

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О. Залога

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ**

**ШТОКА АК-60.74.01.002**

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
Бакалаврська кваліфікаційна робота  
Напрямок підготовки – 6.050502 «Інженерна механіка»  
(Технології машинобудування)

Студент

*В. В. Самотяжко*

Керівник

*Ю. О. Денисенко*

Нормоконтроль

*Ю. О. Денисенко*

## РЕФЕРАТ

Записка: 56 с., 6 рис., 10 табл., 11 джерел.

Об'єкт роботи: «шток АК-60.74.01.002» гідроциліндра АК-60.74.01.000.СК підйомної установки.

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу виготовлення «штока АК-60.74.01.002».

В роботі виконано аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі на прикладі горизонтально-розточувальної та вертикально-фрезерної операцій. При цьому виконаний аналіз вихідних даних, зокрема, аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі. Аналітичним методом визначено тип виробництва, обрана форма організації робіт. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі. Обрано раціональний метод отримання заготовки. На механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні  $d35h9$  розрахунково-аналітичним методом визначені операційні припуски і розміри. Для аналізованих операцій виконано обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, обґрунтування вибору обладнання і технологічної оснастки. Розрахунково-аналітичним методом визначені раціональні режими різання і технічно обґрунтовані норми часу. В кінці роботи представлені висновки.

У графічній частині роботи виконано креслення заготовки і креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення «штока АК-60.74.01.002», представлено маршрутно-операційний опис механічної обробки «штока» на бланках КТП. На вертикально-фрезерну операцію розроблено налагодження. Для базування та закріплення заготовки на вертикально-фрезерній операції спроектований верстатний пристрій з механізованим приводом.

**ШТОК, ПОКОВКА, ФРЕЗЕРУВАННЯ, СВЕРДЛІННЯ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ**

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.....	5
2 Аналіз технічних вимог, що пред'являються до конструкції деталі.....	11
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт .....	15
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
5 Вибір способу отримання заготовки.....	21
6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі .....	25
6.1 Визначення операційних припусків і розмірів на обробку поверхні обертання.....	25
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки .....	27
6.3 Обґрунтування вибору верстатного обладнання.....	32
6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки .....	34
6.5 Визначення режимів різання.....	35
6.6 Технічне нормування операцій.....	42
7 Проектування верстатного пристрою .....	46
Висновки .....	54
Перелік джерел посилань .....	55
Додаток А Робоче креслення деталі «шток АК-60.74.01.002».....	57
Додаток Б Складальне креслення «Гідроциліндр АК-60.74.01.000.СК» .....	59
Додаток В Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання аналітичним методом.....	61
Додаток Г Пристрій верстатний спеціальний. Специфікація.....	62
Додаток Д Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	65

<i>ТМЗ 17190039-00.ПЗ</i>				
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		<i>Самотяжко</i>		
Перевір.		<i>Денисенко</i>		
Н. контр.		<i>Денисенко</i>		
Затверд.		<i>Залога</i>		
<i>Проектування технологічного процесу виготовлення штока</i>				
		Літ.	Аркуш	Аркушів
		3	56	
<i>СумДУ</i>				

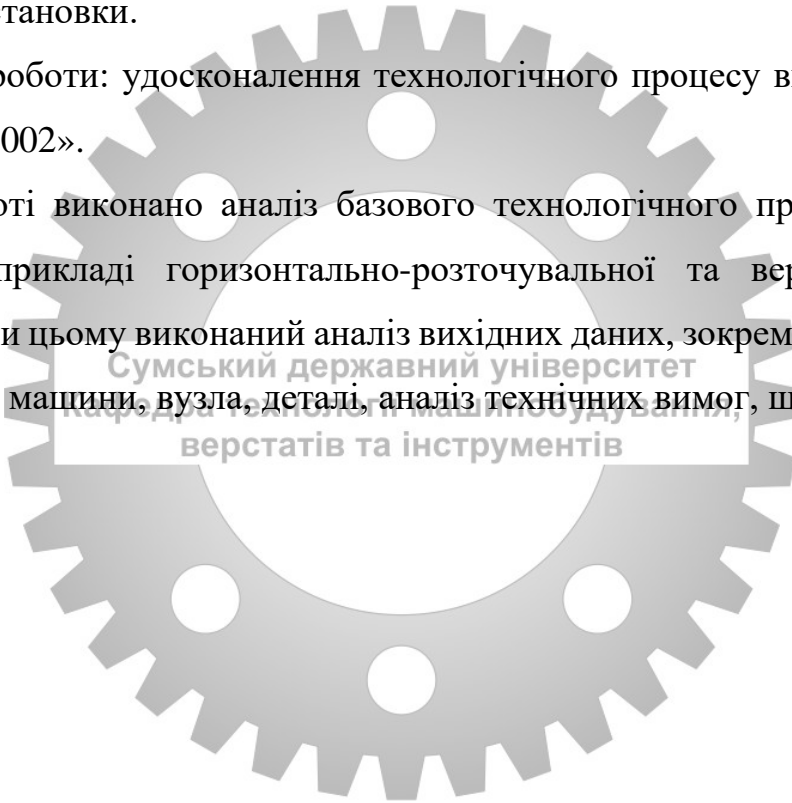
## ВСТУП

Шток АК-60.74.01.002 входить до складу гідроциліндра установки для освоєння і ремонту свердловин АК-60. Установка АК-60 призначена для освоєння і ремонту нафтових і газових свердловин глибиною до 3000 м. Враховуючи потреби світової економіки у паливних ресурсах на основі нафти та газу актуальним є завдання, пов'язане з удосконаленням технологічних процесів з виготовлення деталей та складання машин нафто-газової галузі.

Об'єкт роботи: «шток АК-60.74.01.002» гідроциліндра АК-60.74.01.000.СК підйомної установки.

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу виготовлення «штока АК-60.74.01.002».

В роботі виконано аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі на прикладі горизонтально-розточувальної та вертикально-фрезерної операцій. При цьому виконаний аналіз вихідних даних, зокрема, аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі.



						Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ

Шток АК-60.74.01.002 (див. креслення у додатку А) входить до складу гідроциліндра установки для освоєння і ремонту свердловин АК-60.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика установки для освоєння і ремонту свердловин АК-60

Найменування параметра	Од. вим.	Величина
Допустиме навантаження на гаку: - номінальне - максимальне	кН (тс)	600(60) 800(80)
Потужність привода лебідки, максимальна	кВт	165,4
Кількість швидкостей лебідки: - для СПО - для короткочасових навантажень		6 1
Швидкість підйому: - при СПО - при короткочасових навантажень	м/с	0,21...1,6 0,145
Висота щогли від землі до осі кронблока	м	20,0
Довжина об'єктів, які спускають	м	15,5
Довжина встановлюваних вертикальних труб	м	9,5±0,5
Діаметр каната	мм	2,5
Тягове зусилля допоміжної лебідки	кН (тс)	20 (2)
Висота установки робочої ділянки від рівня землі	м	0,9...2,5
Розміри в робочому положенні (довжина й ширина)	м	2×4,2
Умовний діаметр робочих труб: - насосно-компресорних ГОСТ 633- - бурильних ГОСТ 631-*	мм	60;73;89;102 60;73;89
Крутний момент	кНм	4,5
Частота обертання	с <sup>-1</sup>	1
Тиск гідросистеми	МПа	16,0
Вантажопідйомність	кН (тс)	800 (80)
Умовний діаметр труб, які захватують	мм	60;73;89;102;114
Тиск пневмомережі	МПа	0,8
Габаритні розміри транспортного засобу: - довжина - ширина	мм	16500 3150

					Арк.
					5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Продовження таблиці 1.1

Найменування параметра	Од. вим.	Величина
Висота колій передніх / задніх коліс	м	4500 / 2160
Повна маса транспортного засобу	кг	2800
- на передню вісь		7400
- на задній візок		20600
Маса комплекта (установки в зборі з приладдям й запчастинами)	кг	34200
Показники надійності		
Ресурс до капітального ремонту, не менше	годин	15000
Середній повний термін служби, не менше	років	9

Установка АК-60 призначена для освоєння і ремонту нафтових і газових свердловин глибиною до 3000 м, розташованих у куці й окремо. Дозволяє також вести бурові роботи на глибину до 2000 м в умовах помірних і холодних макрокліматичних районів. Кліматичне виконання забезпечує працездатність установки при температурі навколишнього середовища від мінус 45°С до плюс 45°С і збереження від мінус 55°С.

Підйомна установка розміщена на шасі автомобіля КРАЗ-260Г і включає в себе трансмісію, лебідки, щоглу з талевою системою, а також гідромотором для згвинчування (розгвинчування) труб і розбурювання цементних пробок. Ротор слугує для складних бурових робіт. Установка оснащена електричною, пневматичною й гідравлічною системами управління.

У передній і задній частині рами встановлені, гідравлічні аутригери для монтажу установки на свердловині. Під аутригери на ґрунт укладають опорні балки. Під задньою опорою щогли встановлені аутригери для передачі навантаження від щогли через опорну балку на ґрант. Підйом і опускання щогли здійснюється за допомогою телескопічного гідродомкрата. Між задньою опорою щогли і лебідкою встановлена кабіна для оператора лебідки.

Після установки на свердловині і монтажу в робоче положення вузлів установка може виконати наступні роботи:

- спускопідйомні роботи з трубами в свердловині, у виконанні яких використовується одноштропний елеватор і спайдер;

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

- вгвинчування-розгвинчування труб за допомогою гідроключа й машинних ключів із гідророзкріплювачами;

- роботи з розбурювання цементних мостів, зарізання іншого стовбура, ліквідації складних аварій та привалів.

Шток є частиною гідроциліндра (див. додаток Б). Гідроциліндри працюють на мінеральних маслах 2-го класу чистоти рідин згідно з ГОСТ 17216-71 і в'язкістю від 10 до 100 сСт, при номінальному тиску 120 кгс/см<sup>2</sup> й температурі навколишнього середовища (-45...+60)°С, зі швидкістю переміщення поршня до 6,3 см/с. Характеристики гідроциліндра наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика гідроциліндра

Робочий тиск, МПа	12
Діаметр поршня, мм	100
Робочий хід поршня, мм	950
Робоче середовище	індустріальне масло

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
Технічні вимоги. верстатів та інструментів

1. В робочій порожнині циліндра допускаються перевантаження впродовж 10% часу, не перевищуючі 50% від номінального тиску.

2. Механічний ККД циліндрів повинен бути не менше 0,93.

3. Циліндр повинен бути герметичним при тиску робочого середовища 150 кгс/см<sup>2</sup>.

4. Незазначені граничні відхилення розмірів деталей: отворів – за А7, валів – за Б7; інших – за СД8.

5. Різь метрична – за ГОСТ 9150-59, конічна за ГОСТ 6111-52. Циліндри з метричною різзю є переважними для використання.

6. Вузькі канавки, недорізи й фаски під різь – за ГОСТ 10549-03.

7. Покриття – Хім. Окс. Прм. (за ГОСТ 9.073-77).

8. Канавки для виходу шліфувального круга – за ГОСТ 8820-69.

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

В даному випадку гідроциліндр слугує для перетворення енергії рідини в зворотно-поступальний рух штока, за рахунок чого приводиться в дію гідравлічний аутригер.

Гідроциліндр повинен працювати плавно без заїдань і ривків.

Принцип роботи. При подачі рідини в ліву порожнину циліндра 1 через штуцер 15, шток 2 з поршнем 9 переміщаються вправо і машина закріплюється на свердловині. При подачі рідини в праву порожнину циліндра шток переміщається вліво і установка розкріплюється. Шайби 5 і 22, гайка 21 слугують для закріплення поршня 9 на штоку 2. Щоб між циліндром і поршнем не було зазорів передбачені ущільнювальні кільця 11 й 24. Закривається гідроциліндр гайкою 8. Між гайкою 8 і циліндром знаходиться кільце 25, а між гайкою 8 і штоком знаходиться манжета 26, які використовують для герметизації гідроциліндра.

Шток призначений для кріплення на ньому поршня, напрямку його руху по гідроциліндру і передачі поступального руху до робочого органу через муфту.

