

Державний вищий навчальний заклад
«Сумський державний університет»

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної (роботи)

перший (бакалаврський)
(освітній рівень)

на тему *Проектування технологічного процесу*
виготовлення диска розвантажувального 1.3000-3.30-01

Виконав: студент IV курсу, групи ТМз-61к
напряму підготовки (спеціальності)

131 «Прикладна механіка»

(Технології машинобудування)

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Клононцов Є. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Колесник В. О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Державний вищий навчальний заклад
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет ЦЗДВН
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітній рівень перший (бакалаврський)
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Залога В. О.

« ____ » _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

Клононцов Євгеній Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення
диска розвантажувального 1.3000-3.30-01

керівник проекту Колесник Віталій Олександрович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «09» квітня 2020 року № 0524-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) « ____ » _____ 201__ року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____
креслення деталі диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01
річний обсяг випуску деталей – 600 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку

4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання «_____» _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Технологічна частина</i>	10.05.2020	
2	<i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	15.05.2020	
3	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	20.05.2020	
4	<i>Оформлення комплекту технологічної документації</i>	25.05.2020	
5	<i>Оформлення креслень та презентації</i>	31.05.2020	

Студент

(підпис)*Є.О. Клонцов*
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)*В. О. Колесник*
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

«_____» _____ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
ДИСКА РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОГО 1.3000-3.30-01**

Бакалаврська кваліфікаційна робота
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(Технології машинобудування)

Студент

Є. О. Клононцов

Керівник

В. О. Колесник

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

РЕФЕРАТ

Записка 70 с., 8 рис., 8 табл., 12 джерел посилань.

Об'єкт роботи: «диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01» агрегату електронасосного ЦНС-180-1900м.

Мета роботи: аналіз технологічного процесу механічної обробки «диска розвантажувального 1.3000-3.30-01».

В роботі виконано аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі, аналіз технологічності виготовлення деталі. Розрахунково-аналітичним методом визначено тип виробництва, обрано форму організації робіт. Визначено раціональний метод отримання заготовки. Виконано аналіз базового технологічного процесу механічної обробки «диска розвантажувального 1.3000-3.30-01» з детальним аналізом двох верстатних операцій: свердлильної з ЧПК та токарної з ЧПК.

Розроблено спеціальну конструкцію верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки на токарній з ЧПК операції.

ВІДЦЕНТРОВИЙ НАСОС, ДИСК РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИЙ, ПОКОВКА,
БАЗУВАННЯ, ТОЧІННЯ, СВЕРДЛІННЯ

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі	5
2 Аналіз технічних вимог, що пред'являються до конструкції деталі.....	12
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	20
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	23
5 Вибір способу одержання вихідної заготовки	28
6 Аналіз технологічного процесу механічного оброблення заготовки.....	33
6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання	33
6.2 Обґрунтування вибору схем базування та закріплення заготовки	35
6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування.....	43
6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки	44
6.5 Визначення режимів різання.....	46
6.6 Технічне нормування операцій.....	54
7 Проектування верстатного пристрою	60
Висновки	68
Перелік джерел посилань	69
Додаток А Робоче креслення деталі «диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01»	71
Додаток Б Порівняльна характеристика типів виробництва.....	73
Додаток В Розрахунок припусків на діаметральні розміри.....	74
Додаток Г Патрон токарний клиновий (специфікація).....	75
Додаток Д Захист від шуму та ультразвуку у виробничих умовах	78

<i>ТМЗ 18190026-00.ПЗ</i>				
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		<i>Клононцов</i>		
Перевір.		<i>Колесник</i>		
Н. контр.		<i>Денисенко</i>		
Затверд.		<i>Залого</i>		
<i>Проектування технологічного процесу виготовлення диска розвантажувального</i>				
		Літ.	Аркуш	Аркушів
			3	70
<i>СумДУ</i>				

ВСТУП

Розвиток енергетичної галузі потребує створення нового енергетичного обладнання, в тому числі насосів різного призначення. Зокрема, для підвищення віддачі нафтових пластів, в останні необхідно закачувати значні обсяги води, що витісняють нафту на поверхню. У зв'язку з цим, в нафтовидобувній промисловості нашої країни широке застосування отримують лопатеві відцентрові насоси типу ЦНС-180, призначені для механізованого видобутку нафти.

Об'єкт роботи: «диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01» агрегату електронасосного ЦНС-180-1900м.

Мета роботи: аналіз технологічного процесу механічної обробки «диска розвантажувального 1.3000-3.30-01».

В роботі виконано аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі, аналіз технологічності виготовлення деталі. Визначено тип виробництва, обрано форму організації робіт. Визначено раціональний метод отримання заготовки.

Виконано аналіз базового технологічного процесу механічної обробки «диска розвантажувального 1.3000-3.30-01» з детальним аналізом двох верстатних операцій: свердлильної з ЧПК та токарної з ЧПК. Запропоновані раціональні схеми базування заготовки, раціональні моделі верстатів та технологічна оснастка, розраховані режими різання та технічні норми часу.

Розроблено спеціальну конструкцію верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки на токарній з ЧПК операції.

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

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ

Реалізація енергозберігаючої політики держави пов'язана з необхідністю видобутку в великих кількостях нафти, яку використовують як паливо теплових електростанцій. Найважливішу роль у вирішенні цього завдання відводять прискореному розвитку нафтовидобувних галузей народного господарства нашої країни. У свою чергу, розвиток енергетичної галузі потребує створення нового енергетичного обладнання, в тому числі насосів різного призначення. Зокрема, для підвищення віддачі нафтових пластів, в останні необхідно закачувати значні обсяги води, що витісняють нафту на поверхню. У зв'язку з цим, в нафтовидобувній промисловості нашої країни широке застосування отримують лопатеві відцентрові насоси типу ЦНС-180, призначені для механізованого видобутку нафти.

Наша промисловість випускає основне насосне обладнання для діючих і проєктованих нафтопромислів як в нашій країні, так і за кордоном.

Розглянутий в даній роботі агрегат електронасосний ЦНС-180-1900м призначений для закачування в нафтові пласти чистої води і нафтопромислових вод без вмісту сірководню і з вмістом механічних домішок не більше 0,1% за вагою і розміром твердих часток не більше 0,1 мм.

Насос типу ЦНС-180-1900м – відцентровий, горизонтальний, секційний, з одностороннім розташуванням коліс, з гідравлічною п'ятою, підшипниками ковзання і кінцевими ущільненнями комбінованого типу – щілинне ущільнення і ущільнення з м'яким сальниковим набиванням або торцеве ущільнення. Принцип дії відцентрового насоса полягає в перетворенні одержуваної від приводу енергії в потенційну енергію тиску і кінетичну енергію потоку рідини, що перекачується, за рахунок взаємодії з рідиною робочих коліс ротора і напрямних статора насоса.

Основні технічні характеристики електронасосного агрегату ЦНС-180-1900м представлені в таблиці 1.1.

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

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики агрегату ЦНС-180-1900м

Найменування характеристик	Показники
Подача номінальна, м ³ /с (м ³ /ч)	0,05 (180)
Тиск на вході, МПа	0,1 – 3,1
Напор, м	1900
Синхронна частота обертання, об/хв	3000
Допустимий кавітаційний запас не більше, м	7,0
Зовнішні витоки, м ³ /с	
- через сальникове ущільнення	14×10 ⁻⁵
- через торцеве ущільнення	14×10 ⁻⁵
Коефіцієнт корисної дії, не менше	73%
Потужність насоса при $\rho=1000$ кг/м ³	1350 кВт
Характеристика двигуна:	
- напруга, В	6000
- потужність, кВт	1600
- частота обертання, об/хв	3000

Як вже було сказано, насос ЦНС-180-1900м призначений для перетворення механічної енергії приводу (від електродвигуна) в енергію рідини, що перекачується. У кожній конструкції відцентрового насоса можна виділити основні елементи: проточні частини, розвантажувальні пристрої, кінцеві ущільнення і опори ротора [1]. До складу проточних частин входять підводи, робочі колеса і пристрої відведення. При цьому, підводи призначені для створення перед робочим колесом першого ступеня рівномірного і осесиметричного поля швидкостей рідини. Робочі колеса збільшують енергію рідини. Крім того, робочі колеса першого рівня повинні мати високу всмоктуючу здатність. Пристрої відведення перетворюють кінетичну енергію потоку рідини, що виходить з колеса, в потенційну енергію тиску.

