект машинних мітчиків для нарізання метричної різьби. Умовне позначення: мітчик 2620-0546 Н2 Р6М5 ГОСТ 3266-81 (чорновий); мітчик 2620-0548 Н2 Р6М5 ГОСТ 3266-81 (чистовий).

Вимірювальний інструмент. 1) Калібр-пробка для вимірювання метричної різьби. Умовне позначення: М16х2-7Н ГОСТ 17756-72. 2) Шаблон для вимірювання фаски (спеціальний). Умовне позначення: шаблон 1,5х45°. 3) Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89. 4) Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

6.6 Розрахунок режимів різання

Операція 015 «Токарна з ЧПК». Ескізи операції (установи А і Б) наведені на рисунках 6.2 і 6.3. Режим різання розраховується для обробки Ø184h14(0; –0,87) мм.

1 Глибина різання:

$$t = \frac{\text{Ø}190 - \text{Ø}184}{2} = 3 \text{ мм}.$$

2 Стійкість інструмента T = 45 хв. [4, с. 268].

3 Подача. При глибині різання t = 3 мм рекомендований діапазон подач становить $S_т = (0{,}7 \div 1{,}2)$ мм/об [4, т. 11, с. 266]. Беремо $S_т = 0{,}7$ мм/об.

5 Швидкість різання визначається за формулою [4, с. 265]:

$$V_p = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (6.1)$$

де $K_V -$ коефіцієнт, який враховує умови обробки.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}, \quad (6.2)$$

$K_{Mv} -$ коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки [4, т. 1, с. 261]:

$$K_{Mv} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_v} = 0{,}8 \cdot \left(\frac{750}{550}\right)^{1{,}0} = 1{,}09, \quad (6.3)$$

$\sigma_в = 550$ МПа $-$ межа міцності оброблювального матеріалу;

$K_г = 0{,}8 -$ коефіцієнт, який характеризує оброблюваність сталі [4, т. 2, с. 262];

$n_v = 1{,}0 -$ показник степені [4, т. 2, с. 262].

$K_{Пv} = 0{,}8 -$ коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки [4, т. 5, с. 263];

$K_{Иv} = 0{,}4 -$ коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструмента (пластини із твердого сплаву марки ВК8) [4, т. 6, с. 263].

$$K_v = 1{,}09 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}4 = 0{,}35.$$

$C_v = 350$; $x = 0{,}15$; $y = 0{,}35$; $m = 0{,}20$ [4, т. 17, с. 269].

$$V = \frac{350 \cdot 0{,}35}{45^{0{,}2} \cdot 3^{0{,}15} \cdot 0{,}7^{0{,}35}} = 55 \text{ м/хв}.$$

6 Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 55}{3{,}14 \cdot 190} = 92{,}2 \text{ об/хв}, \quad (6.4)$$

де $D = 190$ мм – діаметр заготовки.

Приймається паспортне значення частоти обертання шпинделя $n_п = 100$ об/хв.

7 Фактична швидкість різання визначається за формулою:

$$V_ф = \frac{\pi \cdot D \cdot n_п}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 190 \cdot 100}{1000} = 59{,}7 \text{ м/хв.}$$

8 Сила різання визначається за формулою [4, с. 271]:

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{X_{P_z}} \cdot S_п^{Y_{P_z}} \cdot V_ф^{n_{P_z}} \cdot K_{P_z}, \quad (6.5)$$

де $C_{Pz} = 204$, $X_{Pz} = 1{,}0$, $Y_{Pz} = 0{,}75$, $n_{Pz} = 0$ [4, т. 22, с. 273];

K_{Pz} – коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання [4, с. 271].

$$K_{Pz} = K_{Mpz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{\gamma pz}, \quad (6.6)$$

K_{Mpz} – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки:

$$K_{Mpz} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n = \left(\frac{550}{750}\right)^{0{,}75} = 0{,}79, \quad (6.7)$$

$\sigma_в = 550$ МПа – межа міцності оброблювального матеріалу;

$n = 0{,}75$ – показник степені для різального інструменту із твердого сплава.

