МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«____» _____ 20*21* р.

Удосконалення технологічного процесу виготовлення ліхтаря 4ГМ2.5-02.06 шляхом оптимізації конструкції верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки на комплексній операції

Кваліфікаційна робота (проєкт) магістра

Спеціальність – *131 «Прикладна механіка»*

Освітня програма – *«Технології машинобудування»*

Студент *Борис ПОНОМАРЬОВ*

Керівник *Артем ЄВТУХОВ*

Нормоконтроль *Олександр ІВЧЕНКО*

Суми – 20*21*

ЗМІСТ

ВСТУП 4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ 7
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації 7
1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі 10
1.3 Характеристика типу виробництва 12
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі 14
1.5 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі 19
1.6 Висновок 21
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ 22
2.1 Обґрунтування вибору способу отримання заготовки 22
2.2 Розроблення раціонального маршруту обробки заготовки 28
2.3 Уточнення операційних припусків на обробку поверхні обертання 34
2.4 Обґрунтування вибору схем базування і закріплення заготовки 39
2.5 Обґрунтування вибору металорізального устаткування 44
2.6 Обґрунтування вибору технологічної оснастки 46
2.7 Розрахунок режимів різання 48
2.8 Технічне нормування операції 57
2.9 Проєктування верстатного пристрою 63
2.10 Проектування контрольно-вимірювального пристрою 81
2.11 Висновок 94
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕНННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ МЕТОДАМИ СТАТИЧНОГО ТА ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ 95
3.1 Актуальність, мета та методи дослідження 95
3.2 Аналіз результатів статичного дослідження системи «пристрій-заготовка» 98

3.3 Аналіз результатів динамічного дослідження системи «пристрій-заготовка» 100
3.4 Висновок 102
ВИСНОВКИ 104
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 105
ДОДАТОК А 108
ДОДАТОК Б 109
ДОДАТОК В 110
ДОДАТОК Г 111

ВСТУП

Актуальність теми. Компресори типу 4ГМ2.5 призначені для перекачування газу на АЗС, також застосовуються для відкачки газу на нафтовидобувних станціях, що вказує на надійність цих компресорів. «Ліхтар 4ГМ2.5-02.06» входить до складу цього компресору, тож вдосконалення технологічного процесу його виготовлення слід вважати актуальним завданням.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема роботи пов'язана з науковим напрямком досліджень кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» СумДУ щодо підвищення ефективності процесів механічного оброблення (тема науково-дослідної роботи «Підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталей та складання машин шляхом вдосконалення методів механічної обробки конструкційних матеріалів, технологічного устаткування та оснащення, систем якості організації та методів викладання технічних дисциплін» (0116U000933)).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення «ліхтаря 4ГМ2.5-02.06» шляхом оптимізації конструкції верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки на комплексній з ЧПК операції.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі завдання:

1) виконати аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі;

2) розробити перспективний технологічний процес виготовлення деталі;

3) спроектувати верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на комплексній операції;

4) спроектувати контрольно-вимірювальний пристрій для контролю перпендикулярності поверхні деталі;

5) виконати дослідження спроектованої конструкції верстатного пристрою методами статичного та динамічного аналізу. Сформулювати

рекомендацій щодо вдосконалення конструкції верстатного пристрою та структурно-параметричної оптимізації комплексної з ЧПК операції в цілому.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення «ліхтаря 4ГМ2.5-02.06», операція комплексна на обробних центрах з ЧПК.

Предмет дослідження – верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на операції комплексній на обробних центрах з ЧПК, структура та параметри операції комплексної на обробних центрах з ЧПК.

Методи дослідження. Результати роботи отримані на основі теоретичних та експериментальних досліджень. Твердотільну модель пропонованої конструкції верстатного пристрою розроблено в пакеті Компас-графік. Дослідження пропонованої конструкції верстатного пристрою методами статичного та динамічного аналізу виконано в пакеті математичного аналізу ANSYS Workbench.

Наукова новизна: в результаті досліджень виконано статичний та динамічний аналіз пропонованої конструкції верстатного пристрою для установки заготовки «ліхтаря» на операції комплексній з ЧПК, що дозволило сформулювати рекомендації щодо вдосконалення конструкції спроєктованого пристрою з забезпечення його стійкої роботи під дією статичних та динамічних навантажень та структурно-параметричної оптимізації комплексної з ЧПК операції в цілому.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що на основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано рекомендації щодо вдосконалення конструкції верстатного пристрою для установки заготовки «ліхтаря» на комплексній з ЧПК операції з забезпечення його стійкої роботи під дією статичних та динамічних навантажень та структурно-параметричної оптимізації комплексної з ЧПК операції в цілому.

Апробація роботи. Немає.

Публікації. Тези доповідей за результатами досліджень подано до редакції Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві» (СумДУ, м. Суми) та будуть опубліковані у квітні 2022 р.

Особистий внесок автора. Автором виявлені недоліки базового технологічного процесу виготовлення деталі «ліхтар 4ГМ2.5-02.06», запропоновані технологічні рішення, спрямовані на вдосконалення існуючого технологічного процесу обробки заготовки. Змінено та обґрунтовано спосіб отримання заготовки. Спроектовані конструкції верстатного та контрольно-вимірювального пристроїв. Виконано дослідження конструкції верстатного пристрою методами статичного та динамічного аналізу. Сформульовані висновки та рекомендації щодо вдосконалення конструкції пропонованого верстатного пристрою та комплексної з ЧПК операції в цілому.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 3-х розділів, загальних висновків, переліку використаних посилань з 19 найменувань, 107 сторінок основного тексту, 30 рисунків та 44 таблиці.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації

Деталь «Ліхтар» входить до складу повітряного поршневого компресору 4ГМ2.5, див. рисунок 1.1.

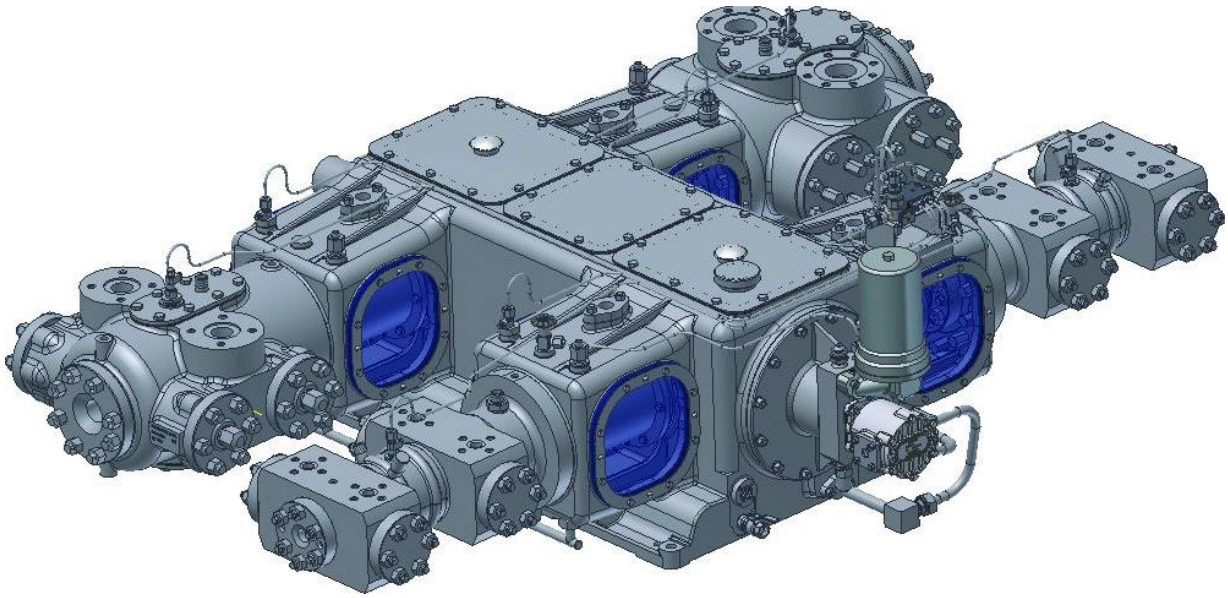

Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд повітряного поршневого компресору 4ГМ2.5

Компресор призначений для роботи в складі автомобільних газонаповнювальних станцій, заправки акумуляторів газу, стиснення нафтового газу при закачуванні його в трубопровід та в стаціях при роботі від газових мереж з низьким вхідним тиском.

Компресор являє собою поршневу машину з горизонтальним розташуванням циліндрів. Для відділення частинок рідини і масла передбачені порожнини в холодильниках або вологомастиловідділювачі, звідки конденсат і масло видаляються шляхом періодичної продувки. Для приводу компресора

зазвичай застосовується вбудований електродвигун. Значна кількість складальних одиниць і деталей уніфіковано і взаємозамінні.

Компресор 4ГМ2,5 здатний працювати в будь-яких кліматичних умовах. Встановлений захист по тиску нагнітання сходами, захист по температурі повітря, що нагнітає газ по щаблях, захист по тиску масла, датчики на проток охолоджуючої рідини, датчики температури води на вході, інші механізми автоматичного захисту компресора.

Ліхтар кріпиться в циліндрі першого ступеня стиснення газу. Фланець розташований у клапанній коробці циліндра, фіксуючи повітряний клапан односторонньої, ущільнення торцеве.

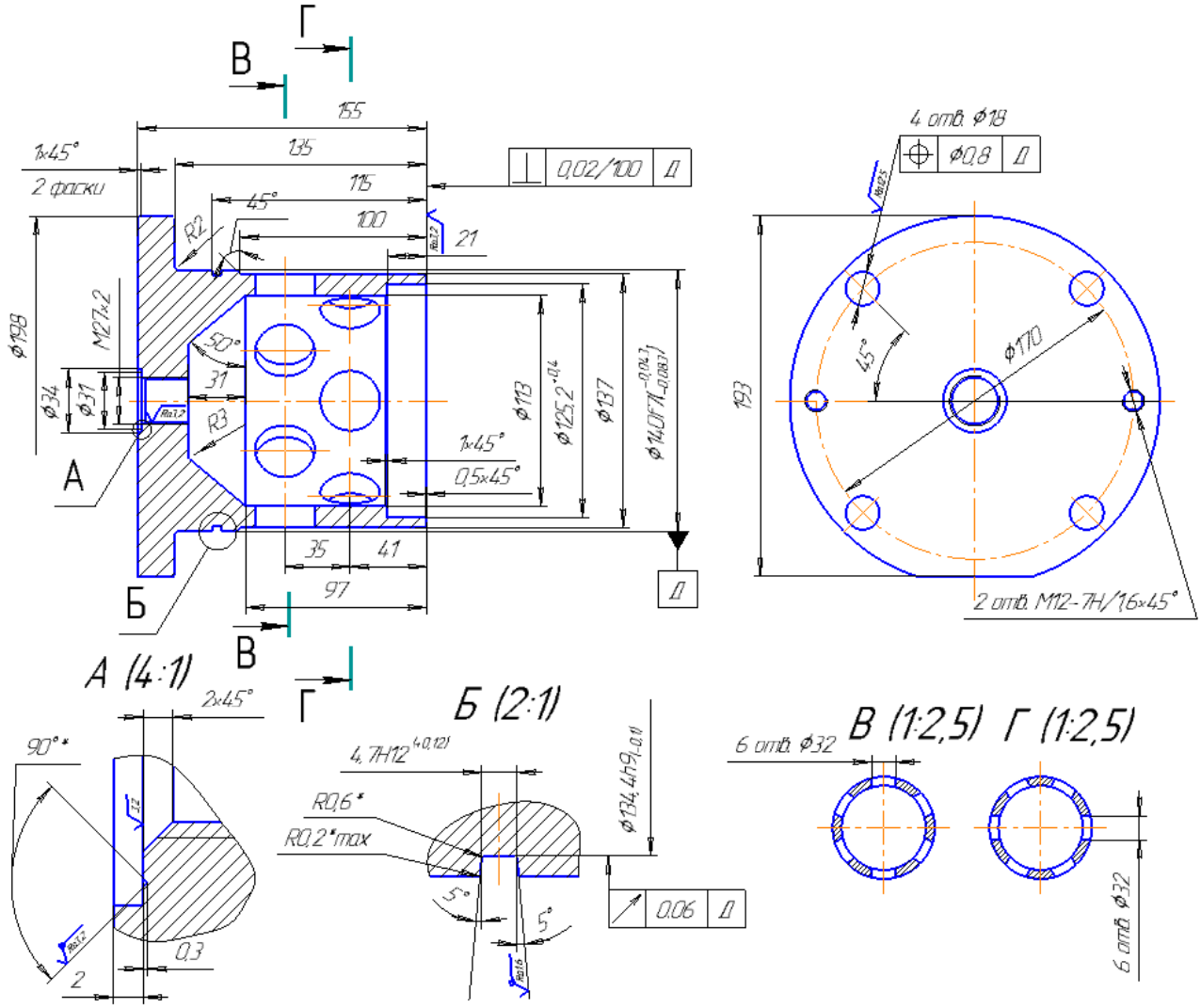

Рисунок 1.2 – Ескіз деталі

Ліхтар фіксує повітряний клапан для забезпечення жорсткої фіксації останнього та уникнення можливості появи зазору від вібрації, спричиненою роботою компресора.

Клапан забезпечує герметичне з'єднання поршневого циліндра з газовою магістраллю підвищеного тиску, пропускаючи нагнітаюче повітря в один бік зменшити тривалість і трудомісткість ремонтних робіт.

Таблиця 1.1 – Характеристики компресора 4ГМ2.5

Компресор	Тиск на вході, МПа	Температура газу на вході, °С	Тиск на виході, МПа	Продукти-вність, м2/хв	Маса, кг	Габарити, ДхШхВ мм	Кількість ступенів, шт.
4ГМ2.5	0,2-0,3	-5…+30	24,5	3,0	2230	1780х2405х700	4

Схема базування деталі у вузлі показана на рисунку 1.3. Основними конструкторськими базами виступають циліндрична поверхня з посадкою, торець, що прилягає до неї, та 2 різьбових отвори на торці.

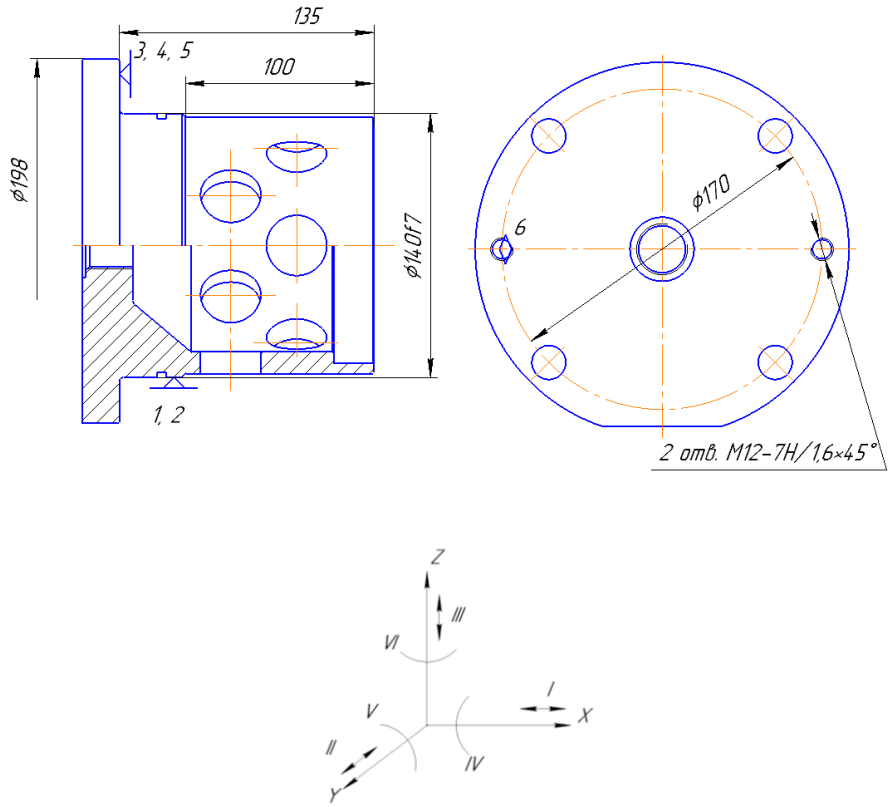

Рисунок 1.3 – Схема базування деталі Ліхтар 4ГМ2.5-02.06 у виробі

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідностей

Зв’язки	Ступені волі	Найменування баз
1, 2, 3	I, V, VI	Установча база
4, 5	II, III	Подвійна опорна база
6	IV	Опорна база

Таблиця 1.3 – Матриця звязків

	X	Y	Z	Назва бази
l	1	0	0	Установча
a	0	1	1	
l	0	1	1	Подвійна опорна
a	0	0	0	
l	0	0	0	Опорна
a	1	0	0	

1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Технічні вимоги (умови) на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. На основі аналізу робочого креслення можна зробити висновок, що наявних проекцій і перетинів досить, вони правильно розміщені відповідно до існуючих стандартів, на всіх поверхнях позначені вихідні дані: розміри, їх точність і шорсткість, проставлені потрібні технічні вимоги на виготовлення деталі. Очевидно, що креслення деталі Ліхтар 4ГМ2.5-02.06 виконано відповідно до ЕСКД і повністю відповідає стандартам:

ГОСТ 2.109-73. Основні вимоги до креслень;

ГОСТ 2.305-68. Зображення видів, перетинів;

ГОСТ 2.307-68. Нанесення розмірів і граничних відхилень;

ГОСТ 2.309-73. Шорсткість поверхні. Параметри, характеристики і позначення;

ГОСТ 24643-81. Допуски форми і розташування поверхонь.

Числові значення. Вимоги до точності розмірів конструктором проставлені у вигляді відхилень. Аналізуючи технологічність конструкції по застосовуваних матеріалів необхідно відзначити, що сталь 30 є взаємозамінною на сталь 35.

Деталь являє собою тіло обертання з відношенням l/d=155/198=0.78.

Найбільш точною поверхнею є зовнішній діамер Ø140f7, так як вона виконує функції конструкторської бази. Найбільш високу якість має поверхня: канавка зовнішньої циліндричної поверхні Ra 1,6 мкм, така вимога необхіднна для ущільнюючих кілець для герметичності вузла.

Основні вимоги, що пред'являються конструктором до деталі, полягають в наступному:

⊥	0,02/100	Д

- доуск перпендикулярности тоця відносно поверхні Д не має перевищувати 0,02/100.

↗	0,06	Д

- доуск радіального биття канавки відносно поверхні Д не має перевищувати 0,06.

⌖	Ø0,8	Д

- доуск позиційного розташування отворів відносно поверхні Д не має перевищувати 0,8 за діаметром.

Таблиця 1.4 – Якісні критерії оцінки

Вид обробки	Поверхня	Метод осягнення точності
Точіння	d198 h14, d137 h14, D113 H14, D34 H14, l2 H14, l21 H14, l31 H14, l135 H14, l155 H14, l4.7 H12; конус ∠50˚, ∠45˚; канавка d31 h14; галтель	Чорнове точіння
	d134.4 h9	Напівчистове точіння
	d140 f7	Чистове точіння
Фрезерування	l193 H14	Чорнове фрезерування
Свердлування	D32 H14, D18 H14	Свердлування
	M12-7H/1.6x45˚, M27x2-6H	Мітчик

Дані допуски дозволять правильно розташувати деталь у вузлі для подальшої фіксації як деталі, так і клапану, який необхідно розташувати у правильному положенні.

1.3 Характеристика типу виробництва

Тип виробництва – це комплексна характеристика економічних, технологічних та організаційних можливостей виробництва, визначена його спеціалізацією, обсягом та постійністю номенклатури виробів, а також формою руху виробів робочими місцями в процесі виготовлення.

Тип виробництва визначаємо за коефіцієнтом закріплення операцій $К_{ЗО}$, який дорівнює відношенню різноманітних технологічних операцій, виконуваних впродовж місяця, до кількості робочих місць.

Такт випуску та партія для запуску у виробництві знаходимо по формулою:

$$Кз.о.=\sum О/\sum Р,$$

де $\sum О$ – сумарне число різноманітних операцій;

$\sum Р$ – число робітників виконуючих ці операції.

Визначення штучно-калькуляційного Тш-к на всіх операціях. Штучно-калькуляційний час беремо з базового технологічного процесу. Данні заносимо до таблиці 1.5. Розрахункова кількість верстатів по операціям знаходимо за формулою:

$$m_р = \frac{N_{річ} \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_д \cdot \eta_{з.н.ср.}},$$

де $N_{річ}$ – річна програма випуску деталей;

$F_д$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_д$ =4029 год;

$\eta_{\text{з.н.ср}}$ – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання, приймаємо $\eta_{\text{з.н.ср}}$=0,85.

Розрахуємо необхідну кількість обладнання для операції 030:

$$m_{\text{р}} = \frac{500 \cdot 18{,}41}{60 \cdot 4029 \cdot 0{,}85} = 0{,}05 \text{ шт.}$$

Число робочих місць Р знаходимо шляхом округлення до ближнього цілого числа отриманого значення m_p: *P=1*. Результати розрахунків для всіх інших механічних операцій приведені в таблиці 1.5. Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання робочого місця знаходиться за формулою:

$$\eta_{\text{з.ф.}} = \frac{m_p}{P},$$

$$\eta_{\text{з.ф.}} = \frac{0{,}05}{1} = 0{,}05.$$

Кількість операцій виконуваних на робочому місці:

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

$$O = \frac{0{,}85}{0{,}05} = 17$$

Результати розрахунків для інших механічних операцій представимо в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати розрахунків для інших механічних операцій

№ операції	Найменування операції	Тш-к, хв	mp, шт.	Р, шт.	ηз.ф.	О
025	Токарна з ЧПК	10,84	0,03	1	0,03	28
030	Токарна з ЧПК	18,41	0,05	1	0,05	17
040	Комплексна	18,05	0,05	1	0,05	17
Разом:		47,3	-	3	-	62

Використовуючи данні з таблиці 1.5 знаходимо ∑Р, ∑О, ∑Тш-к.

Коєфіцієнт закріплення операцій розраховуємо за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{62}{3} = 20{,}67$$

Розраховане значення коефіцієнта (20<Кз.о.<40) відповідає дрібносерійному типу виробництва. У відповідності до ГОСТ 3.1108-74 коефіцієнт закріплення операцій складає для дрібносерійного виробництва від 20 до 40 включно. Дрібносерійное виробництво є найбільш поширеним типом виробництва. На машинобудівних підприємствах дрібносерійного типу виробництва виготовляється досить велика номенклатура виробів, хоча й більш обмежена ніж в одиничному виробництві. Частина виробів є спорідненими конструктивно-технологічними ознаками.