Проточна частина насоса складається з підведення 3, див. рисунок 1.1, робочих коліс 5, посаджених на вал 1 по щільній посадці, напрямних апаратів 6, запресованих в секції 7. Робочі колеса спільно з направляючими апаратами і секціями, стягнутими шпильками 8, утворюють внутрішній корпус, який встановлюється в зовнішній корпус 9. Між робочими колесами і секціями розташовані щільні ущільнення 4. До торцевих поверхонь зовнішнього корпусу кріпляться кришки з боку входу 2 і нагнітання 10. У напірній кришці 10

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

розташована гідравлічна п'ята 11 розвантажувального пристрою насоса. Кінцеві ущільнення 12 вала 1 – щілинного типу з організованим відведенням протікання. Конструкція насоса дозволяє застосовувати і торцеві механічні ущільнення 16. Опори ротора насоса – гідродинамічні підшипники ковзання 13 з примусовим змащуванням від індивідуальної маслоустановки. Для обмеження осьових зсувів ротора в сторону нагнітання використовується упорний шарикопідшипник 14. Лапами, розташованими в осьовій горизонтальній площині, насос спирається на плиту 17. Кріплення лап до плити є рухомим, що допускає температурні розширення корпусу.

Як видно з вищенаведеного опису, одним з найважливіших елементів ротора відцентрового насоса є гідравлічна п'ята 11, яка жорстко встановлюється на валу 1 в кришці нагнітання 10. Гідравлічна п'ята є основним елементом автоматичного розвантажувального пристрою відцентрового насоса і призначена для врівноваження осьової сили в високонапірних багатоступеневих насосах з одностороннім розташуванням робочих коліс.

У свою чергу, основним елементом гідравлічної п'яти є «диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01», див. рисунок 1.2.

«Диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01» спільно з жорстко закріпленим на валу 1 (див. рисунок 1.1) нерухомим «опорним кільцем» (подушкою) утворює послідовно розташовані циліндричний і торцевий дроселі і камеру, що розділяє ці дроселі. Якщо під дією надлишкової осьової сили ротор зміщується вліво, то зазор між внутрішнім торцем фланця «диска розвантажувального» і правим торцем «опорного кільця» зменшується, а тиск в зазорі збільшується, відновлюючи рівність сили, що діє на ротор, і врівноважує сили, що діють на «розвантажувальний диск». Таким чином, гідроп'ята автоматично підтримує осьову рівновагу «ротора» насоса, виконуючи функції упорного підшипника. В процесі роботи по торцевих контактних поверхнях «диска розвантажувального» і «опорного кільця» можуть утворюватися задирки, які найчастіше утворюються на

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

нерозрахункових, перехідних режимах, при розгоні й вибігу, коли гідравлічна сила урівноваження є малою.

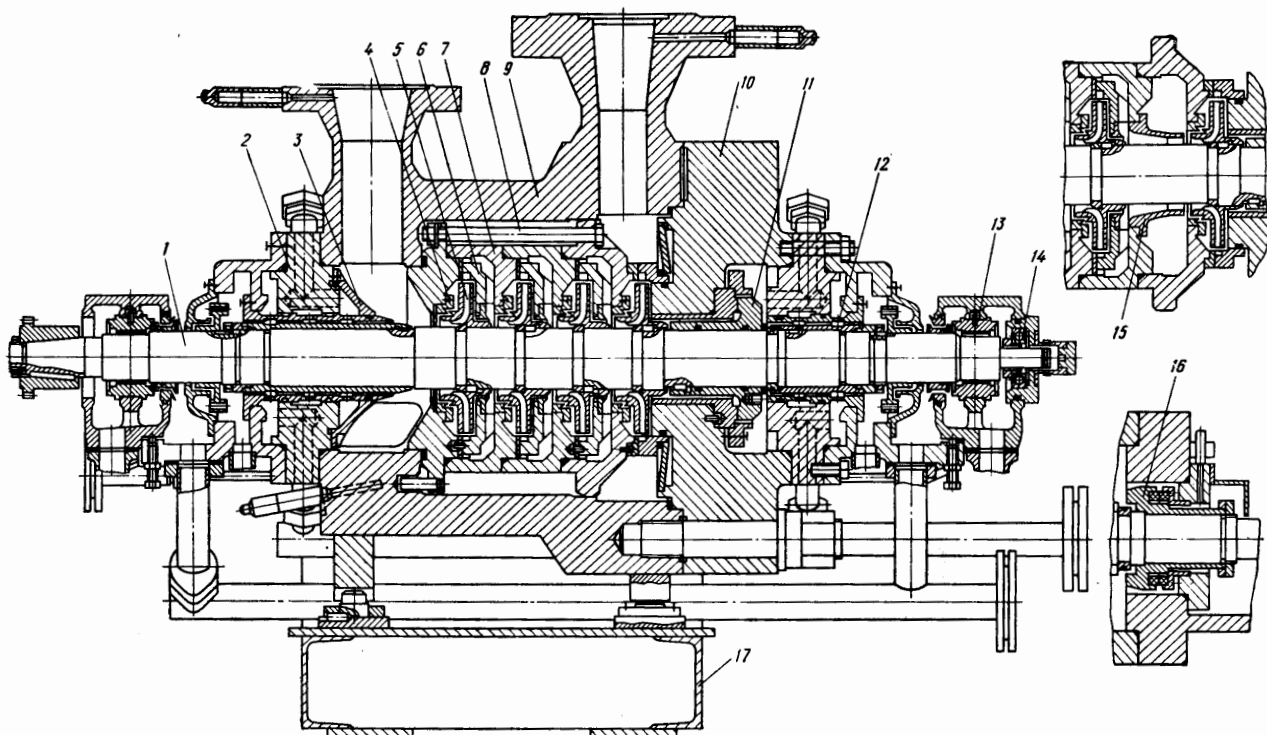


Рисунок 1.1 – Ескіз відцентрового насоса ЦНС-180

«Диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01», див. рисунок 1.2 (креслення деталі наведено у додатку А цієї роботи), відноситься до деталей типу «диск» і складається з маточини з зовнішнім діаметром 119h11 і з центральним наскрізним отвором з діаметром 95H7. У правій частині деталі виконаний фланець з діаметром 240h11 і шириною 46 мм. Загальна довжина деталі 66 мм. Таким чином, при відношенні $L / D < 1$ конструкція деталі є досить жорсткою.