Коефіцієнти, які враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструмента на складові сили різання при обробки сталі [4, т. 22, с. 273]:

$$K_{\varphi pz} = 1{,}0,\ K_{\gamma pz} = 1{,}25,\ K_{\lambda pz} = 1{,}0.$$

$$K_{Pz} = 0{,}79 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}0 = 0{,}99.$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 3^{1{,}0} \cdot 0{,}7^{0{,}75} \cdot 59{,}7^0 \cdot 0{,}99 = 4635 \text{ Н.}$$

9 Потужність різання визначається за формулою [4, с. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot V_ф}{60 \cdot 1020} = \frac{4635 \cdot 59{,}7}{60 \cdot 1020} = 4{,}6 \text{ кВт}, \quad (6.8)$$

Потужність на шпинделі верстата становить:

$$N_{шп} = N_{е.дв.} \cdot \eta = 11 \cdot 0{,}8 = 8{,}8 \text{ кВт},$$

де $N_{е.дв.} = 11$ кВт – потужність приводу головного електродвигуна верстата;

$\eta = 0{,}8$ – коефіцієнт корисної дії приводу верстата (ККД).

Якщо $N_{шп} = 8{,}8$ кВт $> N = 4{,}6$ кВт, то режим різання виконується.

10 Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_х = S_т \cdot n_п = 0{,}7 \cdot 100 = 70 \text{ мм/хв.}$$

11 Основний (машинний) час обробки переходу визначається за формулою:

$$T_o = \frac{(L + l_{вр} + l_{пер}) \cdot i}{S_x} = \frac{(93 + 1{,}5 + 0) \cdot 1}{70} = 1{,}35 \text{ хв}, \qquad (6.9)$$

де $L = 93$ мм – довжина оброблювальної поверхні; $l_{вр} = 1{,}5$ – величина врізання інструмента; $l_{пер} = 0$ – величина перебігу інструмента; $i = 1$ – кількість ходів інструмента.

Розрахунок режимів різання інших технологічних переходів операції виконується табличним методом (див. табл. 6.9).

Таблиця 6.9 – Режими різання на операції 015 «Токарна з ЧПК»

Номер поверхі	Режими різання					То, хв
	t, мм	*i*	So, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	
1	2	3	4	5	6	7
Установ А						
1	3,0	1	0,7	100	59,7/22	0,9
2	3,0	1	0,7	100	59,7/43,7	0,35
3	3,0	1	0,7	100	59,7	1,35
4	2,2	1	0,3	150	65,5/62,7	0,13
5	2,0	1	0,2	250	58,1	0,83
6-7	3,0	1	0,15	200	46,5/76	0,84
Установ Б						
8	2,0	1	0,7	100	59,7/37,1	0,56
9	3,0	1	0,7	100	59,7	0,49
10-11	2,5	1	0,2	150	58	2,85
12	5	2	0,05	100	38,7/39,6	1,2
13-14	14,5	5	0,1	200	47,8/66	3,4
15	1,0	1	0,4	200	47,8	0,5
16	1,1	1	0,2	200	47,8	0,08
17-18	3,0	1	0,1	100	38,7/42,1	0,7

Операція 040 «Свердлильна з ЧПК». Зміст операції: 1) центрувати «глухий» отвір Ø10; 2) свердлити отвір Ø14 під різьбу М16х2-7*H*; 3) зенкувати фаску 1,5х45°; 4) нарізати різьбу М16х2 (чорновий режим); 5) нарізати різьбу М16х2-7*H* (чистовий режим). Ескіз операції наведений на рисунку 6.4. Режим різання розраховується для свердління отвору Ø14 під нарізання різьби М16х2-7*H*.

1 Глибина різання

$$t = 0{,}5D = 0{,}5 \cdot 14 = 7 \text{ мм.}, \quad (6.10)$$

де D = 14 мм – діаметр оброблювального отвору.

2 Стійкість свердла T = 15 хв [4, т. 30, с. 279].

3 Таблична подача $S_т = 0{,}4$ мм/об [4, т. 25, с. 277].

Розрахована подача із урахуванням поправочних коефіцієнтів:

$$S_р = S_т \cdot K_{ls} \cdot K_{os} \cdot K_{жс} \cdot K_{ис} = 0{,}4 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}2 \text{ мм/об}, \quad (6.11)$$

де $K_{ls} = 1{,}0$ – при свердлінні отвору глибиною $l \leq 3D$ [4, т. 25, с. 277];

$K_{os} = 0{,}5$ – для наступної операції нарізання різьби [4, т. 25, с. 277];

$K_{жс} = 1{,}0$ – умова жорсткості технологічної системи [4, т. 25, с. 277];

$K_{ис} = 1{,}0$ – для свердла із швидкорізальної сталі [4, т. 25, с. 277].

Верстат має три фіксовані подачі (0,1; 0,15; 0,3) мм/об, тому приймаємо розраховану подачу $S_р = 0{,}15$ мм/об.

