

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

КОРПУСУ ЦФ 8.171.644

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

Студент

М. О. Колосунов

Керівник

Ю. О. Денисенко

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

РЕФЕРАТ

Записка: 65 с., 14 рис., 7 табл., 10 джерел посилань.

Об'єкт роботи: «корпус ЦФ 8.171.644» газового ізотопного мас-спектрометра МИ1201АГМ-01М.

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу виготовлення «корпусу ЦФ 8.171.644».

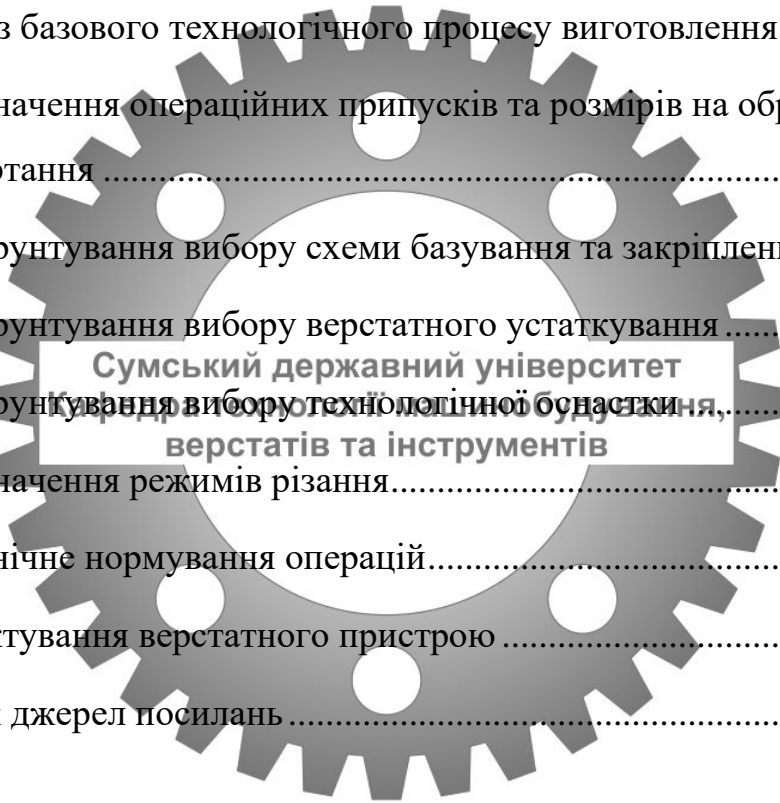
В роботі виконано:

- аналіз службового призначення машини, вузла, деталі;
- опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації;
- аналіз технічних вимог на виготовлення деталі;
- визначення типу виробництва і форми організації робіт;
- вибір методу отримання заготовки і розробка технічних вимог до неї;
- аналіз технологічних операцій виготовлення деталі (операції комплексні на обробних центрах з ЧПУ 035, 075) з обґрунтуванням вибору схем базування, металорізальних верстатів, технологічної оснастки, режимів різання та технічних норм часу;
- як верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на операції 035 комплексній на обробних центрах з ЧПК спроектований токарний патрон з механізованим приводом.

КОРПУС, СПЕКТРОМЕТР, ЗАГОТОВКА, СВЕРДЛІННЯ, ФРЕЗЕРУВАННЯ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	16
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	22
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	26
5 Обґрунтування вибору способу отримання заготовки.....	29
6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	33
6.1 Визначення операційних припусків та розмірів на оброблення поверхні обертання	33
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки	34
6.3 Обґрунтування вибору верстатного устаткування	41
6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки, верстатів та інструментів	42
6.5 Визначення режимів різання.....	46
6.6 Технічне нормування операцій.....	53
7 Проектування верстатного пристрою	57
Перелік джерел посилань	65



<i>ТМЗ 16190059-00.ПЗ</i>				
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		<i>Колосунов</i>		
Перевір.		<i>Денисенко</i>		
Н. контр.		<i>Денисенко</i>		
Затверд.		<i>Залога</i>		
<i>Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ 8.171.644</i>				
		Літ.	Аркуш	Аркушів
		3	65	
<i>СумДУ</i>				

ВСТУП

«Корпус ЦФ8.171.644» входить до складу блока електромагнітних клапанів газового ізотопного мас-спектрометра МИ1201АГМ-01М, призначеного для суто специфічної сфери аналітичної мас-спектрометрії – прецизійного аналізу ізотопного складу урану в гексафториді урану (газі) на всіх технологічних ділянках його переробки і контролю (на вхідному контролі сировини, що надходить, в технологічних лініях зі збагачення, для контролю готової продукції, при підготовці еталонів концентрацій). Тож в умовах дефіциту енергетичних ресурсів завдання удосконалення технологічних процесів виготовлення окремих деталей та складання такої машини, як мас-спектрометр МИ1201АГМ-01М є досить актуальним.

В роботі зроблено спробу удосконалення технологічного процесу виготовлення «корпусу ЦФ8.171.644» шляхом вибору раціонального способу отримання вихідної заготовки, схем базування та закріплення заготовки на механічних операціях, моделей металорізальних верстатів, технологічної оснастки, режимів різання, технічних норм часу. При цьому перевагу було віддано технологічним рішенням, пов'язаним з впровадженням засобів автоматизації та механізації. Наприклад, для базування та закріплення заготовки на одній з механічних операцій запропоновано конструкцію верстатного пристрою з механізованим приводом.

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

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ

«Корпус ЦФ8.171.644» входить до складу блока електромагнітних клапанів газового ізотопного мас-спектрометра МИ1201АГМ-01М.

Характеристика установки.

МИ1201АГМ-01 – газовий ізотопний мас-спектрометр призначений для суто специфічної сфери аналітичної мас-спектрометрії – прецизійного аналізу ізотопного складу урану в гексафториді урану (газі) на всіх технологічних ділянках його переробки і контролю (на вхідному контролі сировини, що надходить, в технологічних лініях зі збагачення, для контролю готової продукції, при підготовці еталонів концентрацій).

Особливості мас-спектрометра МИ1201АГМ-01:

- шестиканальна система напуску дозволяє підключатися до двох ділянок технологічних ліній і проводити аналіз проб по повному набору існуючих методик вимірювань зразків, як з одним, так і з двома стандартами;
- п'ятиколекторний приймач іонів, побудований з вторинно електронним помножувачем. Приймач іонів розрахований для одночасної реєстрації основних ізотопів урану: 234, 235, 236 й 238 (маси 329, 330, 331 й 333 відповідно). Для роботи системи автопідстроювання є додатковий колектор;
- джерело іонів з малою пам'яттю;
- низький ізотопний поріг чутливості досягнуто за рахунок нових конструктивні рішень.

Основні технічні характеристики мас-спектрометра МИ1201АГМ-01 наведені в таблиці 1.1.

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

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики мас-спектрометра
 МИ1201АГМ-01

Діапазон масових чисел при $U_{\text{уск}} = 8 \text{ kV}$, amu	1 ... 350
Роздільна здатність (на рівні 10% висоти піка) по урану, не менше	750
Ізотопічний поріг чутливості по урану (при $dm/m = 2/333$), ppm, не більше	10
Середньоквадратичне відхилення випадкової складової похибки при вимірюванні ізотопних відхилень $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$, %, не більше	0,02
Фактор пам'яті в робочих умовах, менше	1,005
Витрата проби в робочих умовах, mg/h	≤ 1

Характеристика вузла.

«Корпус ЦФ 8.171.644» входить до складу вузла «блок електромагнітних клапанів» (див. рисунок 1.1). Даний вузол в свою чергу складається з таких деталей і складальних одиниць:

- корпус 3, до якого кріпляться клапани (7 штук) і голчастий натікач з приводом;

- клапани в свою чергу збираються безпосередньо в корпусі: спочатку встановлюється механізм клапана з прокладкою, потім на механізм клапана одягається фланець, до якого кріпиться корпус клапана за допомогою шпильок, шайб і гайки. До механізму клапана кріпиться упор. На упор одягають каркас, на якому кріпиться котушка і прокладки. Упор має різь, за допомогою якої до нього кріпиться фланець, який закріплюється гвинтами до корпусу. Фланець з'єднаний з кришкою гвинтами. До кришки впаюється трубка. Кришка підтискається пружиною зусилля, якою регулюється диском, який кріпиться до деталі за допомогою гвинтів і шайб. Також кришка з'єднана з вилкою гвинтами і шайбами. Між механізмом клапана 7 і упором 23 є зазор $0,8 \pm 0,1 \text{ мм}$, який регулюється безпосередньо упором, а фіксується гвинтами;

- голчастий натікач теж є елементом, що приєднується до корпусу, а його складання безпосередньо в корпусі ведеться так: на голку нанижуються дві втулки, шайба і прокладки, при цьому на деталях вузла не допускаються подряпини,

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

обов'язковим є дотримання розміру замикаючої ланки. Отриманий складальний елемент з'єднують з корпусом таким чином, щоб паз голки був з боку установки гвинта. Відкачуючи технологічну порожнину на форвакуум затягується гайка, при цьому повинен бути попередньо розмір замикаючої ланки. Далі встановлюється корпус, а положення голки фіксується гвинтом. Корпус натікача кріпиться до корпусу за допомогою гвинтів і гайок. На корпус до упору нагвинчують колесо, потім одягається корпус який кріпиться до сполученої деталі за допомогою гвинтів.

У фіналі складання натікача повинен бути остаточно витриманий розмір замикаючої ланки.

Привод кріпиться до голчастого натікача за допомогою кришки і гвинтів.

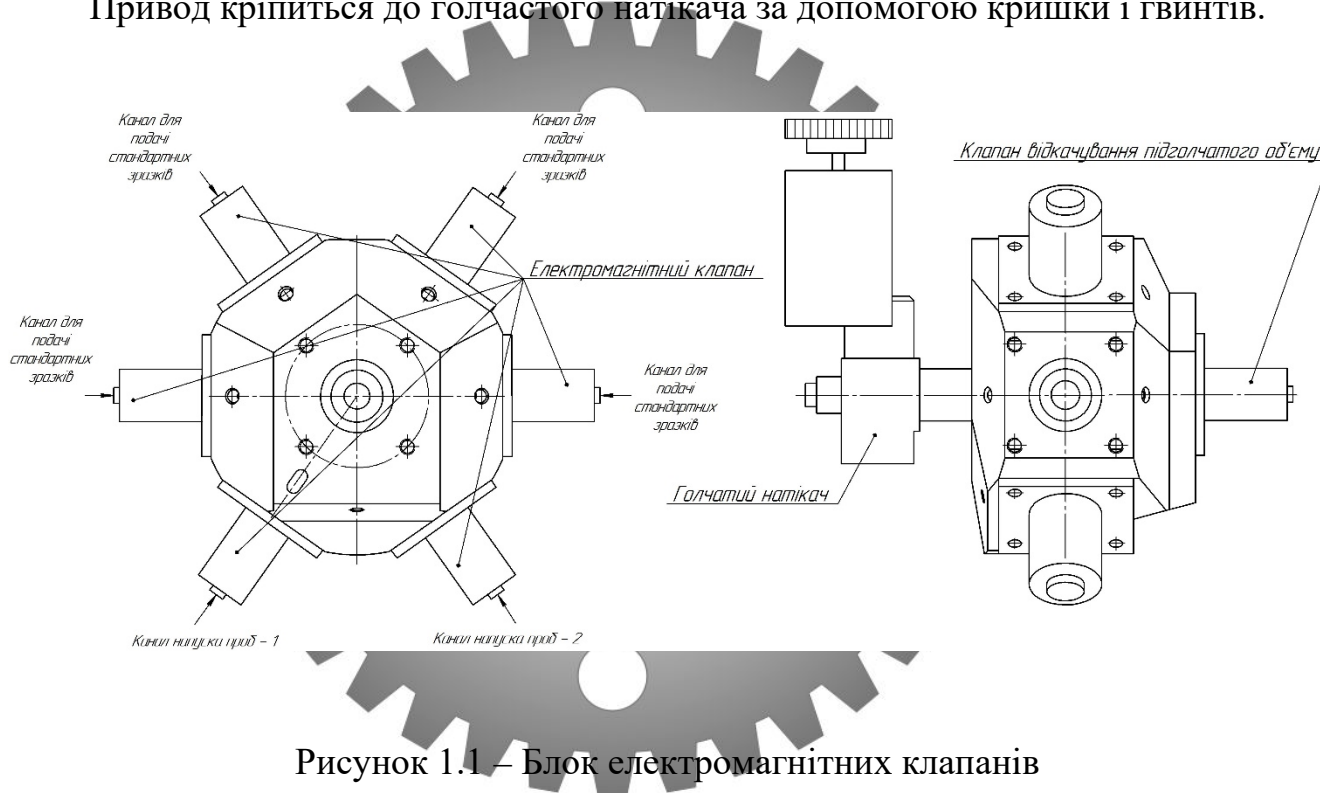


Рисунок 1.1 – Блок електромагнітних клапанів

Умови роботи і призначення елементів вузла описані нижче, а основні елементи блоку електромагнітних клапанів зображені на рисунку 1.1.

Введення газу в джерело іонів здійснюється по шести каналам напуску (рисунок 1.1). На виході кожного каналу встановлений електромагнітний клапан. Всі вихідні електромагнітні клапани об'єднані в одному вузлі – блоці електромагнітних клапанів. У цьому ж блоці знаходиться голчастий натікач, що

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

дозволяє регулювати витрату аналізованого газу, при тиску газу в каналі напуску від 6,7 кПа до 13,3 кПа, а також – електромагнітний клапан, який призначений для відкачування підголчастого обсягу при зміні аналізованого газу. Голчастий натікач з'єднаний трубою з джерелом іонів. Два канали напуску з шести призначені для подачі по ним проб, тобто газу невідомого ізотопного складу. Канали напуску і проб містять вхідні канали, вихідні канали, вентилі прокачування каналів на форвакуум, вентилі напуску проб до виморожуючих петель.

У разі роботи мас-спектрометра в лабораторії до клапанів через перехідну трубку можна під'єднати пробовідбірник. Решта чотири канали напуску призначені для подачі по ним стандартних зразків, тобто газу відомого ізотопного складу. Канали напуску стандартних зразків містять вентилі напуску до виморожуючих вентилів відкачування каналів.

Короткий опис деталі.

«Корпус ЦФ 8.171.644» (див. рисунок 1.2, креслення деталі наведено в додатку А цієї роботи) призначений для забезпечення відповідного взаємного розміщення та фіксації електромагнітних клапанів і створення конструктивного вузла – «блоку електромагнітних клапанів».

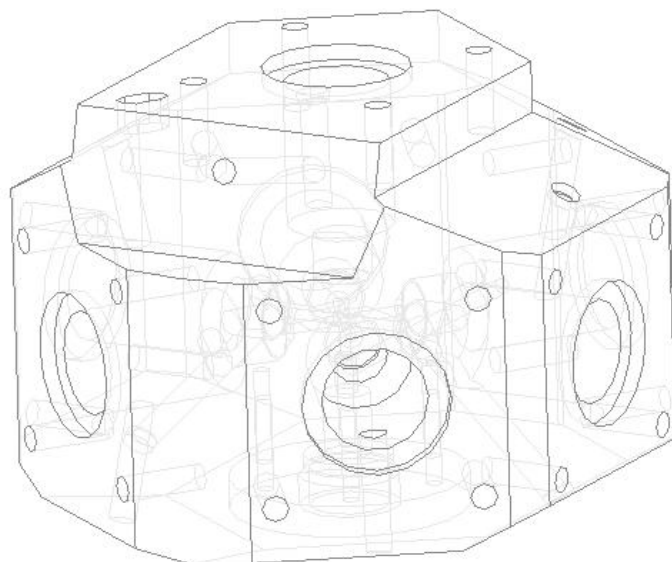


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд «корпусу ЦФ 8.171.644»

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

Так як через блок електромагнітних клапанів проходить газ з робочим тиском від 6,7 кПа і до 13,3 кПа, для забезпечення високої міцності та корозійної стійкості робочих поверхонь застосований відповідний матеріал: сталь 10X18H10T ГОСТ 5632-72.