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

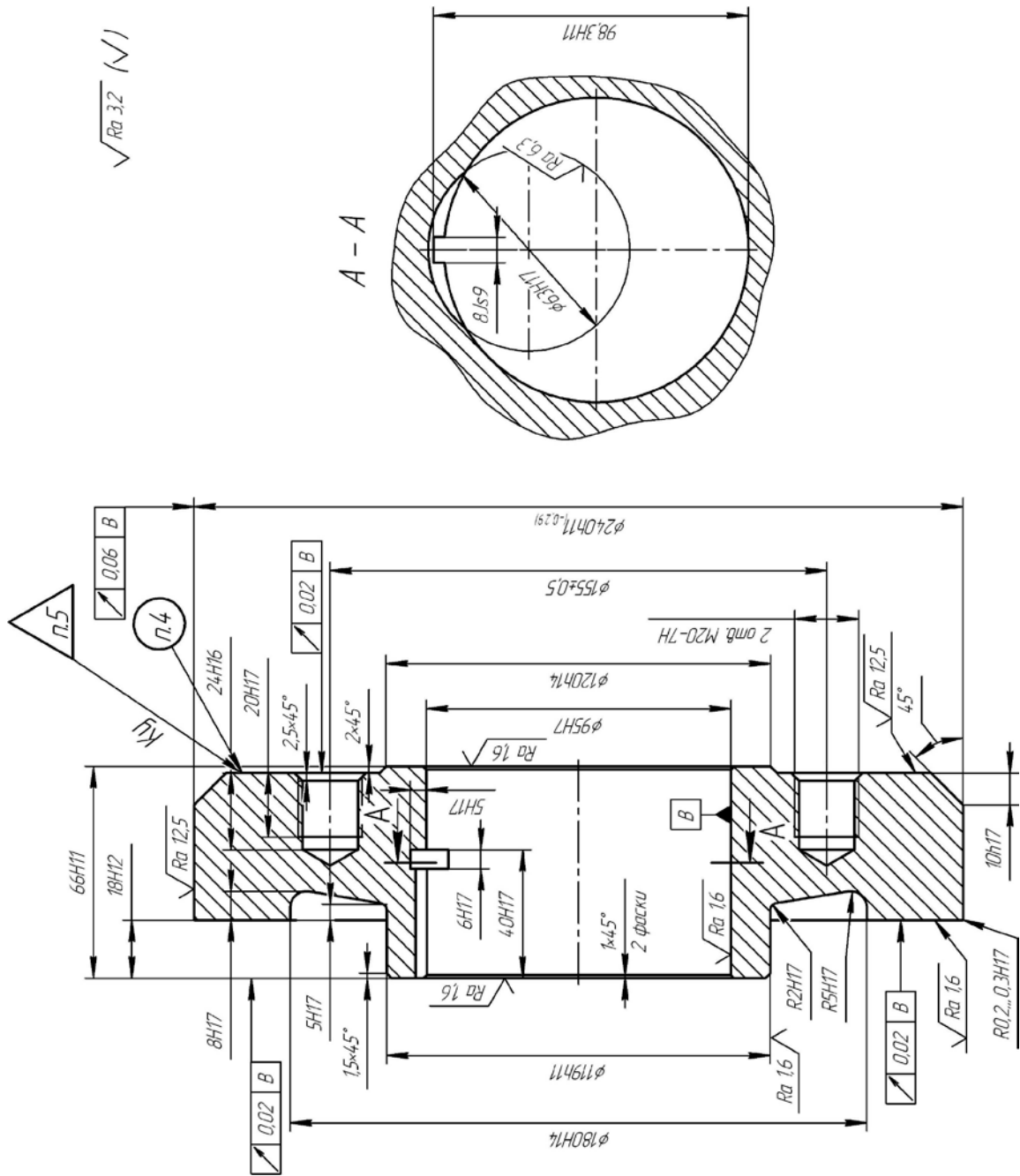


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Класифікуючи поверхні «диска розвантажувального» можна відзначити, що його основними виконавчими поверхнями є внутрішній торець фланця з розмірами $\varnothing 240h11/\varnothing 180H14$, зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 119h11$ і канавка з розмірами $\varnothing 180H14 \times 8H17 \times R2H17/5H17 \times R2H17$, які спільно з правим торцем і центральним отвором «опорного кільця» гідроп'яти створюють торцеву і циліндричну дросельні щілини і за рахунок канавки – камеру, що розділяє ці дроселі. До виконавчих поверхонь деталі слід віднести і зовнішню циліндричну поверхню фланця $\varnothing 240h11$, яка спільно з внутрішньою поверхнею «втулки», що встановлюється на зовнішню циліндричну поверхню «опорного кільця», утворюють розвантажувальну циліндричну щілину торцевого задросельного простору.

«Диск розвантажувальний» встановлюється у вузлі «ротора» насоса на його валу по внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 95H7$ з упором правим торцем $\varnothing 120h14/\varnothing 95H7$ в «проміжну втулку». Таким чином, зазначені поверхні є основними конструкторськими базами. При цьому, правий торець $\varnothing 120h14/\varnothing 95H7$ деталі є установчою базою, позбавляючи «диск» трьох ступенів свободи – поступального переміщення уздовж осі X і двох обертових переміщень навколо осей Y і Z (при горизонтальному розташуванні осі деталі та осі X). Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 95H7$ є подвійною опорною базою, позбавляючи «диск розвантажувальний» ще двох ступенів свободи: двох поступальних переміщень уздовж осей Y і Z. Останнього шостого ступеня свободи «диск розвантажувальний» позбавляється за рахунок опорної бази, в якості якої в деталі використовується бокова поверхня паза шириною $8Js9$. При цьому деталь позбавляється обертового переміщення навколо власної центральної осі (осі X).

До допоміжних конструкторських баз слід віднести різьбові поверхні двох отворів M20-7H. У зазначені отвори встановлюють болти знімача при розбиранні вузла «ротора» в процесі його експлуатації та ремонту.

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

Поверхня сегментного паза $\varnothing 63/6H17 \times 5H17$ є технологічною поверхнею, що слугує для виходу ріжучого інструменту, зокрема, довбача при обробленні шпонкового паза 8Js9. На зовнішній і внутрішній торцевих поверхнях «диска розвантажувального» виконано фаски $1,5 \times 45^\circ$ і $2 \times 45^\circ$, які також є технологічними поверхнями, що забезпечують зручність під час оброблення відповідних поверхонь деталі та її подальшої експлуатації і ремонту, полегшення процесу «складання-розбирання». Крім того, поверхні зазначених фасок, поряд з радіусами заокруглень $R2H17$, $R5H17$, $R(0,2 - 0,3)H17$ усувають концентратори напружень при переходах між внутрішніми і зовнішніми циліндричними і торцевими ступенями деталі.

Решта поверхонь деталі: скос на зовнішній поверхні фланця $\varnothing 240h11$ під кутом 45° , правий торець фланця і лівий торець деталі є вільними поверхнями, що визначають загальну конфігурацію «диска розвантажувального».

«Диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01» працює у порівняно складних умовах циклічних, знакозмінних навантажень, виконуючи функції розвантажувального пристрою, врівноважуючи значні осьові навантаження «ротора» відцентрового насоса ЦНС-180-1900м. При цьому максимальна частота обертання деталі досягає 3000 об/хв при максимальній масі обертових частин до 320 кг. Таким чином, в процесі експлуатації деталь піддається короткочасним осьовим вібраціям і навіть ударам в нестационарних, перехідних режимах роботи, переданим на неї від «ротора» насоса.

Деталь закрита від впливу навколишнього середовища, перебуваючи всередині «корпусу» насоса, але контактує робочим середовищем, що проходить через «ротатор» насоса, зокрема, чистою водою або нафтопромисловою водою без вмісту сірководню і з вмістом механічних домішок не більше 0,1% за вагою і розмірами твердих частинок не більше 0,1 мм, в результаті чого піддається їх корозійній дії і зношенню.

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

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

«Диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01», як уже зазначалося вище, є основним елементом гідравлічної п'яти автоматичного розвантажувального пристрою відцентрового насоса і призначений для врівноваження осьової сили в високонапірних багатоступеневих насосах з одностороннім розташуванням робочих коліс. При цьому, «диск розвантажувальний», див. рисунок 1.2, спільно з жорстко закріпленим на валу 1 (див. рисунок 1.1) нерухомим «опорним кільцем» утворює послідовно розташовані циліндричний і торцевий дроселі і камеру, що розділяє ці дроселі.

Робоче креслення «диска розвантажувального» дає повне уявлення про конфігурацію і розміри усіх поверхонь деталі, її матеріал і технічні вимоги й повністю відповідає діючим стандартам на оформлення креслень та іншої конструкторської документації. Усі розміри і шорсткість поверхонь вказані згідно з переважними рядами відповідно до вимог діючих стандартів.

«Диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01» відноситься до тіл обертання типу «диск» з відношенням довжини до її діаметру: $L/D < 1$. Деталь в правій частині має фланцеву ступінь з $\varnothing 240h11$ шириною 46 мм і скосом по зовнішній поверхні фланця під кутом 45° на відстані 10 мм від його правого торця. При зовнішньому діаметрі маточини деталі $\varnothing 119h11$ і діаметрі центрального отвору 95H7, незважаючи на шпонковий паз глибиною 3,3 мм, що знижує мінімальну товщину стінки деталі в районі маточини до 9 мм, в цілому «диск розвантажувальний» можна вважати досить жорстким за своєю конструкцією.

Аналіз технічних вимог на заготовку показує, що вона повинна виготовлятися із сталі 20X13 ГОСТ 5632-72, як поковка I групи НВ197-248 ГОСТ 25054-81. Такі вимоги задані цілком обґрунтовано, тому що «диск розвантажувальний», працюючи в порівняно складних умовах знакозмінних, циклічних навантажень, визначає працездатність і експлуатаційну надійність

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

усього вузла «ротора» відцентрового насоса. Вихід «диска розвантажувального» з ладу може привести до поломки всього насоса. У зв'язку з цим, з огляду на конфігурацію деталі, обґрунтовано підібраний її матеріал – високолегована корозійностійка сталь 20Х13. Ця сталь належить до I групи корозійностійких неіржавіючих сталей за ГОСТ 5632-72, що мають стійкість проти електрохімічної та хімічної корозії, міжкристалітної корозії, корозії під напругою тощо. З такою сталі виготовляють деталі з підвищеною пластичністю, що піддаються ударним навантаженням (клапани гідравлічних пресів), а також вироби, що піддаються дії слабоагресивних середовищ (атмосферні опади, водні розчини солей органічних кислот при кімнатній температурі тощо) [2]. Для таких сталей найбільша корозійна стійкість досягається після термічної обробки (загартування з відгартуванням) і полірування.