Іншою ознакою є повторюваність випуску виробів. Це дозволяє організувати випуск продукції більш-менш ритмічно. Випуск виробів у великих або відносно великих кількостях дозволяє проводити значну уніфікацію виробів і технологічних процесів; виготовляти стандартні або нормалізовані деталі, що входять до конструктивних рядів великими партіями, що зменшує їх собівартість.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

У деталі Ліхтар такі нетехнологічні конструктивні елементи: отвори на циліндричній поверхні (необхідно створити умови, за яких свердло виконало б обробку у необхідному місці); галтелі (необхідно виготовити спеціальний вимірювальний інструмент для контролю); внутрішній конус (скрутна можливість вимірювання геометричних даних конуса, відсутність прямого зорового контролю якості); канавки (виготовлення спеціальних ріжучих та вимірювальних інструментів або шаблонів); внутрішній циліндр (відсутність прямого зорового контролю якості).

До більшості поверхонь проставлена вимога шорсткості Ra 6,3 мкм, так як вони не відповідальні. До баз (основних або допоміжних конструкторських) конструктор пред'явив вимогу Ra 1,6-3,2 мкм за тим же критерієм.

Матеріал деталі – сталь 30. Цей матеріал відповідає необхідним умовам експлуатації деталі, є простим у обробці та не є дифіцитним, тому його легко закупити та він не є дорогим матеріалом. Допускається заміна матеріалу на сталь 35 ГОСТ 1050-88.

Механічні властивості:

- межа плинності S_B =530 МПа;
- тимчасовий опір розривуS_T =320 МПа;
- відносне подовження d_5 =25%;
- відносне звуження У=52%;
- ударна в’язкість КСU=620 кДж/м^2;
- твердість НВ=143-179.

Як підсумок маємо, що оформлення креслення відповідає існуючим ГОСТам. Кількості зображених видів та розрізів достатньо, постановка розмірів, допусків розмірів, форми та розміщення, шорсткості – вірна та відповідають стандарту.

Кількісний аналіз технологічності представимо у вигляді таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Кількісна оцінка технологічності

Назва елементу	Кількість	Точність	Якість (Ra)
1	2	3	4
Зовнішні циліндричні поверхні:			
d198	1	h14	6,3
d140	1	f7	6,3
d137	1	h14	6,3
Внутрішні циліндричні поверхні:			
D125.2	1	$H12^{+0.4}$	6,3
D113	1	H14	6,3
D34	1	H14	6,3
Торці			
l2	1	H14	3,2

Продовження таблиці 1.6

l21	1	H14	6,3 та 3,2
l31	1	H14	6.3
l135	1	H14	6.3
l155	1	H14	6.3
Інші:			
Отвори			
D18	4	H14	12.5
D32	12	H14	6.3
Різьби			
M12	2	7H	6.3
M27x2	1	6H	3.2
Канавки			
Канавка Б d31	1	H14	3.2
Канавка В ширина 4.7 глибина d134.4	1	H12 h9	1.6
Профрезерований циліндр d198	1	h14	6.3
Фаски			
2•45°	1	h14	6.3
1.6•45°	2	h14	6.3
1•45°	2	h14	6.3
0.5•45°	1	h14	6.3
Конус			
l31 ∠50°	1	h14	6.3
1	2	3	4
∠45°	1	h14	6,3
Галтель			
R3	1	h14	6,3
R2	1	h14	6,3
R0,6	2	h14	6,3
R0,2	2	h14	6,3
Всього	47		

Коефіцієнт точності обробки розраховується як:

$$К_{ТЧ} = 1 - (1/А_{СР}),$$

де $А_{СР}$ –середній квалітет точності.

Розрахунок середнього арифметичного значення квалітету точності деталі:

$$А_{СР}=(n1+n2+…+n32)/_{mi},$$

де n – квалітет точності кожної поверхні;

m – кількість поверхонь.

$$А_{ср}=\frac{(25*14)+(2*7)+6+9+(2*12)}{47}=8.58$$

$$КТЧ = 1-1/8,58=0.88>0.7$$

Коефіцієнт шорсткості по критерію Ra розраховують за формулою:

$$К_{Ш}=1/Б_{СР},$$

де $Б_{СР}$ –середня шорсткість поверхонь.

Розрахунок арифметичного значення шорсткості всіх поверхонь:

$$Б_{СР} =(c1+c2+ …+c32)/mi$$

де с – значення шорсткості кожної поверхні.

$$Б_{ср}=\frac{(23*6.3)+(4*3.2)+(3*1.6)+12,5}{47}=3.72$$

$$К_{Ш}=1/3,72=0.27 ≤ 0.52$$

Так як $К_{Ш} ≤ 0.52$, деталь по даному показнику є технологічною.

На технологічний процес виготовлення деталі та її техніко-екномічні показники суттєво впливає метод отримання заготовки. Її собівартість та трудомісткість виготовлення повинні зводитися до мінімуму. Заготовка має бути максимально повторювати контури готової деталі, що дозволить вести обробку з мінімальною кількістю установів, проходів та з меншим використанням ріжучого інструменту. Заготовка не повинна мати тріщин, раковин, розшарувань, рихлостей.

На вибір метода отримання заготовки впливають матеріал деталі, його призначення та технічні вимоги до виготовлення, обсяг випуску, конфігурація, форма поверхні та її розміри.

Вид заготовки встановлюється на основі всіх перелічених даних, а також техніко-економічного порівняння декількох варіантів.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$К_{з1}=m_д/ m_{з1},$$

де $К_{з1}$ – коефіцієнт використання заготовки за базовим технологічним процесом;

$m_д$ - маса деталі;

$m_{з1}$ - маса заготовки за базовим технологічним процесом.

$К_{з1}=11,5/45=0,26$

Користуючись довідниковою літературою визначаємо наступні параметри.

Клас точності – Т4 [с. 28, таблиця 19, додаток 1];

Група сталі – М1 [с. 8, таблиця 1];

Ступінь складності – С1 [с. 30, додаток 2].

Вихідний індекс – 13 [с. 10, таблиця 2].

За результатами кількісного аналізу робимо висновок, що деталь є технологічною.

Аналізуючи технологічність деталі «Ліхтар», яка має невеликі габарити та малі прості поверхні, виконання яких не може викликати ускладнення. Проте, з урахуванням загального аналізу можна зробити висновок, що деталь є технологічною, хоча і має окремі нетехнологічні особливості як по точності, так і по якості поверхонь.

Висновок: проаналізувавши базування деталі, її конструктивні розміри, виконавчі умови, властивості матеріалів та інше я зробив висновок, що всі пункти задовольняють умови експлуатації.

1.5 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Таблиця 1.7 – Короткий зміст базового технологічного процесу виготовлення деталі

№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Заготівельна 200*177	
010	Ковальська 208*162	
015	Термообробка	
020	Контроль	
023	Токарна під УЗД Ra 1,6 203*158	16К20Т1
025	УЗД	
030	Токарна	16К20Т1
035	Фрезерна	6М13П
040	Свердлувальна	2А554Ф1

005 Заготівельна

З отриманого прокату нарізаються заготовки згідно заданих розмірів (200*177 мм).

010 Ковальська

В умовах одиничного типу виробництва заготівля - поковка кована на молотах до розмірів 208*162 мм. У зв'язку з тим, що змінено тип виробництва на средньосерійний, виникла необхідність змінити спосіб отримання заготовки. Обґрунтування вибору способу отримання заготовки див. п. 1.4.

015 Термообробка

Для подальшої обробки різанням, щоб уникнути браку, заготовку піддають відпуску для зняття внутрішніх напружень металу.

020 Контроль

Виконується контроль розмірів та фізичних характеристик заготовки.

023 Токарна під УЗД

Для виявлення внутрішніх дефектів заготовки (внутрішні порожнини) її проточують на токарному верстаті 16К20Т1 начисто токарним прохідним упорним різцем, витримуючи розміри 203*158 мм Ra 1.6, для використання апарату УЗД.

025 УЗД

УЗД проводиться для виявлення внутрішніх порожнин заготовки, при їх наявності заготовка вважається бракованою. Операція проводиться на іншому підприємстві під замовлення.

030 Токарна

Операція проводиться на токарному верстаті 16К20Т1 з ЧПК за два установи, заготовка закріплюється у трьохкулачковому патроні

На першому установі точиться торець d 198 мм l 20 мм токарним упорним прохідним різцем Т15К6, свердлиться отвір d 25 під різьбу М27*2, отвір розточується до d 34 мм на l 2 мм токарним прохідним упорним різцем Т15К6, точиться торцева канавка на d 31 мм l 0.3 мм спеціальним канавковим різцем Т15К6; знімаються фаски.

На другому установі точиться торець d 137 мм токарним прохідним упорним різцем Т15К6. Розточним різцем Т15К6 розточуються: d 125.2 мм на l 21 мм; d 113 мм на l 97 мм; розточується конусність під 50˚ l 31 мм; знімаються фаски. Токарним упорним прохідним різцем Т30К4 проточується: циліндрична поверхня d 137 мм на l 100 мм; конус під 40˚ до d 140 мм; циліндрична поверхня d 140 мм на l 135 мм; точиться канавка на d 140 мм на l 135 мм до d 134.4 мм, В 4,7мм спеціальним канавковим різцем Т15К6; знімаються фаски.

035 Фрезерна

Обробка ведеться на горизонтально-фрезерному верстаті 6М13П, заготовка закріплюється у призмі за допомогою притиску.

Під час цієї операції утворюється лиска l 193 на циліндричній поверхні d 198 мм циліндричною фрезою.

040 Свердлувальна

Обробка ведеться на горизонтально-свердлильному верстаті 2А554Ф1, заготовка закріплюється у призмі за допомогою притиску.

Під час цієї операції просвердлюють 6 отворів на торці, діаметр якого складає 198 мм: 4 отвори свердлом d 18 мм та 2 – d 10.2 мм, під різьбу М12*2, та 12 - d 32 мм на циліндричній поверхні діаметром 137 мм.

1.6 Висновок

У результаті аналізу вище наведеного базового технологічного процесу можна зазначити такі недоліки:

1) варіант формування заготовки шляхом кування створює великі припуски та напуски, що потребує збільшення подальшого механічного оброблення заготовки;

2) використання застарілого верстатного устаткування;

3) засоби механізації та автоматизації мають низький рівень використання;

4) наявність необхідності замовлення послуг на іншому підприємстві збільшує фактичний час на виконання виготовлення та її собівартість.

Недоліки базового технологічного процесу вказують на низьку продуктивність виготовлення, високу ймовірність браку та високу собівартість виготовлення в цілому.

РОЗДІЛ 2
РОЗРОБЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Обґрунтування вибору способу отримання заготовки

У базовому технологічному процесі виготовлення деталі «Ліхтар 4ГМ2.5-02.06» заготовка одержана методом поковки на молотах.

Процес вільного кування є послідовне чергування різних технологічних операцій, у результаті чого з вихідної заготовки простої форми виходить поковка з формою і розмірами, що значно відрізняються від заготовки.

В процесі виготовлення поковки змінюються також механічні властивості.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$К_{з1}=m_д/ m_{з1}$$

де $К_{з1}$ - Коефіцієнт використання заготовки за базовим технологічним процесом;

$m_д$ - маса деталі;

$m_{з1}$ - маса заготовки за базовим технологічним процесом.

$К_{з1}=11,5/45=0,26$

Виходячи з серійності виробництва в якості пропонованого методу одержання заготовки приймаємо кривошипний горячештамповочний прес.

Використання КГШП, зокрема, дозволяє успішно вирішувати таку нагальну для даних підприємств проблему, як пакетування брухту металів, що володіють невисокою пластичністю (алюмінієві і титанові сплави, бронзи та ін.). Тим часом придбання пресу даного типу є для переважної більшості таких підприємств

недозволеною розкішшю. Основною сферою застосування КГШП, які представлені на сучасному ринку у великій різноманітності модифікацій, є оснащення виробництва, що випускає свою продукцію великими, середніми і дрібними серіями.

Вартість основних матеріалів визначаємо виходячи з вартості заготовки за вирахування сум реалізованих відходів за формулою, грн.:

$$M = B_з - B_в,$$

де $B_з$ - вартість заготовки

$B_в$ - вартість відходів які реалізуються

$M = 332.3 - 60.98 = 271.32$, грн.

Вартість заготовки обчислюється за формулою, грн:

$$B_з = m_з \cdot Ц_з \cdot K_{тз},$$

$B_з = 19.97 \cdot 16 \cdot 1{,}04 = 332.3$, грн.

Вартість відходів обчислюється за формулою, грн.:

$$B_в = m_в \cdot Ц_в,$$

$Ц_в = 16 \cdot 0{,}45 = 7.2$

$B_в = 8.47 \cdot 7.2 = 60.98$, грн.

Маса відходів обчислюється за формулою, кг.

$$m_в = m_з - m_д,$$

$m_в = 19.97 - 11.5 = 8.47$, кг.

Розраховані дані перенесені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахунок вартості основних матеріалів

Показник	Пропонована заготовка	Базова заготовка
1. Марка матеріалу	Сталь30	Сталь30
2. Маса заготовки, кг	19,97	45
3. Ціна за 1 кг матеріалу, грн.	16	16
4. Вартість заготовки, грн.	332,3	748,8
5. Маса деталі, кг	11,5	11,5
6. Маса відходів, кг	8,47	33,5
7. Ціна за 1 кг відходів, грн.	7,2	7,2
8. Вартість відходів, грн.	60,98	241,2
9. Вартість матеріалів за вирахуванням відходів, грн.	271,32	507,6
10. Вартість витрат на основні матеріали у розрахунку на річну програму за вирахуванням відходів, грн.	135660	253800

Коефіцієнт використання заготовки:

$$К_{з1}=m_д/ m_{з1},$$

де $К_{з1}$ – коефіцієнт використання заготовки за базовим технологічним процесом;

$m_д$ - маса деталі;

$m_{з1}$ - маса заготовки за базовим технологічним процесом.

$К_{з1}$=11,5/45=0,26

Виходячи з розрахунків та серійності виробництва в якості пропонованого способу одержання заготовки приймаємо штампування на кривошипному горячештамповочному пресі.

Користуючись довідниковою літературою визначаємо наступні параметри.

Клас точності – Т4 [с. 28, таблиця 19, додаток 1];

Група сталі – М1 [с. 8, таблиця 1];

Визначаємо степінь складності С

$М_п$ – розрахункова маса поковки

$$М_п=М_д*К_р$$

де $М_д$ – маса готової деталі, $М_д$=11.5 кг

$К_р$ – розрахунковий коефіцієнт, $К_р$=1.3

$М_п$=11.5*1.3=14.95

$М_Ф$ – маса описуючої фігури

$М_Ф=V_{ф*}ρ$

де $V_Ф$ – об’єм

ρ – густина сталі ρ=7850 кг/м^3

$V= \pi*r^2*L*1,05$ (5.8)

$V_{Ф1}= \pi*(198/2)^2*20$=615502 мм^3 =6.16*10^(-4) м^3;

$V_{Ф2}= \pi*(140/2)^2*135$=2078163 мм^3 =20.78*10^(-4) м^3;

$V_{Ф3}= \pi*(113/2)^2*97$=972788 мм^3 =9.73*10^(-4) м^3;

$V_{Ф4}= (1/3)*\pi*31*(30.5^2+15.25*56.5+56.5^2)$=189771 мм^3 =1.89*10^(-4) м^3;

$V_Ф=(V_{Ф1}+V_{Ф2}-V_{Ф3}-V_{Ф4})*1.05=16.09*10^(-4)$ $м^3$.

$M_Ф=0.001582*7850=12.63$ кг

Відношення $M_п/M_Ф=14.95/12.63=1.18$, тому ступінь складності – С1 [с. 30, додаток 2].

Вихідний індекс – 13 [с. 10, таблиця 2].

Знаючи вихідний індекс, розміри поверхонь і параметр шорсткості Ra, який необхідно досягти після механічної обробки, визначаються основні припуски на механічну обробку [с. 12, таблиця 3], допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів [с. 17, таблиця 8] та допустимі припуски [с. 20, таблиці 9,10,11,12,13].

Припуски на механічну обробку:

3 – d198 мм, чистота поверхні Ra 6.3;

4 – d140 мм, чистота поверхні Ra 6.3;

3 – D113 мм, чистота поверхні Ra 6.3;

3 – D61 мм, чистота поверхні Ra 6.3;

1.6 – l155 мм, чистота поверхні Ra 3.2;

1.3 – l27 мм, чистота поверхні Ra 6.3;

1.3 – l20 мм, чистота поверхні Ra 6.3

Додаткові припуски, що враховують зміщення по поверхні рознімання штампа, мм – 1,5 [с. 14, таблиця 4].

Розмір поковки:

діаметр d198+(3+1.5)*2=207 мм;

діаметр d140+(4+1.5)*2=151 мм;

діаметр D113-(3+1.5)*2=104 мм;

діаметр D61-(3+1.5)*2=52 мм;

довжина l155+(1.6+1.5)*2=161.2 мм;

довжина l27+1.3+1.5=29.8 мм;

довжина l20+1.3+1.5=22.8 мм.

Таблиця 2.2 - Узагальнення даних

Розмір деталі	Чистота поверхні	Основний припуск	Додатковий припуск	Загальний припуск	Розрахунковий розмір заготовки	Прийнятий Розмір заготовки	Фактичний припуск
d198	6.3	3	1.5	4.5	207	207	9
d140	6.3	4	1.5	5.5	151	151	11
D113	6.3	3	1.5	4.5	104	104	9
D61	6.3	3	1.5	4.5	52	52	9
l155	3.2	1.6	1.5	3.1	161.2	161	6
l27	6.3	1.3	1.5	2.8	29.8	30	3
l20	6.3	1.3	1.5	2.8	22.8	23	3

Зміщення по поверхні рознімання штампа – 0,3 мм.

Зігнутість і відхилення від площинності і прямолінійності – 0,5 мм.

Вигляд заготовки зображений на рисунку 5.1.

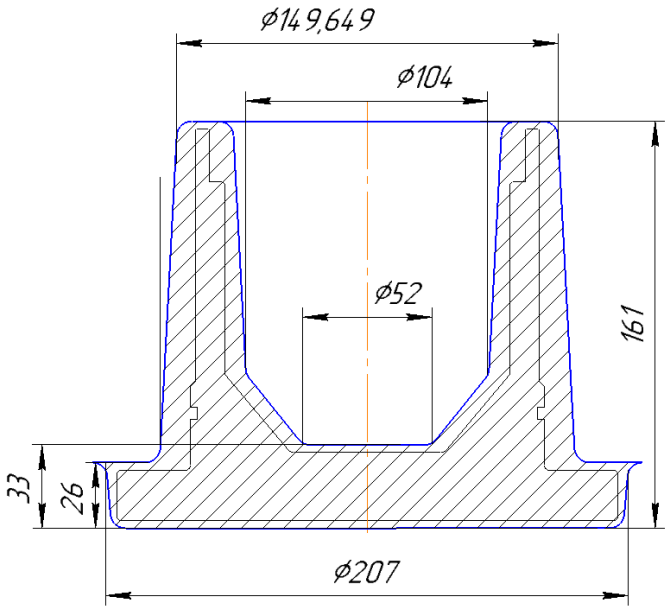

Рисунок 2.1 – Вигляд заготовки, що отримується на КГШП

Дізнавшись розміри заготовки, можна знайти масу заготовки за допомогою програми «Компас-3D»: $m_3 = 19{,}97$кг.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою:

$$К_з=m_д/ m_з,$$

де $m_Д$ – маса деталі, $m_д$=11,5 кг.

$К_з$=11,5/19,97=0,58

2.2 Розроблення раціонального маршруту обробки заготовки

Аналіз службового призначення деталі та її окремих поверхонь, аналіз її технічних вимог та умов експлуатації, аналіз фізичних та хімічних властивостей матеріалу, аналіз існуючого верстатного обладнання та можливість його модернізації або заміни на нове. Опираючись на вище перераховані фактори виконується розробка технологічного процесу.

В заводському варіанті опираються на існуючі можливості підприємства, на застаріле верстатне обладнання, що призводить до тривалішого виконання виготовлення деталі та, як наслідок, не раціонального використання матеріалу.

Короткий опис пропонованого технологічного процесу

Таблиця 2.3 - Пропонований ТП

№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Заготівельна	
010	Контроль	
015	Термообробка	
020	Контроль	
025	Токарна ЧПК	SMTCL KE 80/1350
030	Токарна ЧПК	SMTCL KE 80/1350
035	Контроль	
040	Комплексна	SORALUCE TA-D SERIES
045	Слюсарна	
050	Контроль	

005 Заготівельна

Розігрітій болванці надають форму заготовки на КГШП.

(див. креслення заготовки)

010 Контроль

Виконуються заміри отриманої заготовки для виявлення бракованих до початку обробки. Контроль ведеться за допомогою штангенциркуля ШЦ-1.

015 Термообробка

Для подальшої обробки різанням, щоб уникнути браку, заготовку піддають відпуску для зняття внутрішніх напружень металу.

020 Контроль

Виконується контроль розмірів та фізичних характеристик заготовки. Контроль ведеться за допомогою штангенциркуля ШЦ-1 та спец обладнання.

025 Токарна з ЧПК

Операція проводиться на токарному верстаті SMTCL KE 80/1350 за два установи, заготовка закріплюється у трьохкулачковому самоцентруючому патроні.

Точиться торець 1 та циліндрична поверхня 2 токарним упорним прохідним різцем MCLNR161612 з механічно закріпленою пластиною Т15К6, ведеться напівчистова обробка з глибиною різання 1.5 мм за 2 проходи, свердлиться отвір свердлом d 15 мм та розсвердлюється свердлом d 25 мм під різьбу М27*2, нарізувана мітником, отвір розточується до d 34 мм на l 2 мм токарним розточним упорним різцем 25MWLNR08 з механічно закріпленою пластиною Т5К10, точиться торцева канавка на d 31 мм l 0.3 мм спеціальним торцевим канавковим різцем MGEVR16162 з пластиною Т15К6; знімаються фаски.