Основними конструкторськими базами даної деталі є торець $l = 86 \pm 0,3$ мм (на який встановлюється деталь) та дві лиски $l = 112 \pm 0,3$ мм й $l = 121_{-0,4}$ мм. Тож деталь базується по схемі за трьома площинами.

Таким чином торець $l = 86 \pm 0,3$ мм є установчою базою, яка позбавляє деталь трьох ступенів вільності: одного поступального вздовж осі Z та двох обертань навколо осей Y та X. Дві лиски $l = 112 \pm 0,3$ мм являють собою комбінацію направляючої та опорної баз. Так, лиска, що реалізує направляючу базу позбавляє деталь двох ступенів вільності – переміщення відносно осі X та обертання навколо осі Y. Лиска $l = 121_{-0,4}$ мм, що виконує роль опорної бази, позбавляє деталь одного ступеня вільності – поздовжнього руху вздовж осі Y. Таким чином, деталь «корпус» позбавлено усіх шести ступенів вільності. Таблиця відповідності й матриця зв'язків, що відповідають наведеному опису, представлені відповідно в таблицях 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування бази
1,2,3	III, IV, V	Установча база
4,5	I, VI	Направляюча база
6	II	Опорна база

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	0	1	Установча база
α	1	1	0	
L	1	0	0	Направляюча база
α	0	0	1	
L	0	1	0	Опорна база
α	0	0	0	

«Корпус ЦФ 8.171.644» має велику кількість різноманітних конструктивних елементів: 6 отворів діаметром d20H9 й один діаметром d20H7, а також розточування діаметрами d28H11, d11H11, що слугують для розміщення робочих елементів клапана (див. рисунок 1.3). Квалітет отвору d20H7 був збільшений, так як він використовується як технологічна база на операціях технологічного процесу. Шорсткість отворів d20H9 й отвору d20H7 – Ra 1,25 мкм. Така шорсткість викликана тим, елементи, які приєднують до корпусу повинні мати посадку з натягом (d20H9/20h8), а також вимогами до герметичності елементів виробу. Не виконання цих вимог може призвести до розгерметизації в місцях з'єднань, та як результат, призвести до невиконання вузлом та машиною в цілому їх функціонального призначення.

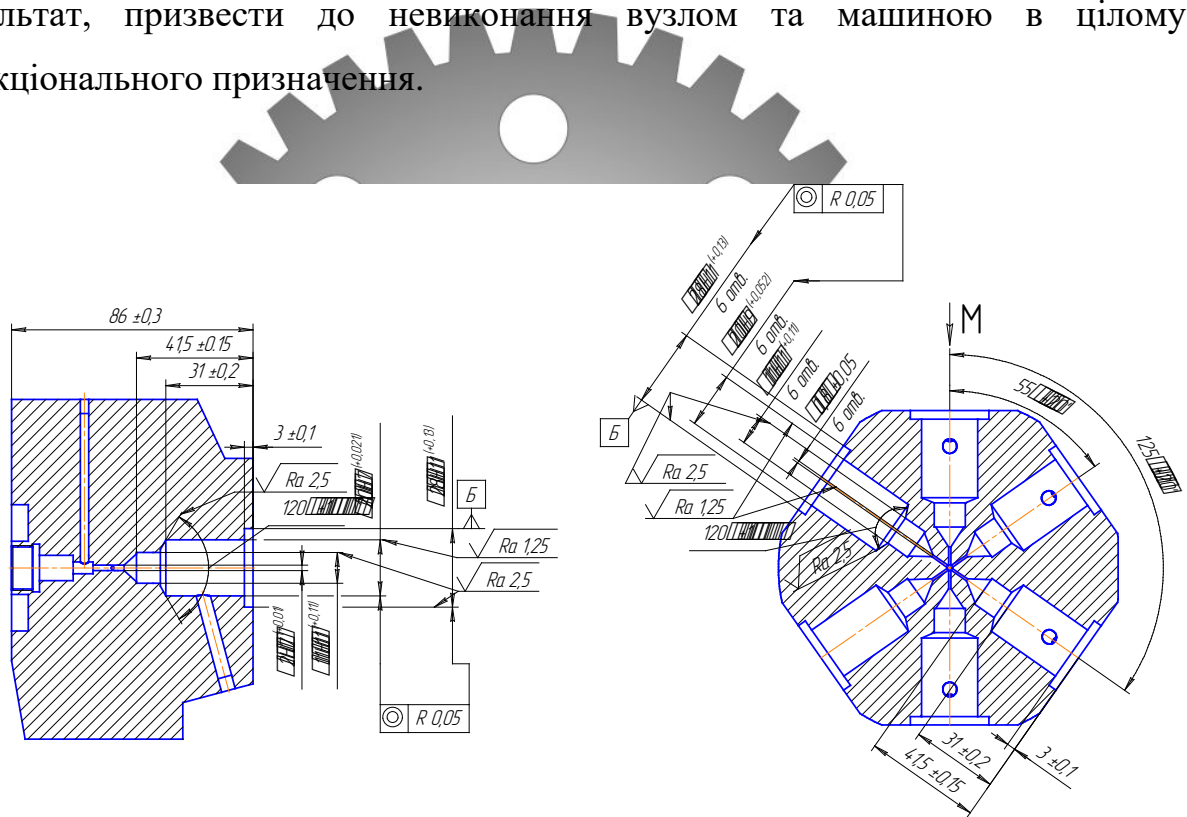


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі

Конусні отвори з кутом конуса 60 град. До даних елементів деталі пред'явлені високі вимоги щодо шорсткості, а саме Ra 0,63 мкм, для забезпечення зносостійкості робочої поверхні корпусу при використанні з робочим елементом клапана, під час роботи вузла. Не дотримання вимог точності і шорсткості, пред'явлених до даних конусних отворів може призвести до поломки клапана, так

					Арк.
					10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

як він може не витримати робочого тиску технологічного середовища та швидко зноситься.

Лиски $l = 112$ мм призначені для базування та фіксації на них клапанів. Лиски виконані за 14 квалітетом точності розмірів. На лисках розміщено різьбові отвори М6-7Нх7мін-11±0,5/1×45° для закріплення клапанів, ці різьбові отвори розміщені також і на торці деталі (див. рисунок 1.4). Порушення різьбової поверхні може призвести до недостатньо щільного контакту та фіксації клапана, та, як наслідок, його поламці.

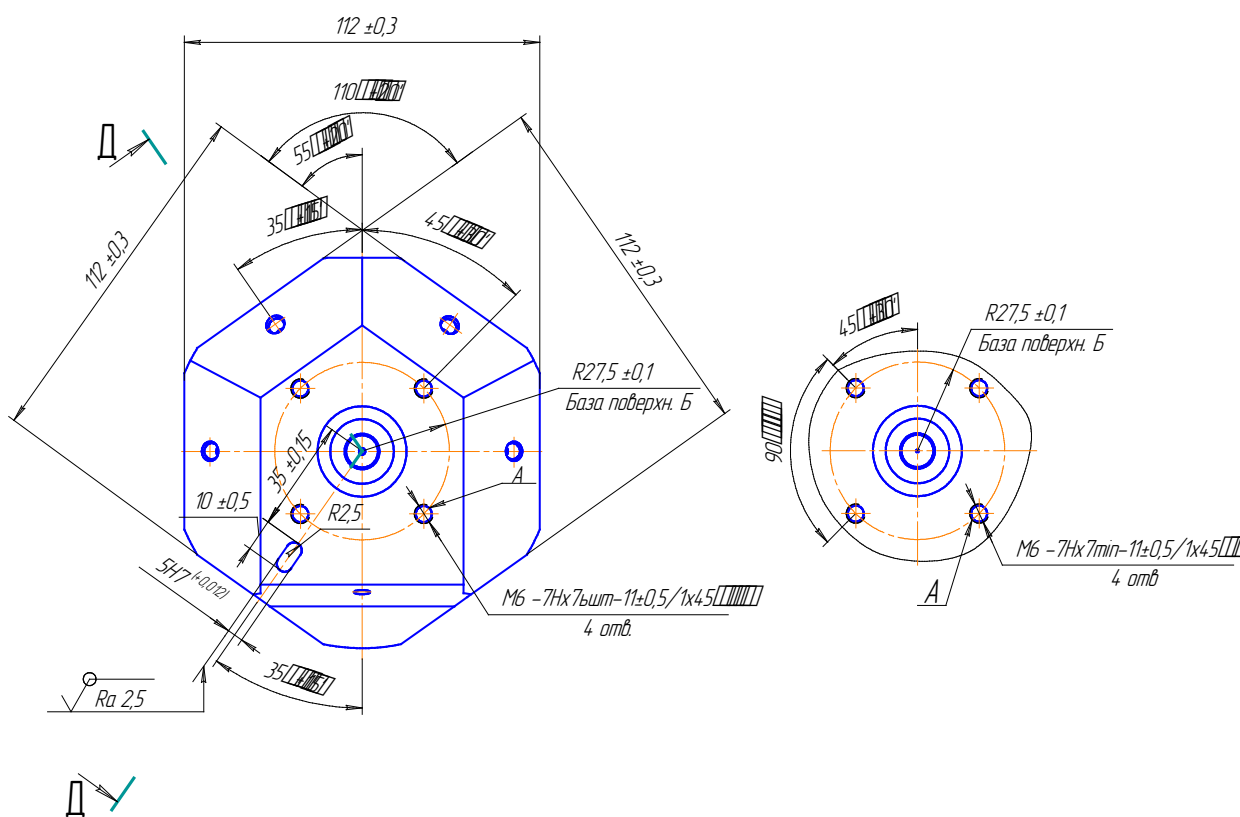


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі

Лиска $l = 121$ мм (див. рисунок 1.5), на якій розміщений отвір $d3$ мм, виконаний за 14 квалітетом й розточування $d3H9$. Цей отвір слугує для пропускання по ньому проб досліджуваного газу. Розточування $d3H9$ виконане з метою установки в неї з натягом втулки, яка в подальшому фіксується зварюванням, та за допомогою якої здійснюється з'єднання деталі з резервуаром з газом. Якщо не дотримуватися вимог точності до розточування $d3H9$, то в

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

подальшому, приєднувана втулка буде установлена з втратою щільного контакту, втратою герметичності з'єднання, що може призвести до утіків досліджуваного газу й поламки машини.

Паз 5Н7 розташований на торці деталі призначений для базування деталі на операціях технологічного процесу її виготовлення (див. рисунок 1.4). Даний елемент деталі необхідно виконати із заданою точністю, так як елементи, що виконуються на операціях технологічного процесу, де в якості однієї з баз використовується паз, будуть виконані недостатньо точно.

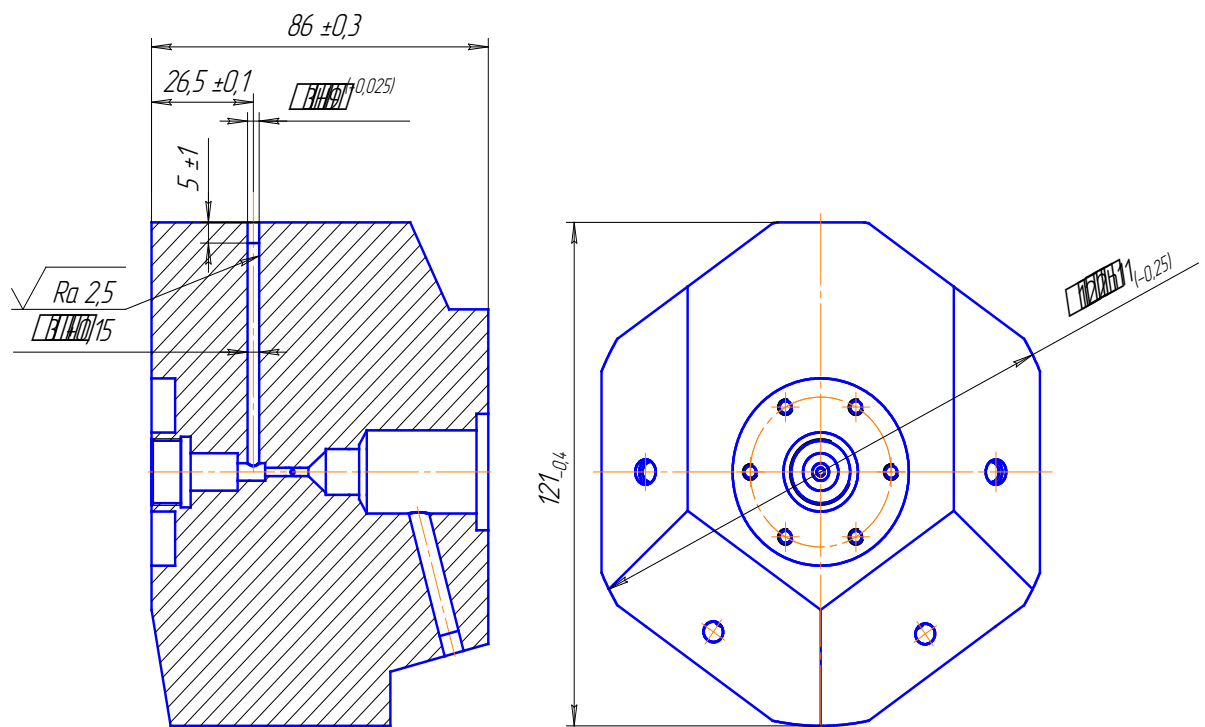


Рисунок 1.5 – Ескіз деталі

На торці корпусу розміщено розточування $d19H14$ й $d45H14$ в якому розміщені 6 різьбових отворів $M4-7H \times 7 \text{ min } 10^{+0.4}/0.5 \times 45^\circ$. Розточування призначено для базування в ньому корпусу голчастого натікача, а отвори – для кріплення його гвинтами. Внутрішня різь $M16 \times 1-7H$ призначена для кріплення втулки голчастого натікача до корпусу (див. рисунок 1.6). Якщо умови точності не будуть дотримані, то це може призвести до неможливості складання вузла як такого.

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

Розточування діаметром $d16,5H14$ і шириною 2,5 мм, призначене для розташування в ньому прокладки голчастого натікача (див. рисунок 1.7).

Група отворів $d5$ мм (див. рисунок 1.8) призначені для подачі по ним досліджуваного газу. Розточування даних отворів $d6H11$ й $d5H11$ призначені для з'єднання з втулками, які використовують для підключення до них пристроїв, через які подається досліджуваний газ. Виконання даних вимог з точності забезпечить ефективне функціонування вузла, а саме подачу по отворах необхідної кількості досліджуваного газу і створення необхідного робочого тиску.