Сталь 20Х13 має середній вміст вуглецю – 0,20% і до (12 – 14)% хрому. Окрім цих елементів у її сталі може бути до 0,8% кремнію, 0,8% марганця, 0,025% сірки, 0,03% фосфору, 0,2% титану, 0,3% міді й 0,6% нікелю. Клас сталі 20Х13 – мартенситний. Дана сталь має такі механічні властивості при діаметрі поковок суцільного перетину від 200 мм до 500 мм: межа текучості $\sigma_{02} = 441$ МПа, тимчасовий опір розриву $\sigma_b = 647$ МПа, відносне подовження $\delta_5 = 15$ %, відносне звуження $\Psi = 45$ %, ударна в'язкість КСУ = $49 \text{ Дж/м}^2 \times 10^4$, твердість НВ (без термообробки) = (197 – 248).

Згідно з ГОСТ 25054-81 поковки I групи призначені для деталей, розміри яких приймаються з конструктивних міркувань (без розрахунку на міцність) і які не піддаються впливу середовища, що викликає міжкристалічну корозію. Поковки приймають партіями. Партія повинна складатися з поковок однієї марки сталі, виготовлених за одним кресленням, відповідно до умов комплектування, і оформлена документом про якість, що містить:

- найменування і товарний знак підприємства-виробника;
- номер замовлення;
- масу і кількість поковок;

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

- номер креслення і шифр поковки;
- результати хімічного аналізу і марку сталі;
- номер плавки, номер партії і групи поковки;
- результати механічних випробувань;
- режим термічної обробки;
- штамп технічного контролю;
- позначення цього стандарту.

При цьому умови комплектування партії: поковки однієї плавки стали.

Число термічних обробок поковок має бути не більше двох. Режим термічної обробки: загартування (1000 – 1050)°С на повітрі або в маслі, відгартовування (660 – 770)°С, охолодження на повітрі. В результаті забезпечується твердість у межах НВ (303 – 363).

Виходячи з вищевикладеного, обґрунтовано задані і вимоги з маркування позначення креслення ударним способом шрифтом ПО-5 ГОСТ 2930-62, а також таврування К, див. пункти 4 і 5 технічних вимог на кресленні деталі. Остання вимога з клеймування говорить про обов'язковий контроль поковки на твердість із забезпеченням нижньої межі твердості НВ 197, оскільки для поковок І групи зазвичай перевірку по твердості не передбачено. Однак, за умовами експлуатації виконавча поверхня «диска розвантажувального» повинна піддаватися термообробленню, щоб його поверхня була за твердістю на 50 одиниць за Брінелем більше твердості робочої поверхні подушки гідропр'яти (у межах НВ (303 – 363) для зменшення можливості виникнення задирок і зношення за наявності металевого контакту цих деталей в процесі роботи. Тому, контроль заготовок по твердості є необхідним, а значить для обов'язкового контролю твердості всіх 100% заготовок «диска розвантажувального» в технічних вимогах на його виготовлення бажано було б замість І групи поковки ГОСТ 25054-81 вказати поковку ІІІ групи.

Технічні вимоги на виготовлення деталі містять граничні відхилення розмірів, допуски взаємного розташування поверхонь, вимоги по шорсткості

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

поверхонь. Зокрема, основна конструкторська база деталі виконується по 7 квалітету точності (внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 95H7$) з шорсткістю 1,6 мкм Ra. Як точність поверхні, так і її шорсткість задані цілком обґрунтовано, оскільки «диск розвантажувальний» встановлюється на вал ротора насоса по посадці з нульовим зазором – $\varnothing 95H7/h6$, забезпечуючи мінімальний зазор в сполученні в 0 мкм і максимальний зазор – 57 мкм. Така точність, посадка H по h і шорсткість поверхонь забезпечують високу ступінь центрування сполучених деталей, що дуже важливо, оскільки «диск розвантажувальний», який призначений для гасіння осьових вібрацій і в нестационарних режимах роботи – навіть осьові ударні навантаження, повинен щільно прилягати по посадочних поверхонь до валу ротора насоса. В іншому випадку, наявність підвищеного зазору в сполученні при постійних вібраціях призводить до підвищеного зношення і навіть «розбивці» посадочних поверхонь і виходу їх з ладу. З іншого боку, установка «диска розвантажувального» на валу ротора по перехідній посадці не дозволить забезпечувати порівняно вільне складання-розбирання деталей, в процесі подальшої експлуатації і ремонту насоса.

З цих же міркувань вірно задані значення точності розмірів, точності взаємного розташування поверхонь і їх шорсткості і для інших поверхонь «диска розвантажувального», що є основними конструкторськими базами. Зокрема, вірно задані шорсткість (1,6 мкм Ra) і торцеве биття лівого і правого торців деталі (габаритний розмір 66H11) з допуском 0,02 мм щодо бази $\varnothing 95H7$. Даний допуск відповідає 6-й – 7-й ступеням точності з найближчими стандартними допусками 0,016 мм і 0,025 мм, відповідно [3]. Така низька шорсткість і висока точність взаємного розташування поверхонь необхідна в зв'язку з тим, що правий торець деталі також є основною конструкторською базою, і по ньому на валу ротора «диск розвантажувальний» притискається до торця «проміжної втулки», а по лівому торцю до «диску розвантажувального» притискається торець «опорного кільця». З огляду на постійні осьові вібрації ротора насоса, висока точність по торцевому биттю «диска розвантажувального» забезпечує і високу ступінь

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

прилягання (площинності) сполучених поверхонь розглянутих деталей, що не приведе до підвищеного зношення і «розбивці» посадочних торців. Аналогічно високі вимоги пред'являють і до бокових поверхонь паза, які також є основною конструкторською базою деталі. Тут ширина паза 8Js9 виконується за стандартним 9 квалітетом точності, що забезпечує нормальний тип шпонкового з'єднання по перехідній посадці. При цьому, знову ж таки, через наявність постійних осьових вібрацій і високої частоти обертання «ротора» з «диском розвантажувальним» (у межах 3000 об/хв), необхідно забезпечувати високу точність взаємного розташування бокових поверхонь паза: допуск зміщення осі паза щодо осі отвору $\varnothing 95H7$ – не більше 0,05 мм, що відповідає 9-й ступені точності, перекося – не більше 0,05 мм на всій довжині паза. Така висока точність пояснюється необхідністю точного розташування шпонкового пазу на валу ротора і всередині «диска розвантажувального», що забезпечить їх щільне і надійне з'єднання за допомогою шпонки. Це, з одного боку, не дозволить провертатися «диску розвантажувальному» щодо вала ротора у разі, якби в шпонковому з'єднанні утворився зазор, що призвело б до підвищеного зношення і руйнування бокових поверхонь шпонки і пазів, а значить і «зрізання» шпонки, а, з іншого боку, в разі перекося пазів при установці в них шпонки взагалі не дозволило б їх зібрати разом. У разі ж подальшої слюсарної підгонки шпонкового з'єднання, порушиться його щільність і знизиться експлуатаційна надійність, знову ж таки, з вищевикладеними наслідками.

Порівняно жорсткі технічні вимоги пред'являються і до виконавчих поверхонь «диска розвантажувального». Зовнішні діаметри маточини $\varnothing 119h11$ і фланця $\varnothing 240h11$ виконуються з точністю по IT11. Допуск радіального биття зовнішньої поверхні фланця $\varnothing 240h11$ заданий у межах 0,06 мм щодо отвору $\varnothing 95H7$, що відповідає 7-й – 8-й ступеням точності з найближчими стандартними допусками 50 мкм і 80 мкм, відповідно. Зазначені вимоги задані обґрунтовано, оскільки розглянута поверхня $\varnothing 119h11$ спільно з внутрішньою поверхнею центрального отвору «кільця опорного» утворюють циліндричний дросель