4 Швидкість різання розраховується за формулою [4, с. 276]:

$$V_р = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S_р^y} = \frac{3{,}5 \cdot 14^{0{,}5} \cdot 0{,}32}{15^{0{,}12} \cdot 0{,}15^{0{,}45}} = 7{,}1 \text{ м/хв}, \quad (6.12)$$

де $C_v = 3{,}5$; q= 0,50; $y = 0{,}45$; $m = 0{,}12$ [4, т. 28, с. 278].

$K_v -$ коефіцієнт, який враховує умови обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Иv} \cdot K_{lv} = 1{,}06 \cdot 0{,}3 \cdot 1{,}0 = 0{,}32. \quad (6.13)$$

$K_{Mv} -$ коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки [4, т. 1, с. 261]:

$$K_{Mv} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_v} = 0{,}8 \cdot \left(\frac{750}{550}\right)^{0{,}9} = 1{,}06, \quad (6.14)$$

$\sigma_в = 550$ МПа $-$ межа міцності оброблювального матеріалу;

$K_г = 0{,}8 -$ коефіцієнт, який характеризує оброблюваність сталі [4, т. 2, с. 262];

$n_v = 0{,}9 -$ показник степені [4, т. 2, с. 262].

$K_{Иv} = 0{,}3 -$ коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструмента (швидкорізальна сталь марки Р6М5) [4, т. 6, с. 263];

$K_{lv} = 1{,}0$ – коефіцієнт, який враховує глибину свердління [4, т. 31, с. 280].

5 Частота обертання шпинделя розраховується за формулою:

$$n_р = \frac{1000 \cdot V_р}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 7{,}1}{3{,}14 \cdot 14} = 162 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата приймаємо безступінчасту частоту обертання шпинделя $n_п = 165$ об/хв.

6 Фактична швидкість різання визначається за формулою:

$$V_ф = \frac{\pi D n_п}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 14 \cdot 165}{1000} = 7{,}3 \text{ м/хв.}$$

7 Крутний момент при свердлінні визначається за формулою [4, с. 277]:

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot S_{пр}^y \cdot K_р, \quad (6.15)$$

де $C_M = 0{,}041$; $q = 2{,}0$; $y = 0{,}7$ [4, т. 32, с. 281];

$K_{Мр}$ – коефіцієнт, який враховує якість впливу матеріалу заготовки на силові залежності [4, т. 9, с. 264]:

$$K_{Мр} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n = \left(\frac{550}{750}\right)^{0{,}75} = 0{,}79, \quad (6.16)$$

$\sigma_в = 550$ МПа – межа міцності оброблювального матеріалу;

$n = 0{,}75$ – показник степені для різального інструменту із твердого сплава.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0{,}041 \cdot 14^{2{,}0} \cdot 0{,}15^{0{,}7} \cdot 0{,}79 = 16{,}8 \text{ Нм.}$$

8 Осьова сила при свердлінні визначається за формулою [4, с. 277]:

$$P_o = 10 C_P \cdot D^q \cdot S_{пр}^y \cdot K_р, \quad (6.17)$$

де $C_P = 143$, $q = 1{,}0$, $y = 0{,}7$ [4, т. 32, с. 281].

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 14^{1{,}0} \cdot 0{,}15^{0{,}7} \cdot 0{,}79 = 4192 \text{ Н.}$$

9 Потужність різання визначається за формулою [4, с. 208]:

$$N_e = \frac{M_{кр} n_п}{9750} = \frac{16{,}8 \cdot 165}{9750} = 0{,}29 \text{ кВт.}$$

10 Потужність на шпинделі верстата становить (0,8 – ККД верстата):

$$N_{шп} = 2{,}4 \cdot 0{,}8 = 1{,}92 \text{ кВт.}$$

Якщо $N_{шп} = 1{,}92$ кВт $> N_e = 0{,}29$ кВт, то режим різання виконується.

11 Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_x = 0{,}15 \cdot 165 = 24{,}75 \text{ мм/хв.}$$

12 Основний (машинний) час технологічного переходу:

$$T_0 = \frac{(L + l_{вр} + l_{пер}) \cdot i}{S_x} = \frac{(22 + 1{,}5 + 0) \cdot 4}{24{,}75} = 3{,}8 \text{ хв}, \qquad (6.18)$$

де L = 22 мм – довжина отвору; $l_{вр}$ = 1,5 мм – величина врізання; $l_{пер}$ = 0 – величина перебігу; i = 4 – кількість оброблювальних отворів.

Режими різання інших технологічних переходів операції визначаємо табличним методом (див. табл. 6.10).