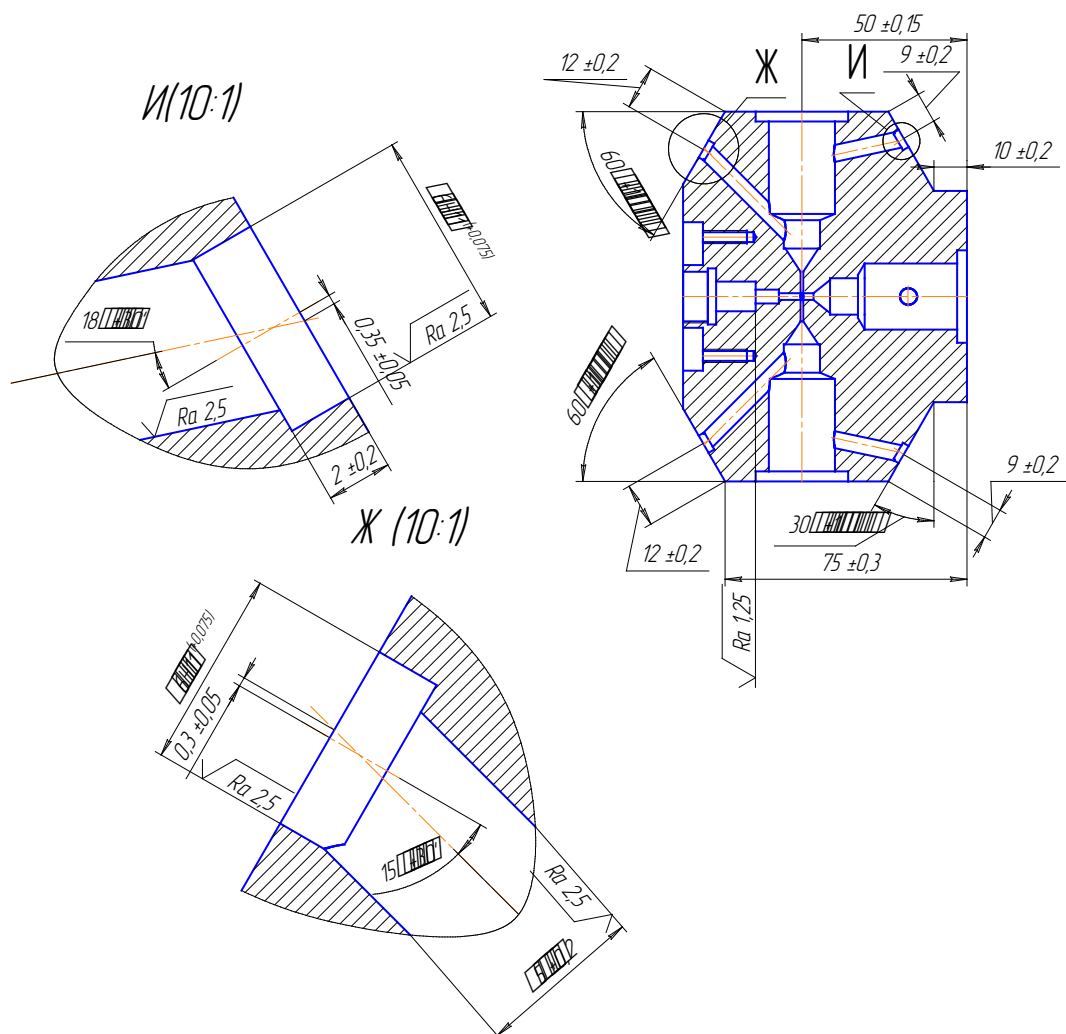


Рисунок 1.8 – Ескіз деталі

Уступ $l = 10h14$ мм робиться з метою зменшення ваги і додання корпусу необхідної форми для розташування на ньому елементів конструкції вузла.

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

Порушення зазначених технічних вимог може призвести до неможливості розташування на деталі елементів вузла.

Уступ $l = 25$ мм під кутом 15° , на якому розташовується отвір $d5H14$, призначений для подачі через нього газу, розточування $d5H11$ – для приєднання втулки.

Лиски (див. рисунок 1.9) під кутами 30° , 78° й 60° , слугують для розміщення отворів по яким передається і за якими відкачується досліджуваний газ.

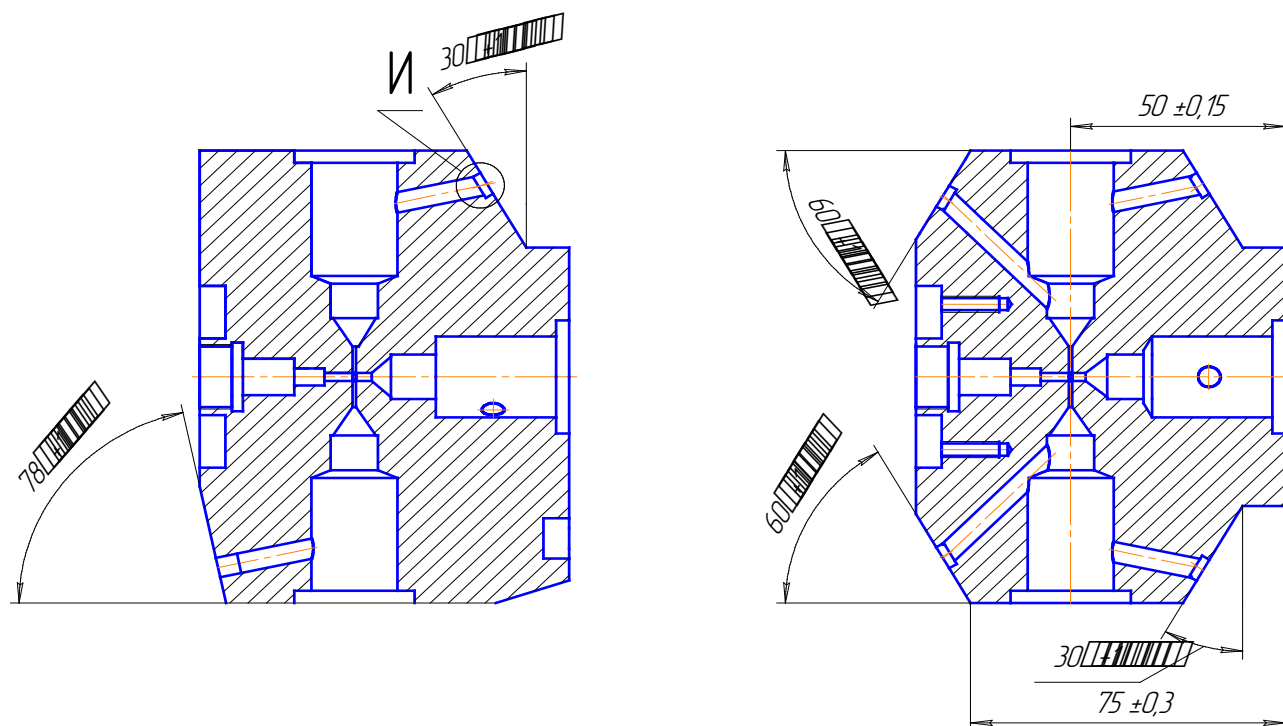


Рисунок 1.9 – Ескіз деталі

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

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

«Корпус ЦФ 8.171.644» входить до складу вузла блоку електромагнітних клапанів газового ізотопного мас-спектрометра МИ1201АГМ-01М і є найбільш важливою і відповідальною деталлю, внаслідок чого до неї пред'являють досить жорсткі технічні вимоги.

Як вже зазначалося вище, «корпус» вузла блоку електромагнітних клапанів механізму газового ізотопного мас-спектрометра сприймає досить великий тиск в процесі експлуатації. Тому цілком обґрунтовано, для забезпечення високої міцності, зносостійкості, корозійної стійкості робочих поверхонь деталі обраний матеріал – сталь 10X18H10T ГОСТ 5632-72. Це хромонікелетитанова сталь, застосовувана для відповідальних деталей, що працюють під тиском при температурі від -196° до $+600^{\circ}$ С. Сталь корозійностійка, аустенітного класу. Вже згадана деталь в подальшому, при складанні, піддається зварюванню, тому важливою якістю металу є зварюваність і несення навантажень в зварних швах, а саме, герметичність зварних швів під час експлуатації вузла. Зварюється ж розглянута сталь без обмежень, способи зварювання: РДС (електроди ЦТ-26), ЕШС і КТС. Оброблюваність різанням сталі 10X18H10T ГОСТ 5632-72: в загартованому стані при НВ 169 і $\sigma_B = 610$ МПа, $K_{VTB.cпл.} = 0,85$, $K_{VШВ.різ.} = 0,35$. Хімічний склад сталі 10X18H10T ГОСТ 5632-72 наведено в таблиці 2.1, механічні властивості при випробуванні на тривалу міцність в таблиці 2.2. Замінниками сталі 10X18H10T є сталі 12X18H9T, 10X14Г14Н4Т, 12X17Г9АН4, 12X18H10T.

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

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 10X18H10T [1]

Хімічний елемент	%
Кремній (Si), не більше	0,8
Марганець (Mn), не більше	2,0
Мідь (Cu), не більше	0,3
Нікель (Ni)	9,0-11,0
Сірка (S), не більше	0,020
Титан (Ti)	0,6-0,8
Вуглець (C), не більше	0,10
Фосфор (P), не більше	0,035
Хром (Cr)	17,0-19,0

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 10X18H10T [1]

Межа повзучості, МПа	Швидкість повзучості, %/ч	Температура випробувань, °C	Межа тривалої міцності, МПа	Зварюваність
74	1/100000	600	147	Без обмежень
29-39		650	78 - 98	

Виходячи з технічних вимог, висунутих до деталі, цілком обгрунтовано обрана марка сталі і метод отримання заготовки – прокат. Вид поставки – кругляк з ГОСТ 5949-75; ГОСТ 2590-71; ГОСТ 2879-69. Отримання заготовки даними способом є економічно доцільним в умовах одиничного, дрібносерійного виробництва.

Робоче креслення «корпусу» дає повне уявлення про конфігурацію деталі, розміри всіх її поверхонь і точності їх виготовлення, шорсткості, точності взаємного розташування поверхонь.

З огляду на порівняно важкі умови експлуатації деталі (високий тиск і температури) до неї висувають жорсткі вимоги щодо розмірної точності, точності взаємного розташування поверхонь, що визначають положення приєднаних деталей, чистоти поверхонь.

Деталь являє собою форму «призми» і є досить жорсткою.

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

Аналізуючи високі вимоги до поверхні d19g6 (-0,007; -0,020) з розмірної точності, слід визнати їх обґрунтованими, оскільки при складанні вузла точність по IT6 забезпечує оптимальну величину мінімального зазору $S_{\min} = 7$ мкм і максимального зазору $S_{\max} = 25$ мкм при посадці H7/g6. Таким чином, досягається достатня точність центрування приєднуваного елемента щодо корпусу при гарному складанні деталей. Як до найбільш точної базової поверхні деталі, до поверхні з d19g6 пред'явлено жорстку вимогу щодо відхилення від співвісності – не більше 0,02 мм, що відповідає 6 – 7 ступенями точності [2]. Дана вимога виправдано так як дана поверхня є також вимірювальною базою. Низьке значення шорсткості за критерієм $Ra = 1,25$ мкм, відповідає розмірній точності і пояснюється міркуваннями герметичності, що також пояснюється 6 ступенем точності [2].

Обґрунтовано жорстку вимогу пред'явлено до поверхні d9H7(+0,015), оскільки точність по IT7 забезпечує оптимальну величину мінімального і максимального натягів при посадці в даний отвір складальної одиниці голчастого натікача. Таким чином, забезпечується герметичність з'єднання, чому сприяє і шорсткість поверхні за критерієм $Ra = 1,25$ мкм (яка також відповідає розмірній точності). Як, до однієї з найбільш важливих поверхонь деталі до поверхні d9H7 пред'явлено жорстку вимогу щодо відхилення від співвісності – не більше 0,02 мм, що відповідає 6 – 7 ступенями точності [2]. Ця вимога є цілком виправданою, оскільки не дотримання цих вимог призведе до швидкого зношення по даній поверхні і до швидкого виходу з ладу всього вузла.

Однією з примітних конструктивних особливостей корпусу є отвір діаметром d20H7(+0,021). Даний отвір виконується на одній з перших операцій технологічного процесу і в подальшому використовується як технологічна база на його подальших операціях, що цілком виправдовує точність даного отвору за IT7. Ця точність забезпечує оптимальну посадку, яка дозволяє уникнути похибки базування під час установки заготовки на верстаті. Шорсткість отвору d20H7 має низьке значення за критерієм $Ra = 1,25$ мкм, що відповідає розмірній точності і пояснюється тими ж міркуваннями.

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

Паз шириною $5H7^{(+0,012)}$ і глибиною $H = 6^{+0,4}$ мм є конструктивною особливістю корпусу. Даний паз використовується як штучна база і використовується тільки на операціях технологічного процесу, при базуванні заготовки. Виходячи з призначення паза йому цілком відповідає розмірна точність за IT7, і значення шорсткості за критерієм $Ra = 2,5$ мкм. Вимоги, пред'явлені до паза, є цілком обґрунтованими і дозволяють уникнути похибки базування на операціях виготовлення деталі. Слід зауважити, що виготовлення даного елемента деталі впливає на зниження продуктивності виготовлення деталі в цілому.

Отвір $d2H7^{(+0,01)}$ з шорсткістю $Ra = 1,25$ мкм виконано за IT7, що цілком обґрунтовано, тому що цей отвір виконується на перших операціях технологічного процесу, і в подальшому щодо нього будуть розташовуватися отвори $d0,8(\pm 0,05)$. Якщо ж вимоги точності для отвору $d2H7$ порушити, то це може призвести до браку, так як отвори $d0,8$ мм можуть не потрапити до каналу розглянутого отвору.

До конічної поверхні $d10\pm 0,2$ мм і кутом конуса $60^\circ \pm 20'$ пред'явлено високі вимоги щодо шорсткості, а саме – $Ra = 0,63$ мкм. Ця вимога є цілком обґрунтованою, тому що значення шорсткості пов'язані з вимогами до герметичності конструкції вузла. На цій поверхні заборонені поздовжні риски і встановлено допуск торцевого биття не більше 0,1 мм щодо осі отвору, що є цілком обґрунтованим, так як конус є місцем контакту, а контактуючі поверхні повинні найбільш повно і щільно прилягати одне до одного, не створюючи додаткових напружень при збільшенні або зниженні тиску в каналі. Утворення цієї поверхні, з необхідними вимогами якісних показників, вимагає використання спеціального інструменту – конічної розгортки.

Отвори $M6-7H \times 7 \text{ min} - 11 \pm 0,5 / 1 \times 45^\circ$ і $M4-7H \times 7 \text{ min} - 10^{+0,4} / 0,5 \times 45^\circ$ (під шпильки) не сприймають значних навантажень.

Отвір для гвинта $M16 \times 1-7H$ (під елемент голчастого натікача) не сприймає значних навантажень (обробка різанням), але вимагає введення ускладнюючого конструкцію елемента – канавку для виходу ріжучого інструменту шириною 2,5 мм і діаметром 16,5 мм.

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

Значно ускладнюють конструкцію деталі лиски $l = 112 \pm 0,3$ мм, виконані під кутами 78° , 30° і 60° . Наявність великої кількості поверхонь, розташованих під кутами, вимагає додаткового налагодження обладнання, переустановлення заготовки в пристосуванні, що призводить до зниження продуктивності обробки, але є необхідним для базування окремих елементів вузла, забезпечення вимог герметичності і збільшення економічної ефективності при обробці деталі.

Ускладнюють конструкцію деталі отвори діаметрами $d5H14$, виконані під кутом 15° (18°) до осі і з шорсткістю за критерієм $Ra = 2,5$ мкм, яка не відповідає точності з якою виконаний отвір. Розташування отвору під кутом є конструктивно необхідним, але веде за собою додаткове налагодження обладнання. Невідповідність шорсткості і точності поверхні отвору пояснюється вимогами до герметичності конструкції вузла.

Радіус $R0,1$ з шорсткістю $Ra = 0,63$ мкм забезпечується інструментом з відповідним радіусом заокруглення на операціях технологічного процесу.