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

гідроп'яти пристрою урівноваження ротора відцентрового насоса, а $\varnothing 240 \times 11$ – спільно з внутрішньою поверхнею «втулки», яка встановлюється на зовнішню циліндричну поверхню «опорного кільця», утворюють розвантажувальну циліндричну щілину торцевого задросельного простору. Зниження точності по зазначеним вимогам призведе до порушення рівномірності циліндричного дросельного зазору в його поздовжньому і поперечному перетинах. При цьому, з одного боку, збільшення зазору призведе до зниження тиску в циліндричному дроселі, а, значить, знизиться тиск і в торцевому дроселі гідроп'яти, що при осьових вібраціях ротора загрожує зменшенням торцевого зазору до нуля і утворенням жорсткого контакту (удару) між торцевими поверхнями «диска розвантажувального» і «кільця опорного», в результаті чого на останніх можуть утворитися задирки і підвищене зношення, що призведе до виходу з ладу всього вузла «ротора». З іншого боку, нерівномірність зазору циліндричного дроселя може привести до утворення турбулентних потоків циркулюючої в ньому рідини, що при масі обертових частин до 320 кг і частоті обертання в межах 3000 об/хв викликатиме виникнення підвищених інерційних навантажень, а, значить, і виникнення вібрацій, що є неприпустимим, оскільки розвантажувальний пристрій якраз і призначений для їх гасіння. У свою чергу, порушення розмірів розвантажувальної циліндричної щілини торцевого задросельного простору може привести до зміни тиску в ньому і перерозподілу тиску навіть в торцевому дроселі гідроп'яти, що призведе знову ж до негативних вищевказаних наслідків. Що стосується шорсткості зовнішньої поверхні маточини, то вона задана в межах 1,6 мкм Ra і відповідає заданій точності розмірів розглянутої поверхні. А шорсткість зовнішньої поверхні фланця – 12,5 мкм Ra – явно завищена і при частоті обертання в 3000 об/хв вона додатково буде сприяти утворенню турбулентних завихрень рідини з усіма вищезгаданими наслідками. Тут варто було б знизити шорсткість також до 1,6 мкм Ra.

Аналогічними умовами експлуатації «диска розвантажувального» пояснюються і жорсткі технічні вимоги, що пред'являються до торцевої

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

внутрішньої поверхні фланця. Остання виконується в розмір 18H12 з точністю по IT12. Однак, незважаючи на такий порівняно невисокий по точності квалітет, висока точність зазору торцевого дроселя і його рівномірність забезпечується за рахунок високої точності торцевого биття розглянутої поверхні, допуск на яке задано в межах 0,02 мм щодо базового отвори $\varnothing 95H7$, що відповідає 6 ступеню точності. Така висока точність задана цілком обґрунтовано, тому що її зниження може призвести до нерівномірності торцевого зазору. У цьому випадку, як і для циліндричного дроселя, з одного боку, можливе збільшення зазору призведе до зниження тиску в торцевому дроселі гідроп'яти «ротора», що при осьових вібраціях загрожує зменшенням торцевого зазору до нуля і утворенням жорсткого контакту (удару) між торцевими поверхнями «диска розвантажувального» і «кільця опорного», в результаті чого на останніх можуть утворитися задирки і підвищене зношення, що призведе до виходу з ладу всього вузла. А, з іншого боку, про що вже також говорилося, нерівномірність зазору призведе до утворення турбулентних потоків циркулюючої в ньому рідини, що при великих масах обертових частин і частоті обертання в межах 3000 об/хв викликатиме підвищені інерційні навантаження і вібрації, що неприпустимо для розвантажувального пристрою за його службовим призначенням. Шорсткість торцевої поверхні фланця задана в межах 1,6 мкм Ra, що відповідає точності розміру і взаємного розташування поверхонь та їх службовому призначенню.

Набагато нижче точність торцевої канавки $\varnothing 180H14 \times 8H17 \times R2H17 / 5H17 \times R2H17$, яка утворює камеру, що розділяє циліндричний і торцевий дроселі гідроп'яти. Тут точність діаметрального розміру забезпечується з допуском за IT14. Ще нижче точність (за IT17) задано по ширині канавки (8 мм і 5 мм). Зазначені розміри визначають розміри розділової камери, точність форми і розміри якої не впливають на працездатність гідроп'яти розвантажувального пристрою, тому й не слід підвищувати їх точність. А ось шорсткість зазначених поверхонь (12,5 мкм Ra) здатна утворювати в камері турбулентні, нестационарні завихрення потоків рідини, що може призвести до коливань тисків та їх

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

перерозподілу між циліндричним і торцевим дроселями гідроп'яти, зменшуючи тиск в торцевому дроселі. Це, як і в попередніх випадках, може призвести до утворення жорсткого контакту (удару) між торцевими поверхнями «диска розвантажувального» і «кільця опорного», в результаті чого на останніх можуть утворитися задирки і підвищене зношення, що призведе до руйнування і виходу з ладу всього вузла. Тому шорсткість поверхонь камери необхідно знизити до 1,6 мкм Ra.

Відповідає службовому призначенню точність і шорсткість поверхонь і допоміжних конструкторських баз. Зокрема, відповідає службовому призначенню точність і шорсткість різьбових поверхонь 2-х отворів М20-7Н, які в процесі експлуатації не несуть ніякого навантаження, і в які встановлюються болти знімача лише при демонтажі «диска розвантажувального». Це звичайна, нормальна точність виготовлення внутрішніх різьб. Її цілком достатньо для забезпечення нерухомих, рознімних різьбових з'єднань. Шорсткість різі також відповідає стандартним значенням – 3,2 мкм Ra.

Точність інших вільних поверхонь деталі, зокрема, за розмірами радіусів і лінійних розмірів задано по IT14 – IT17, що цілком відповідає їхньому службовому призначенню. Відповідає їм і шорсткість поверхонь 3,2 мкм – 12,5 мкм Ra.

Інші технічні вимоги, в основному, задані вірно і ясно видно завдання, що стоять перед технологом.

Як зауваження слід зазначити відсутність в технічних вимогах креслення «диска розвантажувального 1.3000-3.30-01» запису про невказані граничні відхилення розмірів за Н14, h14 і $\pm t/2$, що призводить до деякої неясності у визначенні допусків, наприклад, на розміри фасок.

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

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Тип виробництва згідно з ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який показує «відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом впродовж місяця, до числа робочих місць» [4]. Тому визначаємо тип виробництва через розрахунок $K_{з.о}$ згідно з типовою методикою, наведеною в [5], враховуючи задану річну програму випуску виробів у 600 штук і заводські норми штучно-калькуляційного часу за операціями механічної обробки «диска розвантажувального». Усі розрахунки зведемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{з.о}$

№ з/п	Операція	$T_{шт}$, хв.	m_p , шт.	P , осіб	$\eta_{з.ф.}$	O
1	Токарна	8,95	0,028	1	0,028	29
2	Токарна	9,2	0,029	1	0,029	28
3	Токарна	7,3	0,023	1	0,023	35
4	Токарна	11,4	0,035	1	0,035	23
5	Свердлильна	5,8	0,018	1	0,018	44
6	Фрезерна	4,9	0,015	1	0,015	53
7	Довбальна	4,22	0,013	1	0,013	62
				$\Sigma P = 7$		$\Sigma O = 274$

Розрахункову кількість необхідного устаткування визначимо за формулою [5]:

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

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи устаткування. $F_d = 4029$ год. [5].

$\eta_{з.н} = 0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування для умов дрібносерійного виробництва [5];

$T_{шт}$ – штучний час обробки деталі на відповідній операції.

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

Як приклад, наведемо розрахунок необхідної кількості устаткування на першій операції:

$$m_p = \frac{600 \cdot 8,96}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} \approx 0,028.$$

Результати розрахунків за всіма операціями заносимо до таблиці 3.1.

Кількість робочих по кожній операції:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = 1 \text{ особа.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначимо за формулою:

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

Розрахунки ведемо для кожної операції, результати заносимо до таблиці 3.1.

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці визначимо за формулою:

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

Розрахунки ведемо для кожної операції, результати заносимо до таблиці 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій визначимо за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{274}{7} \approx 39,1.$$

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

Розрахункова величина коефіцієнта закріплення операцій входить до діапазону від 20 до 40 одиниць ($K_{з.о} = 39,1$), що відповідає дрібносерійному типу виробництва [5].

Як відомо, в умовах дрібносерійного виробництва вироби виготовляють партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією та типорозмірами виробів, які запускають у виробництво одночасно» [4]. Характеристику дрібносерійного виробництва наведемо у додатку Б цієї роботи.

Беремо групову форму організації робіт, яка є характерною для умов дрібносерійного виробництва. Як відомо, в умовах групової форми організації робіт передбачено формування предметно-замкненої ділянки для виготовлення групи виробів, подібних за своїми конструктивно-технологічними ознаками.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою [5]:

$$N_n = \frac{N_p \cdot a}{259}, \quad (3.4)$$

де a – періодичність запуску, в днях ($a = 24$ – один раз на місяць) [5];

$$N_n = \frac{600 \cdot 24}{259} \approx 55,6,$$

беремо $N_n = 56$ шт.