Таблиця 6.10 – Режими різання на операції 040 «Свердлильна з ЧПК»

Режим різання	Центрування	Свердління	Зенкування	Нарізання різьби	
				Чорновий режим	Чистовий режим
1	2	3	4	5	6
Глибина різання t, мм	5,0	7,0	1,6	0,45	0,2
Подача $S_{пр}$, мм/об	0,15	0,15	0,1	2	2
Частота обертання шпинделя $n_п$, об/хв	300	165	100	200	200
Фактична швидкість різання $V_д$, м/хв	9,4	7,3	11	10	10
Крутний момент $M_{кр}$, Нм	8,6	16,8	40,4	37,0	37,0
Осьова сила P_o, Н	2260	4192	–	–	–
Потужність різання N, кВт	0,27	0,29	0,42	0,76	0,76

Продовження таблиці 6.10

1	2	3	4	5	6
Хвилинна подача S_x, мм/хв	45	24,75	10	400	400
Основний час T_o, хв	0,6	3,8	1,2	0,2	0,2
Основний час операції складається із основних часів технологічних переходів – центрування, свердління, зенкування і нарізання різьби: T_0 = 0,6 + 3,8 + 1,2 + 0,2 +0,2 = 6,0 хв.					

6.7 Технічне нормування операцій.

Норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_0 + T_д + T_{обс} + T_{від} + \frac{T_{п-з}}{N_п}, \qquad (6.19)$$

де T_0 – основний час операції;

$T_д$ = допоміжний час операції;

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

$T_{від}$ = час на відпочинок на особисті потреби працюючого;

$T_{п\text{-}з}$ – підготовчо-завершальний час;

$N_п$ = 86 шт. – кількість заготовок в партії запуску їх у виробництво.

Допоміжний час операції складається із витрат часу на окремі прийоми:

$$T_д = T_{уст} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (6.20)$$

де $T_{уст}$ – допоміжний час на установку і зняття заготовки;

$T_{кер}$ – допоміжний час на керування верстатом;

$T_{вім}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання заготовки.

Оперативний час роботи верстата визначається за формулою:

$$T_{оп} = T_о + T_д. \quad (6.21)$$

Операція 015 «Токарна з ЧПК».

$T_о = 14{,}2$ хв; $T_{уст} = 0{,}56$ хв [5, карта 3, с. 52]; $T_{кер} = 0{,}8$ хв [5, карта 14, с. 79];

$T_{вим} = 3{,}54$ хв [5, карта 15, с. 80–88]; $T_{п-з} = 34$ хв [5, карта 21, с. 96–97].

$$T_д = 0{,}56 + 0{,}8 + 3{,}54 = 4{,}9 \text{ хв}. \; T_{оп} = 14{,}2 + 4{,}9 = 19{,}1 \text{ хв}.$$

$$T_{об} + T_{від} = 0{,}08 \cdot T_{оп} = 0{,}08 \cdot 19{,}1 = 1{,}53 \text{ хв}.$$

$$T_{шт-к} = 14{,}2 + 4{,}9 + 1{,}53 + \frac{34}{86} = 21 \text{ хв}.$$

Операція 040 «Свердлильна з ЧПК».

$T_о = 6{,}0$ хв; $T_{уст} = 0{,}4$ хв [5, карта 13, с. 76–78]; $T_{кер} = 0{,}35$ хв [5, карта 14, с. 79];

$T_{вим} = 1{,}5$ хв [5, карта 15, с. 80–89]; $T_{п-з} = 26$ хв [5, карта 24, с. 100];

$$T_д = 0{,}4 + 0{,}35 + 1{,}5 = 2{,}25 \text{ хв}. \quad T_{оп} = 6{,}0 + 2{,}25 = 8{,}25 \text{ хв}.$$

$$T_{об} + T_{от} = 0{,}08 \cdot T_{оп} = 0{,}08 \cdot 8{,}25 = 0{,}66 \text{ хв}.$$

$$T_{шт-к} = 6{,}0 + 2{,}25 + 0{,}66 + \frac{26}{86} = 9{,}3 \text{ хв}.$$

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Обґрунтування мети операції і завдання для проєктування.

На операції 040 «Свердлильна з ЧПК» послідовно свердляться чотири отвори діаметром 14,0 мм глибиною 22 мм, зенкуються фаски 1,5х45°, нарізається різьба М16×2–7*H* глибиною 16 мм і витримуються технічні вимоги креслення по розташуванню отворів на діаметрі 160 мм в межах поля допуску 0,5 мм на діаметр.

Аналіз вимог креслення щодо точності розмірів показав, що вони забезпечуються без особливих утруднень. Уточнимо технологічні умови операції.