При роботі шток піддається розтягуванню й стисненню, а поверхня Ж (див. креслення деталі АК-60.74.01.002 у додатку А) піддається тертю. Тому цілком обґрунтованим є матеріал деталі – легована сталь 40Х ГОСТ 4543-71, яка має в'язку серцевину і досить високу міцність. Поверхня Ж при цьому піддається хромуванню для підвищення зносостійкості й корозійної стійкості.

Аналізуючи конструкцію всього виробу і безпосередньо штока, можна відзначити, що до діаметральних розмірів пред'являють досить жорсткі вимоги з точності й шорсткості, так як всі вони є виконавчими або базовими поверхнями і від їх якісних характеристик безпосередньо залежать експлуатаційні характеристики виробу.

На рисунку 1.1 наведений ескіз деталі та схема базування деталі у вузлі.

До виконавчих поверхонь, які дозволяють деталі виконувати свою безпосередню функцію можна віднести поверхні 3 і 5. Поверхня 3 необхідна для закріплення на ній поршня, який встановлюється на шток по посадці Н8/н9, яка забезпечує необхідні параметри обробленої поверхні для нерухомого з'єднання з

						Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



високим ступенем центрування. Поверхня 5 сполучається з отвором в циліндрі, при цьому забезпечується гарантований зазор, типовий для точних рухомих сполучень H7/f7.

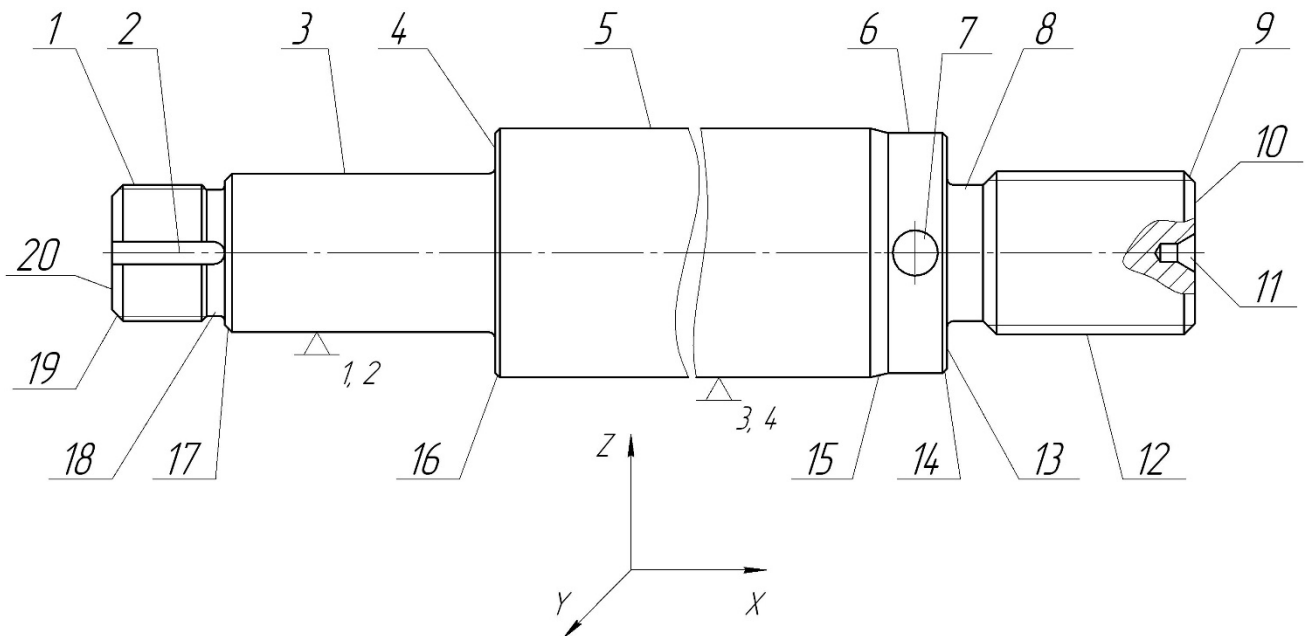


Рисунок 1.1 – Схема базування штока в гідроциліндрі

Базові поверхні в свою чергу можна розділити на основні і допоміжні конструкторські бази. Основні конструкторські бази визначають положення деталі у вузлі. В даному випадку до них можна віднести поверхні 3 та 5. Вони в купі реалізують подвійну направляючу базу і позбавляють деталь 4-х ступенів свободи: поступального переміщення уздовж осей Y і Z; і обертання навколо них (див. таблиці 1.3 та 1.4).

Допоміжні конструкторські бази визначають положення приєднаних деталей. До них можна віднести поверхні 1, 2, 3, 4, 6, 7, 12. Поверхня 1 орієнтує шайбу поз. 5, гайку поз. 21 і шайбу поз. 22 які закріплюють поршень на штоку (див. складальне креслення гідроциліндра АК-60.74.01.000СК у додатку Б). Поверхня 2

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

орієнтує шайбу поз. 22, яка стопорить гайку. Поверхні 3 і 4 базують поршень поз. 9. Поверхні 6, 7, 8 призначені для кріплення муфти.

Решта поверхонь є вільними.

Поверхні канавок 8 і 18 мають технологічне призначення і призначені для виходу ріжучого інструмента під час нарізання різі.

Таблиця 1.3 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені свободи	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
Вакансії	I, IV	-

Таблиця 1.4 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	1	1	ПНБ
$\alpha$	0	1	1	
L	0	0	0	-
$\alpha$	0	0	0	-
L	0	0	0	-
$\alpha$	0	0	0	-

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Виходячи з службового призначення деталі «шток АК-60.74.01.002» можна відзначити, що деталь є одним з основних елементів установки для освоєння і ремонту свердловин працюючої при середніх швидкостях, порівняно відповідальних і складних умовах знакозмінних, циклічних навантажень, і до неї пред'являють досить жорсткі технічні вимоги. У зв'язку з цим, «шток» виготовляється з легованої конструкційної сталі 40Х ГОСТ 4543-71. Зазначена сталь використовується для виготовлення відповідальних деталей, що працюють в умовах складнонапруженого стану. Такі деталі здатні працювати в навантаженому стані при високих температурах протягом тривалого періоду часу (від 10000 годин до 20000 годин) і мають при цьому достатню жароміцність. З таких сталей виготовляють вали, штоки, ротори. Це хромована сталь з загартуванням в маслі й відгартовуванням, з вмістом вуглецю – до 0,4% та 1,5% хрому. Твердість сталі після відгартовування за шкалою Роквела HRC 330 – 300.

Механічні властивості термічно обробленої (гарт і відгартовування) сталі наведені у таблиці 2.1 [1].

Таблиця 2.1 – Механічні властивості сталі 40 Х ГОСТ 4543-71

Найменування показника	Позначення показника	Величина показника
Тимчасовий опір (межа міцності при розтягненні), МПа	$\sigma_b$	883
Межа текучості при розтягненні, МПа	$\sigma_T$	736
Відносне подовження зразка при розриві, %	$\delta$	7
Відносне звуження площі поперечного перетину зразка при розриві, %	$\psi$	25
Ударна в'язкість, кгс·м/см <sup>2</sup>	$a_3$	3

З огляду на досить навантажені умови експлуатації деталі, до неї обґрунтовано пред'являють вимоги за властивостями заготовки-поковки:

					Арк.
					11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Гр. IV – КП 490 ГОСТ 8479-70 [2]. Згідно з цими вимогами поковка має піддаватися таким видам випробувань:

- випробування на розтягнення;
- визначення ударної в'язкості;
- визначення твердості.

При цьому умови комплектування партії заготовок є такими: поковки однієї плавки сталі, що спільно пройшли термічну обробку. В цьому випадку здавальні характеристики є такими:

- межа текучості;
- відносне звуження;
- ударна в'язкість.

При випробуваннях заготовки механічні властивості перевіряють на поздовжніх, поперечних, тангенціальних або радіальних зразках, які вирізаються з напуску, передбаченого на поковки. Для зняття внутрішніх напружень заготовка повинна піддаватися відпалюванню після заготівельної операції.

З огляду на відповідальні умови експлуатації «штока» обґрунтовано і таку вимогу: піддати 100% контролю УЗД (ультразвукової дефектоскопії). Це дозволить на ранніх етапах механічної обробки заготовки виявити приховані внутрішні дефекти, які знижують міцність від утомлення деталі, що особливо важливо в умовах підвищених робочих вібрацій, в результаті чого остання може вийти з ладу і знизити експлуатаційну надійність роботи всієї установки.

Як вже зазначалося, «шток» встановлюється всередині гідроциліндра, і здійснює зворотно-поступальні рухи в отворі кришки гідроциліндра по посадці з зазором  $\varnothing 55H7/f7$ . Зазначена посадка забезпечує гарантований зазор і по точності розмірів цілком прийнятна для поступального переміщення «штока» всередині кришки гідроциліндра, забезпечуючи незначний зазор при допусках по IT7.

Виходячи зі службового призначення цих поверхонь, цілком правильно задано і таку вимогу: покриття поверхні Ж – ХТВ. 21 ГОСТ 9.306-85 хромувати з товщиною – (21 – 30) мкм. Хромування зазначених поверхонь, що працюють в

						Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

умовах тертя ковзання, значно підвищує їх поверхневу твердість і зносостійкість, корозійну стійкість, що збільшує термін служби з'єднання і, отже, довговічність роботи всієї установки. Так само вірно задано і шорсткість розглянутої поверхні – 0,4 мкм Ra, яка виходить поліруванням покриття і знизить знос кільцевих гумових ущільнень в з'єднанні «шток-кришка» гідроциліндра. Недотримання цієї умови може призвести до утворення великої зазору в сполученні. В результаті, в місцях контакту підвищується знос поверхонь, що сполучаються, збільшується зазор і знижується герметичність в розглянутому з'єднанні, що може призвести до підвищених витоків масла в штоковій порожнині гідроциліндра і порушить його працездатність.

Поршень гідроциліндра встановлюється на шийці «штока»  $\varnothing 35h9$  по посадці з зазором ( $\varnothing 35H8/h9$ ) з точністю по IT9, чого, на наш погляд, недостатньо, незважаючи на їх ущільнення двома гумовими кільцями. З огляду на нероз'ємні з'єднання, і необхідність забезпечення його герметичності, тут варто було б підвищити їх розмірну точність до IT8 – IT7, посадку було б забезпечувати по  $\varnothing 35H7/h7$ , або  $\varnothing 35H7/g7$ , що зменшило б максимальний зазор з'єднання, а значить, підвищило б щільність прилягання поверхонь, що сполучаються і надійність з'єднання. З цієї точки зору правильно призначена шорсткість посадкової поверхні – 1,6 мкм Ra, що відповідає заданим умовам експлуатації. З цих же міркувань, вірно призначено і вимога з радіального биття зазначених шийок в межах 0,03 мм, що відповідає 7 – 8 ступеням точності згідно з діючими стандартами зі стандартними допусками 20 мкм і 30 мкм, відповідно. Це, з одного боку, дозволяє підвищити герметичність з'єднання «поршень-шток», за рахунок рівномірності зазору в зазначеному з'єднанні, а з іншого боку, виключити можливість перекосу (відхилення від перпендикулярності) поршня щодо «штока», що підвищить працездатність зазначеного з'єднання, збільшить термін його служби.

По краях «штока» для закріплення поршня з одного боку і для передачі тягового зусилля від «штока» з іншого, в осьовому напрямку виконані різьбові

						Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

шийки M30×1,5-8g, M36×2-8g. При цьому, забезпечується нерухоме різьбове з'єднання, для якого точності 8g цілком достатньо. Крок різі 1,5 мм і 2 мм відповідно є дрібним, що також задано обґрунтовано, оскільки забезпечує надійні умови проти самовідгвинчування без залучення додаткових коштів на стопоріння гайки, обмежившись лише, з боку де встановлюється поршень, пазом для укладання в нього пелюстки спеціальної шайби. Відповідає точності різі її шорсткість – 3,2 мкм Ra.

У радіальному напрямку «штока» виконані два отвори, показані в перерізі (В-В), з  $\varnothing 10$  мм і глибиною 10 мм. Ці отвори виконані під ключ, яким фіксують шток при складанні.