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

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Виконаємо аналіз технологічності конструкції деталі «диск розвантажувальний», який спрямований на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на проектування, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт виробу при забезпеченні необхідного його якості, дотриманні безпечних умов праці та екології виробництва. Чим простішою є конструкція виробу, чим менше трудомісткість і собівартість його виготовлення, тим більш технологічним є виріб.

Аналіз матеріалу вихідної заготовки деталі показує, що вона повинна виготовлятися зі сталі 20X13 ГОСТ 5632-72, I група. Це досить вартісна високолегована корозійностійка сталь, що відноситься до I групи корозійностійких неіржавіючих сталей, що володіють стійкістю проти електрохімічної та хімічної корозії. З такої сталі виготовляють деталі з підвищеною пластичністю, що піддаються ударним навантаженням, а також вироби, що піддаються дії слабоагресивних середовищ. Для таких сталей найбільша корозійна стійкість досягається після термічної обробки (загартування з відгартуванням) і полірування. Сталь 20X13 має середній вміст вуглецю – 0,20%, до (12 – 14)% хрому і має порівняно високі фізико-механічні властивості після термообробки, див. 2 розділ цієї роботи.

Оброблюваність такої сталі різанням є порівняно гарною, що підвищує технологічність конструкції деталі. При використанні однокарбідних твердих сплавів типу ВК (ВК8, ВК6М) можна отримати необхідну точність по IT7 і необхідну шорсткість поверхонь – 1,6 мкм Ra лезовим інструментом без застосування оздоблювальних операцій абразивним інструментом.

Заготовка «диска розвантажувального» виходить в заводських умовах у вигляді поковки вільним куванням на молотах по I групі згідно ГОСТ 25054-81. Даний метод отримання заготовки та її точність в умовах дрібносерійного

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

виробництва забезпечує оптимальний розкрій матеріалу з досить невисокою собівартістю отримання заготовки, що є технологічним фактором. Однак значний перепад зовнішніх сходинок деталі від діаметра маточини 119h11 до діаметра фланця 240h11 дещо знижує технологічність отримання заготовки, оскільки вимагає застосування додаткової спеціальної оснастки, зокрема, підкладних кілець або підкладних штампів, що підвищить собівартість отримання заготовки. Маса заводської заготовки – порівняно не велика (31 кг), а маса деталі – 12,8 кг і за цим показником її можна вважати технологічною, оскільки її механічну обробку можна проводити на поширеному негабаритному устаткуванні із застосуванням стандартизованої, універсальної технологічної оснастки.

За геометричною формою поверхонь «диска розвантажувального», його конструкція досить проста і порівняно технологічна і являє собою тіло обертання типу «диск» з відношенням довжини до її діаметру: $L/D < 1$. Деталь в правій частині має фланцеву ступінь с діаметром 240h11 шириною 46 мм і скосом по зовнішній поверхні фланця під кутом 45° на відстані 10 мм від його правого торця. При зовнішньому діаметрі маточини деталі 119h11 і діаметрі центрального отвору 95H7, незважаючи на сегментну канавку і шпонкові паз, що знижує мінімальну товщину стінки деталі до 8,7 мм, в цілому «диск розвантажувальний» можна вважати досить жорстким, що є технологічним фактором, дозволяючи вести багатоінструментальну, високопродуктивну механічну обробку заготовки на підвищених режимах різання.

Технологічним слід вважати і виконання в деталі безступінчастого центрального отвору $\varnothing 95H7$, що дозволяє виконувати його розточення напрохід з одного установа на високих швидкостях різання. На деталі відсутні різкі переходи між циліндричними і торцевими зовнішніми і внутрішніми ступенями, для чого між ними виконуються фаски, радіусні переходи, що усуває концентратори напружень, підвищує її експлуатаційну надійність і технологічність, див. рисунок 1.2.

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

Проставлення розмірів деталі виконано вірно, дозволяє поєднати технологічні і вимірювальні бази і, тим самим, усунути похибки базування при механічній обробці заготовки, підвищити точність обробки поверхонь деталі, що також є технологічним фактором.

Загалом, порівняно раціональна конфігурація поверхонь «диска розвантажувального», їх якість дозволяє в процесі, як отримання заготовки, так і при механічній обробці використовувати високопродуктивне обладнання та інструмент, багаторіздцеві налагодження, проводити обробку ряду поверхонь напрохід.

Разом з тим, в конфігурації «диска розвантажувального» є ряд нетехнологічних елементів. Перш за все, це відноситься до наявності на правому її торці – фланця. Це ускладнює базування і закріплення заготовки при її механічній обробці, підвищує коефіцієнт використання матеріалу. Через великий перепад зовнішніх діаметрів фланця і маточини ($\varnothing 240h11/\varnothing 119h11$), неможливо при переустановленні заготовки в межах однієї операції використовувати один і той же верстатний пристрій, що, в кінцевому підсумку призводить до розбивки такої операції на дві операції, а значить, знизить точність і продуктивність обробки, підвищить її собівартість. При цьому, для досягнення необхідної якості поверхонь необхідно буде використовувати різноманітну, спеціальну технологічну оснастку, що дозволяє здійснювати необхідну кількість переустановлень заготовки, що збільшує допоміжний час.

До нетехнологічних конструктивних елементів деталі слід віднести обробку скоса шириною 10 мм на фланці деталі на діаметрі 240h11 під кутом 45° . Це ускладнює механічну обробку, оскільки потребує застосування або верстатів з ЧПК, або спеціальних інструментів. В результаті знижується продуктивність обробки, зростає її собівартість. Утруднена обробка і торцевої канавки на внутрішній стороні фланця, виконуваної в розмірі: $\varnothing 180H14 \times 8H17 \times R5H17 \times R2H17 \times 5H17 \times \varnothing 119h11$. Для обробки однієї такої кільцевої «торце-циліндричної» канавки потрібно як мінімум два спеціальних

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

канавкових різця і досить складне операційне їх налагодження. В результаті, знову ж таки, знижується продуктивність обробки, зростає її собівартість.

З умов застосування малопродуктивних методів обробки, нетехнологічним слід вважати і обробку закритого з одного боку внутрішнього паза шириною 8Js9. Для його обробки необхідно використовувати малопродуктивний метод довбання, до того ж, з огляду на високу точність паза, – в 2 етапи: чорнове і чистове довбання. При цьому, для виходу (перебігу) довбача в кінці паза необхідно в заготовці виконати секторну канавку, що потребують введення в технологічний процес механічної обробки «диска розвантажувального» додаткової фрезерної операції. У підсумку також знижується продуктивність обробки, підвищується її собівартість.

Підвищує трудомісткість механічної обробки заготовки висока розмірна точність внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 95H7$, низька шорсткість поверхонь в межах 1,6 мкм Ra при загальній шорсткості поверхонь деталі в межах 3,2 мкм Ra; а також високі вимоги щодо точності взаємного розташування поверхонь, такі як радіальне биття зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 240h11$ з допуском 0,06 мм щодо осі отвору $\varnothing 95H7$, і торцеві биття фланця деталі та її лівого торця з допусками 0,02 мм щодо того ж отвору $\varnothing 95H7$, див. рисунок 1.2. Для забезпечення зазначених вимог при механічній обробці необхідно використовувати додаткові чистові етапи, що вимагає застосування більш точного обладнання, технологічного оснащення, а в результаті зростають трудовитрати, час обробки, що знижує продуктивність обробки і підвищує її собівартість.

Знижує технологічність конструкції деталі і невисока уніфікація застосовуваних в деталі фасок і радіусів. З шести фасок більше половини мають різні розміри: $1 \times 45^\circ$, $1,5 \times 45^\circ$, $2 \times 45^\circ$, $2,5 \times 45^\circ$. Два радісних переходи виконуються в різні розміри: R5H17 і R2H17.

В іншому за своєю конфігурацією деталь є технологічною і труднощів при її механічній обробці не передбачається.

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

На кресленні деталі використовується комбінований метод проставляння розмірів, що забезпечує зручність в їх вимірюванні в процесі механічної обробки. У загальному випадку розмірні ланцюги забезпечують однозначне визначення всіх конструктивних елементів деталі.

З огляду на досить високу розмірну точність оброблюваних поверхонь і точність взаємного розташування, при їх механічній обробці слід максимально дотримуватися принципів єдності і сталості баз, а також намагатися обробляти максимально можливу кількість поверхонь з одного установа.