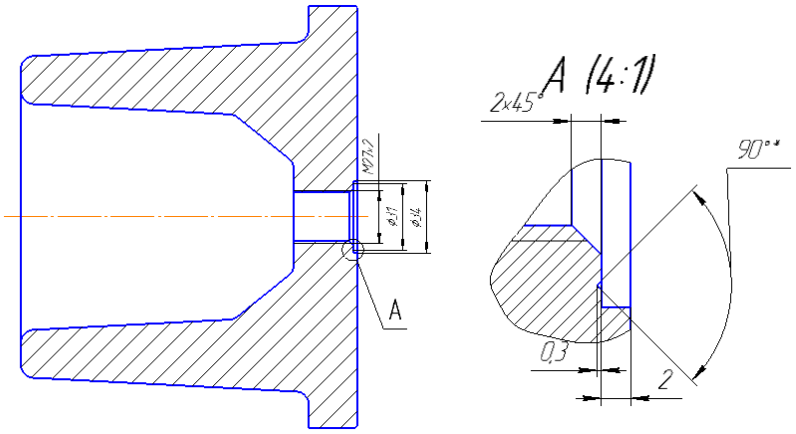

Рисунок 2.2 - Ескіз обробки на операції 025

030 Токарна з ЧПК

Операція проводиться на токарному верстаті SMTCL KE 80/1350 за два установи, заготовка закріплюється у трьохкулачковому самоцентруючому патроні.

Точиться торець 3 токарним прохідним упорним різцем MCLNR161612 з механічно закріпленою пластиною Т15К6, ведеться напівчистова обробка з глибиною різання 1.5 мм за 2 проходи. Розточним різцем 25MWLNR08 з механічно закріпленою пластиною Т15К6 розточуються циліндрична поверхня 4, ведеться напівчистова обробка з глибиною різання 1.5 мм за 6 проходів: d 125.2 мм на l 21 мм; d 113 мм на l 97 мм; розточується конусність під 50˚l 31 мм; знімаються фаски. Токарним упорним прохідним різцем MCLNR161612 з механічно закріпленою пластиною Т15К6, ведеться напівчистова обробка з глибиною різання 1.5 мм за 2 проходи проточується торець 7 та циліндричні поверхні 5 та 6. d 137 мм на l 100 мм; конус під 40˚до d 142.087 мм; знімаються фаски. Поверхня 6 точиться прохідним упорним різцем MCLNR161612 з механічно закріпленою пластиною Т15К6, ведеться чистова обробка з глибиною різання 0.8 мм за 1 прохід. Поверхня 6 точиться прохідним упорним різцем MCLNR161612 з механічно закріпленою пластиною Т30К4, ведеться оздоблююча обробка з глибиною різання 0.3 мм за 1 прохід. Точиться канавка

на d 140 мм на l 135 мм до d 134.4 мм, В 4.7мм спеціальним канавковим різцем MGEHR10102 з механічно закріпленою пластиною Т15К6, ведеться напівчистова обробка з глибиною різання 4.7 мм за 1 прохід.

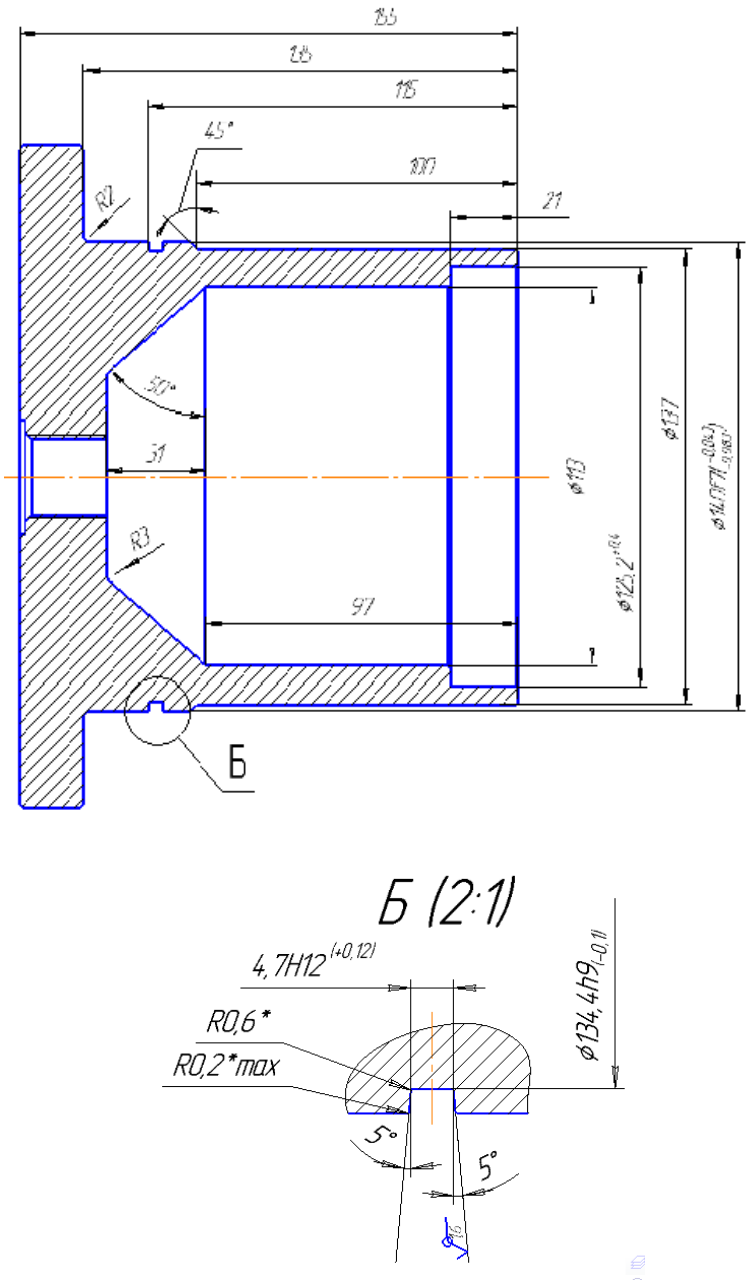

Рисунок 2.3 - Ескіз обробки на операції 030

035 Контроль

Виконуються заміри отриманої заготовки для виявлення бракованих. Заміри виконуються штангенциркулем ШЦ-1 та калібр скобою на d140f7.

040 Комплексна

Операція проводиться на обробляючому центрі SORALUCE TA-D SERIES, заготовка закріплюється у спроектованому пристрої.

Спочатку свердління ведеться на торці d198. Циліндричною фрезою робиться лиска l193. Центруючим свердлом намічаються 6 отворів на d170. 2 отвори свердляться свердлом d10.2 під різьбу М12, 4 отвори – свердлом d18.

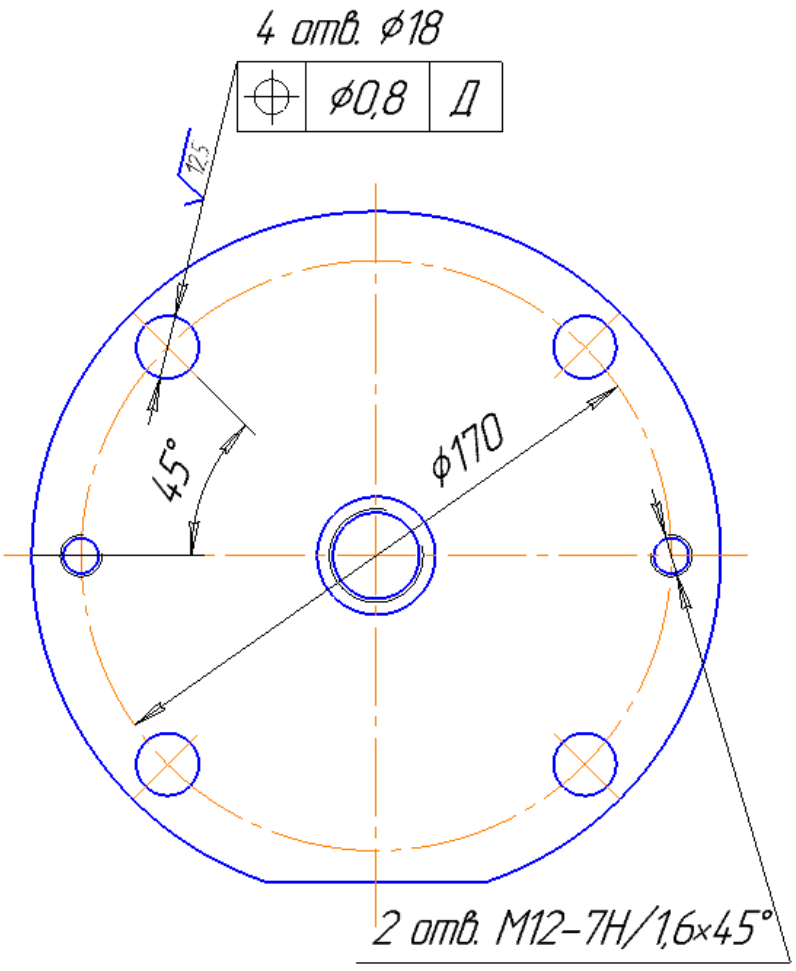

Рисунок 2.4 - Ескіз обробки на операції 040

Шпиндель повертається на 90˚ по осі А, свердління ведеться на циліндричній поверхні d137. Ценруючим свердлом намічається отвір та свердлиться отвір свердлом d32 на l76, 6 отворів, між якими 60˚. На l41 обробка повторюється зі зміщенням в 30˚від першого отвору.

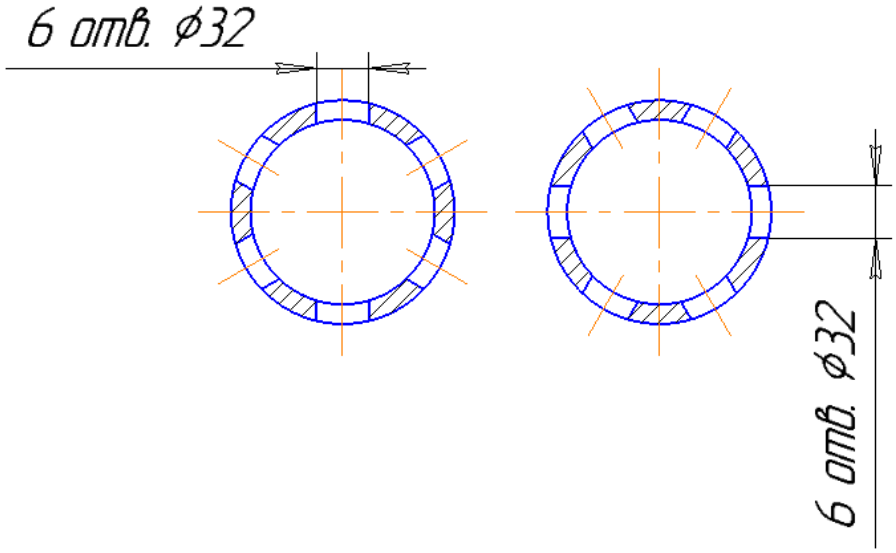

Рисунок 2.5 - Ескіз обробки на операції 040

040 Слюсарна

Напилком знімаються задирки.

045 Контроль

Перевіряють точність утворених отворів та поверхні, контролюють різьби.

При порівнянні пропонованого та базового технологічних процесів головною різницею є заміна використовуваного верстаного обладнання. Це дозволяє виконувати обробку в необхідних рамках точності з меншими трудовими та матеріальними затратами, та дало можливість об’єднати свердлильну та фрезерну операції в одну, опираючись на принцип концентрації операцій.

2.3 Уточнення операційних припусків на обробку поверхні обертання

Для прикладу розрахуємо припуски на операцію 030 для зовнішньої циліндричної поверхні d140f7 на 4-х переходах:

а) Чорнове точіння;

б) Напівчистове точіння;

в) Чистове точіння;

г) Тонке точіння.

Так як ведеться обробка зовнішньої поверхні обертання, то припуск знаходиться за наступною формулою:

$$2Z=2(Rz_{i-1}+T_{i-1}+P^2_{i-1}+\sigma^2),$$

де *Rz*- висота мікронерівнеостей

σ- похибки установки

T- глубина девуктного шару поверхні

P- просторове відхилення форми

i-1 -попередній перехід

i-виконуваний перехід

Таблиця 2.4 - Значення допусків на стадії обробки

Заготовка	h16	$^{+0.7}_{-1.3}$
Чорнова	h14	$^{0}_{-1}$
Напівчистова	h12	$^{0}_{-0.4}$
Чистова	h9	$^{0}_{-0.1}$
Оздоблювана	f7	$^{-0,043}_{-0,083}$

Висота мікронерівностей Rz і глибина дефектного шару h вибираються за таблицями:

- Для заготовки: Rz=200 мкм; T=250 мкм;

- За переходами:

а) чорнове точіння: Rz=250 мкм; Т=240 мкм;

б) напівчистове точіння: Rz=125 мкм; Т=120 мкм;

г) чистове точіння: Rz=40 мкм; Т=40 мкм;

в) оздоблювальне: Rz=5 мкм; Т=5 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень форми заготовки при обробці в патроні визначається за формулою:

$$Р= Р+ Р,$$

Р= 1.3+0,9=1,581 мм => 1581 мкм

Величина залишкового сумарного значення просторових відхилень форми заготовки після виконання переходу (операції) визначається за формулою:

$$Р=Р*К,$$

Коефіцієнт уточнення:

- для чорнового точіння: К =0,06;

- для напівчистового точіння: К =0,05;

- для чистового точіння: К =0,04.

Тоді сумарні значення просторових відхилень форми по переходах рівні:

Р=0.06*1581=94.87 мкм

Р=0.05*1581=79.06 мкм

Р=0.04*1581=63.25 мкм

Необхідне положення заготовки в робочій зоні верстата досягається в процесі її встановлення. Процес установки містить базування і закріплення.

Відхилення у положенні заготовки, що виникає при базуванні, а при закріпленні - називається похибкою закріплення

При більш точних розрахунках точності обробки, похибку Б , можна визначити за таблицями

- для чорнового точіння: Б=400 мкм;

- для напівчистового точіння: Б=0 мкм;

- для чистового точіння: Б=400 мкм.

$2Zmin_{чорн}=2(200+250+ 1581 + 400)=4162$ мкм

$2Zmin_{н/ч} =2(250+240+ 94.87 + 0)=1169$ мкм

$2Zmin_{чист}=2(125+120+ 79.06 + 400)=1304$ мкм

$2Zmin_{озд}=2(40+40+ 63.25 + 0)=287$ мкм

Допуск заготовки $Td_{заг}$ визначений в п.4 и дорівнює $Td_{заг}=2$ (es=+1,3 мм; ei=-0,7 мм).

Допуски по переходам:

- для чорнового точіння: $Td_{чорн}=1$ мм (es=0 мм; ei=-1);

- для напівчистовго точіння: $Td_{н/ч}=0.4$ мм (es=0 мм; ei=-0.4);

- для чистового точіння: $Td_{чист}=0,1$ мм (es=0 мм; ei=-0,1);

- для оздоблювального шліфування: $Td_{озд}=0.126$ мм (es=-0,043 мм; ei=-0,083 мм);

Розміри валу після оздоблювального точіння визначаються за формулами:

$$dmin_{озд}=dnom_{озд}+ei_{озд},$$

$dmin_{озд}=140-0.083=139.917$ мм,

$$dmax_{озд}=dnom_{озд}+es_{озд},$$

$d\ max_{озд}=140-0,043=139.957$ мм.

Максимальний припуск на оздоблювальне точіння визначається за формулою:

$$2Zmax_{озд}=Td_{озд}+2Zmin_{озд}+Td_{чист},$$

$2Zmax_{озд}=0.126+0.3152+0.1=0.5412$ мм.

Розміри валу після точіння чистового визначаються за формулами:

$$dmin_{чист} = dnom_{озд} + 2Zmin_{озд},$$

$dmin_{чист}=140+0.287=140.287$ мм.

$$dnom_{чист}=dmax_{чист} = dmin_{чист}+Td_{чист},$$

$dnom_{чист}=dmax_{чист}=140.287+0.1=140.387$ мм.

Максимальний припуск на точіння чистове визначається за формулою:

$$2Zmax_{чист}=Td_{чист}+Td_{н/ч}+2Zmin_{чист},$$

$2Zmax_{чист}=0.1+0.4+1.3=1.8$ мм.

Розміри валу після точіння напівчистового визначаються за формулами:

$$dmin_{н/ч} = dnom_{чист}+2Zmin_{чист},$$

$dmin_{н/ч}=140.387+1.3=141.687$ мм.

$$dnom_{н/ч}=dmax_{н/ч}=dmin_{чист}+Td_{н/ч},$$

$dnom_{н/ч}=dmax_{н/ч}=141.687+0.4=142.087$ мм.

Максимальний припуск на точіння напівчистове визначається за формулою:

$$2Zmax_{н/ч}=Td_{н/ч}+Td_{чорн}+2Zmin_{н/ч},$$

$2Zmax_{н/ч}=0.4+1+1=2.4$ мм.

Розміри після точіння чорнового визначаються за формулами:

$$dmin_{чорн} = dnom_{н/ч} + 2Zmin_{н/ч},$$

$dmin_{чорн}$=142.087+1=143.087 мм.

$$dnom_{чорн} = dmax_{чорн} = dmin_{чорн} + Td_{чорн},$$

$dnom_{чорн}$=d $max_{чорн}$=143.087+1=144.087 мм.

Максимальний припуск на точіння чорнове визначаються за формулою:

$$2Zmax_{чорн} = Td_{чорн} + Td_{заг} + 2Zmin_{чорн},$$

$2Zmax_{чорн}$=1+2+4.162=7.162 мм.

Розміри валу заготовки визначаються за формулами:

$$dmin_{заг} = dnom_{чорн} + 2Zmin_{чорн},$$

$dmin_{заг}$=143.487+4.162=147.649 мм.

$$dnom_{заг} = dmin_{заг} + ei_{аг},$$

$dnom_{заг}$=147.649+0.7=148.349 мм,

$$dmax_{аг} = dnom_{заг} + es_{аг},$$

$dmax_{заг}$=148.349+1.3=149.649 мм.

Розраховані значення максимальних припусків і проміжних розмірів зводяться до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Вихідні та розрахункові дані на розмір 140f7.

Стадії	Rz (мкм)	T (мкм)	p (мкм)	б (мкм)	2Zmin (мм)	2Zmax (мм)	dmin (мм)	dnom (мм)	dmax (мм)
Заготів	200	250	1581	-	-	-	147.649	148.349	149.649
Чорн.	250	240	94.87	400	4.162	7.162	143.087	144.087	144.087
Напівч	125	120	79.06	0	1.169	2.4	141.687	142.087	142.087
Чист.	40	40	63.25	400	1.304	1.8	140.287	140.387	140.387
Оздоб.	5	5	-	0	0.287	0.54	139.917	140	139.957

2.4 Обґрунтування вибору схем базування і закріплення заготовки

Для розгляду цього питання в якості технологічної операції була прийнята операція – 030 Токарна з ЧПК базового технологічного процесу. На даній операції обробляються поверхні, виділені на рисунку 6.1 та 6.2.

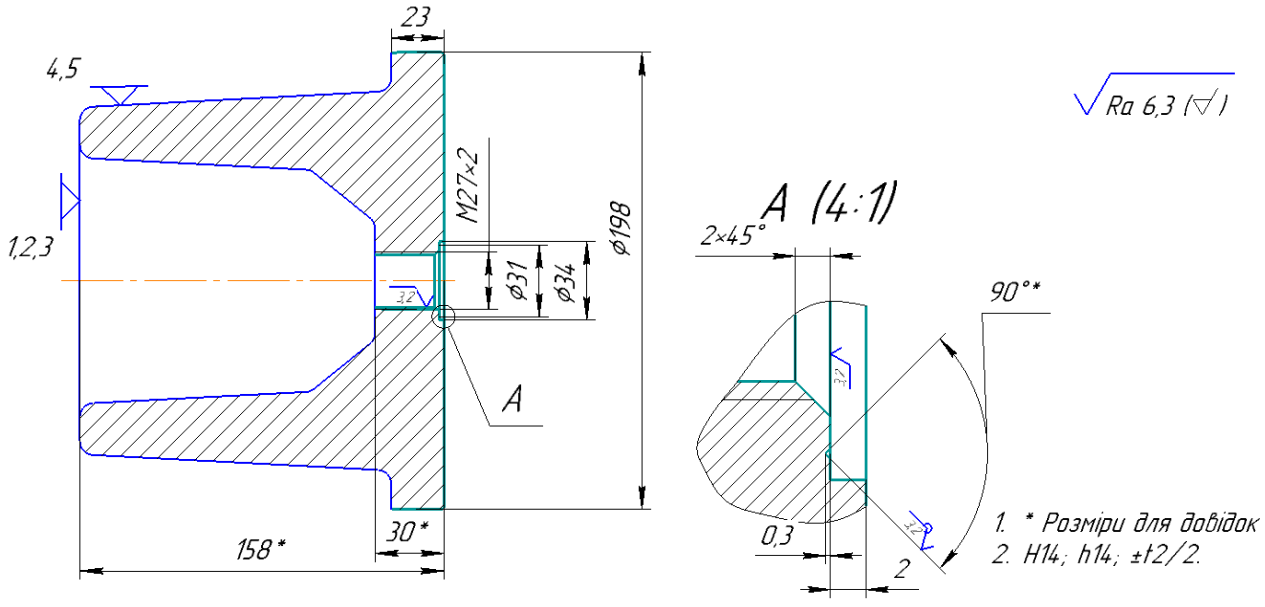

Рисунок 2.6 – операція 030 Токарна з ЧПК, 1 установ

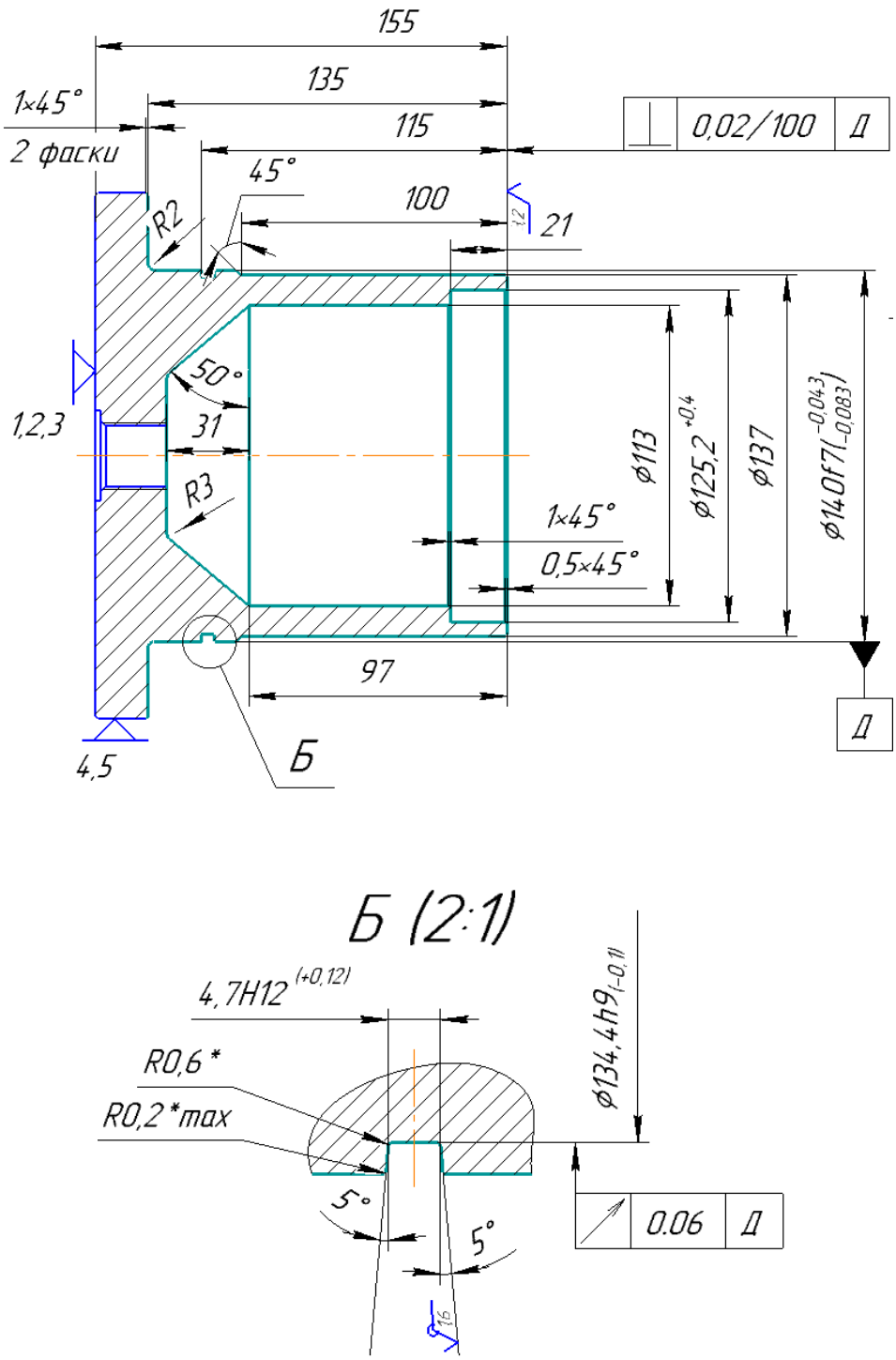

Рисунок 2.7 – Операція 030 Токарна з ЧПК, 2 установ

Проаналізувавши поверхні, обирається спосіб базування в трьох кулачковому самоцентруючому патроні, тому що відсутні інші альтернативні рішення. Зазначені поверхні є доступними, не заважають доступу ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь, забезпечують обробку деталі на інших операціях без зміни баз (принцип постійності баз).