Між циліндричними шийками «штока», в його канавках для усунення концентраторів напружень виконані радіусні переходи з R1,5 мм, R1 мм, R0,5 мм, а також фаски  $2,5 \times 45^\circ$ ,  $1 \times 45^\circ$ .

Решта вільних поверхонь «штока» виконуються по H14; h14;  $\pm t/2$ , що також цілком обґрунтовано і відповідає їхньому службовому призначенню. Шорсткість таких поверхонь в межах (12,5 – 6,3) мкм Ra. Така розмірна точність цілком обґрунтована, оскільки вона не впливає на службове призначення зазначених поверхонь, але значно знижує собівартість їх обробки.

Разом з тим, на кресленні деталі «шток» допускаються порушення правил ЄСКД. Наприклад, не відповідають стандартним значенням деякі допуски на розміри деталі. Зокрема, для розміру  $1210 \pm 1$  мм найближчий стандартний допуск по IT12 дорівнює 1,05 мм.

Інші технічні вимоги, в основному, задані вірно. На кресленні наведено достатню кількість видів і розрізів для однозначного розуміння конструкції деталі.

Таким чином, вищенаведений аналіз технічних вимог показав, що вони задані в цілому технологічно і відповідають сучасному рівню промислового виробництва.

						Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Тип виробництва відповідно до ГОСТ 3.1108-74 характеризують коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о}$ , який показує відношення усіх різних операцій, що виконуються виробничим підрозділом впродовж місяця, до кількості робочих місць [3, 4].

Виконаємо розрахунок  $K_{з.о}$  відповідно до типової методики [3].

1. Кількість потрібного обладнання визначимо за формулою:

$$m_p = \frac{N_{річ} \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}, \quad (3.1)$$

де  $N_{річ} = 400$  шт. – річний обсяг виробництва деталей відповідно до завдання на проектування;

$T_{шт}$  – штучний час на операцію (відповідно до базової технології, див. таблицю 3.1), хв;

$F_d = 4015$  год. – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н} = (0,8 - 0,85)$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (для серійного виробництва).

Для першої механічної операції ( $T_{шт} = 16,2$  хв) за формулою (3.1) маємо:

$$m_p = (400 \cdot 16,2) / (60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,0336.$$

Округлюємо отриману величину до цілих у більший бік:  $P = 1$  верстат.

Аналогічним чином здійснюємо розрахунки для інших операцій. Результати розрахунків записуємо до таблиці 3.1.

						Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.1 – Розрахунок  $K_{з.о}$

№ операції	Найменування операції	$T_{штг, хв}$	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф}$	$O$
1	Горизонтально-розточувальна	16,20	0,0336	1	0,0336	23,79
2	Токарно-гвинторізна	12,20	0,0253	1	0,0253	31,59
3	Токарно-гвинторізна	16,40	0,0340	1	0,0340	23,50
4	Вертикально-фрезерна	7,80	0,0162	1	0,0162	49,42
5	Радіально-свердлильна	10,60	0,0220	1	0,0220	36,36
6	Кругло-шліфувальна	12,20	0,0253	1	0,0253	31,59
7	Токарно-гвинторізна	12,20	0,0253	1	0,0253	31,59
8	Кругло-шліфувальна	10,20	0,0212	1	0,0212	37,79
9	Токарно-гвинторізна	14,20	0,0295	1	0,0295	27,14
				Сума:	9	292,78

2. Для кожної операції обчислюємо величину фактичного коефіцієнту завантаження робочого місця за формулою

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P} \quad (3.2)$$

Для першої операції маємо:

$$\eta_{з.ф} = 0,0336 / 1 = 0,0336.$$

3. Кількість операцій, виконуваних на робочому місці, визначимо за формулою

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф}} \quad (3.3)$$

Для першої операції маємо:

					Арк.
					16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	



$$O = 0,8 / 0,0336 \approx 23,79.$$

4. Коефіцієнт закріплення операцій визначимо з урахуванням сумарних величин кількості робочих місць та операцій, наведених у таблиці 3.1 за формулою

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{292,78}{9} \approx 32,53.$$

Таким чином має місце умова

$$20 < K_{з.о} = 32,53 < 40,$$

виконання якої відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Як відомо, типи виробництва перш за все характеризуються співвідношенням таких факторів, як номенклатура виробів та річний обсяг виробництва [4].

На відміну від одиничного та масового типів виробництва серійне виробництво характеризується періодичним запуском у виробництво так званих серій або партій виробів. Виробництво таких серій (партій) виробів періодично повторюється, а самі вироби мають бути однотипними за своїми конструкторськими та технологічними ознаками.

Серійне виробництво за своїми характеристиками займає середнє положення між одиничним та масовим.

Так, як верстатне обладнання, у серійному виробництві використовують універсальні верстати без засобів автоматизації та і верстати з ЧПК, обробні центри, півавтомати.

Кваліфікація робочих також є середньою: 3 – 5 розряди.

Ріжучий інструмент – стандартний та спеціальний.

					Арк.
					17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Контрольно-вимірювальний інструмент – як універсальний шкальний так і калібри, спеціальний інструмент.

Для дрібносерійного виробництва характерною є групова форма організації робіт, для забезпечення якої формується «предметно-замкнута» дільниця, орієнтована на виготовлення деталей, вкрай подібних за конструктивно-технологічними ознаками. Раціональна організація роботи подібної дільниці дозволяє підвищити ефективність виробництва за рахунок використання переваг універсального одиничного та продуктивного масового виробництв.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначимо за спрощеною формулою [3]:

$$n = \frac{N_{\text{річ}} \cdot a}{259}, \quad (3.4)$$

де  $a = 24$  – періодичність запуску в днях (один раз на місяць) [3];

$$n = \frac{400 \cdot 24}{259} = 37,06.$$

Беремо  $n = 38$  шт.

Розмір виробничої партії враховуємо при визначенні штучно-калькуляційного часу під час технічного нормування операцій механічної обробки «штока» і вказуємо в картах КТП маршрутно-операційного опису виготовлення деталі.

						Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

«Шток АК-60.74.01.002» можна віднести до деталей типу «стрижень». Основним функціональним призначенням деталі є передача зворотно-поступального переміщення. Деталь працює в складнонапруженому стані під впливом значних навантажень.

Конфігурація, габарити штока ( $\varnothing 55 \times 1210$  мм) говорять про недостатню жорсткість конструкції деталі ( $L/D = 22$ ).

Значна довжина деталі (1210 мм) є нетехнологічним фактором, тому що транспортування, установка, складування такої деталі (заготовки) вимагає додаткових заходів і витрат. При цьому маса деталі (20,8 кг) дозволяє віднести її до легких (або середніх), що є технологічним фактором.

Функціональне призначення деталі накладає додаткові вимоги щодо якості матеріалу і заготовки.

Матеріал деталі – сталь 40Х ГОСТ 4543-71 є досить дорогим і поширеним матеріалом, що є технологічним фактором.

Заготовка – поковка IV групи згідно з ГОСТ 8479-70 є нетехнологічним фактором, тому що ця група поковок передбачає виконання низки дорогих контрольних заходів: визначення межі міцності, твердості, ударної в'язкості зразків, отриманих відрізанням від заготовки. При цьому передбачається суцільний (100%) контроль заготовок.

Наявність вимог з хіміко-термічного оброблення (хромування) окремих поверхонь деталі також підвищує собівартість її виготовлення і є нетехнологічним фактором.

Конфігурація деталі є досить простою і відкритою, що можна вважати технологічним фактором. У той же час деталь має досить велику кількість дрібних, але складних конструктивних елементів і точних поверхонь, що не можна вважати технологічним фактором:

						Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- досить велика кількість класних поверхонь (7 – 9 квалітет точності розмірів);

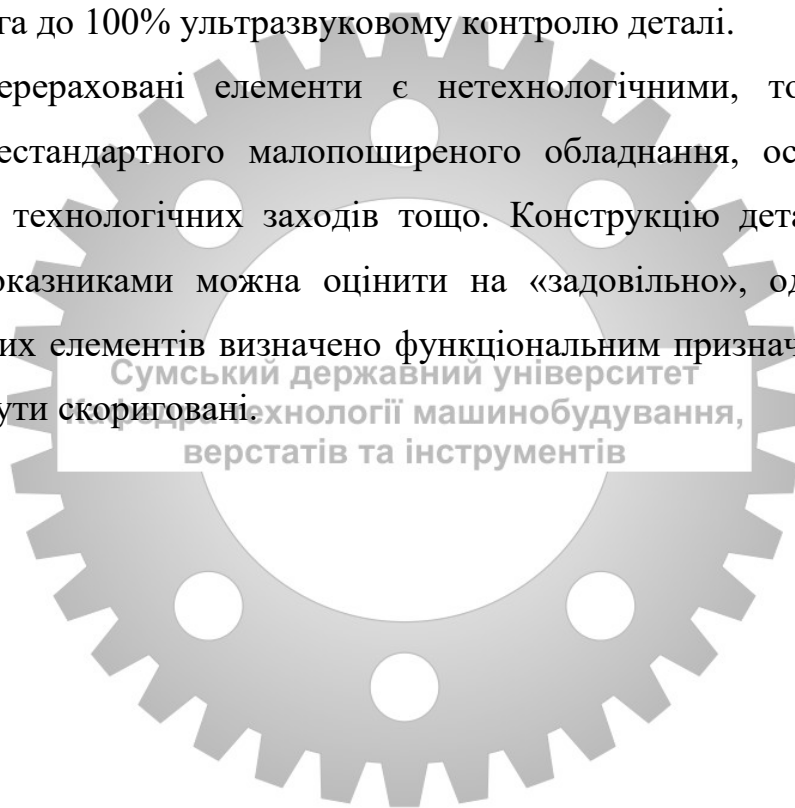
- досить велика кількість поверхонь з високим ступенем чистоти (0,4 – 1,6 мкм за критерієм Ra);

- наявність притертих і полірованих поверхонь, обробка яких є малопродуктивною;

- наявність поверхонь, пов'язаних допуском на взаємне розташування (радіальне биття поверхні  $\varnothing 35h9$  щодо поверхні  $\varnothing 55f7$  (база «Е») – не більше 0,03 мм);

- вимога до 100% ультразвуковому контролю деталі.

Усі перераховані елементи є нетехнологічними, тому що вимагають наявності нестандартного малопоширеного обладнання, оснастки, проведення спеціальних технологічних заходів тощо. Конструкцію деталі таким чином за якісними показниками можна оцінити на «задовільно», однак наявність усіх перерахованих елементів визначено функціональним призначенням деталі і вони не можуть бути скориговані.



						Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Як раціональний варіант отримання заготовки пропонується її отримання вільним куванням на молотах. Як альтернативний варіант може бути розглянутий круглий гарячекатаний прокат. Пропоновані методи є цілком прийнятними для умов дрібносерійного виробництва і мають порівняно невисоку собівартість отримання. Остаточний висновок про прийнятність того чи іншого способу отримання заготовки зробимо після порівняння собівартості отримання заготовки за варіантами.

Відповідно до методики [3] собівартість заготовок, отримуваних з прокату можна визначити за формулою

$$S_{np} = M + \sum C_{o.з}, \quad (5.1)$$

де  $M$  – витрати на матеріал заготовки;

$\sum C_{o.з}$  – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, розрізання їх на штучні заготовки;

$$C_{o.з} = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт}}{60 \cdot 100}, \quad (5.2)$$

де  $C_{п.з}$  – приведені витрати на робочому місці;

$T_{шт}$  – час виконання заготовчої операції.

Витрати на матеріал визначимо за формулою [3]:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{вдх}}{1000}, \quad (5.3)$$

де  $Q$  – маса заготовки, кг;

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

$S$  – ціна 1 кг матеріалу заготовки;

$q$  – маса готової деталі, кг;

$S_{вдх}$  – ціна 1 т відходів, грн.

При  $Q = 25,4$  кг,  $S = 18$  грн,  $q = 20,8$  кг,  $S_{вдх} = 2700$  грн маємо  $M = 444,78$  грн.

З урахуванням собівартості додаткової обробки заготовки на правку і розрізання прокату – 24 грн. і зняття напусків – 44 грн. маємо вартість заготовки, одержуваної з прокату  $S_{пр} = 512,78$  грн.