З точки зору побудови необхідно відзначити, що деталь «диск розвантажувальний» знаходиться у вузлі «ротора» відцентрового насоса і може легко зніматися і встановлюватися в процесі експлуатації і ремонту, що підвищує її технологічність.

Таким чином, в результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що в цілому деталь «диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01» є досить технологічною, як при виготовленні заготовки, так і при подальшій механічній обробці і складанні у вузлі «ротора» відцентрового насоса ЦНС-180-1900м.

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

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

У базовому технологічному процесі заготовку «диска розвантажувального 1.3000-3.30-01» отримують у вигляді поковки вільним куванням на молотах. Конфігурація такої поковки – одноступінчастий диск з центральним отвором. Це цілком прийнятний метод отримання заготовки для умов дрібносерійного виробництва. Трудомісткість отримання такої заготовки є незначною, при цьому мають місце порівняно високі коефіцієнти використання матеріалу заготовки:

$$K_{в.м} = M_{дет}/M_{заг} , \quad (5.1)$$

де $M_{дет}$ – маса деталі, кг;
 $M_{заг}$ – маса заготовки, кг.

$$K_{в.м} = 12,8/31 = 0,41.$$

Як альтернативний варіант отримання заготовки розглянемо її отримання у вигляді поковки вільним куванням на молотах з використанням підкладних кілець. Це наблизить її конфігурацію до розмірів і форми готової деталі, підвищить коефіцієнт використання матеріалу до $K_{в.м} = 12,8/21,9 = 0,58$, однак зросте і собівартість отримання заготовки.

Подальший вибір методу отримання заготовки здійснюємо з використанням типової методики техніко-економічного обґрунтування [5].

Вартість заготовок, одержуваних у вигляді поковки можна визначити за формулою [5]:

$$S_{нок} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_m \cdot K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{вдх}}{1000} , \quad (5.2)$$

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

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, отримуваних куванням, грн;
 k_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки;
 k_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки;
 k_B – коефіцієнт, що залежить від маси поковки;
 k_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки;
 k_P – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва поковок;
 Q – маса поковки, кг;
 q – маса деталі, кг;
 $S_{вдх}$ – вартість 1 т відходів, грн.

Значення розглянутих коефіцієнтів, маси заготовок і базова вартість методів отримання заготовок за розглянутими варіантами наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку собівартості заготовки

Найменування показника	Позначення показника	Базовий варіант	Проектований варіант
Базова вартість 1 т заготовок, грн	C_i	30500	36800
Маса заготовок, кг	Q	31,0	21,9
Коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки	k_T	1,0	1,0
Коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки	k_C	0,77	0,86
Коефіцієнт, що залежить від маси поковки	k_B	0,71	0,71
Коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки	k_M	1,77	1,77
Коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок	k_P	1,0	1,0
Маса деталі, кг	q	12,8	12,8
Вартість відходів, грн	$S_{вдх}$	3800	3800

В цьому випадку, собівартість заготовки, одержуваної вільним куванням на молотах, за базовим варіантом дорівнює:

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

$$S_{нок1} = \left(\frac{30500}{1000} \cdot 31 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 0,71 \cdot 1,77 \cdot 1 \right) - (31 - 12,8) \cdot \frac{3800}{1000} = 845,76 \text{ грн.},$$

Собівартість поковки вільним куванням на молотах з використанням підкладних кілець в проектуваному варіанті дорівнює:

$$S_{нок2} = \left(\frac{36800}{1000} \cdot 21,9 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 0,71 \cdot 1,77 \cdot 1 \right) - (21,9 - 12,8) \cdot \frac{3800}{1000} = 836,42 \text{ грн.}$$

Як бачимо, вартість поковок, одержуваних вільним куванням на молотах з використанням підкладних кілець є меншою за вартість звичайних поковок, у зв'язку з чим можна отримати річний економічний ефект: обираємо метод отримання заготовки – поковка вільним куванням на молотах з використанням підкладних кілець.

При методі отримання заготовки вільним куванням на молотах припуски і допуски на заготовку визначаємо згідно з ГОСТ 7829-70.

Для зазначеної деталі тип поковки – втулка з уступами і отвором, що виготовляється в підкладних кільцях. Співвідношення розмірів:

$$h < D_1,$$

$$h < 0,75H,$$

$$D_1 - D_2 > 0,2D,$$

$$0,5D_2 > d > 0,4,$$

де – h – ширина фланця деталі;

H – довжина деталі;

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

D_1 – діаметр фланця деталі;

D_2 – діаметр маточини деталі;

d – діаметр центрального отвору деталі.

У таблиці 5.2 для даної поковки додатковий припуск на несоосність ступенів поковки призначаємо на діаметр маточини $119h11$, оскільки виконується відношення:

$$D_1^* \cdot h > D_2^* \cdot (H^* - h^*),$$

$$252 \cdot 58 > 134 \cdot (76 - 58),$$

де h^* – ширина фланця поковки;

H^* – довжина поковки;

D_1^* – діаметр фланця поковки;

D_2^* – діаметр маточини поковки.

Таблиця 5.2 – Визначення розмірів заготовки, у міліметрах

Розмір деталі	Основні припуски і допуски розмірів поковки	Додатковий припуск на несоосність ступенів поковки	Розрахунок розмірів заготовки	Кінцеві розміри заготовки з допусками
1	2	4	6	7
$\varnothing 240h11$	12 ± 3	-	$240 + 12 = 252$	$\varnothing 252 \pm 3$
$\varnothing 119h11$	8^{+4}_{-2}	7	$119 + 8 + 7 = 134$	$\varnothing 134^{+4}_{-2}$
$\varnothing 95H7$	18 ± 3	-	$95 - 18 = 57$	$\varnothing 77 \pm 3$
66	10 ± 3	-	$66 + 10 = 76$	76 ± 3
48	10 ± 3	-	$48 + 10 = 58$	58 ± 3

Ескіз поковки з уточненими розмірами наведений на рисунку 5.1.

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

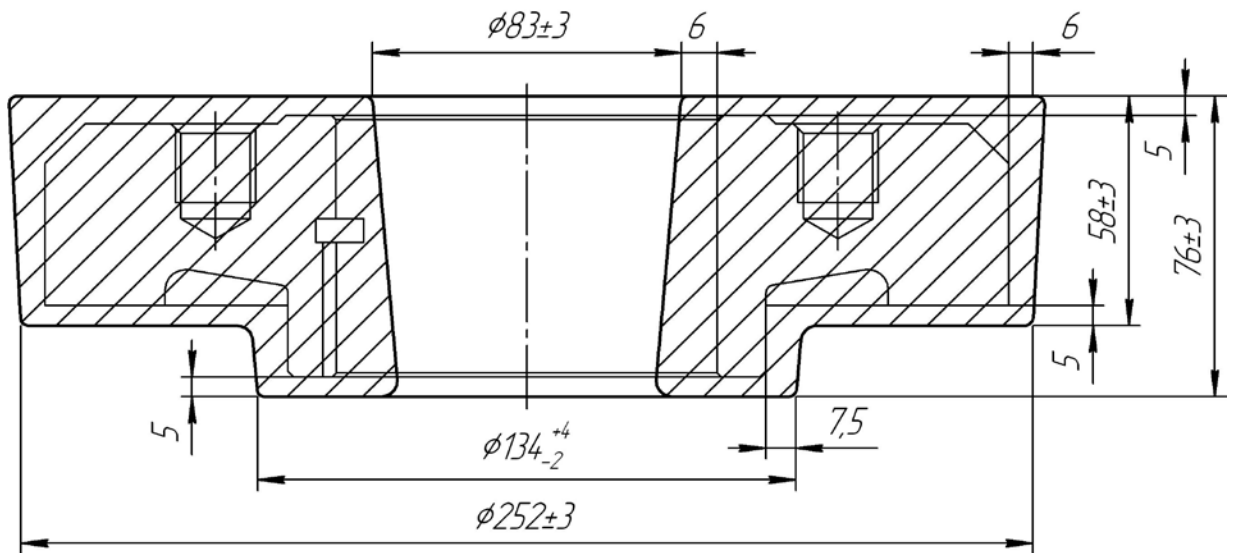


Рисунок 5.1 – Ескіз поковки

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

6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання

Припуски, допуски й міждопераційні розміри при обробленні циліндричного отвору $\varnothing 95H7$ визначимо з використанням розрахунково-аналітичного методу проф. В. М. Кована, в основі якого знаходиться формула розрахунку мінімального припуску на i -й перехід [5]:

$$2z \min_i = 2 \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon y_i^2} \right), \quad (6.1)$$

де Rz_{i-1} – шорсткість, яка формується на попередньому ($i-1$) переході;

H_{i-1} – глибина дефектного шару, яка формується на попередньому ($i-1$) переході;

εy_i – похибка установки заготовки на поточному (i) переході;

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

Згідно з технологічним процесом механічної обробки циліндричного отвору $\varnothing 95H7$, останній оброблюють в три етапи: чорнове, півчистове і чистове розточування. Значення Rz_{i-1} и H_{i-1} визначалися згідно з джерелами [5, 6]:

- для поковки: $Rz_{i-1} = 500$ мкм; $H_{i-1} = 750$ мкм;
- після чорнового розточування: $Rz_{i-1} = 250$ мкм; $H_{i-1} = 240$ мкм;
- після півчистового розточування: $Rz_{i-1} = 125$ мкм; $H_{i-1} = 120$ мкм;
- після чистового розточування: $Rz_{i-1} = 40$ мкм; $H_{i-1} = 40$ мкм.