На першому установі можливе базування у трьох кулачковому самоцентруючому партоні з фіксацією по внутрішній циліндричній поверхні, рисунок 6.3. Але даний варіант менш універсальний ніж перший, оскільки виготовлення кулачків під дану операцію не є доцільним, так як вони будуть використовуватись лише для однієї деталі.

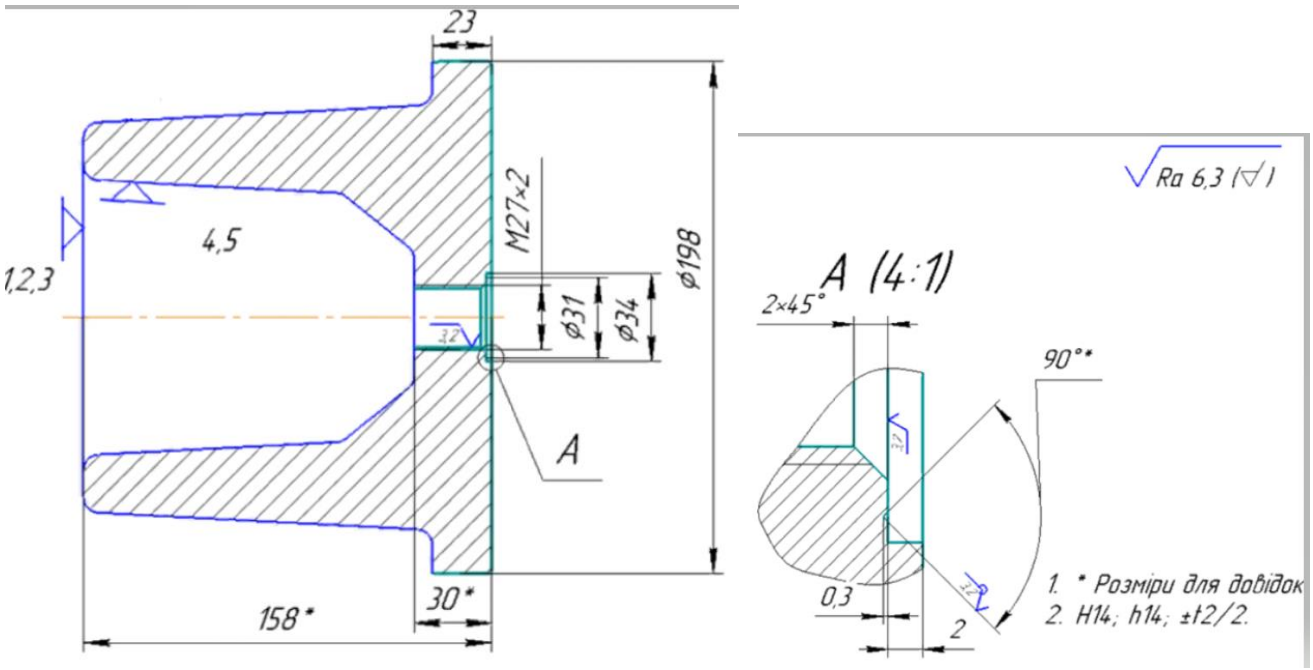

Рисунок 2.8 – операція 030 Токарна з ЧПК, 1 установ(другий варіант базування)

На даній операції заготовка позбавляється 5 ступенів вільності. При цьому виникають дві бази:

- Установча – лівий торець, позбавляють деталь 3-х ступенів вільності: переміщення вздовж вісі Z і обертань навколо вісей X і Y;

- Направляюча – циліндрична поверхня, позбавляє деталь 2-х ступенів вільності: переміщення вздовж вісей X і Y.

Згідно правила вибору чистових баз вибираємо як базові поверхні заготовки циліндричну поверхню d198. Таким чином, ми можемо задовольнити принципи сумісності і сталості баз.

Згідно рисунку 6.2 є такі бази:

1) установча база (позбавляє трьох ступенів свободи по осі z - поздовжнього переміщення і по осях x, y - обертання);

2) напрямна база (позбавляє свободи переміщення уздовж осей x, y).

Таблиця 2.6 - Матриця відповідностей

№ точки	Степені волі	База
1, 2, 3	III, V, IV	УБ
4, 5	I, II	НБ

Таблиця 2.7 - Матриця зв’язків

База	X	Y	Z	Міри волі
УБ	1	1	0	↺
	0	0	1	⇆
НБ	0	0	0	↺
	1	1	0	⇆

Похибка базування заготовки має місце в тому випадку, коли технологічна та вимірювальна бази для одержуваного розміру не збігаються. Якщо має місце похибка базування, то її величина буде дорівнює сумі допусків технологічних розмірів, які пов'язують технологічних і вимірювальну бази. Похибка базування l_{155} $\varepsilon_{Бl155}$=0 так як лівий торець d198 є і технологічною, і вимірювальною базою T_{l155}=0,63 мм.

$T_{l155}>\varepsilon_{Бl155}$

Для діаметральних розмірів похибка базування рівна нулю, так як деталь закріплюється у трьохкулачковому самоцентруючому патроні.

Обрані бази використовуються на інших операціях, тобто досягається принцип постійності баз. Приклад базування приведений на рисунку 6.3, також додано таблицю відповідності 6.3 та матрицю зв’язків 6.4 для операції 040.

Базування відбувається у механічному пристрої. Заготовка встановлюється на оправку торцем d137 та центрується короткою оправкою по внутрішній циліндричній поверхні d113.на торець d198 діє сила закріплення.

У другому варіанті заготовка базується на оправці внутрішньою циліндричною поверхнею d113. У такому випадку обробляється тільки торець d198, а свердління отворів на циліндричній поверхні d137 стає неможливим. Отже, обираємо перший варіант.

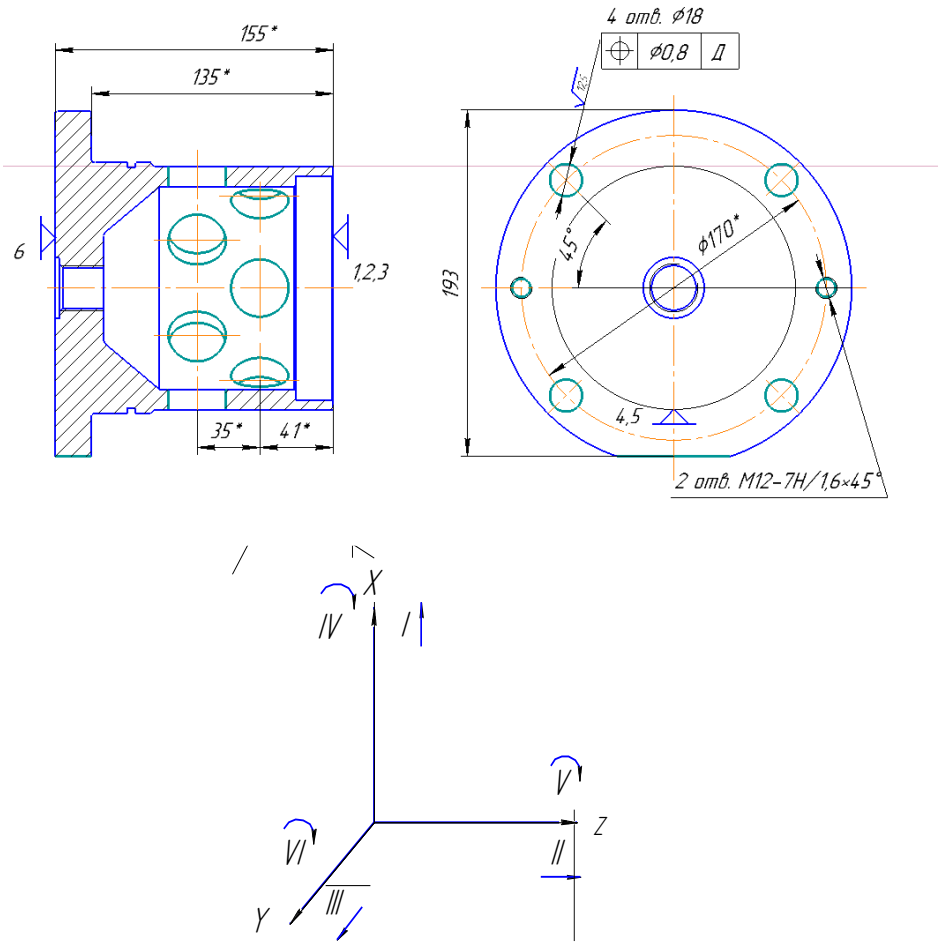

Рисунок 2.9 – Схема базування на операції 040 Фрезерна

Таблиця 2.8 - Таблиця відповідності

Зв’язки	Степені волі	Найменування баз
1, 2, 3	II, IV, VI	УБ
4, 5	I, III	НБ
6	V	ОБ

Таблиця 2.9 – Матриця зв’язків

	X	Y	Z	Найменування баз
l	0	0	1	УНБ
α	1	1	0	
l	1	1	0	НБ
α	0	0	0	
l	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
∑	2	2	2	6 ступенів

2.5 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

Для виконання операції 030 Токарна з ЧПК вибираємо токарний верстат з ЧПК мод. SMTCL KE 80/1350. Система ЧПК: «Fanuc 0i-TF».

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться точіння зовнішніх поверхонь і точіння канавок) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 2.9.

Таблиця 2.10 – Технічна характеристика верстата мод. SMTCLKE80/1350

Характеристика	Величина
Найбільший діаметр встановлюваного виробу над станиною, мм	800
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	305
Найбільша довжина встановлюваного виробу в центрах, мм	2000
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі, мм	105
Максимальна оброблювана довжина, мм	2000

Продовження таблиці 2.10

Поперечні переміщення, мм	450
Поздовжні переміщення, мм	905
Кількість керованих координат	2
Кількість одночасно керованих координат	2
Клас точності	П
Швидкість робочої поздовжньої подачі, мм/хв	600….1200
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	15…1620
Кількість позицій інструментальної головки	6
Швидкі поздовжні переміщення, м/хв	8
Швидкі поперечні переміщення, м/хв	5
Точність позиціонування, мм	0,01
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	15
Маса, кг	4600
Габаритні розміри, мм	3830х1600х1830

Для виконання операції 040 Фрезерна з ЧПК вибираємо фрезерний верстат з ЧПК мод. SORALUCE TA-D SERIES. Система ЧПК: «Fanuc 0i-TF». Даний тип верстату обираємо для операції 040, так як він здатен задовільнити технологічні потреби деталі та обладнаний вмонтованим поворотнім столом, що забезпечить постійність баз та зменшить підготовчий час на обробку.

Таблиця 2.11 - Технічна характеристика верстата мод. SORALUCE TA-D

Характеристика		Модель TA-D
Площа столу	мм	1000 x 1000
Т прорізи	мм	1 x 22H7 + 6 x 22H10

Продовження таблиці 2.11

Поздовжній вісь “X”	мм	2000 рік
Вертикальна ходова вісь “Z”	мм	1250 рік
Поперечна вісь "Y"	мм	1200
Потужність шпинделя	кВт	16/25/74
Конус Морзе шпинделя		HSK-63
Діапазон швидкостей шпинделя до	хв -1	4000/5000/12000/18000/24000
Швидке переміщення	мм / хв	25000
Система ЧПУ		«Fanuc 0i-F»
Система охолодження		Внутрішня система охолоджуючої рідини до 70 бар
Журнал інструментів	№ інструменти	4000
Максимальна місткість столу	Кг	4675
Вага машини	Кг	12500

2.6 Обґрунтування вибору технологічної оснастки

Для забезпечення необхідного результату для обробки деталі необхідно обрати необхідні для даної операції верстатні пристрої, металорізальні та верстатні інструменти. При правильному виборі вище сказаного оснащення, можна досягти максимальної ефективності при обробці, також збільшити стійкість ріжучого інструмента, та економічно вигідно використовувати його.

На операцію – 030 Токарна з ЧПК вибираємо верстатні пристої, металорізальні та вимірювальні інструменти.

На перший установ.

Для установки і закріплення використовуємо трьохкулачковий патрон діаметром D=250 мм. Позначення: трьохкулачковий патрон D250 7100-0009 ГОСТ 2675.

Для обробки зовнішніх поверхонь використовуємо різець токарний упорний прохідний різць MCLNR3232H12 з механічно закріпленою пластиною Т15К6, різець токарний упорний прохідний різць MCLNR3232H12 з механічно закріпленою пластиною Т30К4.

Для обробки отвору використовуємо свердла d15 та d25 Р6М5, мітник Р6М5 М27х2. Розточний упорний різець S25MMKLBR08 з механічно закріпленою пластиною Т15К6. Спеціальний торцевий канавковий різець з напайною пластиною Т15К6.

На другий установ.

Для установки і закріплення використовуємо трьохкулачковий патрон діаметром D=250 мм. Позначення: Трьохкулачковий патрон D250 7100-0009 ГОСТ 2675.

Для обробки зовнішніх поверхонь використовуємо різець токарний упорний прохідний різць MCLNR3232H12 з механічно закріпленою пластиною Т15К6, різець токарний упорний прохідний різць MCLNR3232H12 з механічно закріпленою пластиною Т30К4.

Для обробки внутрішніх поверхонь використовуємо розточний упорний різець S25MMKLBR08 з механічно закріпленною пластиною Т15К6. Спеціальний канавковий різець В4.7 з напайною пластиною Т15К6.

Для контролю розмірів використовуємо штангенциркуль ШЦ-І-150-0,1 ГОСТ 166-89 і штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89. Для контролю

поверхонь ∅140f7 використовуємо мікрометр МК-150-1 ГОСТ 6507-78. Для контролю канавки В4.7Н12 використовуємо шаблоном.

Зведемо до таблиці 5.4 верстатний пристрій, ріжучий, вимірювальний та допоміжний інструмент, який використовується при механічній обробці на операції 030.

Таблиця 2.12 - Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується при обробці на операції 030 токарна з ЧПК

Зміст операції	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Верстатний пристрій	Вимірювальний інструмент
Обточування зовнішніх поверхонь, свердління та обробка отворів	Різець MCLNR3232H12; Різець S25MMKLBR08; Сведло Р6М5 d15; Сведло Р6М5 d25; Мітник Р6М5 М27*2; Різець спеціальний канавковий; Різець торцевий канавковий		Трьохкулачковий патрон D250 7100-0009 ГОСТ 2675.	Штангенциркуль ШЦ-І-150-0,1 ГОСТ 166-89; Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89; Мікрометр МК-150-1 ГОСТ 6507-78; Шаблон канавки

2.7 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити розрахунково-аналітичним методом.

030 Токарна з ЧПК (н/ч точіння)

Таблиця 2.13 - Глибини різання для точіння

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
tчор мм	1,5	1,5	-	2	0,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4,7

Таблиця 2.14 - Подачі на операцію 030

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sн/ч (мм/об)	0,88	0,88	-	0,78	0,33	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,14

030 Токарна з ЧПК (чистове точіння)

Таблиця 2.15 - Глибини різання для точіння

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
tчор мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-

Таблиця 2.16 - Подачі на операцію 030

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sч (мм/об)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	-

030 Токарна з ЧПК (оздоблювальне точіння)

Таблиця 2.17 - Глибини різання для точіння (030)

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
tчор мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-

Таблиця 2.18 - Подачі на операцію 030

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sн/ч (мм/об)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-

030 Токарна з ЧПК (свердління)

Таблиця 2.19 - Глибини різання для точіння

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
tчор мм	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 2.20 - Подачі на операцію 030

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sн/ч (мм/об)	-	-	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

030 Токарна з ЧПК (розсвердлення)

Таблиця 2.21 - Глибини різання для точіння (030)

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
tчор мм	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 2.22 - Подачі на операцію 030

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sн/ч (мм/об)	-	-	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

030 Токарна з ЧПК (різьбонарізання)

Таблиця 2.23 - Глибини різання для точіння

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
tчор мм	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 2.24 - Подачі на операцію 030

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sн/ч (мм/об)	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Вибір швидкості різання та потужності.

Швидкість знаходимо за табличними даними. Швидкість різання залежить від матеріалу деталі та інструменту, стану поверхні, глибин різання та подачі.

030 Токарна з ЧПК (н/ч точіння)

Таблиця 2.25 - Швидкість та потужність на операцію 030

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Швидкість, V(м/хв)	140	140	-	153	203	185	185	185	185	185	185	185	208
Потужність, М(КВт)	11	11	-	10	7,5	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	7,3

030 Токарна з ЧПК (чистове точіння)

Таблиця 2.26 - Швидкість та потужність на операцію 030

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Швидкість, V(м/хв)	-	-	-	-	-	--	-	-	-	-	-	256	-
Потужність, М(КВт)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

030 Токарна з ЧПК (оздоблювальне точіння)

Таблиця 2.27 - Швидкість та потужність на операцію 030

№ Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Швидкість, V(м/хв)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	487	-
Потужність, M(КВт)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

030 Токарна з ЧПК (свердління)

Таблиця 2.28 - Швидкість та потужність на операцію 030

№Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Швидкість, V(м/хв)	-	-	113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Потужність, M(КВт)	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

030 Токарна з ЧПК (розсвердлення)

Таблиця 2.29 - Швидкість та потужність на операцію 030

№Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Швидкість, V(м/хв)	-	-	121	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Потужність, M(КВт)	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

030 Токарна з ЧПК (різьбонарізання)

Таблиця 2.30 - Швидкість та потужність на операцію 030

№Поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Швидкість, V(м/хв)	-	-	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження таблиці 2.30

Потужність,(КВт)	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Розрахунок частот обертання.

Розрахунок частот обертання залежить від швидкості різання, діаметру матеріалу та робочого ходу.

Частоти обертання для операції точіння, вираховуються за формулою:

$$n=\frac{1000v}{\pi xd}\ (об/хв)$$

Оберти на н/ч обробку

1. $N=\frac{1000\times140}{\pi\times217}=350$ (об/хв);
2. $N=\frac{1000\times140}{\pi\times217}=350$ (об/хв);
4. $N=\frac{1000\times153}{\pi\times34}=1432$ (об/хв);
5. $N=\frac{1000\times203}{\pi\times31}=2084$ (об/хв);
6. $N=\frac{1000\times185}{\pi\times150}=393$ (об/хв);
7. $N=\frac{1000\times185}{\pi\times125,2}=469$ (об/хв);
8. $N=\frac{1000\times185}{\pi\times113}=521$ (об/хв);
9. $N=\frac{1000\times185}{\pi\times113}=521$ (об/хв);
10. $N=\frac{1000\times185}{\pi\times60}=982$ (об/хв);
11. $N=\frac{1000\times185}{\pi\times150}=393$ (об/хв);
12. $N=\frac{1000\times185}{\pi\times150}=393$ (об/хв);
13. $N=\frac{1000\times208}{\pi\times140}=473$ (об/хв).

Оберти на чистову обробку

12. $n=\frac{1000\times256}{\pi\times142}=574$ (об/хв);

Оберти на оздоблювальну стадію

12. $n=\frac{1000\times487}{\pi\times140,6}=1103$ (об/хв);

Оберти на свердлильну стадію

3. $N = \frac{1000 \times 113}{\pi \times 15} = 2398$ (об/хв);

Оберти на розсвердлювану стадію

3. $N = \frac{1000 \times 121}{\pi \times 25} = 1540$ (об/хв);

Оберти на різьбонарізну стадію

3. $N = \frac{1000 \times 89}{\pi \times 27} = 1049$ (об/хв);

040 Фрезерна з ЧПК (фрезерування)

Режими різання для фрезерування вираховуються за табличними даними. Дані режимів різання з фрезерування можна знайти в таблиці 2.3

Обираємо для даної операції кінцеву фрезу з чотирма ріжучими зубцями.

Таблиця 2.31 - Режими різання для фрезерування

№ поверхні	S_Z	V (м/хв)	n (об/хв)	t (мм)
14	0,06	35	497	5

040 Фрезерна з ЧПК (свердлування центруючим свердлом)

Режими різання для нарізання різьби.