Верстат моделі KBF 50 має розміри робочої поверхні стола 1220 х 360 мм; три приєднувальних паза розміром 14*H*8(+0,027; 0) мм; відстань між пазами 95 мм.

Різальний інструмент: свердло 2300-1073 Р6М5 ГОСТ 4010–77; свердло 2301-1033 Р6М5 ГОСТ 10903-77; зенківка 2353-0135 Р6М5 ГОСТ 14953–80; мітчик 2620-0546 Н2 Р6М5 ГОСТ 3266–81 (чорновий); мітчик 2620-0548 Н2 Р6М5 ГОСТ 3266-81 (чистовий).

Режим різання для свердління одного отвору діаметром 14,0 мм: $V_ф$ = 7,3 м/хв; S_0 = 0,15 мм/об; n = 165 об/хв; $M_{кр}$ = 16,8 Н·м; P_0 = 4192 Н; N_e = 0,29 кВт; T_o = 0,95 хв.

Режим різання для нарізання різьби в одному отворі М16х2-7Н мм: $V_ф$ = 10 м/хв; S_0 = 2 мм/об; n = 200 об/хв; $M_{кр}$ = 37,0 Н·м; N_e = 0,76 кВт; T_o = 0,05 хв.

Для розрахунку приймаємо крутний момент $M_{кр}$ = 37,0 Н·м при нарізанні різьби мітчиком, тому що він більше, ніж при свердлінні $M_{кр}$ = 16,8 Н·м.

Таким чином, для реалізації наведених умов необхідно спроектувати пристрій і вирішити наступні задачі.

1 Забезпечити постійність базування партії заготовок в пристрої.

2 Забезпечити надійне і швидке закріплення та відкріплення заготовок при їх переустановленні.

3 Забезпечити постійну силу затиску за період обробки заготовки, при умові застосування в пристрої пневматичного або гідравлічного приводу.

4 Забезпечити точність установки пристрою на столі верстата для виконання технічних вимог операції.

Розроблення схем базування та закріплення заготовки.

Виходячи із технічних вимог креслення, заготовка на операції базується наступними поверхнями. Торцева поверхня, яка обмежена діаметрами Ø184 мм та Ø134*H*9 мм і має шорсткість R_a = 3,2 мкм, використовується як установча база, позбавляє заготовку трьох ступенів вільності і слугує для сприймання осьових сил різання, які виникають при свердлінні, зенкуванні і нарізанні різі.

Внутрішня циліндрична поверхня діаметром 124*H*9(+0,1; 0) мм і довжиною 8 мм використовується як подвійна опорна база (короткий палець), позбавляє двох ступенів вільності і центрує вісь заготовки із віссю діаметра 160 мм на якому розташовуються осі оброблювальних різьбових отворів.

Торець ступінчастого отвору заготовки Ø35*H*9/Ø45*H*10 мм використовується як опорна база, позбавляє заготовку однієї ступені вільності і є технологічною базою для кутового розташування осей різьбових отворів.

Щоб зберегти запропоновану схему базування незмінною при обробки заготовки, необхідно прикласти силу затиснення, яка компенсує скалярну величину сили різання та її векторний напрямок. Силу затиснення треба направити супротив опорної поверхні (установчої бази). Джерелом сили затиснення пропонується використати мембранний пневматичний привід, який вбудований в корпус пристрою. Схема базування і закріплення заготовки наведена на кресленні налагоджування (дивись креслення ТМ21510020 – 06-01 ОН).

Розрахунок сили закріплення виконується за схемою сил різання і тертя, які виникають при обробки заготовки (див. рис. 7.1).

При свердлінні отвору на заготовку діє осьова сила P_0 = 4192 Н і крутний момент $M_{кр}$ = 16,8 Н·м. При свердлінні вектор сили P_0 направлений супротив опори і притискує заготовку до неї. Сила затиснення також направлена супротив опори і сумісно ці дві сили притискують заготовку до неї. Тому при розрахунках осьову силу не приймаємо. Найбільший крутний момент $M_{кр}$ виникає при нарізанні різьби, який прямує повернути заготовку навколо своєї осі. В місцях контакту заготовки з опорами пристрою та затискною шайбою виникають сили тертя, які компенсують

крутний момент $M_{кр}$ (на рисунку сили тертя зазначені коефіцієнтами тертя f_1 і f_2, які виникають від дії цих сил).