Відповідно до методики [3] собівартість заготовок, одержуваних методами кування і штампування можна визначити за формулою

$$S_{заг} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_{II} - (Q - q) \cdot \frac{S_{вдх}}{1000}, \quad (5.4)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 т заготовок, грн;

$k_T$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки;

$k_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки;

$k_b$  – коефіцієнт, що залежить від маси поковки;

$k_M$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки;

$k_{II}$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

$Q$  – маса поковки, кг;

$q$  – маса готової деталі, кг;

$S_{вдх}$  – ціна 1 т відходів, грн.

Для поковки штампованої маємо:  $Q = 25,2$  кг,  $q = 20,8$  кг,  $C = 24000$  грн.,  
 $k_T = 1,0$ ,  $k_c = 0,87$ ,  $k_b = 0,8$ ,  $k_M = 1,18$ ,  $k_{II} = 0,8$ ,  $S_{вдх} = 2700$  грн.

Тоді маємо:

$$S_{заг} = \left( \frac{24000}{1000} \cdot 25,2 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,18 \cdot 0,8 \right) - (25,2 - 20,8) \frac{2700}{1000} \approx 385,49 \text{ грн.}$$

						Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Аналіз показує, що заготовка куванням на молотах є більш вигідним з економічної точки зору.

З огляду на конфігурацію, розміри, масу і програму випуску деталі «шток» ми зупинилися на методі отримання заготовки – поковки вільним куванням на молотах.

В цьому випадку визначаємо припуски і допуски на заготовку відповідно до ГОСТ 7829-70 [5].

Для деталей типу вал, круглого перетину з уступами при  $L > 1,5D$  й  $l > 0,3D$  ( $D$  – діаметр деталі;  $L$  – найбільша довжина деталі;  $l$  – довжина окремих уступів деталі) припуски й допуски призначаються на загальну довжину деталі й довжину її окремих уступів, діаметри її зовнішніх поверхонь. При цьому здійснюється перевірка на виконуваність окремих циліндричних поверхонь заготовки. Усі розрахунки розмірів заготовки зведені до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів поковки, у міліметрах

Розмір деталі	Основний припуск на заготовку	Додатковий припуск на заготовку	Допуск на заготовку	Розрахунок розмірів заготовки	Кінцеві розміри заготовки з допусками
Ø55f7	2×2	Основное сечение	+2,2 -1,1	$55+2\times 2 = 59$	Ø59(+2,1;-1,1)
1210	2,5×2	-	+4,2 -2,1	$1210+2,5\times 2=1215$	1215(+4,2;-2,1)

Перевірка виконуваності уступів показала, що при діаметрах заготовки до 40 мм й загальній довжині заготовки більше 1200 мм – вони не виконуються. Тому зазначені уступи (М30×1,5-8g, М36×1,5-8g й Ø35h9) об'єднуємо з Ø55f7. Перевірка по довжині окремих уступів показала, що вони також не виконуються, оскільки при ширині бойка молота до 300 мм, мінімально можлива ширина уступів знаходиться в межах 120 мм.

Ескіз поковки з вказівкою припусків й допусків приведений на рисунку 5.1.

					Арк.
					23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

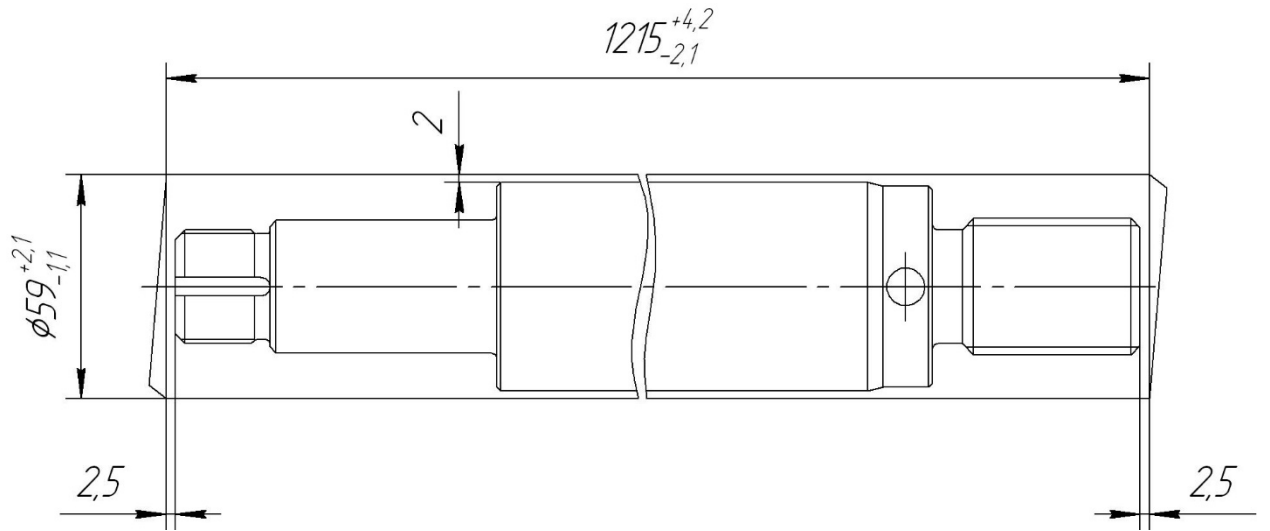


Рисунок 5.1 – Ескіз поковки



						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24



## 6 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Визначення операційних припусків і розмірів на обробку поверхні обертання

Відповідно до завдання виконаємо розрахунок операційних припусків і розмірів на обробку зовнішньої циліндричної поверхні діаметром  $35h9$  з використанням розрахунково-аналітичного методу проф. Кована В. М. [3].

Технологічний процес обробки поверхні  $\varnothing 35h9$  складається з 4-х етапів обробки (операцій):

- 1) поковка вільним куванням ( $T = 3,2$  мм  $(+2,1;-1,1)$ , шорсткість  $Rz = 1000$  мкм, товщина дефектного шару  $H = 1000$  мкм);
- 2) точіння чорнове ( $h14$ , шорсткість  $Rz = 120$  мкм, товщина дефектного шару  $H = 120$  мкм);
- 3) точіння півчистове ( $h11$ , шорсткість  $Rz = 40$  мкм, товщина дефектного шару  $H = 40$  мкм);
- 4) точіння чистове ( $h9$ , шорсткість  $Rz = 20$  мкм, товщина дефектного шару  $H = 20$  мкм).

Як відомо, розрахунково-аналітична методика визначення припусків проф. В. М. Кована базується на обчисленні величини мінімального припуску на перехід (операцію) за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2 \left( R_{z_{i-1}} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \quad (6.1)$$

де  $R_{z_{i-1}}$  – шорсткість поверхні, яка була сформована на попередньому переході;

$T_{i-1}$  – величина дефектного шару, яка була сформована на попередньому переході;

$\varepsilon_{yi}$  – похибка установки заготовки на поточному переході;

					Арк.
					25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$\rho_{i-1}$  – величина просторових відхилень, яка була сформована на попередньому переході.

Як приклад, для обчислення величини мінімального припуску на чорнове точіння будуть використані величини шорсткості  $Rz = 1000$  мкм й дефектного шару  $H = 1000$  мкм, які були сформовані на операції кування.

Вихідна величина просторових відхилень  $\rho_{i-1}$  заготовки буде включати дві складові: похибка, пов'язана з викривленням поковки, і похибка, пов'язана з розбіжністю положення осі центрального отвору та осі зовнішньої циліндричної поверхні поковки (має місце при центруванні заготовки на горизонтально-розточувальній операції).

За наявності питомої кривизни поковки в 3 мкм на 1 мм довжини маємо місцеве короблення поковки в розмірі  $\Delta_k = 3 \cdot 90 = 270$  мкм.

Похибка центрування визначається як похибка базування при встановленні заготовки по зовнішній циліндричній поверхні на опорні призми. За попередніми розрахунками похибка центрування становитиме  $\Delta_{\pi} = 2,263$  мм.

Тоді сумарна похибка становитиме

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{270^2 + 2263^2} \approx 2280 \text{ мкм.}$$

З урахуванням коефіцієнта уточнення  $K_y = 0,06$  величина просторових відхилень, що буде сформована на операції чорнового точіння, складатиме 137 мкм, операції півчистового точіння – 114 мкм ( $K_y = 0,05$ ), операції чистового точіння – 92 мкм ( $K_y = 0,04$ ).

На операціях точіння й круглого шліфування заготовку планується встановлювати в центрах, тож похибка базування та закріплення заготовки для розмірів, заданих у радіальному напрямку, буде дорівнювати нулю.

Обчислення операційних припусків та розмірів виконаємо на ЕОМ з використанням програми Pripusk. Усі вихідні дані та результати розрахунків наведемо у додатку В.

					Арк.
					26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

## 6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки

Розглянемо вибір схем базування на горизонтально-розточувальній операції 020 технологічного процесу виготовлення деталі «шток АК-60.74.01.002».

При обробці заготовок істотний вплив на точність і якість оброблюваних поверхонь надає вибір схем базування і закріплення заготовки. Останні, як відомо, впливають і на подальше обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технологічного оснащення тощо.

Обрана схема базування повинна передбачати як принцип сталості, так і принцип єдності технологічної, конструкторської та вимірювальної баз, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки, багатоінструментальної обробки поверхонь тощо.

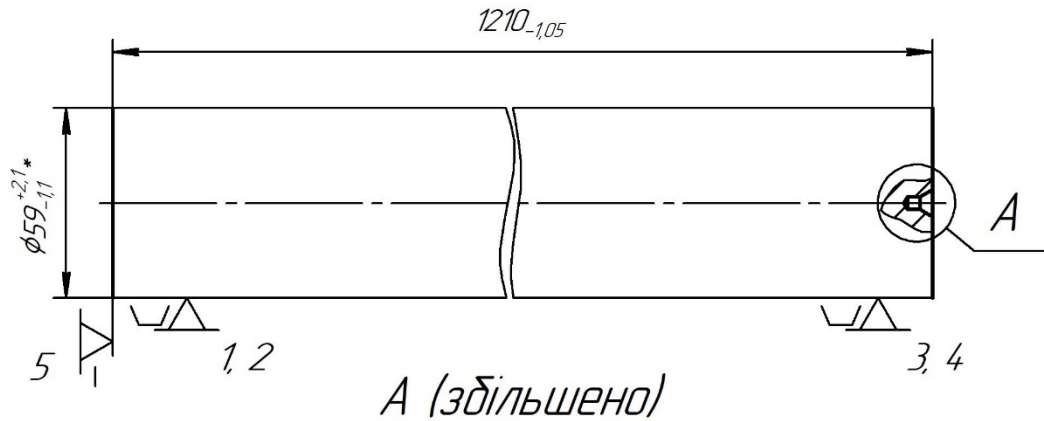
На зазначеній операції за два установа проводиться обробка двох торців заготовки в розмір  $1210_{-1,05}$  мм і центрових отворів А4 ГОСТ 14034-74, див. рисунок 6.1.

Як видно з рисунка 6.1 на даній операції найбільш розвинені поверхні заготовки – це зовнішні циліндричні поверхні і плоскі торці. Точність всіх поверхонь до даного моменту є однаковою, тому в якості головної базової поверхні при базуванні в призмах приймаємо дві циліндричні поверхні  $\varnothing 58$ , які у купі реалізують подвійну направляючу базу, яка позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи – двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z при горизонтальному розташуванні центральної осі заготовки. Ще одного ступеня свободи заготовка позбавляється при упорі в лівий торець, який є опорною базою та позбавляє заготовку поступального переміщення уздовж осі X. Таким чином, в цілому заготовка позбавляється 5 ступенів свободи, залишаючи вакантним обертальний рух навколо своєї центральної осі (осі X).