Таблиця 2.32 - Режими різання для свердлування

№ поверхні	S (мм/хв)	V (м/хв)	n (об/хв)	t (мм)
-	98	22	1400	2,5

040 Фрезерна з ЧПК (свердлування)

Режими різання для свердлування

Таблиця 2.33 - Режими різання для свердлування

№ поверхні	S (мм/хв)	V (м/хв)	n (об/хв)	t (мм)
15	130	18,4	325	9
16	195	21,6	674	5,1
17	73	15,5	154	16

040 Фрезерна з ЧПК (різьбонарізання)

Режими різання для нарізання різьби.

Таблиця 2.34 - Режими різання для різьбонарізання

№ поверхні	S (мм/хв)	V (м/хв)	n (об/хв)	t (мм)
16	497	10,7	284	2

040 Фрезерна з ЧПК (зенкування)

Режими різання для зенкування.

Таблиця 2.35 - Режими різання для різьбонарізання

№ поверхні	S (мм/хв)	V (м/хв)	n (об/хв)	t (мм)
16	9,23	14,5	185	2

Розрахунок хвилинної подачі.

Хвилинна подача залежить від робочої подачі, та кількості обертів шпінделя.

Хвилинна подача вираховується за формулою:

$$S_{хв} = S_o \times n.$$

Розрахунок хвилинної подачі на н/ч стадію

1) $S_{хв} = 0,88 \times 350 = 308$;

2) $S_{хв} = 0,88 \times 350 = 308$;

3) -

4) $S_{хв}$ = 0,78 х 1432 = 1116,96;

5) $S_{хв}$ = 0,33 х 2084 = 687,72;

6) $S_{хв}$ = 0,49 х 393 = 192,57;

7) $S_{хв}$ = 0,49 х 469 = 229,81;

8) $S_{хв}$ = 0,49 х 521 = 255,29;

9) $S_{хв}$ = 0,49 х 521 = 255,29;

10) $S_{хв}$ = 0,49 х 82 = 40,18;

11) $S_{хв}$ = 0,49 х 393 = 192,57;

12) $S_{хв}$ = 0,49 х 393 = 192,57;

13) $S_{хв}$ = 0,14 х 473 = 66,22;

Розрахунок хвилинної подачі на чистову стадію

12) $S_{хв}$ = 0,22 х 574 = 126,28;

Розрахунок хвилинної подачі на оздоблювальну стадію

12) $S_{хв}$ = 0,07 х 1103 = 77,21;

Розрахунок хвилинної подачі для фрезерування.

Хвилинна подача вираховується за формулою:

$$S_{хв} = S_Z \text{ x } z \text{ x } n,$$

де SZ – подача на зуб

z – кількість ріжучих зубців

n - оберти

14) $S_{хв}$ = 0,06 х 4 х 497 = 119,28;

Розрахунок хвилинної подачі для різьбонарізання

3) $S_{хв}$ = 2 х 1049 = 2098;

16) $S_{хв}$ = 1,75 х 284 =497.

Розрахунок хвилинної подачі для свердлування.

-) $S_{хв}$ = 0,016 х 1400 = 22;

3) $S_{хв}$ = 0,95 х 2398 = 2278;

15) $S_{хв}$ = 0,4 х 325 = 130;

16) $S_{хв}$ = 0,29 х 674 = 195;

17) $S_{хв}$ = 0,47 х 154 = 73;

е) розрахунок хвилинної подачі для розсвердлення.

3) $S_{хв}$ = 0,95 х 1540 = 1463.

є) розрахунок хвилинної подачі для зенковки.

16) $S_{хв}$ = 0,05 х 185 = 9,23.

2.8 Технічне нормування операції

Розрахунок головного часу обробки деталі вираховується за формулою:

$$T_o = \frac{l_{рх}}{S_{хв}} \times i \text{ (хв)},$$

де $l_{рх}$ - довжина поверхні

$S_{хв}$ – хвилинна подача

і – кількість проходів

Розрахунок головного часу на н/ч стадію

1) $T_o = \frac{101}{308} x2 = 0.66$

2) $T_o = \frac{30}{308} x3 = 0.29;$

3) -

4) $T_o = \frac{11}{1116.96} x2 = 0.02;$

5) $T_o = \frac{2.3}{687.72} x1 = 0.01;$

6) $T_o = \frac{25}{192.57} x2 = 0.26;$

7) $T_o = \frac{23}{229.81} x9 = 0.9;$

8) $T_o = \frac{99}{255.29} x6 = 2.33;$

9) $T_o=\frac{40.5}{255.29}$ x5=0.79;

10) $T_o=\frac{18}{40.18}$ x2=0.9;

11) $T_o=\frac{102}{192.57}$ x4=2.12;

12) $T_o=\frac{137}{192.57}$ x8=5.69;

13) $T_o=\frac{2.8}{66.22}$ x1=0.04

Сумарна кількість хвилин головного часу на обробку для напівчистової стадії:

$T_0=T_1+T_2+T_4+T_5+T_6=0.66+0.29+0.02+0.01+0.26=1.24$ – операція 030

$T_0=T_7+T_8+\ldots+T_{12}+T_{13}=0.9+2.33+0.79+0.9+2.12+5.69+0.04=12.77$ – операція 030

Розрахунок головного часу на чистову стадію

12) $T_o=\frac{37}{126.28}$ x1=0.29;

Сумарна кількість хвилин головного часу на обробку для чистової стадії:

$T_0=T_{12}=0.29=0.29$ (хв).

г) розрахунок головного часу на оздоблювальну стадію

12) $T_o=\frac{37}{77.21}$ x1=0.48;

Сумарна кількість хвилин головного часу на обробку для оздоблювальної стадії:

$T_0=T_{12}=0.48$ (хв).

Розрахунок головного часу для фрезерну стадію

14) $T_o=\frac{110}{119.28}$ x1=0.92;

Сумарна кількість хвилин головного часу на фрезерування:

$T_0=T_{14}=0.92$ (хв).

ж) розрахунок головного часу для різьбонарізання

3) $T_o=\frac{32}{2098}$ x1=0.02

16)$T_o=\frac{25}{497}$ x2=0.1

Розрахунок головного часу для свердління

-)$T_o=\frac{5}{22}$ x18=3,41

3) $T_o=\frac{32}{2278}$ x1=0,02

15)$T_o=\frac{25}{130}$ x4=0,77

16)$T_o=\frac{25}{195}$ x2=0,26

17)$T_o=\frac{28}{73}$ x12=4,6

Сумарна кількість хвилин головного часу на свердлильну операцію:

$T_0=T_-+T_{15}+T_{16}+T_{17}=3,41+0.77+0,26+4,6=8,77$ (хв).

є) розрахунок головного часу для зенкування

16) $T_o=\frac{3,75}{9,23}$ x2=0,81 (хв).

Допоміжний час.

Допоміжний час знаходимо за формулою:

$$T_в=T_{СУ}+T_{ПР}+T_{ИЗМ} \text{ (хв)},$$

де $T_{су}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, залежить від способу установки і кріплення;

$T_{пр}$ - допоміжний час на прохід;

$T_{изм}$ - допоміжний час на вимірювання, залежить від способу вимірювання.

$T_в^{п/ч1}$ =0,65+0,09+0,09=0,83;

$T_в^{свердл1}$ =0+0,09+0,6=0,69;

$T_в^{розсв}$ =0+0,09+0,6=0,69;

$T_в^{різьб1}$ =0+0,09+0,6=0,69;

$T_в^{п/ч2}$ =0,34+0,09+0,09=0,52;

$T_в^{чист}$=0+0,09+0,09 =0,18;

$T_в^{озд}$ =0+0,04+0,13=0,17;

$T_в^{фрез}$=0,65+0,09+0,6=1,34;

$T_в^{свердл2}$ =0,65+0,09+0,6=1,34;

$T_в^{зенкув}$ =0+0,09+0,6=0,69;

$T_в^{різьб}$ =0+0,09+0,6=0,69;

$T_в^{свердл3}$ =0,65+0,09+0,6=1,34;

Підготовчий-заключний час

Підготовчий-заключний час знаходимо за [13] с.97

$T_{пз}^{ток}$ =24 хв

$T_{пз}^{фрез}$=26 хв

Норми оперативного часу

Норма оперативного часу вираховується за формулою

$$T_{оп}=T_о+T_в,$$

де $T_о$ – основний час обробки, хв

$T_в$ – допоміжний час на обробку, хв.

Норма оперативного часу на пів-чистову стадію

Операція 025:

$T_{оп}$=1.24+2.9=4.14

Операція 030:

$T_{оп}$=13.54+0.87=14.41

Норма оперативного часу на чистову стадію

$T_{оп}$=0,29+0,18=0,47

Норма оперативного часу на оздоблювальну стадію

$T_{оп}$=0,48+0,17=0,65

Норма оперативного часу на фрезерування

$T_{оп}$=0,92+1,34=2,26

Норма оперативного часу для нарізання різьби

$T_{оп}$=0,12+0,69=0.81

Норма оперативного часу для свердління

$T_{оп}$=8,79+0,69+1,34+1,34=12,16

Норма оперативного часу для зенкування

$T_{оп}$=0,81+0,69=1,5

$T_{обс}$.- час на обслуговування робочого місця, згідно [13] с.86, карта 30:

$$T_{обс}=5\%xT_{оп}\ хв;$$

$T_{обс}^{п/ч}$=5%x7,04=0,35

$T_{обс}^{п/ч}$=5%x15,53=0,78

$T_{обс}^{чист}$=5%x0,47=0,02

$T_{обс}^{озд}$=5%x0,65=0,03

$T_{обс}^{фрез}$=5%x2,26=0,11

$T_{обс}^{різьб}$=5%x1,5=0,08

$T_{обс}^{сверд}$=5%x12,85 =0,65

$T_{обс}^{зенк}$=5%x1,5=0,08

$T_{отд}$.- час на відпочинок і природні потреби, згідно [13] с.86,карта 30:

$$T_{отд}=5\%xT_{оп}\ хв.$$

$T_{отд}^{п/ч}$=5%x7,04=0,35

$T_{отд}^{п/ч}$=5%x15,53=0,78

$T_{отд}^{чист}$=5%x0,47=0,02

$T_{отд}^{озд}$=5%x0,65=0,03

$T_{отд}^{фрез}$=5%x2,26=0,11

$T_{отд}^{різьб}$=5%x1,5=0,08

$T_{отд}^{сверд}$=5%12,85=0,65

$T_{обс}^{зенк}$=5%x1,5=0,08

Штучний час вираховується за формулою:

$$T_{ШТ}=T_{ОП}+T_{обс.}+T_{отд.},(хв)'$$

030 Токарна з ЧПК

Норма штучного часу на токарну напів-чистову стадію 1 установ

$T_{шт}$=7,04+0,35+0,35=7,7

030 Токарна з ЧПК

Норма штучного часу на токарну напів-чистову стадію 2 установ

$T_{шт}$=15,53+0,83+0,83=17,19

Норма штучного часу на токарну чистову стадію

$T_{шт}$=0,47+0,02+0,02=0,51

Норма штучного часу на токарну оздоблювану стадію

$T_{шт}$=0,65+0,03+0,03=0,71

Норма штучного часу на токарну свердлильну стадію

$T_{шт}$=1,29+0,65+0,65=2,58

Норма штучного часу на токарну різьбонарізну стадію

$T_{шт}$=0,5+0,03+0,03=0,56

$T_{шт}$=15,12+0,51+0,71+2,58 +0,56=19,48

040 Фрезерна з ЧПК

Норма штучного часу на фрезерну стадію

$T_{шт}$=2,26+0,11+0,11=2,48

Норма штучного часу на свердлильну стадію

$T_{шт}$=11,57+0,65+0,65 =12,87

Норма штучного часу на різьбонарізну стадію

$T_{шт}$=1+0,05+0,05=1,1

Норма штучного часу на зенкувальну стадію

$T_{шт}$=1,5+0,08+0,08=1,66

$T_{шт}$=2,48+12,87+1,1+1,6=18,05

Розраховані значення вводимо у таблицю 2.35.

Таблиця 2.36 - Норми часу

№ операції	$T_о$	$T_в$	$T_{пз}$	$T_{шт}$
030 Токарна з ЧПК	15,02	3,77	24	29,25
040 Комплексна	10,6	5,4	26	18,05

2.9 Проєктування верстатного пристрою

На операції 040 Фрезерна з ЧПК виконується обробка деталі «Ліхтар». Так, як дана деталь є однією з відповідальних складових ГПА, тому для неї ставляться високі вимоги щодо точності розмірів, форми та розташування поверхонь. Для виконання даних вимог застосовується циліндрична оправка, так як її використання виключає похибку базування.

Для полегшення трудомісткості виконання даної операції рекомендую замість ручного затиску використовувати пневматичний.

Застосування пневмокамери має певний ряд переваг:

- збільшення продуктивності роботи;
- зменшення допоміжного часу;
- зменшення трудомісткості роботи;
- швидкість дії та простота в управлінні;
- забезпечення необхідних зусиль затиску;
- зменшення розряду працівника;
- збільшення стабільності параметрів по точності виконання операції.

Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції

Точність розмірів

На даній операції формуються три типи розміру: лінійний (L = 20 мм), діаметральний (∅18H14) на діаметрі 170 мм (4 отвори) і різьбовий (M12-7H/1,6*45) на діаметрі 170 мм.

Знаходимо значення допуску:

$T∅_{18}$ = 430 мкм;

T_{M12} = 18 мкм;

T_{20} = 520 мкм.

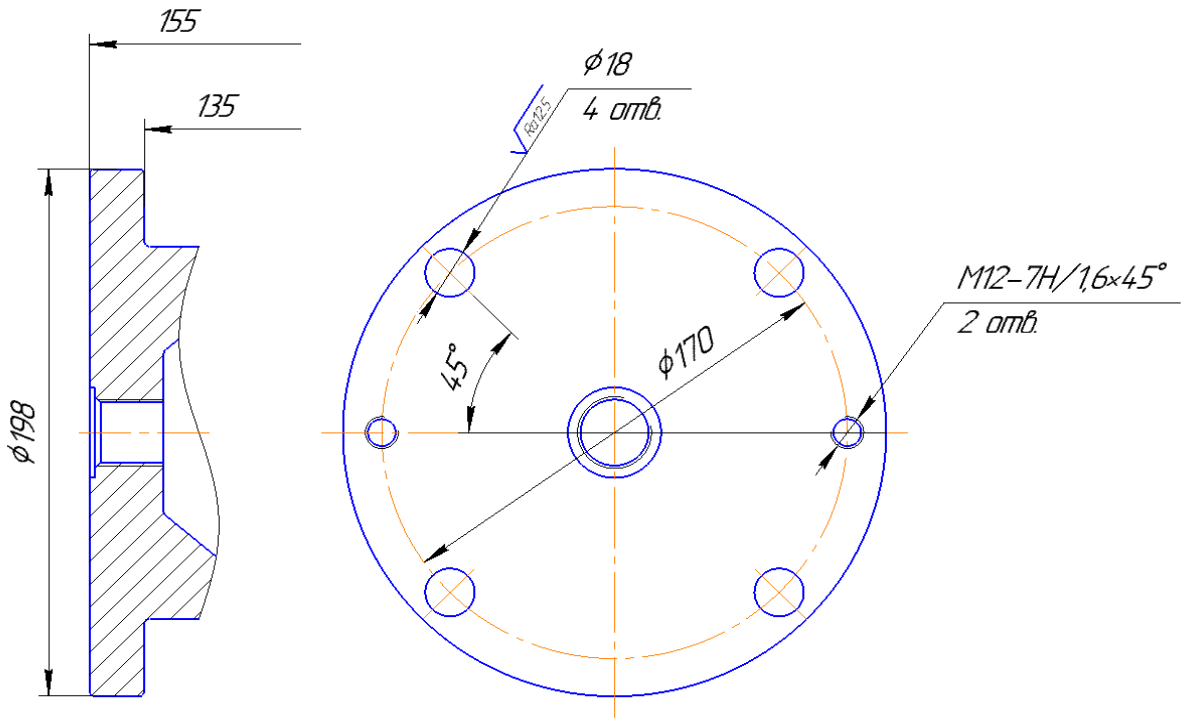

Рисунок 2.10 – Ескіз деталі

Точність форми.

Похибка форми циліндричної поверхні Ø18 H14 характеризують відхилення від циліндричності (ГОСТ 24642-81*) і нормується за ГОСТ 24643-81.

Незазначений допуск циліндричності приймаємо орієнтовно в межах 30% від допуску на діаметр.

$T = 0{,}3 \cdot T_{Ø18} = 0{,}3 \cdot 430 = 129$ (мкм)

Приймаємо найближче стандартне значення допуску циліндричності:

$T = 120$ (мкм), що відповідає 13 ступеню точності.

Точність розташування

Розглянемо допуск паралельності осі отворів до осі деталі (∅15H14):

$T_{∅18}$ = 430 мкм

Значення в межах допуску на розмір 60%.

$T = 0,6 \bullet T_{Ø18} = 0,6 \bullet 430 = 258$ (мкм)

Найближче стандартне значення T=300 мкм, що відповідає 15 ступеню точності.

Шорсткість

Шорсткість оброблюваних поверхонь, що зазначена на кресленні, має значення Ra = 12,5 мкм.

Визначення кількісних і якісних відомостей про заготовку, котра надходить на операцію.

На початковому етапі розроблення схеми базування проводимо аналіз точності поверхонь, що претендують на роль базових. Для кількісної оцінки параметрів поверхонь, які можуть виступати в ролі базових, проводимо аналіз точності їхніх розмірів, точності форми, точності розташування та ступеня їхньої шорсткості.

Оскільки для обробки втулки застосовуємо циліндричну оправку, то базовими поверхнями можуть виступати: отвори ∅125,2H12 та ∅113H14, а також торець заготовки ∅137h14.

Точність розмірів

Знаходимо допуски на вище зазначені розміри:

$T_{∅125,2} = 400$ мкм;

$T_{∅113} = 870$ мкм;

$T_{∅137} = 1000$ мкм.

Це означає, що діаметри базових розмірів виконані з параметрами: ∅125,5H12($^{+0,4}$), ∅113H14 ($^{+0,87}$), ∅137h14 ($_{-1}$)

Точність форми

Похибка форми отвору ∅110,5H7 характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$T_{∅125,2} = 0,3 \bullet 400 = 120$ мкм

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$T_{\varnothing 125,2}$ = 120 мкм,

що відповідає 13 ступеню точності [1, с. 110].

Похибка форми циліндричного отвору ∅113H14, також характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він також може бути встановлений у межах допуску на розмір.

$T_{\varnothing 113}$ = 0,3•870= 261 мкм

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості:

$T_{\varnothing 113}$ = 250 мкм,

що відповідає 13 ступеню точності [1, с. 110].

Похибка форми торця Ø137h14 характеризується відхиленням від площинності. Оскільки допуск площинності не вказується, то це означає, що він входить до складу допуску на номінальний розмір.

Розраховуємо значення допуску площинності:

$T_{\varnothing 137}$ = 0,6•1000= 600 мкм

Беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$T_{\varnothing 137}$= 600 мкм,

що відповідає 15 ступеню точності [1, с. 107].

Точність розташування

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю: отвори ∅125,2H12 та ∅113H14, а також торця заготовки ∅137h14.

$T_{\varnothing 125,2}$ = 0,6•870= 522 мкм,

відповідного до стандартного ряду:

$T_{\varnothing 125,2}$ = 600 мкм,

що відповідає 14 ступеню точності.

Для отвору ∅113H14:

$T_{\varnothing 113} = 0{,}6 \cdot 250 = 150$ мкм,

відповідного до стандартного ряду:

$T_{\varnothing 113} = 160$ мкм,

що відповідає 6 ступеню точності.

Для торця ∅137h14:

$T_{\varnothing 137} = 0{,}6 \cdot 1000 = 600$ мкм,

відповідного до стандартного ряду:

$T_{\varnothing 137} = 600$ мкм,

що відповідає 14 ступеню точності.

Шорсткість

Шорсткість поверхонь, зазначена на кресленні, і має такі значення:

Для ∅125,2H12 вона становить Ra = 6,3 мкм.

Для ∅113H14 вона становить Ra = 6,3 мкм.

Для ∅137h14 відповідає Ra = 3,2 мкм.

Визначення умов, в яких буде виготовлятися та експлуатуватися проектований пристрій

Річна програма випуску задана в 500 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості відповідає дрібносерійному типу виробництва. Можна стверджувати, що пристрій будуть використовувати з досить великою інтенсивністю. В цілому, за період виготовлення деталі “Ліхтар” (1 рік) пристрій повинен здійснити 500 робочих циклів.

Заготовка буде оброблюватися на верстаті із ЧПК моделі SORALUCE TA-D.

Перелік функцій, які реалізовуються

1) Переміщення і попередня орієнтація заготовки;
2) Базування заготовки;
3) Закріплення заготовки;
4) Базування пристрою на верстаті;

5) Закріплення пристрою на верстаті;

6) Підведення і відведення енергоносія;

7) Утворення вихідної сили для закріплення;

8) Керування енергоносієм;

9) Об'єднання функціональних вузлів;

10) Обробка отворів;

11) Створення безпечних умов праці.

Розробка і обґрунтування схеми базування.

Із усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на базову поверхню може претендувати торець на діаметрі ∅137h14. На її користь свідчить таке:

- вона є найбільше розвиненою поверхнею, найбільший діаметральний розмір;

- вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхоні Ra = 3,2 мкм.

Крім того, застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

Циліндрична поверхня ∅113H14 будучи прийнятою в якості базової, позбавляє заготовку двох ступенів свободи, тобто являється направляючою базою – але це при використанні короткої оправки. Вона забезпечує паралельність осі оброблюваних отворів до осі центрального отвору (осі заготовки).

У якості установчої бази беремо торець деталі ∅137h14, вона позбавляє заготовку трьох ступенів свободи.

Для позбавлення останньої шостої ступені волі, ми використовуємо затискну силу механічного пристрою. Дана схема базування показана на рисунку 2.11.