По інших вільним поверхням деталі граничні відхилення розмірів задані за $H14, h14, \pm t/2$. Це є підком обрункованим, тому що зазначені поверхні формують конфігурацію деталі і не роблять істотного впливу на її експлуатаційні властивості. Не завжди відповідає зазначеній точності шорсткість поверхонь $Ra = 6,3$ мкм, частіше дані поверхні мають шорсткість за критерієм $Ra = 2,5$ мкм, що відповідає вимогам до герметичності «блоку електромагнітних клапанів».

До деталі «корпус» пред'явлені такі вимоги щодо допусків форми і розташування поверхонь:

- допуск співвісності осей отворів $d0,02$ мм (діаметри отворів $d2$ мм, $d4,2$ мм, $d9$ мм, $d19$ мм). Допуск співвісності отворів $R0,05$ мм (діаметри співвісних отворів $d20$ мм, $d28$ мм). Дані допуски є досить точними, їх недотримання призведе до браку. Зазначені допуски забезпечуються жорсткістю технологічної системи і точністю налагодження ріжучого інструменту та верстатного пристрою;

- допуск радіального биття $0,1$ мм щодо осі отвору (база Б). Недотримання даного допуску може привести до швидкої поломки вузла, в якому знаходиться

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

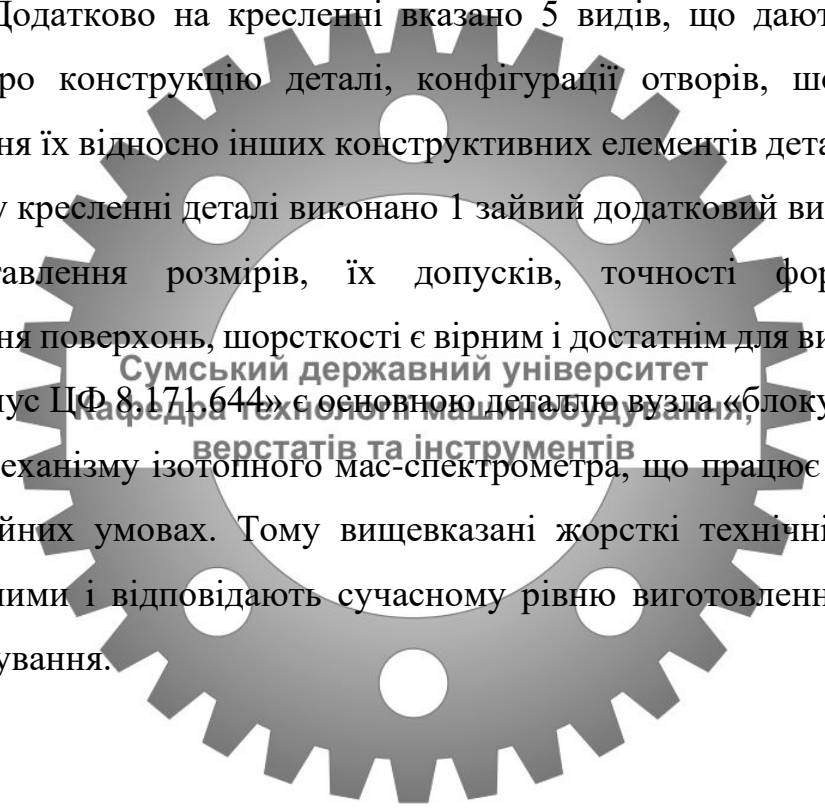
дана деталь. Зазначені допуски також забезпечуються жорсткістю технологічної системи і точністю налагодження ріжучого інструменту та верстатного пристрою.

Деталь «корпус» є незручною для базування і закріплення, тому її обробка вимагає закріплення в спеціальних пристроях і створення додаткових базових поверхонь (штучних баз), так як в цьому випадку дотримується принцип постійності баз, що дозволяє уникнути похибки базування або утримати її в межах допуску на розмір.

В цілому оформлення креслення «корпусу ЦФ 8.171.644» відповідає загальноприйнятим стандартам. На кресленні зображено достатню кількість видів і розрізів. Додатково на кресленні вказано 5 видів, що дають найбільш повне уявлення про конструкцію деталі, конфігурації отворів, шорсткості в них і розташування їх відносно інших конструктивних елементів деталі. У той же час на заводському кресленні деталі виконано 1 зайвий додатковий вид.

Проставлення розмірів, їх допусків, точності форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості є вірним і достатнім для виготовлення деталі.

«Корпус ЦФ 8.171.644» є основною деталлю вузла «блоку електромагнітних клапанів» механізму ізотопного мас-спектрометра, що працює в досить складних експлуатаційних умовах. Тому вищевказані жорсткі технічні вимоги є цілком обґрунтованими і відповідають сучасному рівню виготовлення виробів точного машинобудування.



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

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Згідно з ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який «показує відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом впродовж місяця, до числа робочих місць».

Виконаємо розрахунок $K_{з.о}$ відповідно до методики [3]. Визначимо кількість потрібного устаткування за формулою:

$$m_p = \frac{N_p \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}$$

де $N_p = 500$ шт. – річний обсяг випуску виробів згідно з завданням на проектування;

$T_{шт}$ – штучний час на операцію, хв. Обирається відповідно до технічних норм існуючого технологічного процесу виготовлення деталі;

$F_d = 4015$ год – дійсний річний фонд часу роботи устаткування [3];

$\eta_{з.н} = 0,75$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування (для дрібносерійного виробництва) [3].

Результати проміжних розрахунків наведемо в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{з.о}$

Номер операції	Найменування операції	$T_{шт}$, хв	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Ножовочно-відрізна	6,70	0,0185	1	0,0185	40,45
2	Токарно-гвинторізна	8,40	0,0232	1	0,0232	32,26
3	Токарно-гвинторізна	21,20	0,0587	1	0,0587	12,78
4	Токарно-гвинторізна	16,60	0,0459	1	0,0459	16,33
5	Вертикально-фрезерна	8,20	0,0227	1	0,0227	33,05
6	Координатно-розточувальна	12,80	0,0354	1	0,0354	21,17
Сума:				6		134,87

Наприклад, для першої ножовочно-відрізної технологічної операції (див. таблицю 3.1) маємо:

$$m_p = \frac{500 \cdot 6,7}{60 \cdot 4015 \cdot 0,75} \approx 0,0185.$$

Округливши отримане значення потрібного обладнання m_p до «цілих» в більшу сторону отримуємо остаточне значення – $P = 1$ верстат.

Для кожної операції обчислюємо значення фактичного коефіцієнта завантаження робочого місця за формулою:

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P}$$

Для першої операції маємо:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$\eta_{з.ф} = \frac{0,0185}{1} = 0,0185.$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці, визначаємо за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф}}$$

Так, для першої операції маємо:

$$O = \frac{0,75}{0,0185} = 40,45.$$

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

Обчислюємо суми Р й О за всіма механічними операціями та визначаємо величину $K_{3,0}$ за формулою:

$$K_{3,0} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{134,87}{6} = 22,47.$$

Бачимо, що в даному випадку виконується умова

$$20 < K_{3,0} = 22,47 < 40,$$

що відповідає дрібносерійному типу виробництва [4].

Дрібносерійним називають таке виробництво, при якому «вироби виготовляють партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, що запускають у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії цілком як в обробці деталей, так і в складанні» [4].

Поняття «партія» зазвичай відносять до кількості деталей, а «серія» – до кількості машин, що запускають у виробництво одночасно. Кількість деталей в партії та кількість машин в серії можуть різнитися. В серійному виробництві технологічний процес зазвичай диференційований, тобто розділений на окремі операції, які закріплені за окремими робочими місцями.

В умовах дрібносерійного виробництва використовують як універсальні так і спеціалізовані та спеціальні верстати. Для підвищення продуктивності обробки заготовко використовують верстати оснащені засобами автоматизації (верстати з ЧПК, обробні центри тощо).

При використанні універсальних верстатів широко використовують спеціальні та спеціалізовані пристосування, спеціалізований і спеціальний різальний інструмент, контрольно-вимірювальний інструмент у вигляді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, які забезпечують взаємозамінність

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

оброблених деталей. Все це обладнання і оснастка в серійному виробництві можна застосувати досить широко, так як при повторюваності процесів виготовлення одних і тих же деталей зазначені засоби виробництва дають техніко-економічний ефект, який з великою вигодою окупає витрати на них.

Серійне виробництво значно економніше, ніж одиничне, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Визначимо партію запуску $n_{п.з}$ для періодичності запуску 1 раз на місяць ($a = 24$ робочих дні) при кількості робочих днів на рік 256:

$$n_{п.з} = 500 \cdot 24 / 256 = 46,875 \approx 47 \text{ шт.}$$

Для умов дрібносерійного типу виробництва обираємо групову форму організації робіт, яка, як відомо, передбачає формування предметно-замкнутої дільниці, орієнтованої на виготовлення групи деталей однорідної за конструктивно-технологічними ознаками.

Сумський державний університет
факультет інженерно-технічних наук
кафедра машинобудування,
верстатів та інструментів

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

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

При конструюванні окремих деталей необхідно досягти забезпечення не тільки експлуатаційних вимог, але й вимог найбільш раціонального і економічного виготовлення виробів.

Чим менше трудомісткість і собівартість виготовлення деталі, тим більше воно технологічно. Таким чином, основним критерієм оцінки технологічності конструкції є трудомісткість і собівартість виготовлення виробу.

Деталь має форму «призми» та є достатньо жорсткою, що є технологічним фактором. Незначні маса (7,5 кг) та габарити (112×121×86 мм) деталі, відсутність виступаючих конструктивних елементів також є технологічним фактором, тому що не потребує додаткових підйомних, транспортних пристроїв тощо.

Матеріал деталі – сталь 10X18H10T ГОСТ 5632-72. Хімічний склад сталі 10X18H10T ГОСТ 5632-72 та її механічні властивості наведені в таблицях 2.1 та 2.2. Слід зауважити, що хімічний склад сталі 10X18H10T ГОСТ 5632-72 підібраний таким чином, що вона має досить широкі межі сталей-замінників (12X18H9T, 10X14Г14Н4Т, 12X17Г9АН4, 12X18H10T тощо). Матеріал деталі «корпус» застосовується для відповідальних деталей, що працюють під тиском при температурі від -196° до $+600^{\circ}\text{C}$. Сталь 10X18H10T є корозійностійкою. Вже згадана деталь в подальшому, при складанні, піддається зварюванню, тому важливою якістю металу є зварюваність і несення навантажень в зварних швах, а саме герметичність зварних швів під час експлуатації вузла. Зварюваність зазначеної марки сталі характеризується як «без обмежень».

Оброблюваність різанням сталі 10X18H10T ГОСТ 5632-72: в загартованому стані при HB 169 й $\sigma_B = 610$ МПа, $K_{v_{\text{ТВ.спл.}}} = 0,85$, $K_{v_{\text{швидк.ріж.}}} = 0,35$. Як бачимо, оброблюваність твердосплавним ріжучим інструментом є прийнятною. З урахуванням поширеності твердосплавного інструменту цей фактор можна оцінити як «технологічний» з оцінкою «задовільно».

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

Таким чином, з урахуванням службового призначення деталі марка матеріалу (сталь 10X18H10T ГОСТ 5632-72) обрано цілком обґрунтовано.

Метод отримання заготовки – прокат. Вид поставки прокату – кругляк ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2879-69.

Отримання заготовки даними способом є економічно доцільним, з точки зору зменшення механічної обробки і економії матеріалу, що в свою чергу знижує трудомісткість виготовлення деталі.

Аналіз деталі за якісними ознаками технологічності показав такі нетехнологічні конструктивні елементи деталі.

Особливо нетехнологічними елементами конструкції деталі є лиски $l = 122 \pm 0,3$ мм, виконані під різними кутами до центральної осі (осі симетрії) деталі (див. рисунок 1.9) 78° , 30° й 60° . Оброблення таких поверхонь потребує додаткових витрат часу на установку (переустановку) заготовки, налагодження технологічної системи, що викликає підвищення трудомісткості виготовлення деталі. Конструкцію лисок змінити неможливо, так як вони координують положення різноманітних конструктивних елементів деталі та відповідних приєднаних деталей вузла один щодо одного.

Ускладнюють конструкцію деталі отвори діаметром $75H14$, які виконують під кутом 15° (18°) до центральної осі деталі (рисунок 1.8). Розташування отворів під кутом є конструктивно необхідним, так як координує розташування даних отворів щодо інших, але в той же час веде за собою додаткові витрати по часу на налаштування обладнання та викликає надлишкові деформації та зношення ріжучого інструменту.

Паз шириною $5H7^{(+0,012)}$ й глибиною $H=6^{+0,4}$ мм (див. рисунок 1.4) використовується як штучна технологічна база і використовується тільки на окремих операціях технологічного процесу виготовлення деталі. Виготовлення даного елемента деталі впливає на продуктивність, а саме призводить до її зниження, отже даний елемент є нетехнологічним.

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

Деталь «корпус» не зручна для базування і закріплення, тому її обробка вимагає закріплення в спеціальних пристроях і створення додаткових базових поверхонь (штучних баз), так як в цьому випадку дотримується принцип постійності баз, що дозволяє уникнути похибки базування або утримати її в межах допуску на розмір.

Оформлення креслення деталі відповідає загальноприйнятим стандартам і дає повне уявлення про конфігурацію розглянутої деталі. Проставлення розмірів, їх допусків, точності форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості є вірним і відповідає принципам технологічності виробів.

З урахуванням сказаного конструкцію деталі «корпус» в цілому можна вважати технологічною з оцінкою «задовільно».



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

5 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Від правильності вибору способу отримання заготовки в значній мірі залежить стратегія її подальшого оброблення. Як відомо, вибір раціонального способу отримання заготовки залежить від багатьох чинників: типу виробництва, маси деталі, складності її форми, інших технічних вимог. При обґрунтуванні вибору способу отримання заготовки необхідно обов'язково враховувати новітні тенденції в технології машинобудування зі скорочення витрат матеріалу, зменшення обсягів подальшої механічної обробки заготовки на верстатах, зменшення допусків на розміри заготовок, так як для обробки заготовок все частіше застосовують верстати з ЧПК, обробні центри, автомати та півавтомати, використання яких є раціональним за умови незначних коливань розмірів заготовок.

Вибір способу отримання заготовки виконаємо шляхом техніко-економічного обґрунтування за методикою [3] для двох варіантів:

- прокат круглий гарячекатаний (базовий варіант);
- поковка штампуванням на КГ ШП.

Ескіз заготовки з круглого гарячекатаного прокату згідно з базовим варіантом отримання заготовки наведений на рисунку 5.1.

Визначення коефіцієнтів, які характеризують цей метод.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_{\text{вмз}} = M_{\text{д}} / M_{\text{з}} = 7,5 / 9,3 = 0,81.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = M_{\text{д}} / (M_{\text{з}} + M_{\text{вдх}}) = 7,5 / (9,3 + 0,56) = 0,76.$$

Як бачимо, коефіцієнти використання заготовки та матеріалу є досить високими як для заготовки з круглого гарячекатаного прокату.