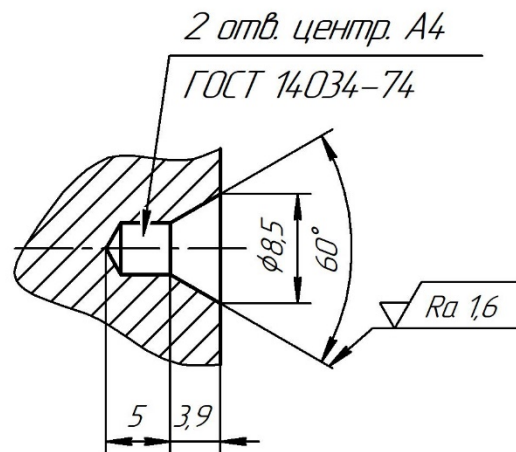
						Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Установи А, Б

$\sqrt{Ra\ 6,3}$  ( $\sqrt{\quad}$ )



А (збільшено)



\* Розмір для довідок.

Рисунок 6.1 – Схема базування та закріплення заготовки на операції 020 горизонтально-розточувальній (вид спереду)

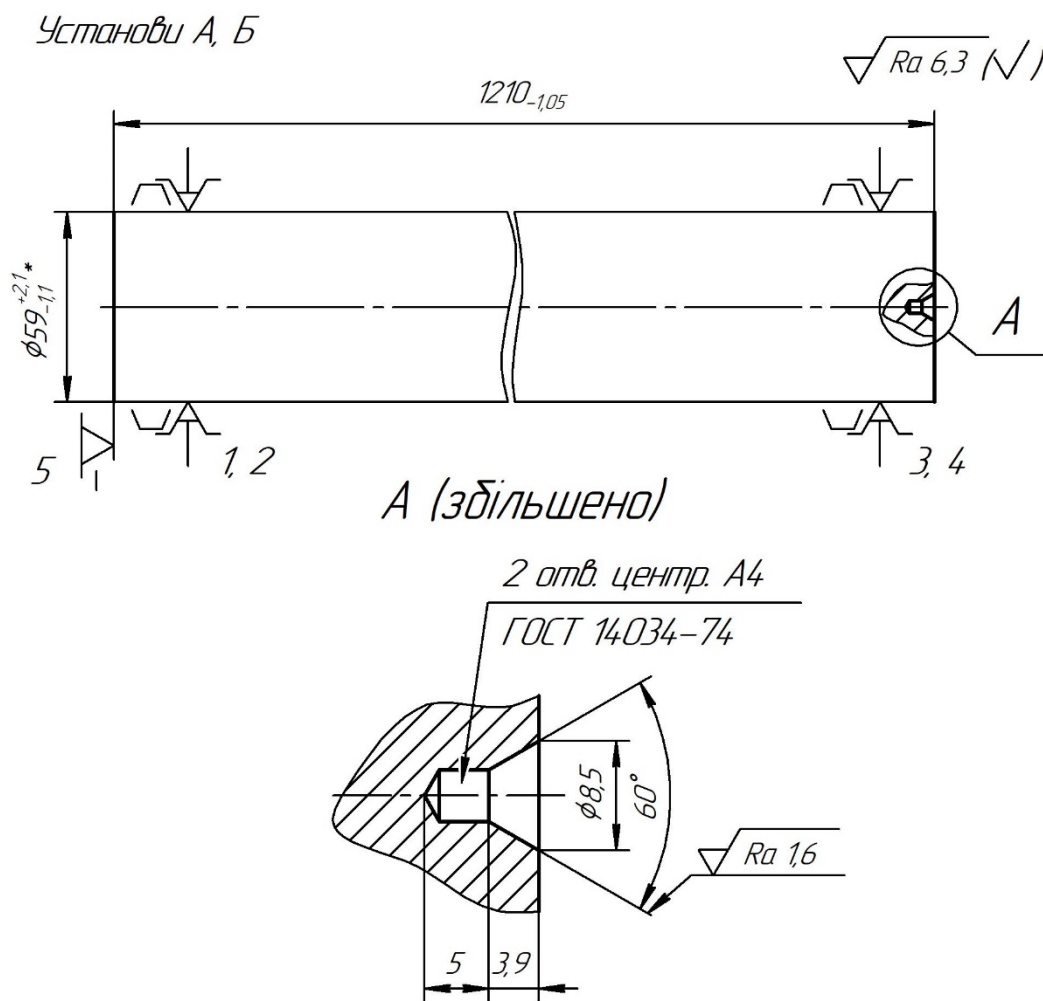
При такій схемі базування технологічні бази поєднуються з вимірювальними і конструкторськими базами, що усуває похибки базування за лінійними розмірами вздовж і перпендикулярно центральній осі заготовки, і забезпечує необхідну точність обробки поверхонь. У той же час, при установці в призмах, як показано на рисунку 6.1, присутня похибка базування, яка визначає зміщення осей центрових отворів відносно центральній осі заготовки [6]:

$$H = 0,5TD \frac{1}{\sin(\alpha)} = 0,5 \cdot 3,2 \cdot \frac{1}{\sin(45^\circ)} = 2,26 \text{ мм,}$$

					Арк.
					28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

де  $TD = 3,2$  мм – допуск на розмір базової поверхні  $\varnothing 59(+2,1;-1,1)$  мм.

В якості альтернативної схеми базування можна розглянути схему з використанням самоцентруючих призм, див. рисунок 6.2. В даному випадку похибки базування відсутні для всіх розмірів. За рахунок використання ефекти самоцентруючих призм ексцентриситет між центровими отворами та центральною віссю заготовки також буде відсутній.



\* Розмір для довідок.

Рисунок 6.2 – Альтернативна схема базування та закріплення заготовки на операції 020 горизонтально-розточувальній (вид зверху)

					Арк.
					29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Аналіз наведених схем базування перевагу віддає схемі на рисунку 6.2.

На вертикально-фрезерній операції базового технологічного процесу проводиться обробка паза шириною 5Н14 в розмір 26h14. Шорсткість поверхонь паза –  $Ra = 6,3$  мкм. Даний паз призначений для установки лапки фіксуючої шайби, при цьому, як видно, не потрібна висока точність і чистота поверхонь паза. У базовому технологічному процесі використовується універсальне неавтоматизоване обладнання, що є цілком прийнятним, однак, для підвищення продуктивності обробки бажано впровадження обладнання з ЧПК і спеціальних конструкцій пристосувань, використання яких, зокрема, дозволить скоротити допоміжний час на установку, зняття заготовки, управління верстатом. У зв'язку з вищесказаним пропонується схема базування заготовки з використанням призматичних опор і упору, див. рисунок 6.3.

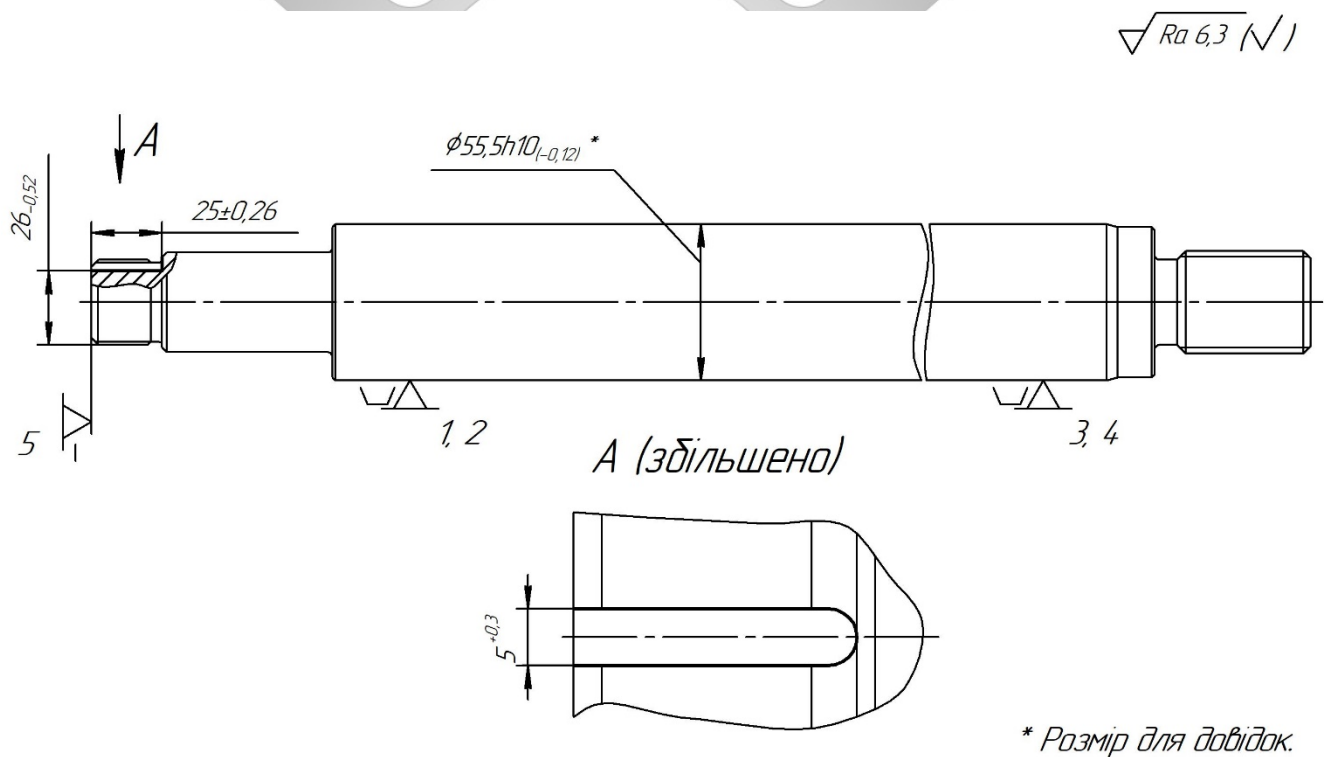


Рисунок 6.3 – Схема базування та закріплення заготовки на операції 055 вертикально-фрезерній

					Арк.
					30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Така схема базування дозволяє позбавити заготовку 5-ти ступенів свободи: по циліндричній поверхні – подвійна напрямна база (позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z), по торцевій поверхні – опорна база (позбавляє заготовку поступального переміщення уздовж центральної осі деталі (вісь X)). Вакантним залишається обертання навколо центральної осі заготовки (осі X).

При базуванні з упором в лівий торець заготовки для розміру  $25 \pm 0,26$  мм виконується принцип суміщення баз – похибка базування дорівнює нулю. Оскільки заготовка самоцентрується в призматичних опорах, то на розташування паза по ширині похибка базування також дорівнює нулю.

При базуванні заготовки в призмах має місце похибка базування по висоті розташування центральної осі заготовки:

$$H = 0,5 \cdot TD \cdot (1/\sin(\alpha)) = 0,5 \cdot 120 \cdot (1/\sin(45^\circ)) \approx 85 \text{ мкм},$$

де  $TD = 120$  мкм – допуск на розмір базової поверхні,  $\alpha = 45^\circ$  – половина кута призми.

Як видно, похибка базування  $E_6 = 85$  мкм не перевищує допуск на розмір  $T_{26} = 520$  мкм.

Таким чином, запропонована схема базування дозволяє забезпечити необхідну розмірну точність оброблюваних поверхонь.

						Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

### 6.3 Обґрунтування вибору верстатного обладнання

Операція 020 горизонтально-розточувальна. У базовому технологічному процесі виготовлення деталі для фрезерування і центрування торців заготовки використовують горизонтально-розточувальний верстат моделі 2636Ф1, який за своїми технічними характеристиками (див. таблицю 6.1) цілком підходить до використання з урахуванням зазначених методів обробки (фрезерування, свердління), габаритів робочого простору, точності позиціонування робочих органів, потужності приводів, універсальності тощо.

Таблиця 6.1 – Характеристика верстата 2636Ф1 [7]

Найменування характеристики	Величина
Клас точності	Н
Найбільший діаметр розточування, мм	125
Довжина робочої поверхні столу, мм	1800
Ширина столу, мм	1600
Конус для кріплення інструмента	Метричний 80
Мін. частота обертання шпинделя об/хв	6,3
Макс. частота обертання шпинделя, об/хв	1000
Дискретність завдання параметрів, мм	0,01
Потужність, кВт	19
Розміри (Д×Ш×В), мм	8160×5070×4805
Маса верстата з виносним обладнанням, кг	35700

Пропоноване металорізальне обладнання дозволяє вести високопродуктивну обробку заданих поверхонь заготовки на попередньо налагоджених верстатах методом автоматичного отримання необхідної точності розмірів, незалежно від кваліфікації робітників. В результаті відпадає необхідність у використанні ручної праці з керування верстатом, ручного розмічування, підвищується продуктивність обробки, поліпшуються умови праці робітника, підвищується рівень безпеки праці, скорочується тривалість і собівартість механічної обробки заготовок. Одним з основних недоліків пропонованої моделі верстата є відсутність магазину ріжучого інструменту та системи автоматичної заміни інструменту. Однак, для умов



дрібносерійного виробництва, в яких реалізується технологічний процес виготовлення «штока», незначної кількості ріжучого інструменту, що використовується на операції, цей недолік можна вважати прийнятним.