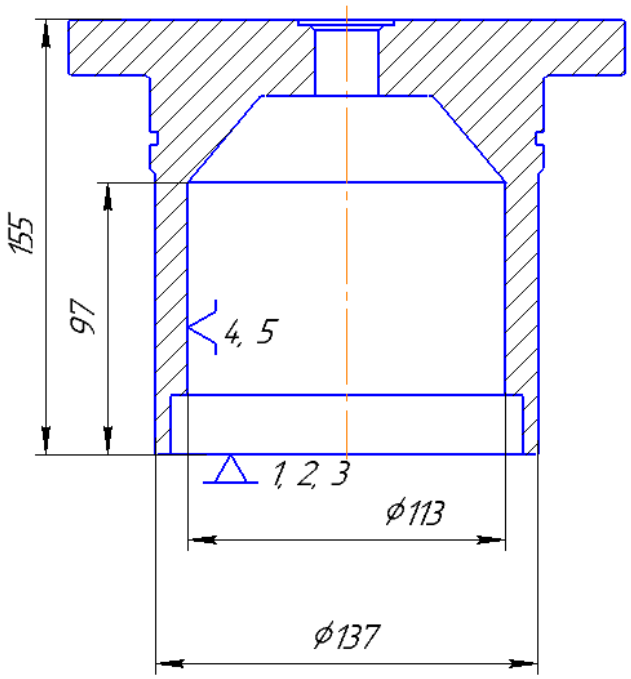

Рисунок 2.11 – Схема базування

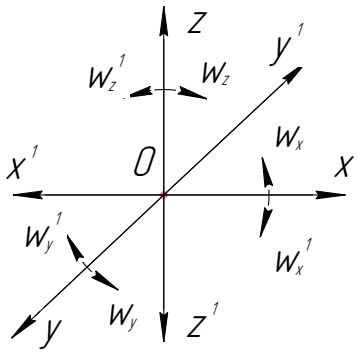

Рисунок 2.12 – Схема однобічних зв’язків, що покладають на заготовку (до таблиці 2.36)

Таблиця 2.36 - Індекси та номери зв’язків

Індекс координати		x	x′	y	y′	z	z′	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	-	R	R	R	R	R	-	-

Альтернативною схемою базування можна вважати ту ж схему, що була представлена вище, але із заміною поверхні базування, яка відповідала за подвійну опорну базу. Замінюємо циліндричну поверхню ∅113Н14, на зовнішню циліндричну поверхню ∅ 125,2Н12.

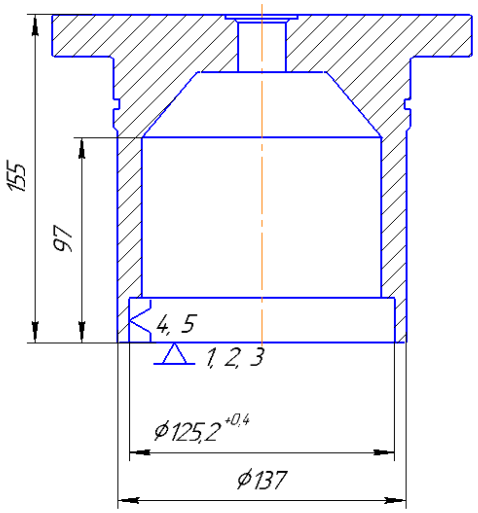

Рисунок 2.12 – Альтернативна схема базування

Схема базування (зображена на рисунку 7.1) є більш актуальною, по відношенню до схеми (рисунок 7.3). Тому що, отвір по якому базується заготовка (у першому випадку) більш розвиненою, а ніж діаметр у другому випадку. Це означає, що при навантажені під час свердління зменшить ризик перевернення деталі до мінімуму.

Розробка та обґрунтування схеми закріплення.

Аналіз структури полів збурюючих сил.

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил та поля зрівноважуючи сил будуємо графічну модель збурюючих сил (рисунок 2.13) взаємозв’язку з прийнятою схемою базування.

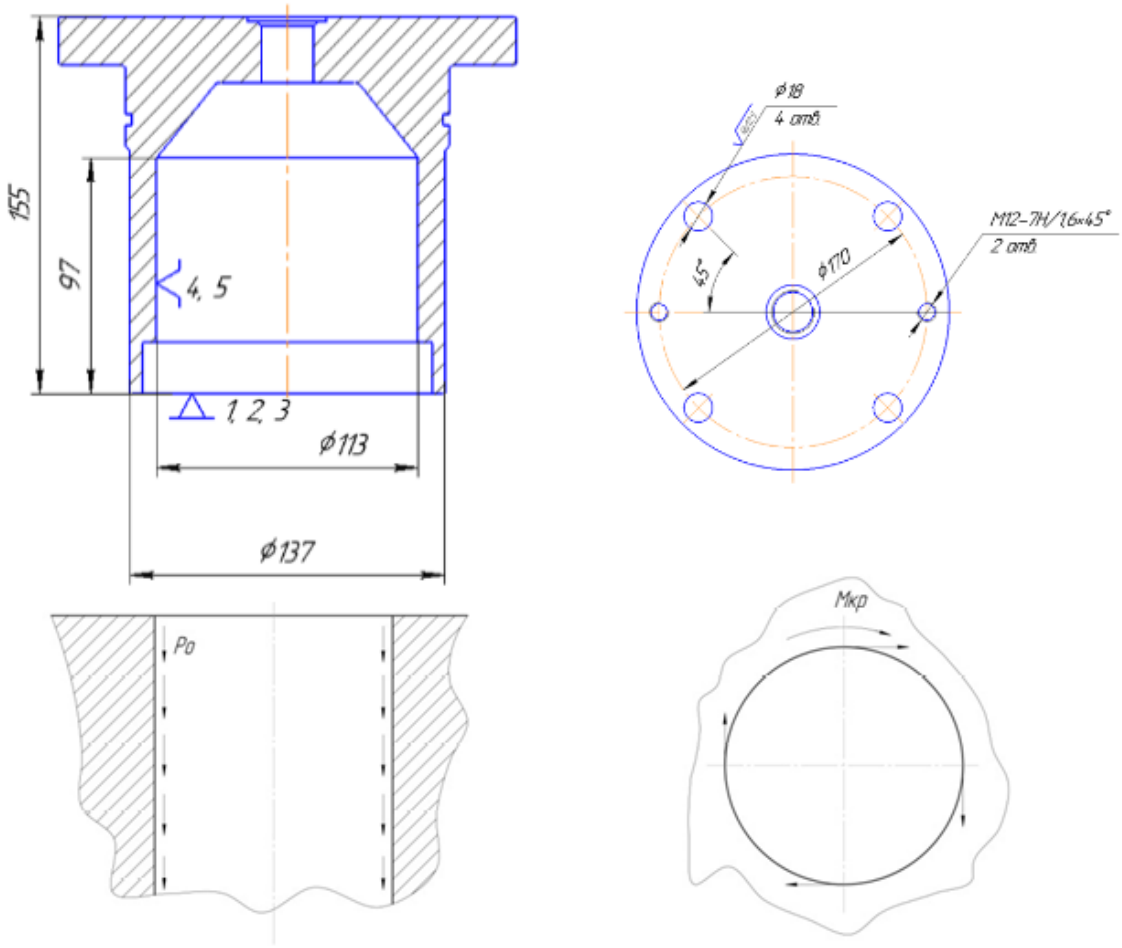

Рисунок 2.13 – Структура поля збурюючих сил

Аналіз структури полів зрівноважуючих сил.

З рисунку 2.13 бачимо, що складова Px' поля збурюючих сил врівноважується реакцією Rx' (Rx' = Px'). Інші складові поля збурюючих сил неврівноважені та потребують прикладання додаткових сил закріплення. При даній схемі базування доцільно застосовувати пневмокамеру, яка створює поле зрівноважувальних сил, що й представлено на рисунку 2.14.

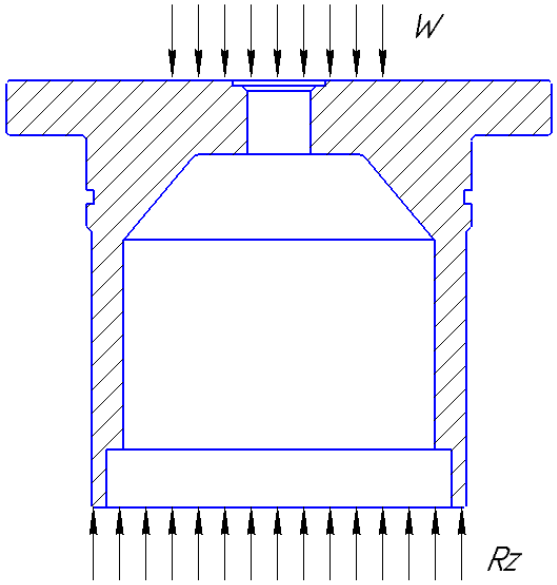

Рисунок 2.14 – Структура поля зрівноважувальних сил

Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, будуємо таблицю однобічних зв'язків.

Таблиця 2.37 – Однобічні зв'язки

Індекс зв'язку		x	x′	y	y′	z	z′	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалі-зації	Реакція	R	R	R	R	-	R	R	R	R	R	-	-
	Сила зак-ріплення	-	-	-	-	W	-	-	-	-	-	-	-
	Сила тертя	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F(W)	F(W)

Розрахунок сил затиску

Визначаю крутящий момент, діючий під час свердлування (по [6], с.277) по формулі:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p \ ,$$

де, См=0,0345- коефіцієнт, що враховує умови обробки ([6],табл. 32);

D=18- діаметр свердла;

q=2,0- показник ступеня при D ([6], табл. 32, с.281);

S=0,25- оборотна подача ([6], табл. 25, с.277);

y=0,8- показник ступеня при S ([6], табл. 32, с.281).

Коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу Кр, визначають по формулі ([6], табл. 9, с.264):

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n ,$$

де, $\sigma_в$=530 МПа – межа міцності оброблюваного матеріалу;

n=0,75 – показник степені ([6], табл. 9, с.254).

Тоді:

$$K_{Mp} = \left(\frac{530}{750}\right)^{0,75} = 0,77$$

А момент:

$$M_{kp} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 18^{2,0} \cdot 0.25^{0,8} \cdot 0.77 = 28,39\ (H \cdot м)$$

При затиску момент сили тертя, що виникає між заготовкою й оправкою, повинен бути більше моменту кручення при обробці:

$$Мтр = Мкр \cdot К ,$$

де, Мтр – момент тертя,

К – коефіцієнт запасу по формулі ([7], с.382-384):

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 ,$$

де, $К_0$=1,5 – гарантований коефіцієнт запасу сил затиску;

$К_1$ =1,0 – стан технологічної бази;

$К_2$ =1,5 – збільшення сили різання від прогресуючого затуплення інструмента;

$К_3$ =1,0 – ударне навантаження на PI;

$К_4$ =1,0 – стабільність силового приводу;

$К_5$ =1,0 зручність розташування рукояток у ручних затискних механізмах пристосуваннях;

$К_6$ =1,25 – наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку.

Тоді: К=1,5·1,0·1,5·1,0·1,0·1,0·1,25 = 3,75

Під час розрахунку $М_{тр}$ розглядаю точку на поверхні заготовки: R=56.5

Також момент тертя дорівнює добутку:

$$M_{mp} = F_{mp} \cdot R,$$

де, F_{mp} - сила тертя розраховується по формулі:

$$F_{mp} = Q' \cdot f,$$

де, Q' – складова сили Q, прагнуча повернути заготовку;

f=0,16 – коефіцієнт тертя (по [7], табл. 3, с. 384).

Виконуючи математичні операції над формулами (7.5) і (7.6) виводжу формулу для обчислення сили Q:

$$Q = \frac{M_{кр} \cdot K}{R \cdot f}$$

Згідно цій формулі маємо:

$$Q = \frac{28.39 \cdot 10^3 \cdot 3.75}{56.5 \cdot 0.16} = 11777\ (H)$$

Обґрунтування вибору привода.

Затиск заготовки виконується при подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмокамери двосторонньої дії. При цьому максимальна сила на штоку розраховується по формулі (для вихідного положення штока) (див.[22], с. 94):

$$Q = \frac{\pi}{16}\left[(D+d)^2 - d_1^2\right]\cdot p,$$

де , D – діаметр діафрагми усередині пневмокамери, см;

d – діаметр опорного диска діафрагми, см;

d_1 - діаметр штока, см;

p= 4 кгс/см $^2 \approx 39.2 Н/см^2$ - тиск стиснутого повітря.

Діаметр опорного диска діафрагми визначається по формулі ([22], с.92)

$$d = D - 2h - (2 \div 4) мм,$$

де, h=4-8 мм – товщина діафрагми (приймаю h=7 мм).

Тоді: d=D-2·7-3=D-17(мм)=D - 1,7(см).

Діаметр штока дорівнює:

$$d_1 = (0,08 \div 0,12)D.$$

Приймаю значення $d_1 = 0,1D$.

Підставляючи співвідношення по формулах у формулу (2.1), маємо наступне вираження:

$$Q = 0,196 \cdot p \cdot \left[(2D - 1,7)^2 - (0,1D)^2\right] \qquad (2.1)$$

Урахувавши те, що необхідна сила затиску дорівнює Q=11777 Н, а тиск стисненого повітря p=39.2 $Н/см^2$, маємо:

$$11777 = 0.196 \cdot 39.2 \cdot (4D^2 - 2 \cdot 2D * 1{,}7 + 1{,}7^2 - 0{,}01D^2)$$

Вирішуємо квадратне рівняння:

$$30{,}7 \cdot D^2 - 52{,}2 \cdot D - 11754.8 = 0$$

$$D = 52{,}2^2 - 4 \cdot 30{,}7 \cdot 11754.8 \approx 1231^2 > 0$$

$$D_1 = \frac{52.2 - 1231}{2 \cdot 30{,}7} < 0$$

$$D_2 = \frac{52{,}2 + 1231}{2 \cdot 30{,}7} = 20.9(см)$$

Приймаю стандартне значення діаметра пневмокамери D=250мм. Тоді діаметр опорного диска рівний : d=250-2·7-3=233(мм). Приймаю d=232 мм. А діаметр штока : d_1=0,1·250=25 (мм).

Сила на штоку в його початковому положенні визначається по формулі:

$$Q = \frac{3.14}{16}\left[(25 + 23.2)^2 - 2.5^2\right] * 39.2 \approx 17825(Н)$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, а, отже, пристосування забезпечує фіксоване положення при обробці.

Оптимальна довжина ходу штока пневмокамери визначається по формулі:

$$l = \frac{L}{2} = (0{,}17 \div 0{,}22)D.$$

Тоді, приймаю значення l=0,2D, маємо: l=0,2×250=50(мм).

Розрахунок на міцність.

Для розрахунку на міцність береться шток. Він виготовлений зі сталі 40, у якої межа σ_T=300 МПа. На даному штоку при затиску заготовки саме вразливе місце - різь М16, за допомогою якої шток пристосування прикріплюється до штока пневмокамери.

Для того щоб не було розриву різі на штоку, необхідне виконання умови:

$$\sigma_p \le \left[\sigma_p\right]$$

У свою чергу, допустиме навантаження штока $[\sigma_p]$ визначається по формулі:

$$[\sigma_\partial] \approx 0,67\sigma_\grave{O}$$

Тобто: $[\sigma_p] \approx 0,67 \cdot 300 = 201$ МПа.

Небезпечним є перетин, ослаблене нарізанням різі, найменший діаметр якого визначається по формулі:

$$d_1 = d - 2H = d - 1,08 \cdot P \ ,$$

де, d_1 - внутрішній діаметр різі;

d – зовнішній (номінальний) діаметр різі;

H – висота витка;

P – крок різі (прийнятий P=1,5 мм).

Тому для різі М18: d_1=16.38 мм, а для М16: d_1=14.38 мм.

Навантаження штока визначається по формулі:

$$\sigma = \frac{Q}{S},$$

де Q – зусилля на штоці (Q=17825 Н);

S – площа розглянутого перетину штока.

Отже, найбільша напруга виникає в перетині з наименшою площею, у нашому випадку - по внутрішньому діаметрі різі М16

Будую ескіз штока (див. рисунок 2.15) і розбиваю його на три ділянки:

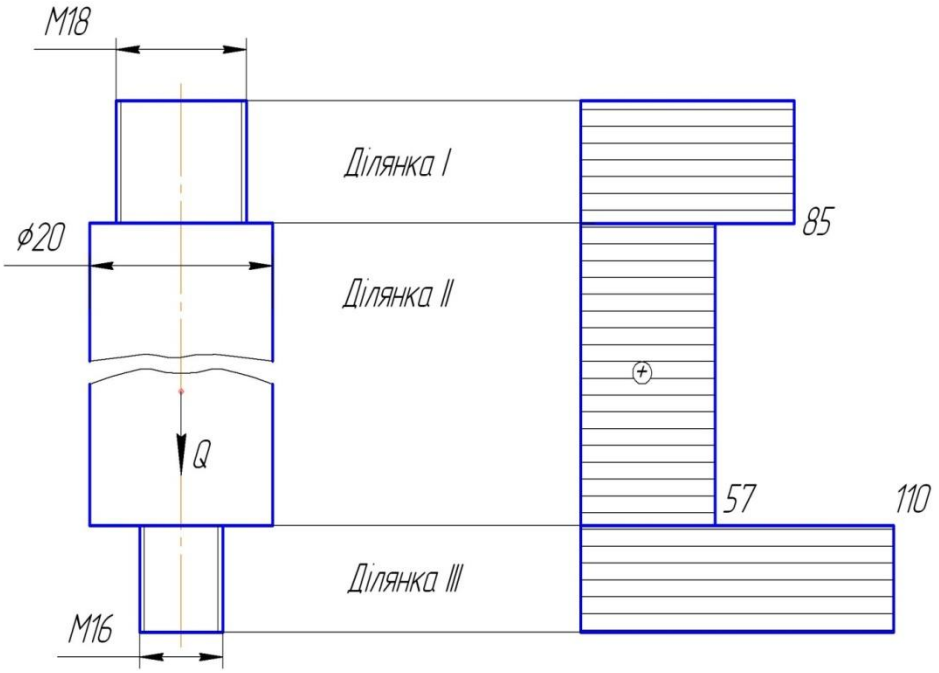

Рисунок 2.15 - Ескіз штока та епюра його навантажень σ_p", МПа

Обчислюю навантаження, що виникають на ділянках:

I: $\sigma_I^p = \frac{4Q}{\pi d_I^2} = \frac{4 \cdot 17825}{3.14 \cdot (16,38)^2} \approx 85(Н/мм^2) \approx 85\ МПа$

II: $\sigma_{II}^p = \frac{4Q}{\pi d_{II}^p} = \frac{4 \cdot 17825}{3.14 \cdot 20^2} \approx 57(Н/мм^2) \approx 57\ МПа$

III: $\sigma_{III}^p = \frac{4Q}{\pi d_{III}^p} = \frac{4 \cdot 17825}{3.14 \cdot (14,38)^2} \approx 110(Н/мм^2) \approx 110\ МПа$

Максимальна напруга буде на ділянці III, але вона не перевищує припустиме значення $[\sigma_p]$, виконується умова, а значить різь М16 на штоку витримає навантаження. Для наочності поруч із ескізом штока будую епюру навантаження (рисунок 2.17).

Розрахунок верстатного пристрою на точність.

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою [4, с.26]:

$$\varepsilon_{пр} \le T - K_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_б)^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_у^2 + \varepsilon_п^2 + \varepsilon_и^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{поз}^2},$$

де, Т = 430 мкм – найбільший жорсткий допуск розміру, що одержують на даній операції (∅ 18 по 14 квалітету);

$К_Т$ = 1,2 – коефіцієнт, що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$К_{Т1}$ = 0,8–коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$ε_б$= 400 мкм – похибка базування заготовки в пристрої (вимірювальна і технологічна бази не співпадають), і дорівнює допуску на розмір L155h12;

$ε_з$= 0 – похибка закріплення, виникає в результаті зсуву оброблюваних поверхонь заготовок від дії затискної сили (не збігається напрям сили закріплення до допуску розміру, що вимірюється).

$ε_у$= 0,007 мкм –похибка установлення пристрою на верстаті:

$\frac{S \cdot l}{L} = \frac{0{,}018 \times 18}{490} = 0{,}007,$

де, l = 18 мм (діаметр оброблюваного отвору);

L = 490 мм (відстань між шпонками);

S = 0,018 мм (сума допусків шпонки на пристрою та шпонкового паза на столі верстата).

$ε_п$= 0 – похибка перекосу інструмента (втулки не використовуються).

$ε_и$–похибка, що виникає внаслідок зношування встановлювальних елементів пристрою. Визначається за формулою:

$$ε_и = N \cdot \beta,$$

де, β=0,001 – постійний коефіцієнт, що залежить від виду встановлювальних елементів і умов контакту поверхонь [4,табл. 3.6 с.41];

N = 500 шт – кількість контактів заготовки з опорою в рік;

$ε_и$=500*0.001=0.5 мкм.

$К_{Т2}$ = 0,6 – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки.

ω = 180 мкм – середня економічна точність обробки (допуск по 14 квалітету на розмір ∅ 18).

$\varepsilon_{поз}$ = 0 – похибка позиціонування (заготовка не повертається).

Підставляємо значення:

$$\varepsilon_{пр} = 430 - 1{,}2\sqrt{(0{,}8 \cdot 4000)^2 + 0^2 + 0{,}007^2 + 0^2 + 0{,}5^2 + (0{,}6 \cdot 180)^2 + 0^2}$$
$$= 430 - 315 = 115\text{мкм}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності, [1, с.109]:

$$\varepsilon_{пр} = 100\text{мкм}$$

Опис та принцип дії пристрою.

Пристрій в зборі повинне задовольняти технічним вимогам креслення загального виду й забезпечувати практичну обробку заготовки по заданим розмірам.

Всі деталі й вузли пристрою піддати візуальному контролю, а виявлені дефекти усунути:

Складання пристрою:

1) до підставки 2 кріпляться шпонки 17 за допомогою гвинтів 7;
2) до корпуса 4 кріпиться пневмокамера 1 гвинтами 10;
3) до корпуса 4 кріпиться оправка 3 гвинтами 8;
4) у шток пневмокамери вкручується шток-вставка

Експлуатація пристрою:

1) Установити на столі верстата й підключити до пневмомережі.
2) Підготувати базові поверхні до установлення заготовки.
3) Установити заготовку на оправку.
4) Пересуванням рукоятки зафіксувати деталь швидкоз'ємною шайбою на оправці пристрою.
5) Після обробки отворів зробити розтиск деталі переміщенням рукоятки в інше положення.

6) Пристрій зберігати на дерев'яній підставці. Вплив атмосферних опадів й агресивних середовищ неприпустимо.

2.10 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

У відповідності з завданням спроектувати контрольно вимірювальний пристрій для контролю габаритного розміру в деталі «Ліхтар 4ГМ2.5-02.06» після чистової обробки заготовки. Контроль перпендикулярності правого торця L155 на ∅137 буде виконуватися після остаточної обробки заготовки у відділі технічного контролю.

На даний момент контроль перпендикулярності правого торця L155 на ∅137 виконується на робочому місці токаря. Такий метод не можна визнати прийнятним. Так як на поверхні деталі може залишитися стружка, мастило та інший бруд, на робочому місці освітлення являється недостатнім для проведення контролю. Крім того на якість контролю впливають суб’єктивні можливості оператора. Під час контролю на робочому місці деталь базується по зовнішній поверхні ∅198, контролювати перпендикулярність необхідно відносно зовнішньої циліндричної поверхні d140f7, але через те, що ця поверхня ще не оброблена остаточно, ми не можемо проводити контроль тому, що база відносно якої проводиться контроль, ще не сформована. Тому необхідно додати контроль після остаточної обробки заготовки у відділі технічного контролю.