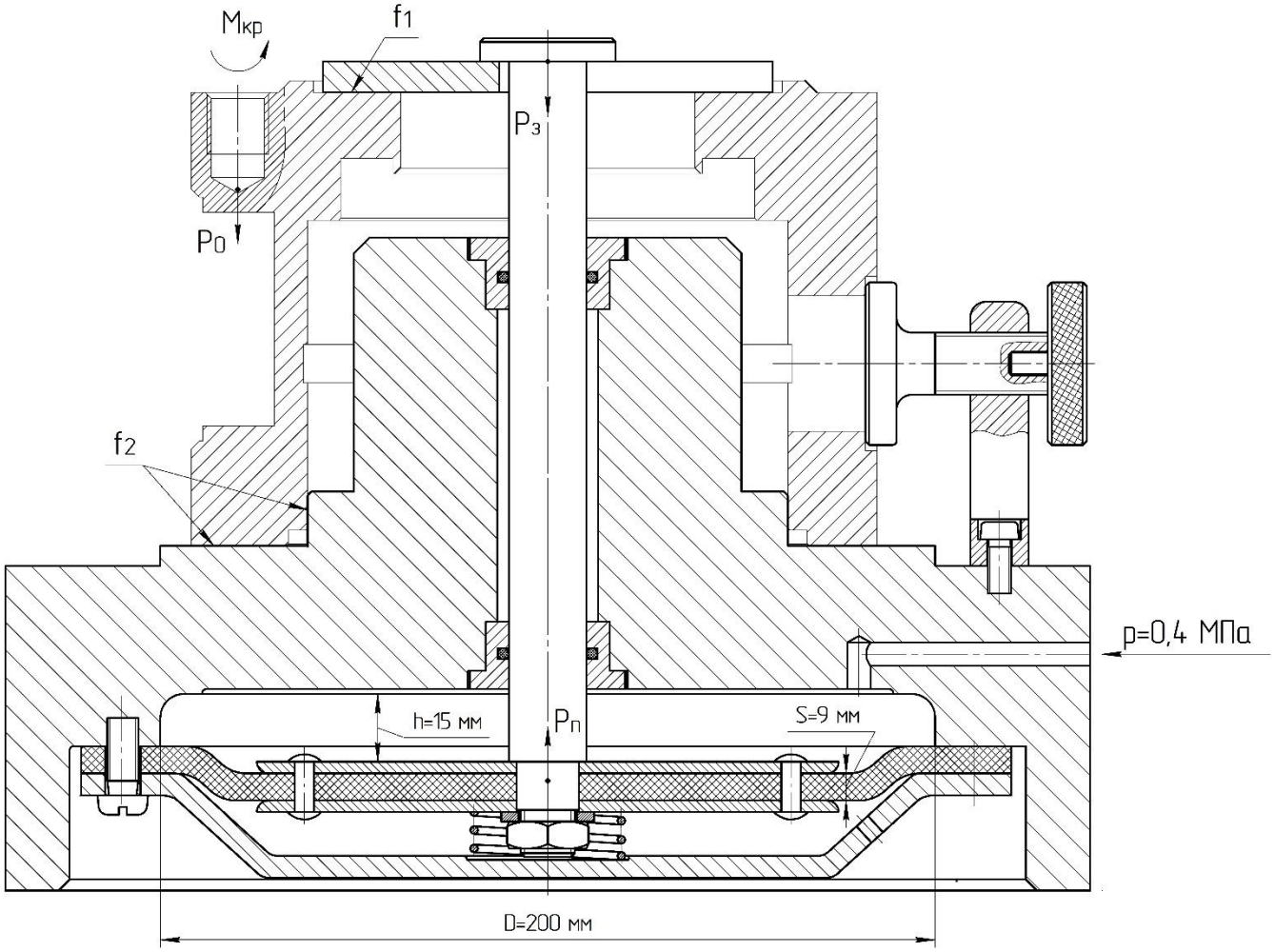

Рисунок 7.1 – Схема для розрахунку сили закріплення

Сила затиснення $P_З$ розраховується за формулою:

$$P_З = \frac{2 \cdot K \cdot M_{кр}}{D_{з.ср.} \cdot (f_1 + f_2)} = \frac{2 \cdot 3{,}11 \cdot 37{,}0}{0{,}159 \cdot (0{,}16 + 0{,}16)} = 4523{,}2\ H, \qquad (7.1)$$

де $P_З$ – сила затиснення на штоку мембранного пневматичного привода;

К – поправочний коефіцієнт, який враховує наступні фактори.