Операція 055 вертикально-фрезерна. У базовому технологічному процесі виготовлення деталі для фрезерування паза використовують універсальний вертикальний фрезерний верстат моделі 6Р13. Використання цієї моделі верстата в цілому є прийнятним для умов дрібносерійного виробництва, однак вимагає досить високої кваліфікації робітника. Реалізація операції на верстаті, не оснащеному засобами автоматизації, відрізняється значними обсягами ручної праці з керування верстатом, попереднього розмічування оброблюваних поверхонь заготовки, низькою продуктивністю праці, відносно поганими умовами праці тощо. Пропоную використовувати на вертикально-фрезерній операції верстат з ЧПК моделі 6Р13Ф3-1 (див. таблицю 6.2), який в сукупності з механізованим верстатним пристроєм для базування та закріплення заготовки дозволить значно скоротити допоміжну складову штучного часу, стабілізувати точність оброблення поверхонь заготовки, поліпшити умови праці робітника тощо.

Таблиця 6.2 – Характеристика верстата 6Р13Ф3-1 [7]

Найменування характеристики	Величина
Розміри робочої поверхні стола, мм	400×1600
Кількість Т-подібних пазів – 3, ширина паза, мм	18
Мін. й макс. відстань від торця шпинделя до столу, мм	30 – 500
Відстань від осі шпинделя до вертикальних направляючих станини, мм	420
Макс. переміщення столу, мм	
- поздовжнє механічне	1000
- поздовжнє вручну	1000
- поперечне механічне	320
- поперечне вручну	300
- вертикальне механічне	410
- вертикальне вручну	420

Продовження таблиці 6.2

Найменування характеристики	Величина
Переміщення столу на одну поділку лімба (поздовжнє, поперечне, вертикальне), мм	0,05
Переміщення столу за один оберт лімба, мм:	
- поздовжнє й поперечне	6
- вертикальне	2
Макс. маса оброблюваної деталі, кг	300
Макс. діаметр фрези при чорновій обробці, мм	200
Вага, кг	4300
Габарити, мм	2595×2418×2460

#### 6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки

Операція 020 горизонтально-розточувальна. З урахуванням прийнятої схеми базування й умов виробництва в проектованому технологічному процесі в якості верстатного приймаємо універсальний безналагоджувальний пристрій (УБП), що представляє собою нерозбірний пристрій багаторазового застосування, який експлуатується без доопрацювання.

При виборі різального інструменту перевагу віддаємо стандартним фрезам і свердлам:

- фреза 01.2.0200.000-00 Т5К10 ТУ 2-035-874-82 ( $d_{фр} = 100$  мм,  $Z = 6$ );
- свердло 2317-0107 Р6М5 ГОСТ 13952-75 (комбіноване тип А).

З урахуванням типу виробництва та рівня точності операційних розмірів обираємо універсальний шкальний контрольно-вимірювальний інструмент:

- штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89;
- штангенциркуль ШЦ-111-1600-0,1 ГОСТ 166-89.

Для контролю якості оброблених поверхонь пропонується використовувати зразки шорсткості за ГОСТ 9378-93.

Операція 055 вертикально-фрезерна. З урахуванням прийнятої схеми базування і умов виробництва в проектованому технологічному процесі в якості

					Арк.
					34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

верстатного приймаємо універсальний безналагоджувальний пристрій (УБП), що представляє собою нерозбірний пристрій багаторазового застосування, який експлуатується без доопрацювання.

При виборі різального інструменту перевагу віддаємо стандартній кінцевій фрезі, діаметр якої відповідає ширині оброблюваного паза: фреза 2220-0187 ГОСТ 18372-73 ( $d_{фр} = 5$  мм,  $Z = 3$ , циліндричний хвостовик).

Допоміжний інструмент: патрон цанговий 191113050 ТУ 2-035-986-85.

З урахуванням типу виробництва обираємо універсальний шкальний контрольно-вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Для контролю якості оброблених поверхонь пропонується використовувати зразки шорсткості за ГОСТ 9378-93.

#### 6.5 Визначення режимів різання

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Операція 020 горизонтально-розточувальна. Виконаємо розрахунок режимів різання на фрезерування торців заготовки розрахунково-аналітичним методом.

Початкові дані:

- оброблювана поверхня: плоскі торці  $\varnothing 59$  мм в розмір 1210<sub>-1,05</sub> мм;
- матеріал заготовки – сталь 40Х ГОСТ 4543-71,  $\sigma_B = 883$  МПа;
- шорсткість поверхні –  $R_a = 6,3$  мкм;
- ріжучий інструмент: фреза торцева  $d_{фр} = 100$  мм,  $Z = 6$ ;
- матеріал ріжучої частини інструмента: Т5К10.

Елементи режимів різання при торцевому фрезеруванні визначимо за методикою [7].

1. Глибина різання для торцевих фрез під час оброблення плоского торця за один прохід дорівнює величині припуску  $t = 2,5$  мм.

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

Поздовжню подачу на зуб фрези відповідно до [7] беремо в розмірі  $S_z = 0,15$  мм/зуб.

2. Швидкість різання при фрезерування торця визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{332 \cdot 100^{0,2} \cdot 0,4}{180^{0,2} \cdot 2,5^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 59^{0,2} \cdot Z^0} = 101,8 \text{ м/хв},$$

де  $C_V = 332$  – для торцевих фрез з твердого сплава [7];

$D = 100$  мм – діаметр фрези;

$q = 0,2$ ;

$T = 180$  хв – період стійкості фрези діаметром 100 мм;

$m = 0,2$ ;

$t = 2,5$  мм – глибина різання;

$x = 0,1$ ;

$y = 0,4$ ;

$B = 58$  мм – ширина фрезерування;

$u = 0,2$ ;

$p = 0$ .

Поправочний коефіцієнт на умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 0,72 \cdot 0,85 \cdot 0,65 = 0,398.$$

де  $K_{MV} = K_I(750/\sigma_6)^{n_V}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує міцність оброблюваного матеріалу,  $K_e = 0,85$ ,  $n = 1,0$ ;

$K_{PV} = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні заготовки – оброблення без корки;

$K_{IV} = 0,65$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу.

$$K_{MV} = 0,85 \cdot (750/883)^1 = 0,72.$$

					Арк.
					36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

3. При швидкості різання 101,8 м/хв частота обертання шпинделя становитиме:

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 101,8) / (\pi \cdot 100) = 324 \text{ об/хв.}$$

4. Встановлюємо частоту обертання шпинделя 356 об/хв. Тож фактична швидкість різання становитиме:

$$V_{\phi} = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = \pi \cdot 100 \cdot 356 / 1000 = 111,8 \text{ м/хв.}$$

5. Визначимо тангенціальну складову сили різання:

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_p}{D^q \cdot n^w} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,5^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 59^{1,1} \cdot 6 \cdot 1,05}{100^{1,3} \cdot 356^{0,2}} = 2144 \text{ Н.}$$

де

$C_p = 825$  – для торцевих фрез із твердого сплава;

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$u = 1,1;$$

$$q = 1,3;$$

$$w = 0,2.$$

$K_p = (\sigma_s / 750)^n = (883 / 750)^{0,3} = 1,05$  – коефіцієнт, що враховує міцність оброблюваного матеріалу.

6. Крутний момент на шпинделі верстата визначимо за формулою:

$$M_{кр} = P_z \cdot D / (2 \cdot 100) = 2144 \cdot 100 / 2 \cdot 100 = 1072 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

7. Визначимо потужність різання:

					Арк.
					37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$$N_p = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 1020) = (2144 \cdot 111,8) / (60 \cdot 1020) = 3,9 \text{ кВт.}$$

$$N_{ef} = N_{ov} \cdot \eta = 19 \cdot 0,75 = 14,25 \text{ кВт} > N_p = 3,9 \text{ кВт.}$$

Таким чином, розраховані режими різання можуть бути реалізовані на обраному верстаті.

8. Визначимо машинний (основний) час обробки на даному переході:

$$T_o = (L / S_{x\phi}) \cdot i,$$

де  $L = 73$  мм – довжина обробки поверхні з урахуванням врізання та перебігу;  
 $i = 1$  – кількість проходів.

Хвилинна подача:

$$S_{x\phi} = S_z \cdot Z \cdot n = 0,15 \cdot 6 \cdot 356 = 320,4 \text{ мм/хв.}$$

$$T_o = (73 / 320,4) \cdot 1 = 0,23 \text{ хв.}$$

В результаті розрахунків отримані такі елементи режими різання:

$$t = 2,5 \text{ мм, } S_{x\phi} = 320 \text{ мм/хв, } V = 101,8 \text{ м/хв; } n = 356 \text{ об/хв; } T_o = 0,23 \text{ хв.}$$

						Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 6.3 – Елементи режимів різання на операцію 020

Зміст переходу	$D$ або $B$ , мм	$L$ , мм	$t$ , мм	$i$	$S_{хв}$ , мм/об	$n$ , об/хв	$V$ , м/хв	$T_o$ , хв
А.1 Фрезерувати торець заготовки в розмір 1212,5-1,05 мм	58	59	2,5	1	320 мм/хв	356	101,8	0,23
А.2 Свердлити центровий отвір $\varnothing 4$ тип А ГОСТ 14034-74	8,5	8,9	4,25	1	0,3	400	37,7	0,07
Б.1 Фрезерувати торець заготовки в розмір 1212,5-1,05 мм	58	59	2,5	1	320 мм/хв	356	101,8	0,23
Б.2 Свердлити центровий отвір $\varnothing 4$ тип А ГОСТ 14034-74	8,5	8,9	4,25	1	0,3	400	37,7	0,07
$T_o\Sigma$								0,60

Операція 055 вертикально-фрезерна.

- оброблювана поверхня: паз  $b = 5$  мм,  $h = 4$  мм,  $L = 25$  мм;
- матеріал заготовки – сталь 40Х ГОСТ 4543-71,  $\sigma_B = 883$  МПа;
- шорсткість поверхні –  $Ra = 6,3$  мкм;
- ріжучий інструмент: фреза кінцева  $d_{фр} = 5$  мм,  $Z = 3$ ;
- матеріал ріжучої частини інструмента: твердий сплав ВК6.

Розрахунок режимів різання виконаємо згідно з методикою [7].

1. Відповідно до схеми фрезерування «фрезерування паза кінцевою фрезою в суцільному металі» беремо глибину різання такою, що дорівнює діаметру фрези  $t = d_{фр} = 5$  мм.

2. Обираємо подачу на зуб фрези: поздовжній рух при фрезеруванні паза  $S_z = 0,03$  мм.

3. Швидкість різання, допустиму умовами різання визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{234 \cdot 5^{0,44}}{60^{0,37} \cdot 5^{0,24} \cdot 0,03^{0,26} \cdot 4^{0,1} \cdot 3^{0,13}} \cdot 0,34 = 45,287 \text{ м/хв,}$$

					Арк.
					39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

де  $T$  – стійкість фрези, хв;  
 $D$  – діаметр фрези, мм;  
 $B$  – ширина фрезерування, мм;  
 $z$  – кількість зубців фрези.

Коефіцієнти та показники степенів до цієї формули обрані відповідно до [7] та становлять:  $C_v = 234$ ,  $q = 0,44$ ,  $x = 0,24$ ,  $y = 0,26$ ,  $u = 0,1$ ,  $p = 0,13$ ,  $m = 0,37$ .