Точність вимірювального розміру.

Точність розміру, проводимо для розміру L155 +0/-0,04 мм.

За контрольовану поверхню приймаємо ø137 мм, згідно з ГОСТ 25347-82 та технічними вимогами креслення – 7 квалітет точності, допуск складеє T=0,04, es=+0 мм, ei=-0,04 мм.

Невказані конструктором допуски форми та розміщення приймаємо згідно з ГОСТ 24643-81, геометрична точність нормальна – А (30% та 60% від допуску на розмір).

Точність форми.

Конструктором не оговорені допуски циліндричності та профілю повздовжнього січення контрольованої поверхні ø137, тому приймаємо їх як 30% від допуску на розмір, тоді Т=0,3х0,04=0,012 мм, приймаємо 12 мкм – 6 степінь точності згідно ГОСТ 24643-81.

Точність розміщення поверхонь.

Конструктором не оговорено допуск радіального биття контрольованої поверхні ø137, тому приймаємо їх як 30% від допуску на розмір, тоді Т=0,3х0,04=0,012 мм, приймаємо 12 мкм – 6 степінь точності згідно ГОСТ 24643-81.

Ступінь шорсткості.

Згідно з кресленням до контрольованої поверхоні пред'явлена шорсткість Ra =3,2 мкм, що відповідає її технічним вимогам.

Вибір схеми контролю.

Аналізуючи різноманітні схеми базування для даного контролю параметру (радіального биття) більш доцільно обрати базування на оправці з упором по торцю, базування відбудеться по базовій поверхні – база Д – ø140f7 мм.

Проведемо уточнюючий аналіз базових поверхонь, тобто ø140 та торцю ø137.

Точність базових поверхонь.

За базові поверхні приймаємо:

- ø140f7, що виконаний по 7 квалітету згідно ГОСТ 25347-82. Допуск складе Т=0,04 мм, ES=-0,043 мм, EI=-0.083 мм

- торець підрізаний в розмір 155 мм, допуск складе Т=0,04 мм, es=+0 мм, ei=-0.04 мм – 8 квалітет точності.

Точність форми базових поверхонь.

Конструктором не оговорені допуски циліндричності та профілю повздовжнього січення базової поверхні ø140, приймаємо як 60% від допуску на розмір 140 мм, тоді Т=0,6·0,04=0,024 мм, приймаємо 24 мкм – 8 степінь точності згідно ГОСТ 24643-81.

Для торцю розглянемо допуск плоскосності, котрий приймаємо як 60% від допуску на розмір 130 мм, тоді Т=0,6·0,04=0,024 мм, приймаємо 24 мкм – 8 степінь точності згідно ГОСТ 24643-81.

Допуск взаємного розміщення базових поверхонь.

Розглянемо допуск радіального биття базової поверхні ø140. Даний допуск буде знаходитись як відсоткова частина (60%) від допуску на розмір та складе Т=0,6·0,04=0,024 мм, приймаємо 24 мкм, що відповідає 6 ступеню точності.

Допуск торцевого биття складає 60% від допуску на розмір 155 мм, Т=0,6·0,04=0,024 мм, приймаємо 24 мкм, що відповідає 7 ступеню точності.

Точність розміщення базових поверхонь.

Базовими поверхнями є циліндрична поверхня ø140 та торець, виконаний в розмір 155 мм. Дані поверхні виконуються на чистовій токарній операції з наступним хонінгуванням та відповідними режимами різання, технологічною оснасткою, що дозволять отримати точне взаємне розташування поверхонь, котрі на контрольній операції будуть виконувати роль базових поверхонь.

Ступінь шорсткості базових поверхонь.

Шорсткості розглядаємих поверхонь, діаметральної поверхні складає Ra=6,3 мкм, а торцю 3,2 мкм, що цілком обґрунтовано в зв’язку з їх функціональним призначенням.

Вибір та обґрунтування схеми базування.

Базування відбувається у трьохкулачковому самоцентруючому патроні.

Дана схема реалізується через установчу та подвійно-опорну бази, в результаті чого деталь буде позбавлена п’яти ступенів вільності, вакантною залишається один зв'язок – обертання навколо власної вісі.

Похибка базування для контрольованої поверхні (торцю) буде дорівнювати нулю, $E_б$=0.

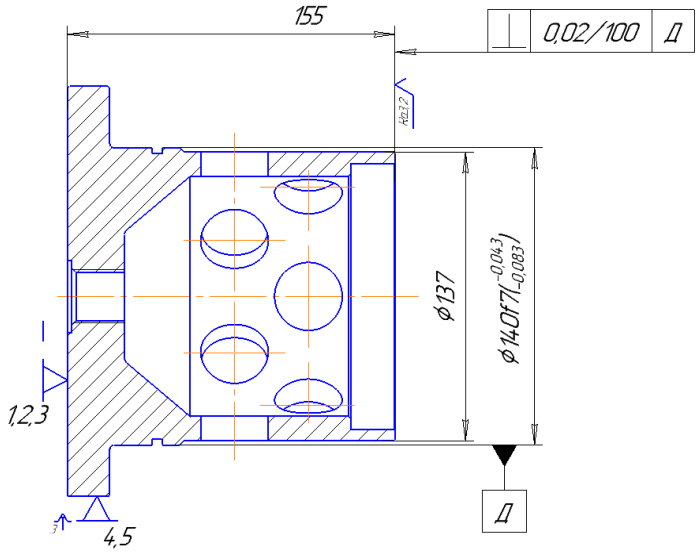

Рисунок 2.16– Схема базування деталі на контрольній операції

Вибір та обґрунтування схеми закріплення.

Деталь закріплюється та центрується у трьохкулачковому самоцентруйочому патроні, тому $E_з$=5-10 мкм.

Вибір активного або пасивного методу контролю.

Зважаючи на те, що контроль буде відбуватися вкінці, вихідний контроль, то контролювати будемо безпосередньо результати фізичних властивостей. Тобто маємо пасивний метод контролю, котрий дозволить судити про фізичні

властивості контрольованої деталі, не впливаючи на їх зміну, що і характерно для вихідного контролю.

Вибір абсолютного або відносного методу контролю.

При контролі перпендикулярності матимемо абсолютний метод вимірювання, так як параметр буде повністю зчитуватись безпосередньо з вимірювального засобу (індикатору), без урахування еталону (похибки еталона та настройки засобу виміру).

Вибір прямого або непрямого методу контролю.

Так як по завданню проводиться контроль перпендикулярності індикаторною головкою, маємо прямий метод вимірювання, оскільки стрілка індикатору при вимірюванні може відхилятися як в право так і вліво відносно нуля, та буде знаходитись як сума найбільших відхилень в обидві сторони або ж як найбільше відхилення.

Вибір контактного або безконтактного методу контролю.

Так як буде застосовуватись індикатор то матимемо контактий метод контролю, при якому вимірювальна насадка безпосередньо контактує з поверхнею вимірюваної деталі.

Для забезпечення точкового контакту приймаємо наконечник сферичної форми з радіусом сфери не менше 5 мм, типу НР з твердосплавного матеріалу по ГОСТ 11007-66.

Враховуючи твердість контрольованої поверхні, матеріал сталь 30, та допуск контрольованого параметру 0,02/100 мм, геометричні параметри наконечника, орієнтовно назначаємо вимірювальне зусилля 5Н. Похибка від вимірювального зусилля буде знаходитись по формулі Герца:

$$\Delta_{зус} = 0{,}43 \times к \times \sqrt[3]{\frac{P_{зус}^2}{r}};$$

де к = 0,81 –коефіцієнт, залежить від метеріала наконечника;

$P_{зус}$=5 Н – паспортне значення вимірювального зусилля засобу вимірювання;

r =5 мм – радіус вимірювального наконечника.

Тоді похибка від вимірювального зусилля знаходиться:

$$\Delta_{зус} = 0{,}43 \times 0{,}81 \times \sqrt[3]{\frac{5^2}{5}} = 0{,}595 \text{ мкм}$$

Вибір статичного або динамічного методу контролю.

Для реалізації контролю деталь необхідно обертати деталь або ж індикаторну стійку навколо вісі деталі на 360º, так як іншим методом проконтролювати биття не має змоги, тому констатуємо динамічний метод контролю.

Вибір положення деталі при вимірюванні.

При виборі горизонтальної або вертикальної схеми компоновки КВП при контролі вибираємо – вертикальну. При контролі деталь повинна розміщуватись згідно зі схемою базування (базування на оправці), це найбільш вдала схема для контролю деталі типу фланець, зчитування інформації буде найкращим.

Схемою базування передбачається установка деталі на обертаючу в підшипниковому вузлі оправку.

Зчитування контрольованої інформації буде зручним, так як елементи КВП не будуть заважати вільному огляду шкали засобу виміру, індикатора.

Вибір рівня механізації і автоматизації при вимірюванні.

Дана операція контролю не має складностей в її проведенні, тому контрольна операція може бути виконана в ручну на простому вимірювальному стенді без будь яких засобів автоматизації та механізації. Таким чином приймаємо ручний КВП.

Вибір форми подання приладом результатів вимірювання.

З двох видів отриманні сигналу: аналогові та дискретні, матимемо аналогові, так як конструкція проектованого КВП передбачає використання аналогового прибору – індикатору, який буде видавати дані про контрольований параметр неприривно.

Вибір та обґрунтування способу вимірювання.

Вибір засобу вимірювання, найбільш раціональним є той, що забезпечує найменшу собівартість контролю при заданій точності та надійності.

Припустима похибка вимірювання розраховується за формулою:

$$[\Delta вим\ ] = A\ x Твир.$$

де $T_{вир}$ =0,02 мм, допуск контрольованого параметру;

A – 20-35% від допуску, відповідно для грубих – точних квалітетів, приймаємо 30% для контролю поверхні, яка виконана по 7 квалітету, тоді A=0,3.

$[\Delta_{вим}]$=0,3x0,02=0,006 мм = 6 мкм

Визначення метрологічних характеристик контрольно-вимірювального засобу.

Допустима інструментальна похибка береться від сумарної допустимої похибки вимірювання:

$[\Delta_{пр}]=(0,6\text{-}0,8)\ [\Delta_{вим}]$

$[\Delta_{пр}]=0,7х7,5 = 5,25$ мкм.

Припустимі похибки вимірювального засобу є початковою інформацією для визначення ціни його поділки.

Приймаємо:

$[\Delta_{пр}] = [С] = 5,25$ мкм.

Інтервал ділення шкали [а], приймаємо

[а] = 0,001мм = 1 мкм.

Межа вимірювання за шкалою[А], в середині цього інтервалу показання прибору підкорюються установленим нормам точності

$$[А]\geq 2T_{вир}$$

[А]=2х2,5=5 мкм.

Межі вимірювання приладу[Б],якими є найбільша та найменша величини, що можуть бути виміряні приладом

[Б]=4х2,5 = 10 мкм.

Поріг чутливості приладу [S], найменше значення вимірюваної величини, що здатна викликати якнайменшу помітну зміну показань приладу, приймаємо

[S]=0,5 мкм.

Варіація показань [W], найбільша різниця між показаннями приладу при багаторазовому вимірюванні тієї самої величини за незмінних зовнішніх умов.

$$[W]=1 \text{ мкм.}$$

Вимірювальне зусилля [$P_{зус}$], сила дії вимірювального наконечника на вимірювану деталь в зоні контакту.

$$[P_{зус}]=5\text{Н.}$$

Допустиме коливання вимірювального зусилля [ΔP], різниця вимірювального зусилля при двох положеннях стрілки в межах діапазону показань.

$$[\Delta P]= 1 \text{ Н.}$$

Точністю відліку називається точність, що досягається при відліку за шкалою приладу і яка залежить від якості штрихів шкали, товщини стрілки (покажчика), відстані між шкалою і стрілкою, освітленості шкали і кваліфікації контролера. Найсприятливіша для точного відліку ширина штрихів шкали, яка дорівнює 0,001 інтервалу розподілу.

Ймовірність безвідмовної роботи вимірювального засобу:

$$[q]=90\%$$

Обираємо індикатор, який відповідає заданим вимогам

Так як, похибка вимірювання може становити 0,006 мм, то пропоную взяти індикатор часового типу з ціною поділки 0,001 мм.

За ГОСТ 9696-82 вибираємо індикатор часового типу 1 МИГ-1 з ціною поділки 0,001 мм.

Розроблення схеми КВП.

Схема визначає повний склад елементів та зв’язків між ними та дає детальне уявлення про принцип роботи КВП.

На схемі зображено в спрощеному вигляді основні механізми (функціональні вузли КВП), без урахування дійсного просторового розміщення частин виробу та дотримання масштабу, рисунок 2..

На рисунку 2.17 зображена схема розміщення елементів КВП.

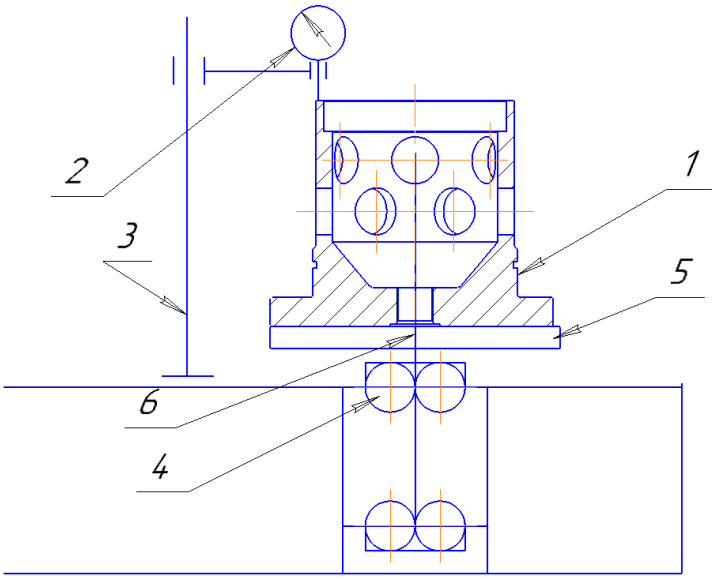

Рисунок 2.17 – Схема КВП

1 – Деталь.

2 – Індикатор 1 МИГ-1.

3 – Стійка.

4 – Підшипниковий вузол.

6 – Оправка.

Згідно з схемою деталь установлюється на оправку з зазором без затиску (під дією сил тертя по торцю).

Розроблення схеми розміщення КВП.

Відповідно до ГОСТ 2.701-84 [4] схема розміщення являє собою відносне положення частин виробів, а за необхідності дротів, джгутів, кабелів, трубопроводів. На ній зображують складові частини виробу або зв'язки між ними. Розміщення складових частин виробу повинне давати уявлення про їх дійсне положення. В результаті зображення та вивчення різноманітних схем компоновки КВП вибирається оптимальна з точки зору жорсткості, надійності, компактності та з урахуванням комфорту при її використанні.

Розрахунок фактичної сумарної похибки КВП.

Знаходження сумарної фактичної похибки вимірювання КВП зводиться до того, щоб сумарна фактична похибка вимірювання КВП не перевищувала допустиму похибку вимірювання:

$$\Delta_{ф} \leq [\Delta_{вим}]$$

Загальна похибка вимірювання виникає як в елементах КВП так і на їх перетинах. Відповідно похибка складається з елементарних похибок елементів КВП.

Таким чином, можна вважати, що на похибки вимірювання впливають похибки засобів вимірювання й умови, у яких проводять контроль заданих параметрів.

У результаті аналізу встановлені такі домінуючі похибки, що визначають загальну фактичну похибку вимірювання спроектованого КВП:

Δвз – похибка вимірювального засобу;

ε – похибка установлення;

Δе – похибка міри або еталона;

Δзус – похибки від вимірювального зусилля;

Δt – похибки від температурних деформацій;

Δр – похибки передаточних пристроїв.

Усі ці похибки пов'язані між собою залежністю

$$\Delta_{\Phi} = \left(\Delta_{вз}^2 + \varepsilon^2 + \Delta_e^2 + \Delta_{зус}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_p^2\right)^{1/2}.$$

Δвз =1 мкм – похибка вимірювального засобу, знайдена раніше;

Δе = 0 – похибка еталону, при даному контролі не використовується;

Похибка установлення визначається як

$$E_y = \sqrt{E_б^2 + E_з^2 + E_{пр}^2}$$

де $\varepsilon_б$ – похибка базування

$\varepsilon_з$ – похибка закріплення;

$\varepsilon_{пр}$ – неточності при виготовленні елементів пристрою, які визначаються квадратичним підсумовуванням похибок, що пов'язані як із неточностями виготовлення елементів базування контрольованої деталі $\varepsilon_{пр}1$, так і з неточностями розміщення засобів вимірювання $\varepsilon_{пр}2$

$E_{пр}$=0,5 - похибка, що виникає в результаті биття патрону;

$E_б$ = 0 – похибка базування, знайдена раніше;

$E_з$ =0,5 – похибка закріплення в квп

$E_у = \sqrt{0,5^2 + 0^2 + 0,5^2} = 0,7$ мкм.

Похибки від вимірювального зусилля визначають за формулою :

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot K \sqrt[3]{P_{зус}^2 / r},$$

де К – коефіцієнт, що залежить від матеріалу вимірювального наконечника: для твердого сплаву К = 0,81;

$P_{зус}$ – паспортне значення вимірювального зусилля засобу вимірювання, Н, [13, 14, 15, 23, 24];

r – радіус вимірювального наконечника, мм.

$$\Delta зус = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{5^2}{5}} = 0,7 \text{ мкм}$$

Температурні похибки визначають за формулою :

$$\Delta_t = L \cdot [\alpha_1 (t_1 - 20) - \alpha_2 (t_2 - 20)],$$

де L– номінальний (контрольований) розмір;

α_1, α_2 – коефіцієнти лінійного розширення матеріалів вимірюваного об'єкта й вимірювального засобу відповідно;

t_1, t_2–температури вимірюваного об'єкта й вимірювального засобу.

Даний фактор враховувати не будемо, так як вимірювання будуть проводитись після вирівнювання температури КВП та деталі.

Δt =0.

$\Delta р$= 0 – похибка передатного механізму, при контролі радіального биття не використовується;

$\Delta ф = \sqrt{0,5^2 + 0,7^2 + 0 + 0,7^2 + 0 + 0} = 1$ мкм.

$$\Delta_ф = 1 \text{ мкм} < [\Delta_{вим}] = 1 \text{ мкм}$$

В результаті використання більш новітнього засобу вимірювання контроль буде досить вигідним для виробництва.

2.11 Висновок

Після вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі маємо такі результати виконаної роботи:

1) запропоновано та обґрунтовано новий спосіб отримання заготовки: штамповка на КГШП. Визначені припуски та напуски на обробку поверхонь, розміри заготовки та її технічні вимоги на виготовлення;

2) розроблено раціональний маршрут оброблення заготовки, що враховує принципи поетапності обробки та інтеграції операцій, що є характерним для дрібносерійного типу виробництва;

3) виконано уточнення операційних припусків і розмірів на оброблення зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 140f7 аналітичним методом;

4) обґрунтовано вибір схем базування на операціях, металорізальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та технічні норми часу обробки деталі;

5) розроблено верстатний пристрій на комплексну операцію;

6) розроблено конструкцію КВП для операції ВТК для контролю перпендикулярності правого торця.

РОЗДІЛ 3
ДОСЛІДЖЕНННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ МЕТОДАМИ СТАТИЧНОГО ТА ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ

3.1 Актуальність, мета та методи дослідження

На сучасних підприємствах з дрібносерійним, серійним та масовим типами виробництва існує необхідність розробки верстатних пристроїв для оптимізації та прискорення випуску деталей. Ця робота потребує відповідних досвіду та навичок оскільки верстатний пристрій, найчастіше, являється вузькоспеціалізованим елементом. Саме тому прийняті рішення при проектуванні повинні бути перевірені на предмет стійкості та надійної роботи .

В п. 2.9 запропоновано спеціальну конструкцію верстатного пристрою для установки заготовки «Ліхтар» на комплексній операції. Оброблення заготовки .в умовах значних силових навантажень. Тому існує ймовірність, що під час дослідження будуть виявлені помилки в конструктивних елементах.

Для дослідження конструкції системи «пристрій-заготовка» скористаємося пакетом математичного аналізу Ansys Workbench. Статичний аналіз конструкції виконаємо з використанням модуля Static Structural, динамічний аналіз виконаємо з використанням модуля Modal. В основі роботи зазначених модулів та пакету Ansys в цілому знаходиться відомий метод скінчених елементів.

Першим етапом дослідження конструкції полягає у розробленні твердотільної 3D моделі «пристрій-заготовка». До її складу, у нашому випадку, входять: заготовка, підставка, оправка, корпус, шток, гайка М18 та шайба швидкозмінна. Саме ці складові елементи беруть участь у замиканні силових потоків, що виникають у результаті сил різання, закріплення, реакцій опор тощо. А такі елементи як шайба швидкозмінна та оправка беруть безпосередню участь у формуванні технологічних баз та мають головний вплив на забезпечення точності обробки.

3D модель досліджуваної системи було розроблено з використанням графічного дизайну Компас-3D, див. рисунок 3.1.

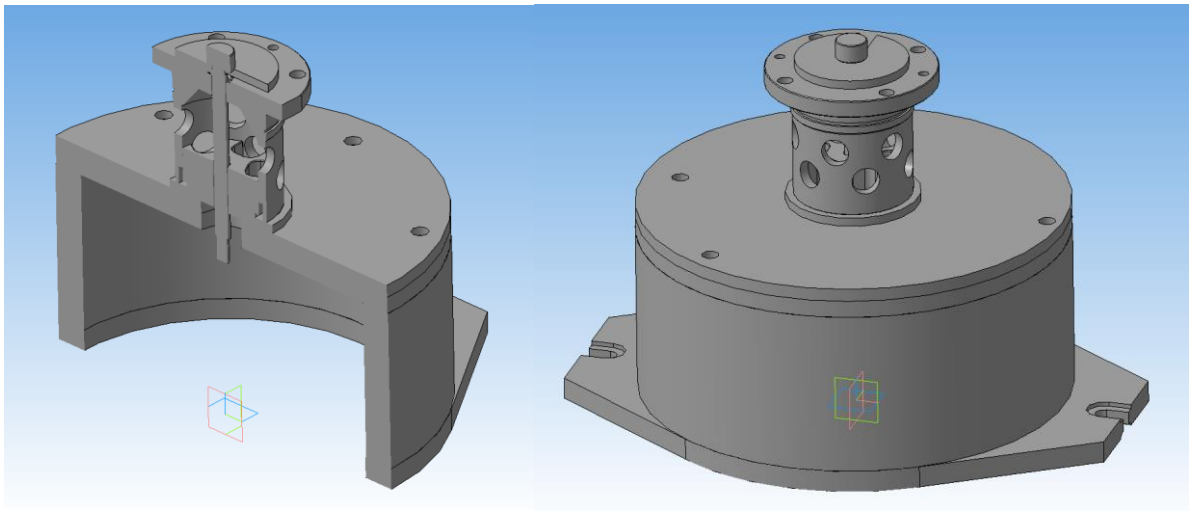

Рисунок 3.1 – 3D модель системи «пристрій-заготовка»

Другий етап – імпорт моделі у програму Ansys з метою передачі даних про геометричну модель елементів, див. рисунок 3.2.