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

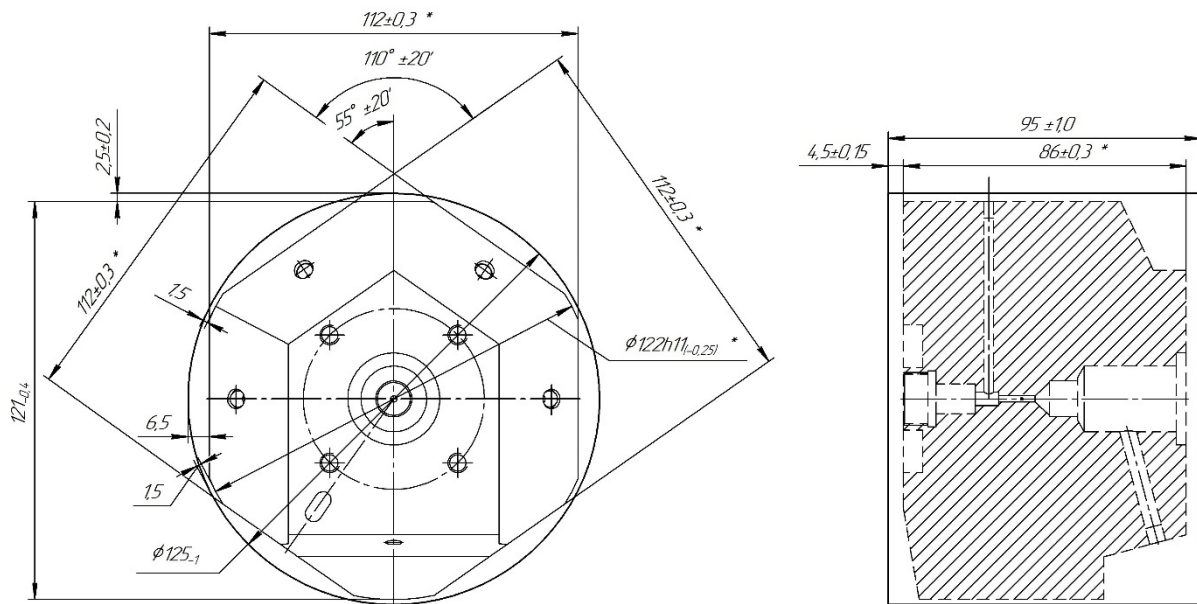


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки з прокату круглого гарячекатаного

Попередній розрахунок заготовки – поковки штампуванням на КГШП дозволив визначити масу заготовки $M_3 = 8,14$ кг.

Коефіцієнт використання заготовки:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$K_3 = M_d / M_3 = 7,5 / 8,14 = 0,93.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$M_{вдх} = 6\% \cdot M_3 = 8,14 \cdot 6/100 = 0,49 \text{ кг,}$$

$$K_{вм} = M_d / (M_3 + M_{вдх}) = 7,5 / (8,14 + 0,49) = 0,89.$$

Як бачимо, коефіцієнти використання заготовки та матеріалу для поковки штампуванням на КГШП є ще більш високими, що передбачає зменшення вартості матеріалів та зменшення обсягів подальшого механічного оброблення заготовки на верстатних операціях.

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

Порівняння показує, що більш вигідним є заготовка – поковка. Однак, остаточний висновок про раціональність способу отримання заготовки слід робити тільки після порівняння собівартостей заготовок за варіантами з урахуванням витрат на додаткову механічну обробку прокату.

Визначимо собівартість заготовки, отримуваної з круглого гарячекатаного прокату. Собівартість заготовки з прокату визначаємо за формулою [3]:

$$S_{заг1} = M + \sum C_{o.з} ,$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн.

$\sum C_{o.з}$ – собівартість механічних операцій, пов'язаних з виправленням форми прокату та розрізанням прокату на штучні заготовки.

Технологічна собівартість розрізання прокату за попередніми розрахунками становить $\sum C_{o.з} = 56,44$ грн.

Витрати на матеріал визначимо за формулою [3]:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S'_{вдх}}{1000} ,$$

де Q – маса заготовки, $Q = 9,3$ кг;

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, $S = 96,8$ грн;

q – маса готової деталі, $q = 7,5$ кг;

$S'_{вдх}$ – ціна 1 т відходів, $S'_{вдх} = 10200$ грн.

$$M = 9,3 \cdot 96,8 - (9,3 - 7,5) \cdot \frac{10200}{1000} \approx 881,88 \text{ грн.}$$

$$S_{заг1} = 881,88 + 56,44 = 938,32 \text{ грн.}$$

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

Собівартість поковки, отримуваної штампуванням на КГШП визначимо за формулою [3]:

$$S_{заг2} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} - (Q - g) \cdot \frac{S_{60x}}{1000},$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, $C_i = 121000$ грн;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й об'єму виробництва заготовок.

$$S_{заг2} = \frac{118000}{1000} \cdot 8,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,13 \cdot 1,0 - (8,14 - 7,5) \cdot \frac{10200}{1000} = 970,32 \text{ грн.}$$

З економічної точки зору заготовка-прокат є більш вигідним варіантом, йому і віддаємо перевагу: беремо заготовку – прокат гарячекатаний круглий $\varnothing 125$ мм, що відповідає базовому варіанту технологічного процесу виготовлення деталі, де використовувалася заготовка у вигляді круглого прокату з підвищеною точністю прокатки.



					Арк.
					32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

6 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Визначення операційних припусків та розмірів на оброблення поверхні обертання

Відповідно до завдання виконаємо розрахунок операційних припусків та розмірів на оброблення циліндричного отвору D9H7 з використанням розрахунково-аналітичної методики проф. В. М. Кована [3]. При цьому слід враховувати, що технологічний процес оброблення отвору D9H7 складається з 3-х етапів (операцій):

- свердління: H12 (IT12, Rz = 40 мкм, H = 60 мкм) [5];
- зенкерування: H9 (IT9, Rz = 30 мкм, H = 40 мкм) [5];
- розгортання: H7 (IT7, Ra = 1,6 мкм) [5].

Зазначені величини є елементами мінімального припуску, розрахунок якого знаходиться в основі методики проф. В. М. Кована. Як відомо, величину мінімального припуску на перехід (етап, операцію) обробки можна розрахувати за формулою:

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

де $R_{z_{i-1}}$ – шорсткість поверхні, що формується на попередньому ($i-1$) переході;
 H_{i-1} – величина дефектного шару поверхні, що формується на попередньому ($i-1$) переході;

ε_{yi} – похибка установки заготовки, яка формується на даному (i) переході;

ρ_{i-1} – величина просторових відхилень поверхні заготовки, що формується на попередньому ($i-1$) переході.

Окрім величини шорсткості R_z й дефектного шару H мінімальний припуск визначається величиною похибкою «просторових відхилень» ρ .

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

Під час свердління отвору в суцільному металі величина просторових відхилень визначатиметься зміщенням осі отвору C_0 й відхиленням свердла Δ . При глибині отвору $L = 34$ мм й питомому відхиленні свердла $\Delta_k = 1,7$ мкм/мм [5] маємо сумарне відхилення свердла $\Delta = 34 \cdot 1,7 = 57,8$ мкм. Похибка, пов'язана зі зміщенням осі отвору становить $C_0 = 15$ мкм [3]. Тоді сумарна величина просторових відхилень під час свердління отвору становитиме

$$\rho_{св} = \sqrt{58^2 + 15^2} \approx 60 \text{ мкм.}$$

Величину просторових відхилень для зенкерування визначимо з урахуванням коефіцієнта уточнення $K_y = 0,05$:

$$\rho_{зєнк} = 60 \cdot 0,05 = 3 \text{ мкм.}$$

Похибку установки заготовки визначають похибки базування та закріплення, які під час обробки отвору D9H7 дорівнюють нулю.

Обчислення операційних припусків та розмірів виконуємо з використанням ЕОМ в програмі «Prirusk». Результати розрахунків наведені в додатку Б роботи. Графічну схему розміщення полів припусків та допусків під час оброблення циліндричного отвору D9H7 наведемо на кресленні заготовки.

6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки

Попередній аналіз маршрутного базового технологічного процесу виготовлення деталі дозволив запропонувати, для підвищення продуктивності виготовлення деталі шляхом скорочення витрат допоміжного часу, поєднати технологічні операції 035 токарно-гвинторізну та 050 координатно-розточувальну. Пропонована операція – комплексна на обробних центрах з ЧПК може бути

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

реалізована тільки за умови використання багатофункціонального (багатоцільового) верстата з ЧПК, наприклад токарного обробного центра з ЧПК.

У технологічному процесі для розглянутих операцій (035, 050), запропоновано базування заготовки в трикулачковому токарному патроні з упором в торець, тобто представлені дві технологічні бази:

1) Установча – позбавляє деталь 3-х ступенів свободи: 1-го обертального переміщення навколо центральної осі (X) і двох поступальних переміщень вздовж двох інших осей (Y, Z).

2) Подвійна опорна база – позбавляє деталь 2-х ступенів свободи: 1-го поступального переміщення уздовж однієї осі (Y) і одного поступального переміщення вздовж іншої осі (Z).

Поверхні d_{122h11} і $1 = 86H14$, що пропонується використовувати як технологічні бази є достатньо розвинутими та точними (див. рисунок 6.1).

Аналізуючи розглянуту схему базування слід зауважити, що в якості технологічних баз були обрані поверхні правильної форми з достатньою площею, що не мають будь-яких дефектів, що мають достатньо високу точність (d_{122h11} , $86H14$, $R_a = 6,3$ мкм), що мають координатні зв'язки з іншими поверхнями і є такими, що оброблені на попередніх операціях технологічного процесу.

При використанні даної схеми базування має місце принцип постійності баз, так як базові поверхні є технологічними базами і на інших операціях технологічного процесу виготовлення деталі, що в цілому дозволяє підвищити якість деталей. В даному випадку також має місце принцип суміщення баз, так як бази, обрані в якості технологічних, також є вимірювальними і (або) конструкторськими.

При даній схемі базування, похибка базування для операційних розмірів, заданих в радіальному напрямку, відсутня, так як для базування заготовки використовується самоцентруючий токарний патрон, а похибка базування в осьовому напрямку для розмірів $3 \pm 0,1$ мм, $31 \pm 0,2$ мм і $41,15 \pm 0,15$ мм дорівнює 0,6 мм, що є величиною більшою ніж допуски на будь-який з виконуваних розмірів.

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

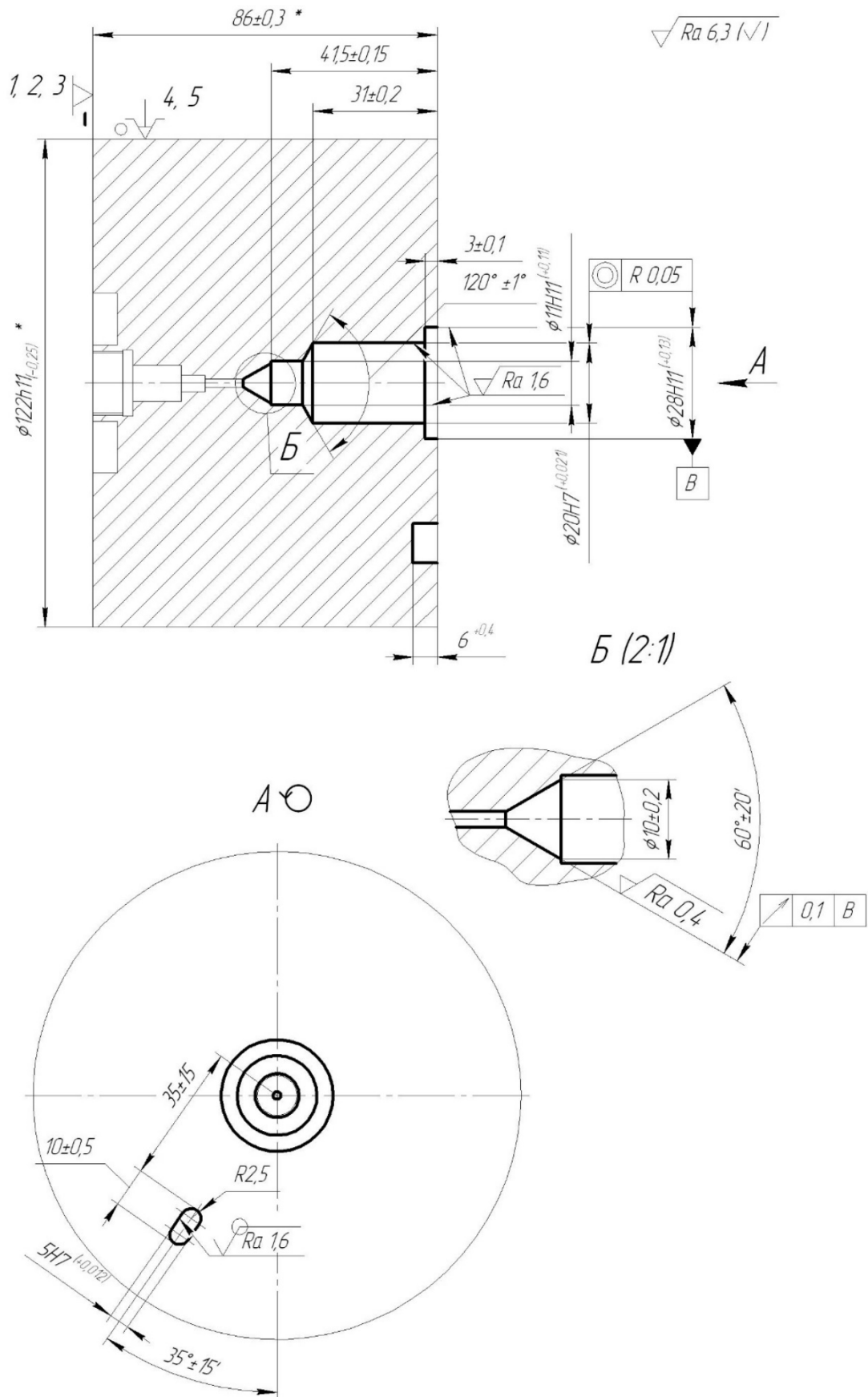


Рисунок 6.1 – Схема базування та закріплення заготовки на операції 035

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

Для виключення одержуваної похибки базування в осьовому напрямку пропоную зменшити допуск на розмір $86 \pm 0,3$, що поєднує технологічну та вимірювальні бази, і зробити його рівним $0,2$ мм ($\pm 0,1$ мм), що є можливим без задіяння надлишкових ресурсів.

Як альтернативну, пропоную розглянути схему базування заготовки, наведену на рисунку 6.2.

Дана схема базування також представлена двома технологічними базами:

1) Установча – позбавляє деталь 3-х ступенів свободи: 1-го обертального переміщення навколо центральної осі (X) і двох поступальних переміщень вздовж двох інших осей (Y, Z).

2) Подвійна опорна база – позбавляє деталь 2-х ступенів свободи: 1-го поступального переміщення уздовж однієї осі (Y) і одного поступального переміщення вздовж іншої осі (Z).

Реалізується дана схема базування за допомогою розтискного 3-х кулачкового патрона з упором в торець. Базовими поверхнями в даному випадку є: торець $86 \pm 0,3$ мм, поверхня $d45H12$. Базові поверхні мають достатню точність ($d45H12$; $86h14$), шорсткість ($Ra = 6,3$ мкм), координатні зв'язки з іншими поверхнями, є обробленими на ранніх операціях технологічного процесу, але є недостатньо розвинутими в плані площі ($l = 6h14$ мм).

В даному випадку виконується принцип суміщення баз, однак принцип постійності баз порушується.

Альтернативна схема базування дозволяє забезпечити необхідну розмірну точність поверхонь. У той же час запропонована схема має недоліки: недостатня площа базових поверхонь не дозволяє забезпечити надійне базування та закріплення заготовки, що може привести до похибок форми оброблюваних поверхонь тощо.

Перевагу віддаємо схемі базування заготовки, зображеній на рисунку 6.1. Така схема базування заготовки використовується і в базовому технологічному процесі виготовлення деталі.