$К_0 = 1{,}5$ – неточність розрахунків; $К_1 = 1{,}0$ – наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки; $К_2 = 1{,}15$ – збільшення сил різання у разі притуплення інструмента; $К_З = 1$ – збільшення сил різання при переривчастому різанні; $К_4 = 1{,}2$ – постійність затискних сил пневматичного устрою; $К_5 = 1{,}0$ – зручність розташування рукоятки в затискному устрої; $К_6 = 1{,}5$ – наявність моментів, які прямують повернути заготовку ($К = К_0 \cdot К_1 \cdot К_2 \cdot К_З \cdot К_4 \cdot К_5 \cdot К_6 = 1{,}5 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}15 \cdot 1 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}5 = 3{,}11$);

$M_{кр}$ = 37,0 Н·м – крутний момент при нарізанні різьби;

$D_{з.ср.} = \frac{D_1+D_2}{2} = \frac{184+134}{2} = 159$ мм – середній діаметр заготовки, яким вона опирається на опорну поверхню пристрою; D_1 =184 мм; D_2 = 134 мм;

$f_1 = f_2 = 0{,}16$ – коефіцієнти тертя в місцях контакту заготовки із опорою пристрою і затискною шайбою [7, т. 10, с. 85].

Величина сили закріплення $P_з$ залежить від розмірів елементів конструкції пневматичного циліндра (діаметра, товщини і прогину мембрани).

Діаметр циліндра D можна визначити із формули:

$$P_з = 0{,}147(D + d)^2 \cdot p_0, \tag{7.2}$$

де $d = 0{,}7D$ мм – діаметр зовнішньої опорної шайби;

$p_0 = 0{,}4$ МПа – тиск повітря в пневматичній системі.

Після перетворення формули (7.2) визначаємо діаметр циліндра D:

$$D = \frac{1}{1{,}7}\sqrt{\frac{P_з}{0{,}147 \cdot p_0}} = \frac{1}{1{,}7}\sqrt{\frac{4523{,}2}{0{,}147 \cdot 0{,}4}} = 163{,}2 \text{ мм}. \tag{7.3}$$

Приймаємо $D = 200$ мм. В конструкції пристрою застосований мембранний пневматичний циліндр односторонньої дії з пружинним поверненням і матеріалом мембрани – гумової тканини.

Товщина S гумової мембрани розраховується за формулою:

$$S = \frac{D}{4}\sqrt{\frac{3p_0}{\sigma_{max}}} = \frac{200}{4}\sqrt{\frac{3 \cdot 0{,}4}{40}} = 8{,}66 \text{ мм}, \tag{7.4}$$

де $\sigma_{max} = 40$ МПа – найбільше допустиме напруження в матеріалі діафрагми із гумової тканини.

Приймаємо $S = 9$ мм.

Визначаємо хід штока L при плоскій діафрагмі із її прогином в центрі:

$$L = \frac{3p_0D^4(1-\mu^2)}{256ES^3}, \tag{7.5}$$

де $\mu = 0{,}4$ – коефіцієнт Пуассона матеріалу діафрагми;

$E = 6 \cdot 10^2$ – модуль пружності матеріалу діафрагми.

$$L = \frac{3 \cdot 0{,}4 \cdot 200^4 \cdot (1 - 0{,}4^2)}{256 \cdot 6 \cdot 10^2 \cdot 9^3} = 14{,}4 \text{ мм}.$$

Приймаємо $L = 15$ мм.

7.3 Розрахунок точності елементів пристрою.

До розрахункових параметрів віднесена паралельність торця і перпендикулярність циліндричної кільцевої поверхні корпусу, які визначають точність розташування заготовки в пристрої.

Допустима похибка $T_{\text{пр}}$ виготовлення паралельності торця корпусу відносно її базової поверхні А визначається за формулою:

$$T_{\text{пр}} \leq T_{\text{д}} - K_{\text{т}} \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_{\text{б}})^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{і}}^2 + \varepsilon_{\text{пер}}^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{обр}}^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2}, \qquad (7.6)$$

де $T_{\text{д}} = 0{,}6 \cdot T_{\text{отв}} = 0{,}6 \cdot 430 = 258$ мкм – допуск перпендикулярності розташування осей отворів відносно торця деталі;

$T_{\text{отв}} = 430$ мкм – допуск свердління 4-х отворів Ø14 мм згідно 14-го квалітету точності;

$K_{\text{т}} = 1{,}2$ – коефіцієнт, який враховує можливе відхилення окремих складових від закону нормального розподілення;

$\varepsilon_{\text{б}} = 50$ мкм – похибка базування деталі в пристрої (за кресленням);

$K_1 = 0{,}6$ – поправочний коефіцієнт [5];