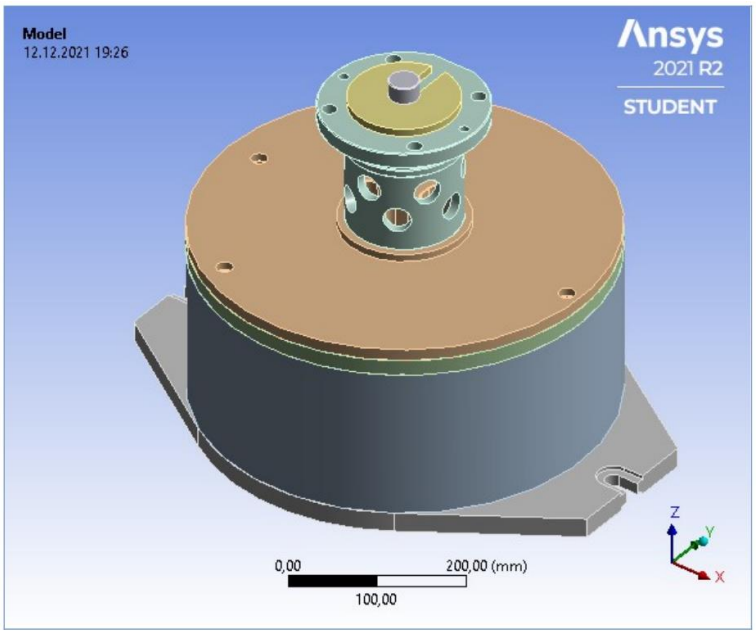

Рисунок 3.2 – Імпортована геометрична модель досліджуваної системи

Третій етап – опис граничних обмежень: характеристика матеріалів, характеристика контакту сполучених поверхонь, характеристика сил та моментів різання, сили закріплення.

Фізико-механічні властивості матеріалів окремих елементів досліджуваної системи беремо за замовчуванням, як властивості середньовуглецевої конструкційної сталі: модуль Юнга – $2 \cdot 10^5$ МПа, межа текучості за умови стискання (розтягування) – 250 МПа, межа текучості за умови розтягування – 460 МПа.

Характеристики контакту сполучених поверхонь задаємо як тертя ковзання з коефіцієнтами тертя 0,2.

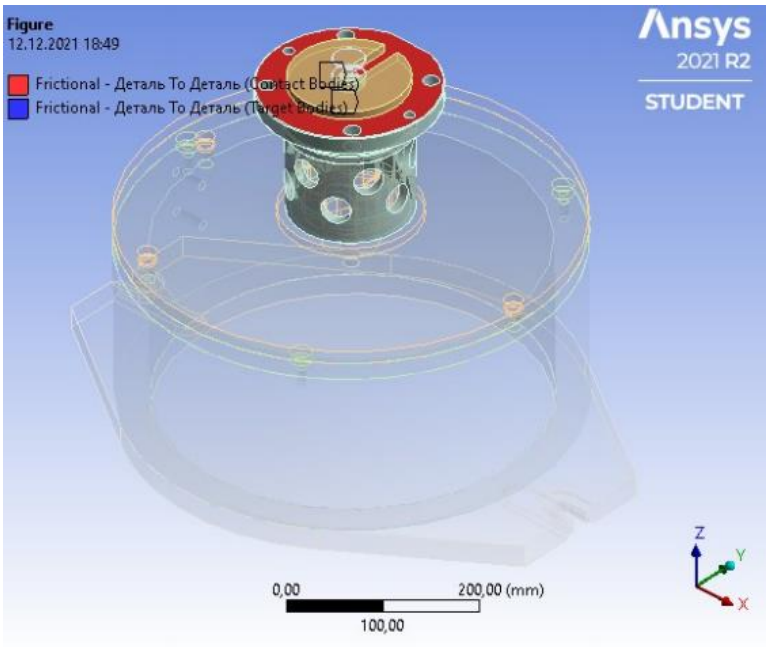

Рисунок 3.3 – Характеристики контакту сполучених поверхонь

Для закріплення заготовки в пристосуванні з використанням пневмокамери фіксація деталі здійснюється через поступальний рух штока на кінці якого гайка через шайбу швидкознімну передається затискна сила. При цьому шток сприймає зусилля затиску в розмірі Q=17825 Н.

Четвертий етап – побудова сітки скінчених елементів: здійснюється в автоматичному режимі (кількість елементів – 21764, мінімальна довжина грані елементу – 0,057 мм), див. рисунок 3.4

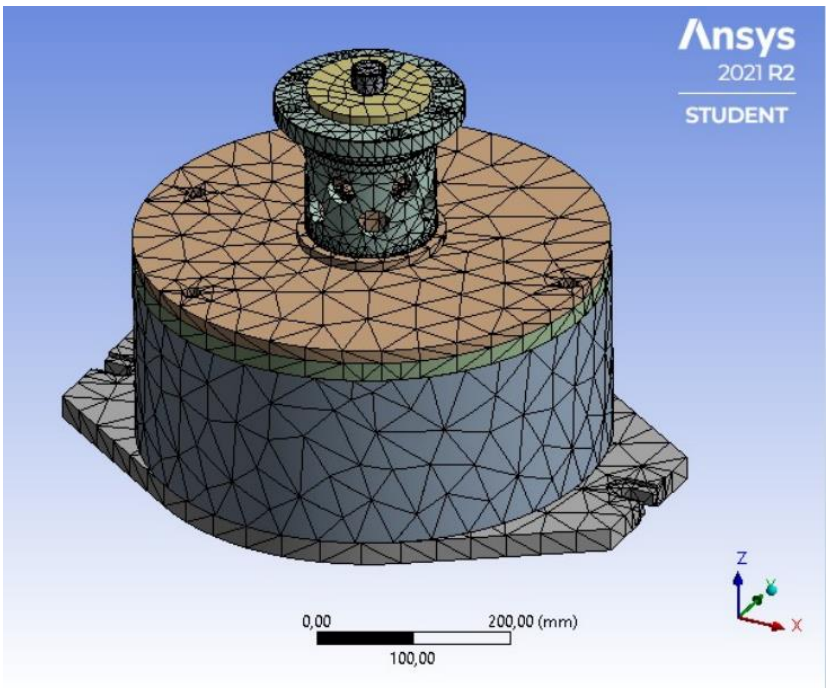

Рисунок 3.4 – Побудова сітки скінчених елементів

3.2 Аналіз результатів статичного дослідження системи «пристрій-заготовка»

Провівши статичний аналіз системи отримали епюри деформацій (Total Deformation) та напружень (Equivalent Stress), див. рисунки 3.5 та 3.6 відповідно.

Так, з рисунка 3.5 можна побачити, що найвищий рівень деформацій (0,84 мм) характерний для штока, що здійснює зворотно-поступальні рухи під час закріплення-розкріплення заготовки у пристосуванні. Детальний аналіз дає інформацію, що ця деформація має кінематичний характер, що є характерним для цього елемента. А отже цей рівень деформації допускається. Щодо інших елементів, то їх значення близькі до нуля.

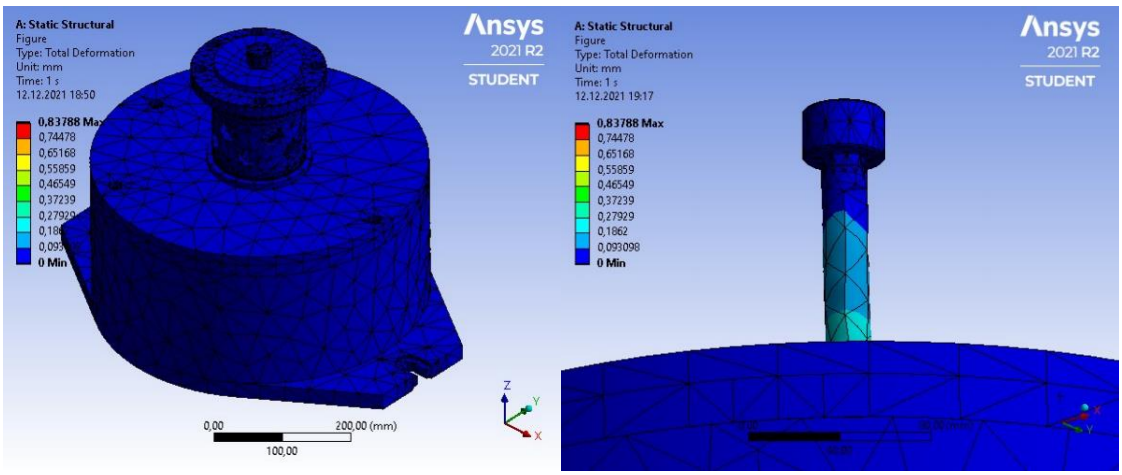

Рисунок 3.5 – Епюра деформацій досліджуваної системи

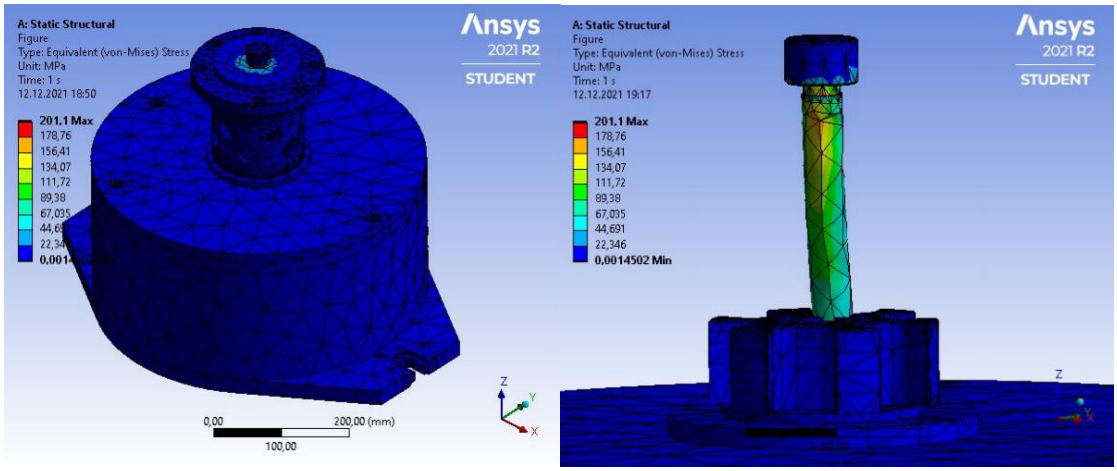

Рисунок 3.6 – Епюра напружень досліджуваної системи

Розглянувши епюри напружень на рисунку 3.6 можемо спостерігати максимальний рівень у 201,1 МПа. Аналіз окремих елементів показав що дане напруження виникає у різьбовому елементі штока. Це є характерним для такого конструкційного елементу пристосування, так як різьба найчастіше утворюється шляхом знімання надлишкового матеріалу ріжучим інструментом. У такому випадку змінюється структура та характеристики матеріалу в місці утворення різі.

Напруження спостерігається у місці контакту гайки з штоком та у місці з’єднання штока з пневмокамерою. Функціонально це необхідно для передачі затискної сили на заготовку та для можливості швидкого доступу для обслуговування пристосування або для оперативних ремонтних робіт. На мою

думку напруження у 201,1 МПа є нормальним у порівнянні з межею міцності матеріалу штока, що дорівнює 460 МПа.

3.3 Аналіз результатів динамічного дослідження системи «пристрій-заготовка»

Для того щоб переконатися у придатності спроектованого пристосування під час роботи було проведено динамічний аналіз системи. В результаті ми отримали епюри деформацій, що відповідають трьом формам вільних коливань, див. рисунки 3.7, 3.8, 3.9 та ряд частот вільних коливань, що їм характерні, див. рисунок 3.10.

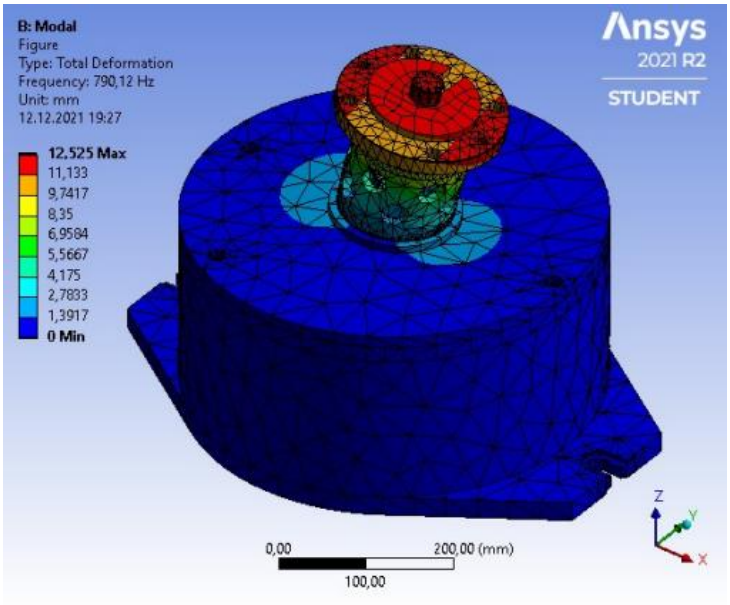

Рисунок 3.7 – Епюра першої форми вільних коливань досліджуваної системи

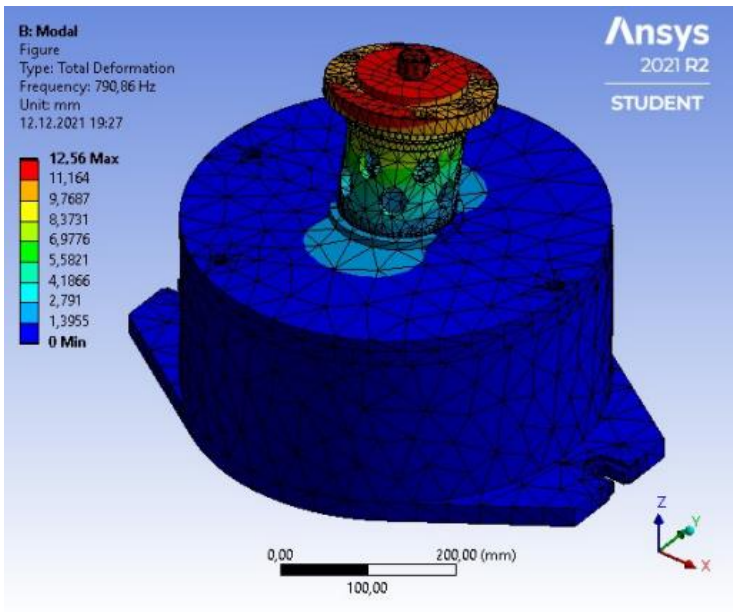

Рисунок 3.8 – Епюра другої форми вільних коливань досліджуваної системи

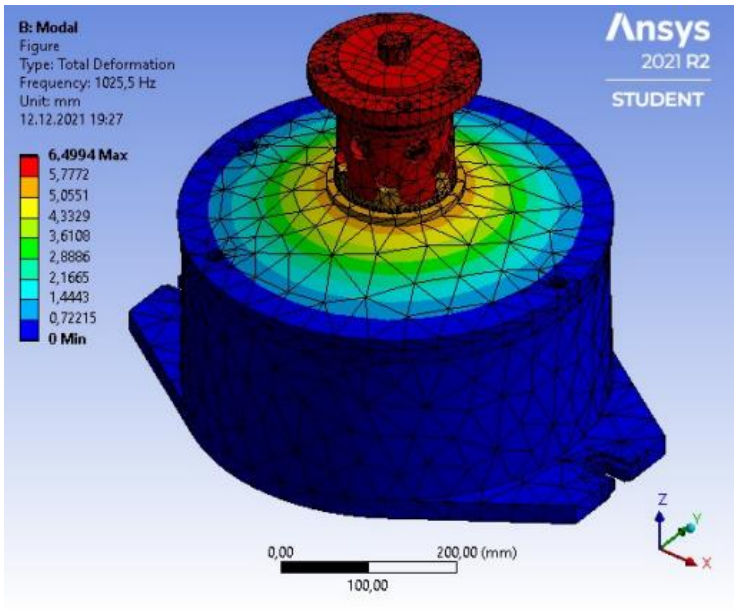

Рисунок 3.9 – Епюра третьої форми вільних коливань досліджуваної системи

Аналіз епюр вільних коливань дозволив виявити, що група «заготовка-оправка» є найбільш чутливим до навантажень динамічного характеру. Елементи пропонованого верстатного пристосування характеризуються високою стійкістю до навантажень динамічного характеру.

Mode	Frequency [Hz]
1,	790,12
2,	790,86
3,	1025,5
4,	1476,5
5,	1486,5
6,	1972,2

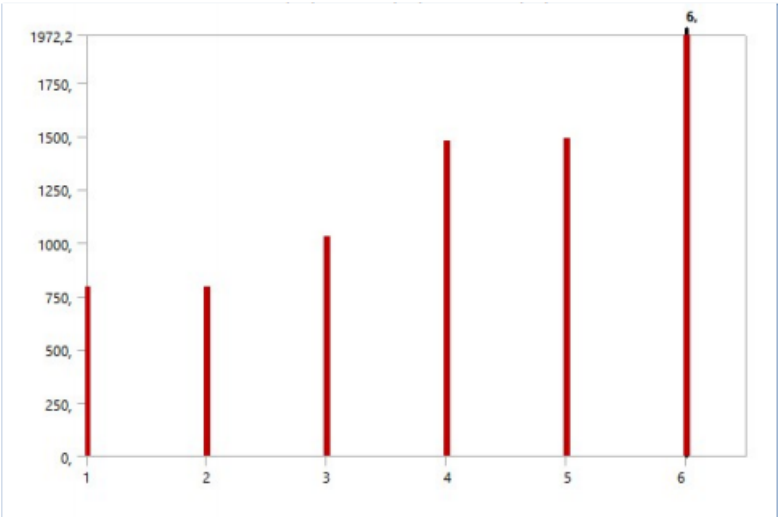

Рисунок 3.10 – Ряд частот з 1–6 форм вільних коливань досліджуваної системи

Детальний аналіз рисунка 3.10 показав що рівень вільних коливань пристосування достатньо високий. Таким чином ймовірність збігу частот вільних коливань з частотами вимушених коливань практично відсутня, тобто можливість створення резонансу під час обробки заготовки зводиться до мінімуму. Резонанс є негативним фактором обробки, оскільки при його виникненні погіршується якість оброблюваних поверхонь, що призводить до утворення браку. Вимушені коливання можуть бути утворені рухомими елементами верстата, вібрація від роботи сусіднього обладнання, різальний інструмент і тому подібне. Зазвичай коливання викликані такими факторами є занадто низькими відносно частот, що виникають у досліджуваній системі.

3.4 Висновок

В результаті проведення дослідження конструкції системи методами статичного та динамічного аналізу встановлено:

1) рівень деформацій елементів досліджуваної системи в умовах статичного навантаження є задовільним;

2) рівень внутрішніх напружень в матеріалах елементів досліджуваної системи в умовах динамічного навантаження в цілому є задовільним;

3) найбільш чутливим до динамічних навантажень елементом досліджуваної системи є група «заготовка-оправка». Аналіз ряду частот перших трьох форм власних коливань досліджуваної системи показав, що ймовірність виникнення явища резонансу, що є негативним фактором з точки зору забезпечення точності оброблюваних поверхонь, практично відсутня.

Таким чином можна зробити загальний висновок про те, що пропонована в п. 2.9 цієї роботи конструкція верстатного пристрою характеризується достатньою стійкістю та надійністю щодо роботи в умовах статичних та динамічних навантажень.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізувавши існуючий технологічний процес виготовлення «Ліхтаря» виявили його недоліки, що, в основному, стосуються використанням застарілого металорізального обладнання та засобів технологічного оснащення.

2. Розробили новий технологічний процес виготовлення деталі, що враховує недоліки базового та характеризується підвищенням продуктивності починаючи від вибору заготовки та металорізального обладнання до вибору ріжучого інструменту та необхідного верстатного пристрою, розраховано оптимальні режими різання та норми часу на операції.

3. У результаті проведення статичного та динамічного аналізів конструкції пропонованого верстатного пристрою було визначено що його конструкція цілком забезпечує стійкість роботи пристрою в умовах навантаження.

4. У додатку Г до роботи розглянуто питання з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора: Справочник-Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 464 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроения, 1985. Т 1.

3. Справочник технолога-машиностроителя. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроения, 1986. Т 2.

4. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” / Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.

5. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений. -Минск, 1986.- 240 с.

6. Панов А. А. Обработка металлов резанием: справочник / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; под ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

7. Егоров М. Е. Технология машиностроения : учебник [Текст] / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев ; Под ред. М.Е. Егорова. — 2-е изд., доп. — М. : Высшая школа, 1976. — 534 с.

8. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений: учебник для вузов / В. С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 277 с.

9. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении : учебник для вузов / П. А. Руденко. – Киев: Вища школа, 1985. – 255 с.

10. ДСТУ ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – К.: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАІНИ, 2003. – 55 с.

11. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пос. [Текст] / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск : Высшая школа, 1983. – 256 с.

12. Методические указания к практическим работам «Автоматизированное проектирование карты операционных эскизов в интегрированной системе «Компас» по курсу «САПР технологических процессов» / сост. Е. П. Квасов, А. Н. Онищенко. – Сумы : СумГУ, 1997. – 25 с.

13. Методические указания к практической работе «Автоматизированное проектирование карты наладки в интегрированной системе «Компас» по курсу «САПР технологических процессов» / сост. Е. П. Квасов, А. Н. Онищенко. – Сумы : СумГУ, 1999. – 21 с.

14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбёжные и фрезерные станки. – М. : Машиностроение, 1974. – 416 с.

15. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – Ч. 3. Протяжные, шлифовальные и доводочные станки. – 3-е изд. – М. : НИИ труда, 1978. – 360 с.

16. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Технологія машинобудування» / укладач О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2009. – 41 с.

17. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування : у 2 ч. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

18. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 ч. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

19. ГОСТ 3.1702-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 32 с.