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

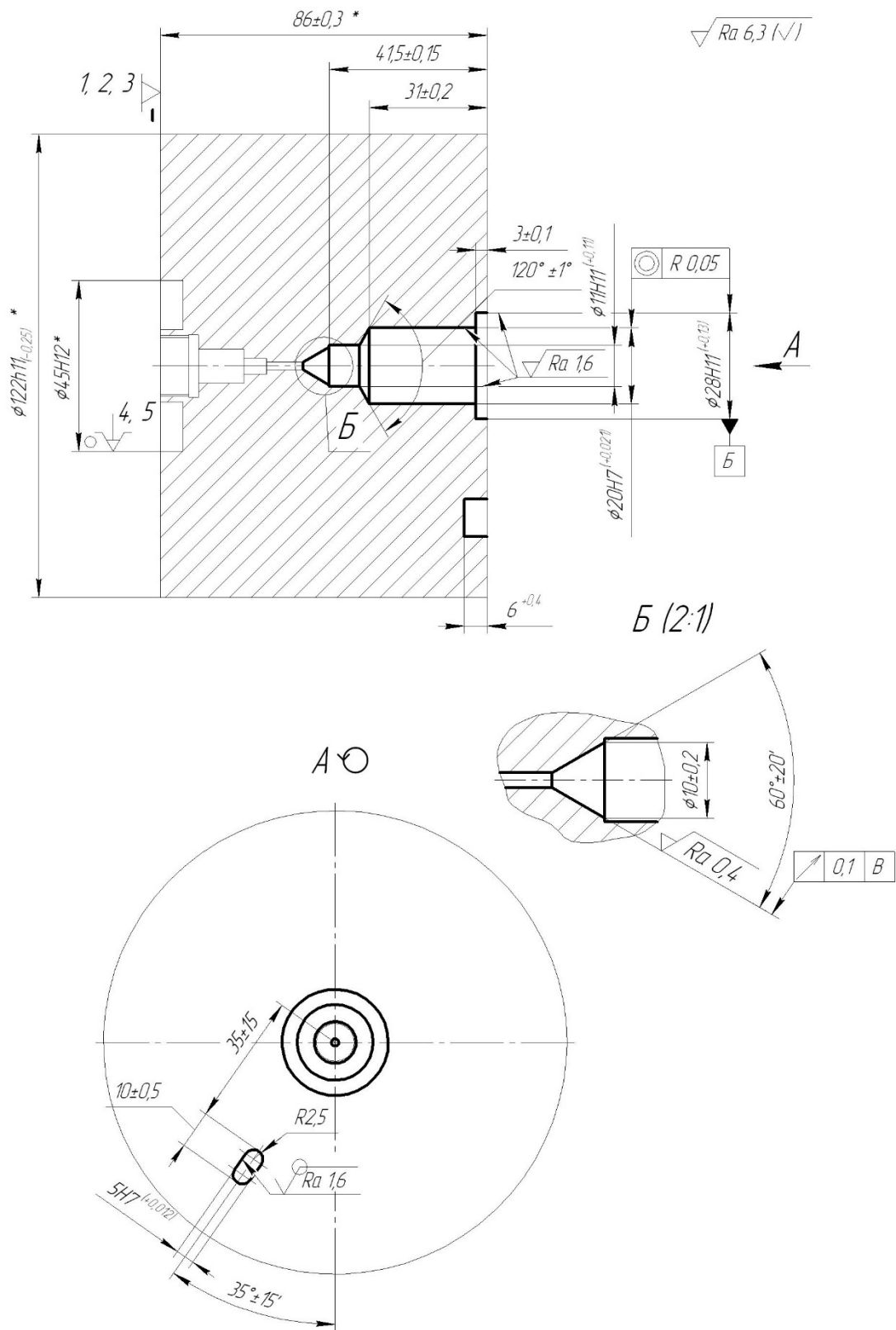


Рисунок 6.2 – Альтернативна схема базування та закріплення заготовки на операції 035

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

Розглянемо базування заготовки на операції 075 базового технологічного процесу виготовлення «корпусу».

Запропоновано базування в спеціальному верстатному пристрої по отвору $\varnothing 20H7$ і пазу $5H7$ з упором в торець (див. рисунок 6.3). Таким чином, представлені такі технологічні бази:

1) Установча – позбавляє деталь 3-х ступенів свободи: 1-го обертального переміщення навколо центральної осі (X) і двох поступальних переміщень вздовж двох інших осей (Y, Z).

2) Подвійна опорна база – позбавляє деталь 2-х ступенів свободи: 1-го поступального переміщення уздовж однієї осі (Y) і одного поступального переміщення вздовж іншої осі (Z).

3) Опорна база – позбавляє деталь 1-го ступеня свободи: 1-го обертання навколо центральної осі (X).

Аналізуючи розглянуту схему базування слід зауважити, що в якості технологічних баз були обрані поверхні з достатньою площею, що не мають будь-яких дефектів, що мають достатню високу точність (IT 7 ... 14) і чистоту ($Ra = 6,3 \dots 1,25$ мкм), мають координатні зв'язки з іншими поверхнями і оброблені на попередніх операціях технологічного процесу.

Представлена схема базування реалізує принцип постійності баз, так як поверхні, використовувані як технологічні бази, використовуються і на інших операціях технологічного процесу, що дозволяє підвищити якість виробу.

Представленная схема базирования реализует принцип постоянства баз, так как поверхности, используемые в качестве базовых, используются и на других операциях технологического процесса, что позволяет повысить качество изделия.

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

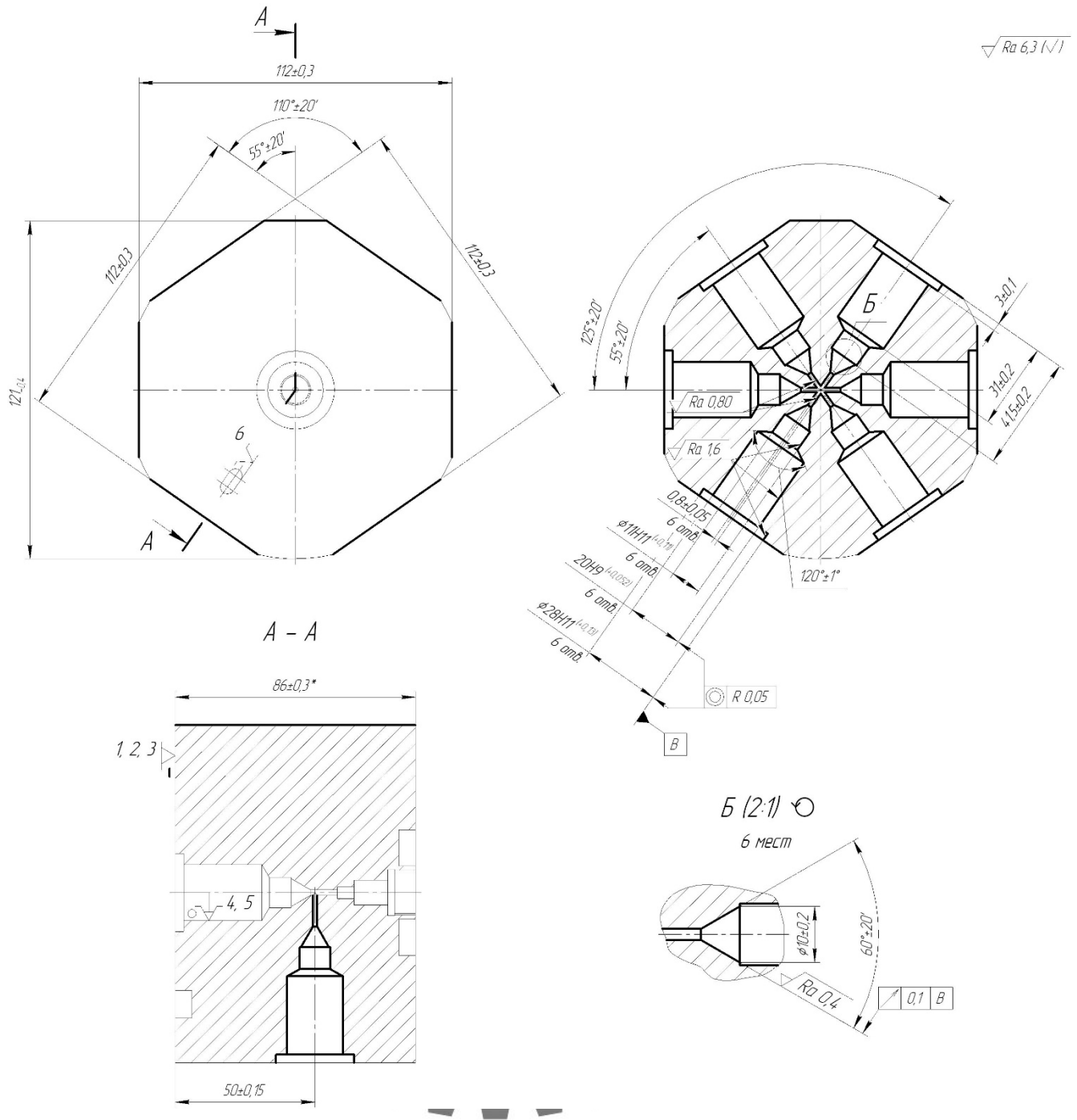


Рисунок 6.3 – Схема базування заготовки на операції 055

Використовується також і принцип суміщення баз, так як бази, обрані як технологічні, є також вимірювальними і конструкторськими.

При використанні даної схеми базування похибка базування на осьові та діаметральні розміри відсутня.

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

Розглянута схема базування дозволяє забезпечити допуск співвісності осей утворюваних отворів, рівний 0,05 мм.

Попередній аналіз можливих альтернативних схем базування показав, що при їх реалізації доступ ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь є практично неможливим, що є неприпустимим.

6.3 Обґрунтування вибору верстатного устаткування

У базовому технологічному процесі виготовлення деталі токарна обробка заготовки на операціях 035, 050, 075 велася на токарно-гвинторізному верстаті 1К62. Однак, на сьогодні, дану модель металорізального обладнання можна вважати морально застарілою. Крім того, внаслідок суміщення операцій 035 і 050, необхідно вибрати такий металорізальний верстат який би дозволяв би виконати поєднані операції з достатньою точністю, продуктивністю та відповідав заданому типу виробництва.

Тому в якості металорізального обладнання на даних операціях пропонується використовувати токарний обробний центр моделі ST-20 HAAS, до складу якого входить 12-ти позиційна револьверна головка з незалежним приводом обертання ріжучого інструменту. Основні технічні характеристики верстата моделі ST-20 наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні технічні характеристики верстата моделі ST-20 HAAS

Найменування характеристики	Величина
Макс. уст. діаметр над станиною, мм	533
Макс. уст. діаметр над кареткою, мм	533
Макс. обробл. діаметр (з револьвером VDI40), мм	254
Макс. довжина обробки (без патрона), мм	572
Діаметр 3-х кул. патрона, мм	210
Діаметр отвору в шпинделі, мм	88,9

Продовження таблиці 6.1

Найменування характеристики	Величина
Макс. частота обертання шпинделя, об/хв	4000
Макс. крутний момент, Нм	203
Макс. потужність шпинделя, кВт	14,9
Переміщення за віссю X, мм	213
Переміщення за віссю Y, мм	-
Переміщення за віссю Z, мм	572
Макс. швидкість прискорених подач, м/хв	24
Кількість інструментальних позицій в револьвері	12
Макс. кількість приводних станцій	12
Макс. швидкість обертання приводного інструмента, об/хв	4000
Точність позиціонування, мм	±0,005
Повторюваність, мм	±0,0025

Особливості конструкції верстата:

- повністю лита чавунна станина;
- повністю герметично закрита захисна огорожа,
- серводвигуни переміщень по осях з прямою передачею моменту;
- сталеві загартовані підшипникові блоки направляючих;
- ШГП з подвійним кріпленням і попередньо натягнутою гайкою;
- система автоматичного змащення напрямних і ШГП;
- система компенсації теплових розширень ШГП.

6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки

Операція 035. Як верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки обраний токарний 3-х кулачковий самоцентруючий патрон з механізованим приводом та розточенням кулачків в розмір D122h11_(-0,25).

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

Використання цього пристрою дозволяє уникнути похибки базування в радіальному напрямку і забезпечує достатню надійність закріплення заготовки.

Як ріжучий інструмент беремо універсальний стандартний інструмент, який вибирається залежно від:

- методів обробки поверхонь;
- етапів обробки (чорновий, чистовий тощо);
- використання ЗОР;
- габарити робочого простору верстата;
- матеріала оброблюваної заготовки.

Для свердління отворів D10H12 й попереднього свердління отвору для подальшого розточування D11H11 мм, беремо свердло спіральне 2300-8595 ГОСТ 22735-77, $d_{св} = 10$ мм, матеріал свердла – твердий сплав ВК8.

Для кріплення свердла використовуємо патрон цанговий спеціальний.

Для попереднього свердління отвору під фрезерування паза В = 5Н7 беремо свердло спіральне 2300-3855 ГОСТ 1774-71, $d_{св} = 4$ мм, матеріал свердла – твердий сплав ВК8.

Для кріплення свердла використовуємо патрон цанговий спеціальний.

Для розгортання конусу використовуємо розгортку конусну спеціальну Р-15354. Геометричні параметри розгортки: передній кут $\gamma = 5^\circ$; довжина фаски $f_\phi = 0,2$ мм; задній кут $\alpha = 8^\circ$.

Для кріплення свердла використовуємо патрон цанговий спеціальний.

Для чорнового розточування отворів D20H7, D28H11 використовуємо розточувальний різець з напаяною тврдосплавною пластиною Т5К10, зі сталевим хвостовиком за ГОСТ 18063-72. Довжина різця $L = 150$ мм. Геометричні параметри різця: $\phi = 90^\circ$; $\phi_1 = 5^\circ$; $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\rho = 0,03$ мм; $r_B = 0,4$ мм.

Для півчистового розточування отворів D20H7, D28H11 використовуємо розточувальний різець з напаяною пластиною з твердого сплаву Т15К6, зі сталевим хвостовиком за ГОСТ 18063-72. Довжина різця $L = 150$ мм. Геометричні параметри різця: $\phi = 90^\circ$; $\phi_1 = 5^\circ$; $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\rho = 0,03$ мм; $r_B = 0,4$ мм.

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

Для чистової обробки отвору D20H7 використовуємо розгортку машинну цілісну з циліндричним хвостовиком D20 ГОСТ 1627-80.

Для кріплення розгортки використовуємо патрон цанговий спеціальний.

Для чорнового фрезерування беремо шпонкову фрезу 2234-0203 ГОСТ 16463-80 з циліндричним хвостовиком діаметром D4, довжина ріжучої частини $l_1 = 7$ мм, $Z = 2$. Матеріал – твердий сплав ВК8.

Для кріплення фрези використовуємо патрон цанговий спеціальний.

Для чистового фрезерування беремо шпонкову фрезу 2234-0204 ГОСТ 16463-80 з циліндричним хвостовиком діаметром D5, довжина ріжучої частини $l_1 = 8$ мм, $Z = 2$. Матеріал – твердий сплав ВК8.

Для кріплення фрези використовуємо патрон цанговий спеціальний.

Для контролю й вимірювання операційних розмірів на операції використовуємо такі контрольно-вимірювальні інструменти:

Штангенциркуль ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-88 – для вимірювання осьових та діаметральних розмірів.

Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 166-88 – для вимірювання осьових та діаметральних розмірів.

Калібр-пробка D11H11 ПР-НЕ ГОСТ 14826-89 – для контролю діаметра отвору D11H11.

Калібр-пробка D20H7 ПР-НЕ ГОСТ 14826-89 – для контролю діаметра отвору D20H7.