$\varepsilon_{\text{з}} = 0$ – похибка закріплення заготовки;

$\varepsilon_{\text{і}} = 0$ – похибка, яка виникає у разі зносу установчих елементів (при рівномірному зносі діаметра $124H9$ мм і торця, обмеженого діаметрами 184 мм і 134 мм, похибку можна не враховувати);

$\varepsilon_{\text{пер}} = 50$ мкм – похибка перекосу інструмента при свердлінні;

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

$\varepsilon_{\text{обр}} = K_2 \cdot \omega = 0{,}6 \cdot 100 = 60$ мкм – похибка обробки ($K_2 = 0{,}6$ – коефіцієнт, який враховує похибку обробки, $\omega = 100$ мкм – середня економічна точність обробки по 12-у квалітету);

$\varepsilon_{\text{поз}} = 50$ мкм – похибка позиціювання шпинделя із інструментом відносно площини стола верстата.

$$T_{\text{пр}} \leq 258 - 1{,}2\sqrt{(0{,}6 \cdot 50)^2 + 0^2 + 0^2 + 50^2 + 10^2 + 60^2 + 50^2} = 140 \text{ мкм.}$$

Розраховане значення запишемо в технічні вимоги креслення пристрою, попередньо прийнявши $T_{\text{пр}} = 0{,}1$ мм.

7.4 Опис конструкції і роботи пристрою.

Конструкція пристрою наведена на кресленні ТМ21510020–07–01.00.00 СК «Пристрій для свердління». Пристрій складається із корпусу 2, в нутрі якого запресовані дві напрямні втулки 3, штока 5, який нижнім кінцем закріплений з мембраною 9 і двома металевими накладками 10. Мембрана разом з кришкою 12 кріпиться до корпусу шістьма болтами 18. Подання повітря в штокову порожнину, вбудованого мембранного пневматичного привода односторонньої дії, відбувається через отвір корпусу, який з'єднаний із розподільним краном 1. Для кутової орієнтації деталі відносно своєї осі на корпусі пристрою розташована стійка 7 із регулюючим упором 6. Закріплення заготовки в пристрої відбувається затискною знімною шайбою 4. Пристрій на столі верстата виставляється двома шпонками 23, які закраплені до низу корпусу гвинтами 16. Пристрій до столу верстата кріпиться спеціальними болтами (на кресленні не позначені).

Робота пристрою починається із установки заготовки на торець (базову поверхню корпусу) і циліндричний палець корпусу. Далі заготовку повертають навколо своєї осі до моменту, коли упор 6 установиться в отворі і буде досягнуте кутове її розташування. Останньою установлюється знімна шайба 4 між верхнім торцем заготовки і буртом штока 5.

В штокову порожнину пневматичного приводу від розподільного крану 1 під тиском подається стисле повітря, мембрана 9 прогинається до низу і переміщує шток 5, а знімна шайба 4 затискає оброблювальну заготовку. Після закінчення обробки рукояткою розподільного крана з'єднується штокова порожнина з атмосферою і стисле повітря видаляється. Шток 5 під дією пружини 11 переміщується до верху, звільняється знімна шайба і заготовка розкріплюється. Притиснутий до заготовки упор 6 відводиться і вона знімається із стола пристрою. Далі цикл роботи пристрою повторюється при обробки нової заготовки.

ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового призначення кульового крана DN80, PN16 і корпусу ВТ 69.347–80.10.01 та умов його експлуатації.

2. Виконаний аналіз технічних вимог на виготовлення корпусу.

3. Визначений тип виробництва – дрібносерійний та форма його організації – групова.

4. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі «Корпус».

5. Вибраний спосіб виготовлення вихідної заготовки – штамповка на КГШП. Розроблені технічні вимоги до виготовлення заготовки.

6. Виконаний аналіз існуючого на підприємстві технологічного процесу виготовлення корпусу. Зроблений розрахунок припусків і допусків на діаметр 124*H*9(+0,1; 0) мм. Для операцій 015 «Токарна з ЧПК» і 040 «Свердлильна з ЧПК» обрані схеми базування, металорізальні верстати, верстатні пристрої, різальний і вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та технічні норми часу.

7. Спроектований верстатний пристрій на операцію 040 «Свердлильна з ЧПК» для свердління чотирьох різьбових отворів М16х2-7Н в корпусі.

8. Розроблена технологічна документація на виготовлення корпусу для умов дрібносерійного виробництва – карти КТП і КЕ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

2. **Добрянський, С. С.** Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

3. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. / Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

4. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102 с.

5. **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.

6. ДСТУ ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2003. – 52 с.

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