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,849 \cdot 1,0 \cdot 0,4 = 0,34.$$

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт, що враховує міцність оброблюваного матеріалу:

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v},$$

де  $\sigma_b = 883$  МПа – межа міцності оброблюваного матеріалу (після нормалізації);

$K_r$  – коефіцієнт, який характеризує групу сталі за оброблюваністю. Беремо

$$K_r = 1,0;$$

$n_v$  – показник степені. Беремо  $n_v = 1,0$ .

Маємо:

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{883} \right)^{1,0} = 0,849,$$

$K_{IV}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки. Беремо  $K_{IV} = 1,0$ ;

$K_{IV}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента. Беремо  $K_{IV} = 0,4$ .

						Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



4. Частоту обертання шпинделя визначимо за формулою:

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 45,287) / (\pi \cdot 5) = 2883 \text{ об/хв},$$

де  $D$  – діаметр фрези.

Беремо частоту обертання шпинделя верстата за паспортом:  $n = 2000$  об/хв.

5. Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = \pi \cdot 5 \cdot 2000 / 1000 = 31,42 \text{ м/хв}.$$

6. Хвилинну подачу визначимо за формулою

$$S_{xв} = S_z \cdot n \cdot z = 0,03 \cdot 2000 \cdot 3 \approx 180 \text{ мм/хв}.$$

7. Тангенціальну складову сили різання визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 5^{0,85} \cdot 0,03^{0,75} \cdot 4^{1,0} \cdot 3}{5^{0,73} \cdot 2000^{-0,13}} \cdot 1,05 = 370 \text{ Н}.$$

Коефіцієнти для цієї формули визначені відповідно до [7] та становлять:  
 $C_p = 12,5$ ,  $x = 0,85$ ,  $y = 0,75$ ,  $u = 1,0$ ,  $q = 0,73$ ,  $w = -0,13$ .

Величину поправочного коефіцієнту  $K_{MP}$  визначимо за формулою:

$$K_{MP} = (\sigma_s / 750)^n = (883 / 750)^{0,3} = 1,05.$$

8. Крутний момент на шпинделі верстата визначимо за формулою:

$$M_{кр} = P_z \cdot D / (2 \cdot 100) = 370 \cdot 5 / 2 \cdot 100 = 9,25 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

						Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

9. Розрахунок потужності різання визначимо за формулою:

$$N_p = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 1020) = (370 \cdot 31,42) / (60 \cdot 1020) = 0,19 \text{ кВт.}$$

$$N_{ef} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,75 = 5,625 \text{ кВт} > N_p = 3,9 \text{ кВт.}$$

Отримані режими різання можуть бути реалізовані на обраному верстаті.

10. Основний час, який витрачається для фрезерування паза визначимо з урахуванням довжини паза 26 мм та довжини врізання фрези 3 мм за формулою

$$T_o = (L / S_{x\phi}) \cdot i = (29 / 180) \cdot 1 = 0,17 \text{ хв.}$$

В результаті розрахунків отримані такі елементи режими різання:

$$t = 5,0 \text{ мм, } S_{x\phi} = 180 \text{ мм/хв, } V = 31,42 \text{ м/хв; } n = 2000 \text{ об/хв; } T_o = 0,17 \text{ хв.}$$

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

### 6.6 Технічне нормування операцій

Норма штучно-калькуляційного часу на операцію дорівнює [8]:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + t_{\text{н.з}} / n, \quad (6.2)$$

де  $t_{\text{шт}}$  – норма штучного часу, хв;

$t_{\text{н.з}}$  – підготовчо-завершальний час, хв;

$n$  – кількість деталей в партії запуску, шт.

В свою чергу, штучний час становитиме:

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_d + t_{\text{обс}} + t_{\text{вдп}}, \quad (6.3)$$

					Арк.
					42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

де  $t_o$  – основний час на операцію, хв;  
 $t_\partial$  – допоміжний час на операцію, хв;  
 $t_{обс}$  – час на технічне й організаційне обслуговування робочого місця, хв;  
 $t_{вдп}$  – час на відпочинок та особисті потреби робочого, хв.

Допоміжний час на операцію:

$$t_\partial = t_{уст} + t_{np} + t_{вим}, \quad (6.4)$$

де  $t_{уст}$  – час на установку, закріплення та зняття заготовки, хв;  
 $t_{np}$  – час, який витрачається на керування верстатом, хв;  
 $t_{вим}$  – час на контрольні вимірювання, хв.

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого:

$$t_{обс} + t_{вдп} = (t_o + t_\partial)(\alpha + \beta) / 100, \quad (6.5)$$

де  $\alpha, \beta$  – відповідно, норми часу на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого у відсотках від оперативного часу.

Операція 020 горизонтально-розточувальна.

Машинний час на операцію складає 0,6 хв (див. таблицю 6.3). З урахуванням часу на прискорені переміщення та заміну інструменту  $t_{м.д} = 0,62$  хв, час автоматичного циклу складає  $t_{ц.а} = 0,6 + 0,62 = 1,22$  хв.

Допоміжний час на операцію визначимо за формулою (6.4):

$$t_\partial = 1,2 + 2,89 + 1,78 = 5,87 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого визначимо за формулою (6.5):

						Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$t_{обс} + t_{вдн} = (1,22 + 5,87)(5+4)/100 = 0,64 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію визначимо за формулою (6.3):

$$t_{ум} = 1,22 + 5,87 + 0,64 = 7,73 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію відповідно до [8] дорівнює:

$$t_{п.з} = 30+10 = 40 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію визначимо за формулою (6.2):

$$t_{ум.к} = 7,73+40/38 = 8,79 \text{ хв.}$$

Операція 055 вертикально-фрезерна. Машинний час на операцію складає 0,17 хв. З урахуванням час на прискорені переміщення робочих органів верстата  $t_{м.д} = 0,2$  хв час автоматичного циклу на операцію  $t_{ц.а} = 0,17+0,2 = 0,37$  хв.

Допоміжний час на операцію визначимо за формулою (6.4):

$$t_{д} = 1,2+1,6+0,8 = 3,6 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого визначимо за формулою (6.5):

$$t_{обс} + t_{вдн} = (0,37 + 3,6)(5+4)/100 = 0,36 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію визначимо за формулою (6.3):

$$t_{ум} = 0,37 + 3,6 + 0,36 = 4,33 \text{ хв.}$$

						Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Підготовчо-завершальний час на операцію відповідно до [8] дорівнює:

$$t_{n.з} = 24 + 10 = 34 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію визначимо за формулою (6.2):

$$t_{шт.к} = 4,33 + 34/38 = 5,23 \text{ хв.}$$



						Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Відповідно до завдання на роботу необхідно спроектувати верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки «штока» для обробки поверхонь паза В = 5Н14 на операції вертикально-фрезерній з ЧПК.

Оброблення пазу здійснюється на вертикальному фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6Р13Ф3-1, основні технічні характеристик якого наведені в таблиці 6.2 цієї роботи. Оброблення півзакритого пазу здійснюється фрезою фреза 2220-0187 ГОСТ 18372-73 ( $d_{фр} = 5$  мм,  $Z = 3$ , циліндричний хвостовик), закріпленою в цанговому патроні 191113050 ТУ 2-035-986-85.

Впровадження в технологічний процес виготовлення «штока» верстатного пристрою з механізованим пристроєм та відповідним чином розміщеними установчими елементами дозволить підвищити продуктивність та точність оброблення заготовки, знизити розряд робіт, поліпшити умови праці оператора тощо.

Згідно з обраною шляхом обґрунтування (див. п. 6.2 цієї роботи) схемою базування заготовки на операції (див. рисунок 6.3) остання позбавлена 5-ти ступенів вільності. Головна технологічна база реалізована шляхом установки заготовки зовнішньою циліндричною поверхнею  $\varnothing 55,5h10$  в опорних призмах (подвійна направляюча база). При цьому заготовку позбавлено 4-х ступенів вільності: 2-х поступальних переміщень та 2-х обертових переміщень. Жорсткий упор в лівий торець заготовки реалізує опорну базу. При цьому заготовку позбавлено ще одного ступеня вільності: поступального переміщення вздовж її центральної осі. Вакантним залишається обертання заготовки навколо своєї центральної осі.

Для запобігання переміщення вільного заготовки під час фрезерування паза під дією сил різання планується її закріплення силами, направленими зверху вниз. При цьому точки прикладення сил закріплення мають бути розміщені на зовнішній циліндричній поверхні заготовки  $\varnothing 55,5h10$  безпосередньо над

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

призматичними опорами. В такому разі навпроти сил закріплення в протилежному напрямку будуть діяти реакції опор: деформації заготовки під дією сил закріплення практично будуть відсутні.

Пропонована схема базування та закріплення заготовки є досить технологічною з точки розподілення силових полів. Більшість складових сил різання будуть компенсовані відповідними реакціями опор. Однак, для запобігання вільного обертання заготовки навколо своєї центральної осі необхідно забезпечити притискання заготовки до опорних призм відповідними за величиною силами закріплення. При цьому як збурення слід розглядати тангенціальну складову сили різання  $P_z$ , яка, спрямована за дотичною до оброблюваної циліндричної поверхні заготовки, буде утворювати крутний момент  $M_{кр}$ , який в свою чергу намагатиметься повернути заготовку навколо її центральної осі, див. рисунок 7.1.

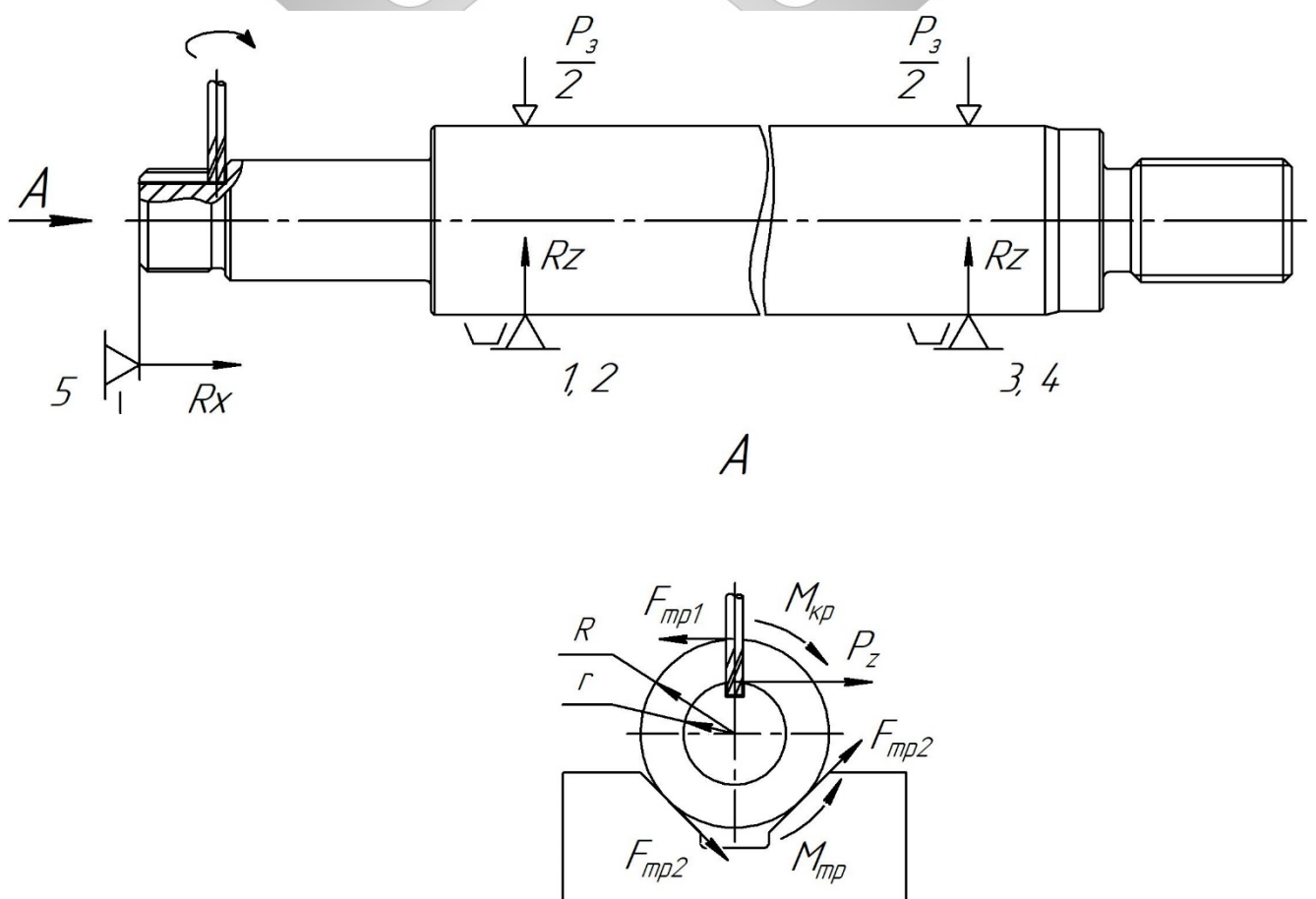


Рисунок 7.1 – Схема дії на заготовку сил різання та сил закріплення

					Арк.
					47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Для урівноваження моменту  $M_{кр}$  необхідним є наявність моменту тертя  $M_{тр}$ , який має бути достатнім за величиною та спрямованим в протилежний бік, див. рисунок 7.1. При цьому достатність величини моменту  $M_{тр}$  має визначатися рівнянням:

$$M_{кр} \cdot k_{зап} = M_{тр},$$

де  $k_{зап}$  – коефіцієнт запасу, який необхідно враховувати для забезпечення надійного закріплення заготовки.