Калібр-пробка D5H7 ПР-НЕ ГОСТ 14826 – 89 – для контролю ширини паза 5H7.

Для контролю чистоти поверхонь використовуємо зразки шорсткості $Ra = 0,4$ мкм, $Ra = 1,6$ мкм, $Ra = 6,3$ мкм.

Операція 075. Як верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на операції 075 використовуємо спеціальний верстатний пристрій, з базуванням по отвору $\varnothing 20H7$ і пазу 5H7 з упором в торець $86 \pm 0,3$ мм.

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

Використання цього пристрою дозволяє уникнути похибки базування і забезпечити достатню надійність закріплення заготовки..

Як ріжучий інструмент беремо універсальний стандартний інструмент.

Для свердління отворів D10H12 й попередньої обробки отвору для подальшого розточування D11H11 мм, беремо свердло спіральне 2300-8595 ГОСТ 22735-77, $d_{св} = 10$ мм, матеріал свердла – твердий сплав ВК8.

Для кріплення свердла використовуємо патрон цанговий спеціальний.

Для розгортання конуса використовуємо розгортку конусну спеціальну Р-15354. Геометричні параметри розгортки: передній кут $\gamma = 5^\circ$; довжина фаски $f_\phi = 0,2$ мм; задній кут $\alpha = 8^\circ$.

Для чорнового розточування отворів під діаметри D20H9 й D28H11 використовуємо розточувальний різець з напаяною твердосплавною пластиною Т5К10, зі сталевим хвостовиком за ГОСТ 18063-72. Довжина різця $L = 150$ мм. Геометричні параметри різця: $\phi = 90^\circ$; $\phi_1 = 5^\circ$; $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\rho = 0,03$ мм; $r_b = 0,4$ мм.

Для чистового розточування отворів під діаметри D20H9 й D28H11 використовуємо розточувальний різець з напаяною пластиною з твердого сплава Т15К6, зі сталевим хвостовиком за ГОСТ 18063-72. Довжина різця $L = 150$ мм. Геометричні параметри різця: $\phi = 90^\circ$; $\phi_1 = 5^\circ$; $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\rho = 0,03$ мм; $r_b = 0,4$ мм.

Для оброблення торців в розмір $112 \pm 0,3$ мм використовуємо фрезу торцеву з чотиригранними твердосплавними пластинами 01.2.0200.000-00 ТУ2-035-874-82, ВК8 ($d_{фр} = 100$ мм, $z = 6$).

Для кріплення фрези використовуємо оправку спеціальну.

Для контролю й вимірювання операційних розмірів на операції використовуємо такі контрольно-вимірювальні інструменти:

Штангенциркуль ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-88 – для вимірювання осьових та діаметральних розмірів.

Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 166-88 – для вимірювання осьових та діаметральних розмірів.

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

Калібр-пробка D11H11 ПР-НЕ ГОСТ 14826-89 – для контролю діаметра отвору D11H11.

Калібр-пробка D20H7 ПР-НЕ ГОСТ 14826-89 – для контролю діаметра отвору D20H7.

Для контролю чистоти поверхонь використовуємо зразки шорсткості $Ra = 0,4$ мкм, $Ra = 1,6$ мкм, $Ra = 6,3$ мкм.

6.5 Визначення режимів різання

Операція 035.

Розрахунок режимів різання аналітичним способом виконаємо згідно з [6, с. 286 – 294] для фрезерування паза 5H7, див. рисунок 6.1.

1. Вибір глибини фрезерування і подачі.

Для чорнового фрезерування паза 5H7 подачу вибирають згідно з [6, с. 286, табл. 38]. Для глибини фрезерування $t = 0,3$ мм беремо подачу $S_z = 0,03$ мм (за умови безступінчастого регулювання подачі).

Для чистового фрезерування маємо: $t = 0,15$ мм, $S_z = 0,02$ мм/об (за умови безступінчастого регулювання подачі).

2. Розрахунок швидкості різання.

Розрахунок величини швидкості різання допустимої умовами фрезерування виконаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

де $C_v = 12$; $q = 0,3$; $x = 0,3$; $y = 0,25$; $u = p = 0$; $m = 0,26$ [6, с. 286, табл. 39].

D – діаметр фрези;

T – період стійкості інструмента, $T = 80$ хв [6, с. 270, табл. 40];

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

t – глибина різання;

S – подача на зуб фрези;

Z – кількість зубців фрези.

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови фрезерування (властивості оброблюваного матеріалу, стан поверхні заготовки, матеріал ріжучого інструменту). За попередніми розрахунками $K_v = 1,0$.

Для чорнового фрезерування маємо:

$$V = \frac{C_v \cdot 4^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 0,3^{0,3} \cdot 0,03^{0,25} \cdot 5^0 \cdot 2^0} \cdot 1,0 = 20,1 \text{ м/хв.}$$

Для чистового фрезерування маємо:

$$V = \frac{C_v \cdot 5^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 0,15^{0,3} \cdot 0,02^{0,25} \cdot 5^0 \cdot 2^0} \cdot 1,0 = 29,2 \text{ м/хв.}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

3. Визначення частоти обертання шпинделя.

Частоту обертання шпинделя визначимо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.1)$$

Для чорнового фрезерування маємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 20,1}{\pi \cdot 4} \approx 1597 \text{ об/хв.}$$

Беремо: $n_f = 1600$ об/хв.

Для чистового фрезерування:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 29,2}{\pi \cdot 5} \approx 1862 \text{ об/хв.}$$

Беремо $n_\phi = 1860 \text{ об/хв.}$

Фактичну швидкість різання визначимо за формулою:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} \quad (6.2)$$

Для чорнового фрезерування маємо:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 1860}{1000} \approx 23,5 \text{ м/хв.}$$

Для чистового фрезерування маємо:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 1860}{1000} \approx 29,2 \text{ м/хв.}$$

5. Розрахунок сили різання.

Розрахунок сили різання виконуємо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

Коефіцієнт C_p й показники степенів вибирають з [6, с. 291, табл. 41]:

$$C_p = 12,5, \quad x = 0,85, \quad y = 0,75, \quad u = 1, \quad q = 0,73, \quad w = -0,13.$$

Для чорнового фрезерування маємо:

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 4^{0,85} \cdot 0,03^{0,75} \cdot 6^1 \cdot 2}{4^{0,73} \cdot 1600^{-0,13}} \cdot 1,0 \approx 33,3 \text{ Н.}$$

Для чистового фрезерування маємо:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 5^{0,85} \cdot 0,02^{0,75} \cdot 6^1 \cdot 2}{5^{0,73} \cdot 1600^{-0,13}} \cdot 1,0 \approx 25,8 \text{ Н.}$$

6. Потужність різання.

Ефективну потужність різання визначимо за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}$$

Для чорнового фрезерування маємо:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів інструментів

$$N_e = \frac{33,3 \cdot 20,1}{1020 \cdot 60} \approx 0,011 \text{ кВт.}$$

Для чистового фрезерування маємо:

$$N_e = \frac{25,8 \cdot 29,2}{1020 \cdot 60} \approx 0,012 \text{ кВт.}$$

Ефективна потужність різання є достатньо малою і може бути забезпечена приводом обраного верстата.

7. Визначимо основний час на фрезерування паза. Основний час на фрезерування поверхні визначимо за формулою:

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

$$T_o = \frac{L}{S_{xв}},$$

де L – довжина обробки з урахуванням довжини оброблюваної поверхні, довжини врізання та довжини перебігу фрези;

$S_{xв}$ – хвилинна подача, як добуток подачі на зуб фрези, кількості зубців фрези та частоти обертання фрези (шпинделя).

Для чорнового фрезерування паза маємо:

$$T_o = \frac{114}{0,03 \cdot 2 \cdot 1600} = 1,19 \text{ хв.}$$

Для чистового фрезерування маємо:

$$T_o = \frac{19}{0,02 \cdot 2 \cdot 1860} = 0,26 \text{ хв.}$$

Таким чином, сумарний основний час на фрезерування паза становитиме $T_o = 1,45$ хв.

Операція 075.

Розрахунок режимів різання аналітичним способом виконаємо згідно з [6] для свердління отвору D10H12 під подальше розсвердлення та розточування, див. рисунок 6.3.

1. Глибина різання при свердлінні дорівнює половині діаметра свердла:

$$t = 0,5 \cdot D_{св}, = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм.}$$

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

2. Визначення подачі.

Для свердління глухого отвору під подальше розсвердлення та розточування обираю максимальну допустиму міцністю свердла подачу $S_T = 0,22$ мм/об. З урахуванням поправочного коефіцієнту 0,75, що враховує недостатню жорсткість технологічної системи маємо $S_\phi = 0,16$ мм/об.

3. Визначення швидкості різання.

Швидкість різання допустиму умовами свердління визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

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

D – діаметр свердління;

T – стійкість інструмента, $T = 15$ хв [6, с. 279, табл. 30];

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови свердління.

За попередніми розрахунками $K_v = 1,0$.

Маємо:

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,16^{0,7}} \cdot 1,0 \approx 36,9 \text{ м/хв.}$$

4. Визначення частоти обертання шпинделя.

Частоту обертання шпинделя визначимо за формулою (6.1):

$$n = \frac{1000 \cdot 36,9}{\pi \cdot 10} \approx 1174 \text{ об/хв.}$$

Беремо $n_\phi = 1170$ об/хв.

Фактичну швидкість різання визначимо за формулою (6.2):

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 10 \cdot 1170}{1000} \approx 36,8 \text{ м/хв.}$$

5. Визначення осьової сили та крутного моменту.

Осьову силу під час свердління визначимо за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

де $C_p = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$, $K_p = 1,0$.

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 10^{1,0} \cdot 0,16^{0,7} \cdot 1,0 \approx 189 \text{ Н.}$$

Крутний момент під час свердління визначимо за формулою:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

де $C_M = 0,0345$, $q = 2,0$, $y = 0,8$, $K_p = 1,0$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^{2,0} \cdot 0,16^{0,8} \cdot 1,0 \approx 7,96 \text{ Н·м.}$$

6. Визначення потужності різання.

Потужність різання під час свердління визначимо за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{7,96 \cdot 1170}{9750} \approx 0,956 \text{ кВт.}$$

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

Ефективна потужність різання є достатньо малою і може бути забезпечена приводом обраного верстата.

7. Визначимо основний час на свердління отвору. Основний час на свердління поверхні визначимо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n_\phi},$$

де L – довжина обробки з урахуванням довжини оброблюваної поверхні, довжини врізання та довжини перебігу свердла;

У випадку оброблення глухого отвору довжину перебігу не враховують.

З урахуванням сказаного маємо:

$$T_o = \frac{42,5}{0,16 \cdot 1170} \approx 0,23 \text{ хв.}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

6.6 Технічне нормування операцій

Для дрібносерійного виробництва при технічному нормуванні механічних операцій розраховують норму штучно-калькуляційного часу [7]:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{н.з} / n_{н.з}, \quad (6.3)$$

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

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

n – кількість деталей у партії запуску, шт.

Штучний час розраховують за формулою:

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

$$t_{um} = t_o + t_\partial + t_{обс} + t_{вдн}, \quad (6.4)$$

де t_o – основний (машинний) час на операцію, хв;

t_∂ – допоміжний час на операцію, хв;

$t_{обс}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, хв;

$t_{вдн}$ – час на відпочинок та особисті потреби робочого, хв.

Допоміжний час на операцію визначають за формулою [7]:

$$t_\partial = t_{уст} + t_{пр} + t_{вим}, \quad (6.5)$$

де $t_{уст}$ – час на установку, закріплення й зняття заготовки, хв;

$t_{пр}$ – час на керування верстатом, хв;

$t_{вим}$ – час на контроль та вимірювання, хв.

Час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робочого визначають за формулою:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$t_{обс} + t_{вдн} = (t_o + t_\partial) \cdot \frac{\alpha + \beta}{100}, \quad (6.6)$$

де α , β – відповідно, норми часу на обслуговування робочого місця та відпочинок й особисті потреби робочого, у % от оперативного часу [7].

Операція 035.

За попередніми розрахунками та з урахуванням даних [8] основний час на операцію з урахуванням машинно-допоміжного час на операцію, що враховує час на зміну ріжучого інструменту в автоматичному режимі, час на підведення-відведення ріжучого інструменту на прискореній подачі, складає $t_o = 7,48$ хв.

Допоміжний час на операцію складає:

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

$$t_d = 0,65 + 0,5 + 1,0 = 2,15 \text{ хв.}$$

Норми часу на обслуговування робочого місця та відпочинок й особисті потреби робочого складають 9% від оперативного часу, тож за формулою (6.6):

$$t_{обс} + t_{вдп} = (7,48 + 2,15) \cdot \frac{9}{100} \approx 0,87 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію визначимо за формулою (6.4):

$$t_{шт} = 7,48 + 2,15 + 0,87 = 10,5 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час за даними [7] складає $t_{п.з} = 19,5$ хв.

Штучно-калькуляційний час на операцію з урахуванням величини партії запуску $n_{п.з} = 47$ шт (див. розділ 3 цієї роботи) визначимо за формулою (6.3):

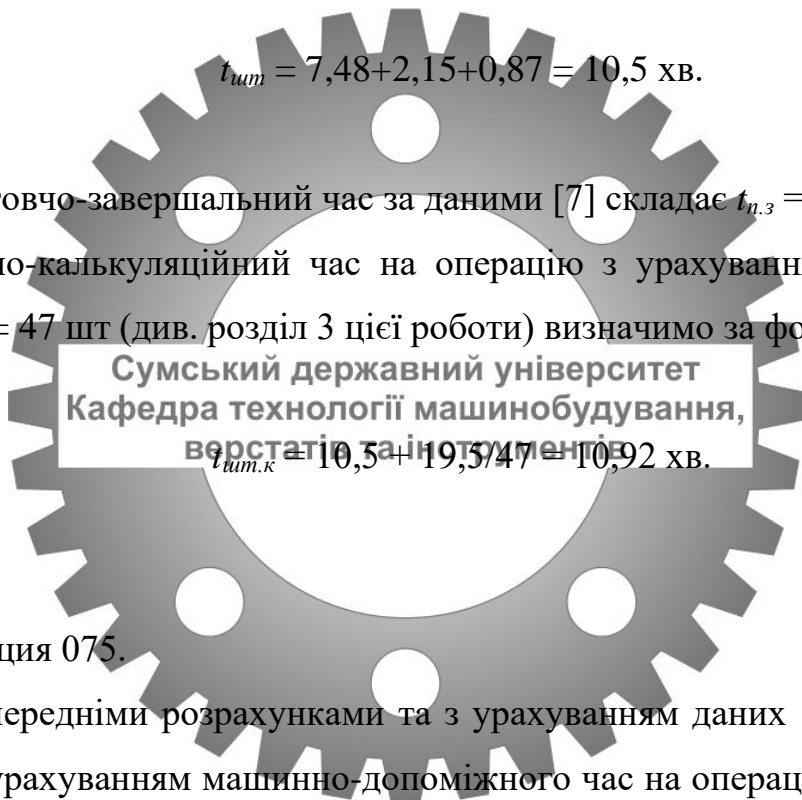
$$t_{шт.к} = 10,5 + \frac{19,5}{47} = 10,92 \text{ хв.}$$

Операція 075.

За попередніми розрахунками та з урахуванням даних [8] основний час на операцію з урахуванням машинно-допоміжного часу на операцію, що враховує час на зміну ріжучого інструменту в автоматичному режимі, час на підведення-відведення ріжучого інструменту на прискореній подачі, складає $t_o = 50,4$ хв.

Допоміжний час на операцію складає $t_d = 9,6$ хв.

Норми часу на обслуговування робочого місця та відпочинок й особисті потреби робочого складають 9% від оперативного часу, тож за формулою (6.6):



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

$$t_{обс}+t_{вдн} = (50,4 + 9,6) \cdot \frac{9}{100} \approx 5,4 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію визначимо за формулою (6.4):

$$t_{ум} = 50,4 + 9,6 + 5,4 = 65,4 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час за даними [7] складає $t_{н.з} = 21,0$ хв.

Штучно-калькуляційний час на операцію з урахуванням величини партії запуску $n_{н.з} = 47$ шт (див. розділ 3 цієї роботи) визначимо за формулою (6.3):

$$t_{ум.к} = 65,4 + 21/47 = 65,85 \text{ хв.}$$



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

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Згідно з завданням на проектування необхідно спроектувати верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на операції 035 комплексній на обробних центрах з ЧПК.

На операції 035 здійснюється оброблення центрального ступінчастого отвору з дотриманням розмірів $\varnothing 20H7$, $\varnothing 11H11$, $\varnothing 28H11$, та пазу шириною $5H7$, який виконує роль штучної технологічної бази на наступних технологічних операціях. При цьому як ріжучий інструмент використовують свердла спіральні, зенкери, розгортки, фрези шпонкові, різці розточувальні (див. п. 6.4 цієї роботи). Як верстатне устаткування використовують токарний обробний центр з ЧПК моделі ST-20 HAAS, оснащений 12-ти позиційною автоматичною револьверною головкою (див. п. 6.3 цієї роботи).

Впровадження верстатного пристрою з механізованим приводом дозволить:

- підвищити продуктивність обробки заготовки за рахунок скорочення витрат допоміжного часу на установку та вилучення заготовки;
- стабілізувати точність оброблення заготовки за рахунок стабілізації сили закріплення заготовки;
- зробити умови праці оператора більш комфортними;
- підвищити рівень безпеки роботи оператора.

В п. 6.2 цієї роботи виконано детальне обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки (див. рисунок 6.1). Так, обрана схема базування заготовки передбачає використання в якості верстатного пристрою токарного патрона. При базуванні заготовки реалізуються установча та подвійна опорна база. Установча база реалізується за лівим плоским торцем заготовки $\varnothing 122H11$ шляхом контакту торця заготовки з торцем патрона. При цьому заготовка позбавляється трьох ступенів свободи: поступального переміщення вдовж центральної (осі обертання, осі X) та обертальних рухів навколо осі Y та Z. Подвійна опорна база реалізується за зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки $\varnothing 122H11$ шляхом

						Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

контакту цієї поверхні з установчими поверхнями накладних кулачків патрона. При цьому заготовка позбавляється двох ступенів свободи: поступальних переміщень вдовж осі Y та осі Z. Вакантним залишається обертання заготовки навколо центральної осі (осі X). Обрана схема базування заготовки дозволяє уникнути появи похибок базування як в радіальному так і в осьовому напрямках. Таким чином забезпечення точності операційних розмірів гарантується.

Під час оброблення поверхонь на операції заготовка перебуває під дією тангенціальних P_z , радіальних P_y та осьових P_x складових сил різання, які намагаються змінити положення заготовки, прийняте відповідно до теоретичної схеми її базування (див. рисунок 6.1). Якщо радіальні та осьові складові сили різання компенсуються відповідними реакціями опор, що утворюються при притисканні заготовки до установчих елементів токарного патрона, то тангенціальна складова сили різання залишається без компенсації (див. рисунок 7.1). Тому під дією складової сили різання P_z утворюється крутний момент $M_{кр}$ (момент різання) під дією якого заготовка намагається повернутися навколо своєї центральної осі (осі X). Для попередження самовільного обертання заготовки між її зовнішньою циліндричною поверхнею $\varnothing 122H11$ та кулачками патрона необхідно забезпечити достатні за величиною сили тертя $F_{тр}$, які в свою чергу мають утворити момент тертя $M_{тр}$. При цьому для забезпечення надійного закріплення заготовки має виконуватися умова:

$$M_{кр} \cdot k_{зап} = M_{тр},$$

де $k_{зап}$ – коефіцієнт запасу [6].

Попередній аналіз структури операції та режимів різання показав, що найбільший силовий вплив на заготовку здійснюється під час свердління центрального отвору $\varnothing 10H12$. При цьому має місце момент різання $M_{кр} = 7,96 \text{ Н}\cdot\text{м}$ (див. п. 6.5 цієї роботи).

Коефіцієнт запасу за даними [6] дорівнює $k_{зап} = 2,7$.

						Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

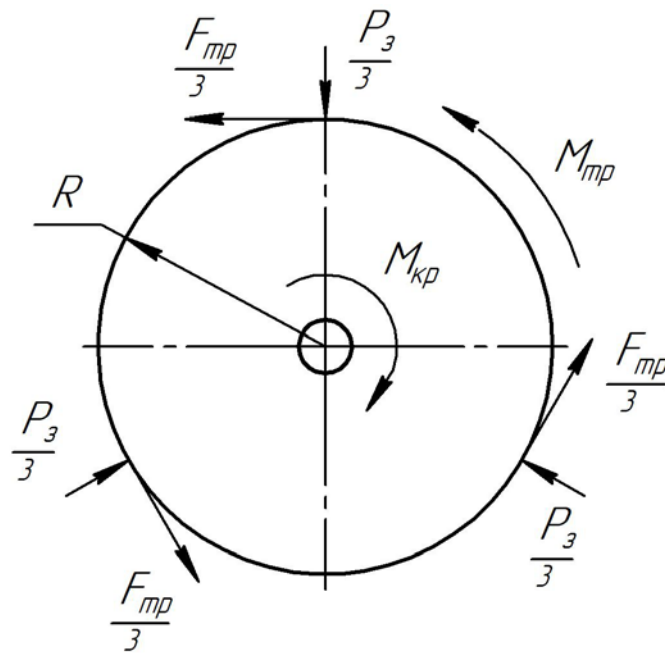


Рисунок 7.1 – Схема дії моменту різання та моменту тертя на заготовку

Момент тертя $M_{тр}$ можна визначити за формулою:

Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot R,$$

де R – радіус на якому діє сила тертя $F_{тр}$, тобто половина діаметра базової поверхні заготовки: $R = 122/2 = 61 \text{ мм} = 0,061 \text{ м}$.

Сила тертя, як відомо, визначається як добуток нормальної складової N сили, що притискає одна до одної контактуючі поверхні, та коефіцієнт тертя f . Беремо $f = 0,16$ [6]. В нашому випадку такою нормальною складовою буде виступати сила закріплення P_3 , яка діє на заготовку з боку накладного кулачка токарного патрона:

$$F_{тр} = P_3 \cdot f.$$

В такому випадку силу закріплення заготовки можна розрахувати за формулою:

					Арк.
					59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$$P_3 = \frac{M_{кр} \cdot k_{зан}}{f \cdot R} = \frac{7,96 \cdot 2,7}{0,16 \cdot 0,061} \approx 2202 \text{ Н.}$$

Необхідне зусилля на штоку пневмопривода визначимо з урахуванням кута нахилу направляючих клинової муфти патрона $\alpha = 25^\circ$:

$$Q = P_3 \cdot \text{tg}(\alpha),$$

де Q – осьове зусилля на штоку пневмоциліндра.

$$Q = 2202 \cdot \text{tg}(25^\circ) = 1027 \text{ Н.}$$

Діаметр поршня пневмоциліндра визначимо за формулою [6]:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d_{шт}^2}$$

де $d_{шт}$ – діаметр штока, беремо $d_{шт} = 32$ мм;

p – тиск повітря в пневмережі, беремо $p = 0,4$ МПа;

η – ККД пневмопривода, $\eta = 0,8$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1027}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,8} + 32^2} = 71,5 \text{ мм.}$$

Беремо найближчий більший стандартний діаметр пневмоциліндра $D_\phi = 160$ мм.

						Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Осьове зусилля на штоку пневмоциліндра діаметром 160 мм складає $Q_{\phi} = 6177$ Н. В такому випадку фактичне зусилля закріплення заготовки складатиме $P_{з\phi} = 13250$ Н.

Розрахунок верстатного пристрою на точність виконаємо згідно з методикою наведеною в [9].

При обробленні заготовки «корпусу» до розрахункових параметрів, що в більшій мірі впливають на досягнення заданих технічних вимог слід віднести радіальне биття посадкової поверхні пропонованого токарного патрона. Зазначена похибка може привести до підвищеного радіального биття або відхилення від співвісності оброблюваних поверхонь заготовки. Цю похибку слід обумовити в технічних вимогах, пропонованих до точності виготовлення окремих елементів пропонованого токарного патрона.

За схемою на рисунку 6.1 відхилення від співвісності оброблюваних поверхонь деталі не повинно перевищувати величину $T = 50$ мкм.

В такому випадку допустиму похибку виготовлення токарного патрона визначимо за формулою [9]:

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

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

$K_1 = 0,8$ – для випадків, коли похибка базування заготовки не дорівнює нулю.

В нашому випадку $E_{\delta} = 0$;

E_{δ} – похибка базування заготовки. За умови базування заготовки в самоцентруючому токарному патроні $E_{\delta} = 0$;

E_3 – похибка закріплення заготовки. В нашому випадку похибка закріплення заготовки в радіальному напрямку $E_3 = 0$;

						Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

E_y – похибка установки патрона на шпинделі верстата. За умови використання конусної установчої поверхні приєднувального фланця шпинделя беремо $E_y = 0$;

$E_{зн}$ – похибка спричинена зношенням установчих елементів верстатного пристрою. Беремо $E_{зн} = 10$ мкм;

$E_{п}$ – похибка установки ріжучого інструмента. За умови відсутності направляючих елементів беремо $E_{п} = 0$;

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

ω – середня економічна точність оброблення поверхонь заготовки. Беремо $\omega = 10$ мкм [6].

З урахуванням обраних величин маємо:

$$E_{np} = 50 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 10)^2} \approx 36 \text{ мкм.}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
Верстатів та інструментів

Згідно з [2] беремо найближчий стандартний допуск радіального биття – 30 мкм. Дана похибка може бути віднесена до радіального биття посадкової поверхні патрона. Зазначимо цю величину в технічних вимогах на складальному кресленні проектованого токарного патрона.

Будова й принцип дії верстатного пристрою.

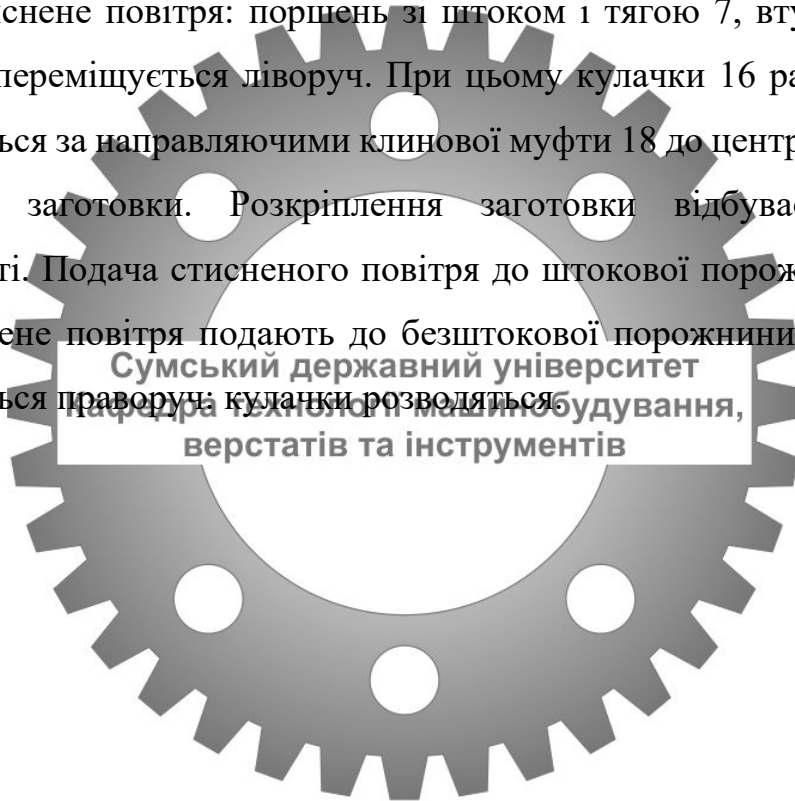
Базовим елементом патрона є корпус 1, який з'єднаний з проміжним фланцем 2 трьома гвинтами 21. Проміжний фланець 2 у свою чергу в центральній частині має внутрішню конічну посадочну поверхню для базування відносно шпинделя токарного верстата. Фіксація фланця відносно шпинделя верстата здійснюється гвинтами 24.

В радіальних пазах корпусу 1 розміщені три кулачки 15, які за допомогою шести гвинтів 22 жорстко з'єднані з накладними кулачками 16 (один накладний кулачок 16 на один кулачок 15). З іншого боку кулачки 15 за напрямними входять в пази клиновий муфти 17, яка за допомогою втулки 3, втулки 6 та гайки 11 з'єднана

						Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

з тягою 7. Тяга 7 з'єднана у свою чергу зі штоком пневмоциліндра 28. Усередині втулки 3 розміщують центроутримувач 14, закріплений гвинтами 20 відносно корпусу 1. За необхідності в центроутримувачі 14 розміщують «плаваючий» центр який підпирається пружиною (на кресленні не показані).

Токарний патрон працює так. Вручну налаштовують положення накладних кулачків 16 щодо основних кулачків 15 на необхідний діаметр закріплення заготовки. Кулачки 16 фіксують гвинтами 22. Оброблювану заготовку встановлюють до упору в торець центроутримувача 14 намагаючись зорієнтувати центр заготовки по центру патрона. В штокову порожнину пневмоциліндра 28, подають стиснене повітря: поршень зі штоком і тягою 7, втулкою 3 і клинковою муфтою 17 переміщується ліворуч. При цьому кулачки 16 разом з кулачками 15 переміщуються за направляючими клинкової муфти 18 до центру, що призводить до закріплення заготовки. Розкріплення заготовки відбувається в зворотній послідовності. Подача стисненого повітря до штокової порожнини припиняється. Тепер стиснене повітря подають до безштокової порожнини. Шток, тяга, муфта переміщуються праворуч; кулачки розводяться.



						Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи можна зробити такі висновки.

1. Виконано аналіз службового призначення машини, вузла, деталі та технічних вимог на її виготовлення.
2. Визначені тип виробництва – дрібносерійний та форму організації робіт – групова.
3. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі. Технологічність конструкції деталі оцінено на «задовільно».
4. Визначено спосіб отримання вихідної заготовки – прокат круглий гарячекатаний, що відповідає базовому технологічному процесу виготовлення деталі.
5. Виконано детальний аналіз двох механічних операцій технологічного процесу виготовлення деталі (комплексних на обробних центрах 035 та 075). В рамках аналізу виконано обґрунтування вибору схем базування, металорізальних верстатів, технологічної оснастки, режимів різання та технічних норм часу.
6. Спроектований токарний патрон з механізованим приводом, як верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на операції 035 комплексній на обробних центрах з ЧПК.
7. В додатку Г роботи розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Сумський державний університет
Кафедра технологій машинобудування,
верстатів та інструментів

						Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей и сплавов: справочник / Под ред. В. Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
2. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 1 / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
3. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пос. / А. Ф. Горбачевич, 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. 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.
6. 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.
7. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974. – Ч.1, Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, долбежные и фрезерные станки. – 416 с.
9. Кушніров, П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка»: Ч. 1 / П. В. Кушніров. – Суми: СумДУ, 2009. – 52 с.
10. 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.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		