Згідно зі схемою дії сил (див. рисунок 7.1) на заготовку зверху тиснуть сили закріплення  $P_z$ , які в місцях контакту базової поверхні заготовки з поверхнями призм та поверхнями прихватів утворюють відповідні сили тертя  $F_{тр}$ . Сили  $F_{тр}$  у свою чергу утворюють момент тертя  $M_{тр}$ . Причому, якщо тангенціальна складова сили різання  $P_z$  утворюючи момент  $M_{кр}$  діє на плечі  $r$ , то сили тертя  $F_{тр}$  діють на плечі  $R$ :

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

$$M_{кр} = P_z \cdot r,$$

$$M_{тр} = (F_{тр1} + F_{тр2}) \cdot R.$$

Як відомо сила тертя визначається як добуток нормально діючої до поверхні контакту сили (в нашому випадку це сила закріплення  $P_z$ ) та коефіцієнту тертя  $f$ :

$$F_{тр} = P_z \cdot f.$$

Таким чином, силу закріплення  $P_z$  заготовки, яку встановлено в опорних призмах та на яку діє момент різання  $M_{кр}$  можна визначити за формулою:

						Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



$$P_3 = \frac{P_z \cdot r \cdot k_{зап}}{R \cdot \left( f + \frac{f}{\sin(0,5\alpha)} \right)},$$

де  $\alpha$  – кут призми. Беремо  $\alpha = 90^\circ$ .

Згідно з [7] для чисто оброблених сталевих контактуючих поверхонь  $f = 0,16$ .

З креслення деталі «шток» беремо:  $r = 15$  мм,  $R = 27,75$  мм.

За попередніми розрахунками маємо  $k_{зап} = 2,5$ .

За попередніми розрахунками величина тангенціальної складової сили різання під час фрезерування пазу становить 370 Н (див. п. 6.5 цієї роботи).

Таким чином маємо:

$$P_3 = \frac{370 \cdot 15 \cdot 2,5}{27,75 \cdot \left( 0,16 + \frac{0,16}{\sin(0,5 \cdot 90^\circ)} \right)} = 1294 \text{ Н.}$$

З урахуванням використання двох механізмів закріплення заготовки, які діють одночасно, кожен з них має забезпечувати тільки половину від сумарної сили закріплення  $P_3$ :

$$P_3 / 2 = 1294 / 2 = 647 \text{ Н.}$$

З урахуванням використання для закріплення заготовки передаточного пристрою важільного типу з коефіцієнтом передачі 2 (співвідношення плечей важеля 1/2) силу на штоку механізованого приводу можна визначити за формулою:

$$Q = P_3 / 4 = 1294 / 4 = 323,5 \text{ Н.}$$

					Арк.
					49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Як привод закріплення заготовки пропонується використовувати пневмокамеру односторонньої дії. В такому випадку силу на штоку пневмокамери визначимо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (Q + q)}{\pi \cdot p \cdot \eta}},$$

де  $q$  – жорсткість зворотної пружини,  $q = 150$  Н;

$p$  – тиск повітря у пневмомережі,  $p = 0,4$  МПа;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії пневмопривода,  $\eta = 0,85$ .

В результаті маємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (323,5 + 150)}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 42,11 \text{ мм.}$$

Беремо найближчий більший стандартний діаметр пневмокамери:  $D = 125$  мм [7]. В такому випадку фактичне зусилля на штоку пневмокамери становитиме  $Q_{\phi} = 4020$  Н або 4,02 кН, а сумарна фактична сила закріплення заготовки  $P_z = 16080$  Н або 16,08 кН.

Допустиму похибку виготовлення пристрою визначимо за методикою [9].

До розрахункових параметрів, що в більшій мірі впливатимуть на забезпечення заданих допусків оброблюваної заготовки, слід віднести відхилення від паралельності загальної осі опорних призм верстатного пристрою щодо опорної поверхні плити пристрою. Недотримання цієї вимоги може призвести до нерівномірної глибини оброблюваного паза (непаралельності опорної поверхні пазу відносно центральної осі заготовки). Допуск на відхилення від паралельності опорної поверхні пазу кресленням деталі (операційними ескізами) не регламентується: ми беремо його в межах допуску на глибину пазу  $26_{-0,52}$  мм. Для

					Арк.
					50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

нормальної відносної геометричної точності А [10] зазначений допуск складає 60% від допуску на розмір, тобто:

$$T = 0,6 \cdot T_{26} = 0,6 \cdot 0,52 = 0,258 \text{ мм.}$$

Беремо найближчий стандартний допуск взаємного розміщення поверхонь  $T = 0,3 \text{ мм.}$

Допустиму похибку виготовлення верстатного пристрою визначимо за формулою [9]:

$$E_{np} = T - K \sqrt{(K_1 \cdot E_{\sigma})^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{zn}^2 + E_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2},$$

де  $K = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує можливі відхилення від нормального закону розподілення окремих складових рівняння;

$K_1 = 0,8$  – для випадків, коли  $E_{\sigma} \neq 0$ ;

$E_{\sigma}$  – похибка базування. В нашому випадку, при установці заготовки в призмах  $E_{\sigma} = 85 \text{ мкм}$ ;

$E_3$  – похибка закріплення, у нашому випадку  $E_3 = 0 \text{ мкм}$ ;

$E_y$  – похибка установки пристрою на столі верстата; беремо  $E_y = 20 \text{ мкм}$ ;

$E_{zn}$  – похибка, що спричинена зношенням установчих елементів верстатного пристрою. Беремо  $E_{zn} = 20 \text{ мкм}$ ;

$E_n$  – похибка установки та прекосу ріжучого інструмента. Беремо  $E_n = 20 \text{ мкм}$ ;

$K_2 = 0,6$  – коефіцієнт, що враховує ймовірність виникнення похибки оброблення;

$\omega = 100 \text{ мкм}$  – середня економічна точність оброблення [10].

Для прийнятих параметрів маємо:

$$E_{np} = 300 - 1,2 \sqrt{85^2 + 0^2 + 20^2 + 20^2 + 20^2 + (0,6 \cdot 100)^2} = 168 \text{ мкм.}$$

						Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Беремо допуск на відхилення від паралельності осі опорних призм верстатного пристрою щодо опорної поверхні плити пристрою – не більше 0,16 мм.

Будова та принцип дії верстатного пристрою.

В основі пропонованого верстатного пристрою знаходиться масивна плита, яка виконує функцію корпусної деталі. На плиті з використанням гвинтів та штифтів на певній відстані розміщені дві опорні призми, які є установчими елементами верстатного пристрою та використовуються для базування заготовки за її циліндричною поверхнею. Ліворуч на плиті розташований жорсткий упор, розташування якого відносно опорних призм визначається штифтами. Положення упору фіксується гвинтом. Роль механізованих приводів виконують дві пневмокамери односторонньої дії. Робочий об'єм пневмокамери утворено порожниною в плиті та кришкою, між якими жорстко фіксується мембрана. Мембрана з двох боків затискається дисками, скрізь які проходить шток. Фіксація штока забезпечується зварюванням. Для закріплення заготовки використовується затискний механізм важільного типу, який представляє собою прихват, що спирається на стійку. Причому ліве плече прихвата має спиратися на заготовку, а праве плече має підпиратися знизу штоком пневмокамери. Для переустановки верстатного пристрою на плиті закріплені два рим-болти. Для базування верстатного пристрою на столі верстата в нижній частині плити в пазах розміщені дві призматичні шпонки. Якщо плита своєю нижньою поверхнею має спиратися на площину столу верстата, то призматичні шпонки своїми боковими поверхнями мають контактувати з боковою поверхнею центрального паза столу верстата, який, як відомо, є найбільш точним за шириною.

Установка заготовки здійснюється в такій послідовності. Заготовку базують за циліндричною поверхнею діаметром 55,5h10 в опорних призмах, так, щоб лівий торець заготовки спирався на жорсткий упор. Прихвати, які в неробочому стані розміщені паралельно загальній осі опорних призм, встановлюють в робоче положення, тобто перпендикулярно осі заготовки. Лівий кінець прихвата має спиратися на циліндричну поверхню заготовки, правий – на шток пневмокамери.

						Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

За допомогою пневморозподільника стиснене повітря подають до нижньої порожнини пневмокамери. Під тиском повітря відбувається деформація мембрани, диски зі штоком прямують вгору, зворотна пружина стискається. Шток, прямуючи вгору тисне на правий кінець прихвата, а ліве плече прихвата притискає заготовку до опорної призми. Розкріплення обробленої заготовки здійснюється в зворотній послідовності. Подача повітря до нижньої безштокової порожнини пневмокамери припиняється. Зворотна пружина розтискається та повертає систему диски-шток до початкового положення. Вивільнені прихвати розвертають в неробоче положення. Оброблену заготовку знімають з верстатного пристрою та замінюють на нову.



						Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи можна зробити такі висновки.

Зроблено аналіз службового призначення машини, вузла, деталі «шток АК-60.74.01.002», виконаний аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі, аналіз технологічності конструкції деталі.

Визначено тип виробництва – дрібносерійний, організаційна форма робіт – групову.

Визначено раціональний метод отримання заготовки: поковка вільним куванням на молотах. Операційні припуски та розміри на обробку поверхні діаметром 35h9 визначені за аналітичною методикою проф. В. М. Кована.

Аналіз базового технологічного процесу виконаний на прикладі горизонтально-розточувальної та вертикально-фрезерної операцій: обґрунтований вибір раціональних схем базування і закріплення заготовки, обрано моделі верстатного устаткування і технологічної оснастки, визначені режими різання та технічні норми часу.

Виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу механічної обробки деталі «шток» на бланках КТП.

В конструкторській частині спроектований верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на вертикально-фрезерній операції.

В додатку Д цієї роботи розглянуте питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

						Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / А. С. Зубченко, М. М. Колосков, Ю. В. и др. Каширский ; под ред. А. С. Зубченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2003. – 784 с.
2. ГОСТ 8479-70 Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия. – М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1992. – 13 с.
3. Горбачев, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пос. / А. Ф. Горбачев, В. А. Шкред. – 5-е изд., стереотип. Перепечатка с 4-го издания 1983 г. – М.: Альянс, 2007. – 256 с.
4. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
5. ГОСТ 7829-70 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1998. – 28 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: справочник. В 2-х т. Т. 1 / Под ред.: А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя: справочник. В 2-х т. Т. 2 / Под ред.: А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.
9. Кушніров, П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка»: для студ. за напрямом підготовки 6.050502 – «Інженерна

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

механіка» денної та заочної форм навчання. Ч. 1 / П. В. Кушніров. – Суми : СумДУ, 2009. – 52 с.

10. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 1 / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.

11. Пістун, І. П. Охорона праці в галузі машинобудування: навч. посіб. / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми : Університет. кн., 2012. – 557 с.



						Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		