Величини просторових відхилень заготовки ρ_{i-1} розраховувались за формулою [5]:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{ексц}^2}, \quad (6.2)$$

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

де $\rho_{зм}$ – величина зміщення ступенів заготовки, мкм;

$\rho_{ексц}$ – величина ексцентричності отвору та зовнішньої поверхні заготовки, мкм.

Беремо: $\rho_{зм} = 1,4$ мм, $\rho_{ексц} = 1,2$ мм [6].

$$\rho_{i-1} = \sqrt{1200^2 + 1400^2} = 1844 \text{ мкм.}$$

Залишкові значення величин просторових відхилень визначалися з урахуванням коефіцієнта уточнення K_y [5]:

$$\rho_{ост} = \rho_{i-1} \cdot K_y, \quad (6.3)$$

де $K_{y1} = 0,06$ – для чорнового розточування;

$K_{y2} = 0,05$ – для півчистового розточування;

$K_{y3} = 0,04$ – для чистового розточування.

В результаті маємо:

$$\rho_1 = 1844 \cdot 0,06 = 111 \text{ мкм;}$$

$$\rho_2 = 1844 \cdot 0,05 = 92 \text{ мкм;}$$

$$\rho_3 = 1844 \cdot 0,04 = 74 \text{ мкм.}$$

Величини похибок установки ε_y під час оброблення заготовки в самоцентруючому патроні становлять [5, 6]:

- для чорнового розточування – 400 мкм;
- для півчистового розточування – 100 мкм;
- для чистового розточування – 80 мкм.

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

Подальші розрахунки припусків і операційних розмірів заготовки виконаємо за допомогою ЕОМ. Результати розрахунків представлені в додатку В цієї роботи.

6.2 Обґрунтування вибору схем базування та закріплення заготовки

Вибір схем базування і закріплення заготовки робить істотний вплив не тільки на точність і якість оброблюваних поверхонь, але і на подальше обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технологічного оснащення. Обрана схема базування повинна передбачати як принцип сталості, так і принцип єдності технологічної, конструкторської та вимірювальної баз, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки, багатоінструментальної обробки поверхонь тощо.

Розглянемо вибір схем базування на токарну операцію з ЧПК 045 і свердлильну операцію з ЧПК 025 технологічного процесу механічної обробки заготовки «диска розвантажувального».

Обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки на токарній операцію з ЧПУ 045.

На зазначеній операції проводиться півчистова і чистова токарна обробка зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь заготовки з одного установа. Зокрема, на даній операції здійснюється підрізання напрохід правого торця заготовки в розмір $67_{-0,19}$ з подальшим підрізанням зовнішнього торця фланця в розміри: $2\pm 0,05$, $\varnothing 120h14$ і утворенням кута 45° ; обточування зовнішньої поверхні фланця напрохід в розмір $\varnothing 240h11$ і проточування конуса в розміри: $10h17$ під кутом 45° ; а також розточування напрохід внутрішньої циліндричної поверхні в розмір $\varnothing 94,17^{+0,087}$ зі зняттям фаски $1\times 45^\circ$. Шорсткість поверхонь: 1,6 – 6,3 мкм Ra, див. рисунки 6.1 і 6.2.

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

Як видно з малюнків 6.1 і 6.2, на даній операції найбільш розвинені поверхні заготовки – це зовнішня циліндрична поверхня маточини заготовки, центральний отвір, а також ліві торці заготовки і фланця.

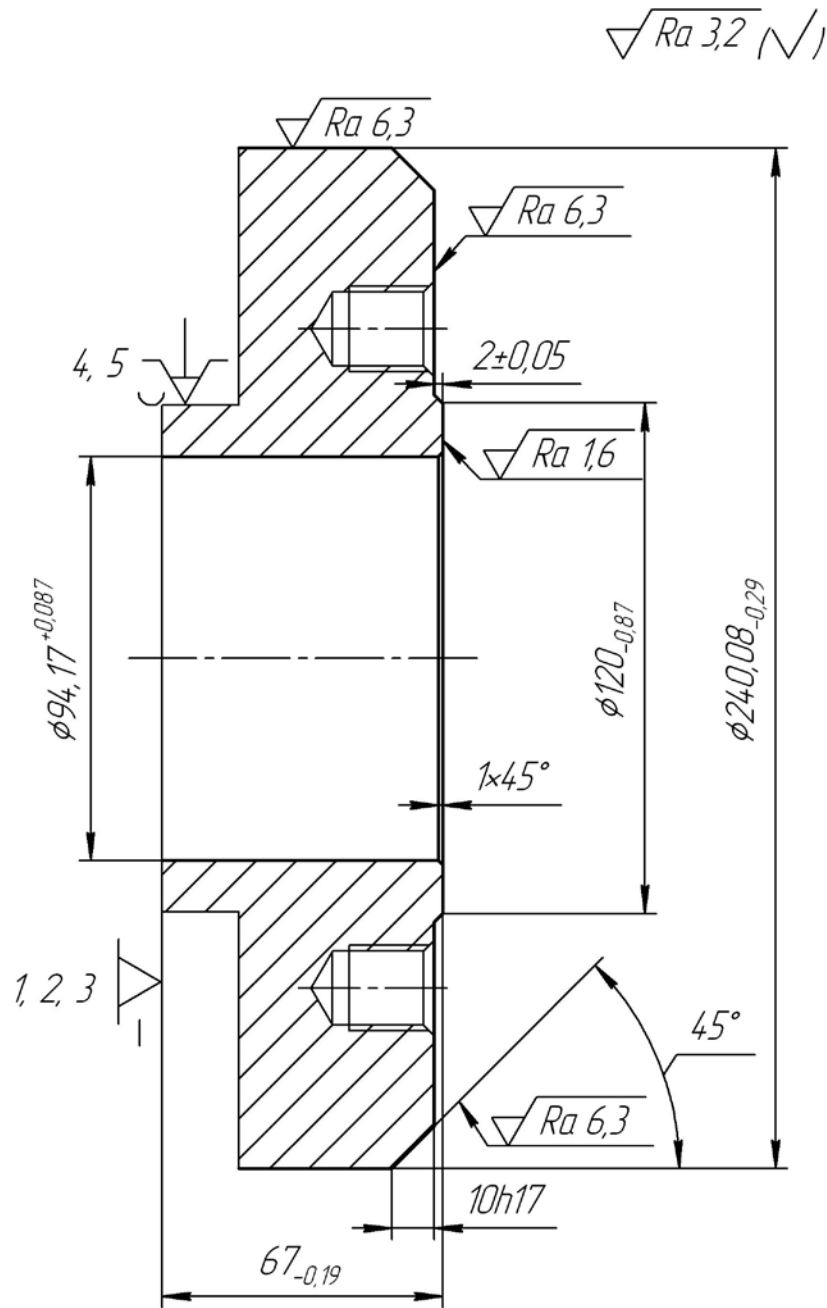


Рисунок 6.1 – Схема базування заготовки на операції 045 токарній з ЧПК

До даного моменту після виконання чорнової токарної обробки точність зовнішніх циліндричної і торцевих поверхонь деталі забезпечена по 11 і 12-му

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

квалітетами. Зокрема, зовнішню циліндричну поверхню маточини виконано по 12-му квалітету точності в розмір $\varnothing 121h12$. Центральний отвір розточено з точністю по IT11 в розмір $\varnothing 92,67^{+0,22}$. Точність лінійних розмірів заготовки забезпечено по 12 квалітету в лінійні розміри: $68_{-0,3}$ і $18 \pm 0,09$.

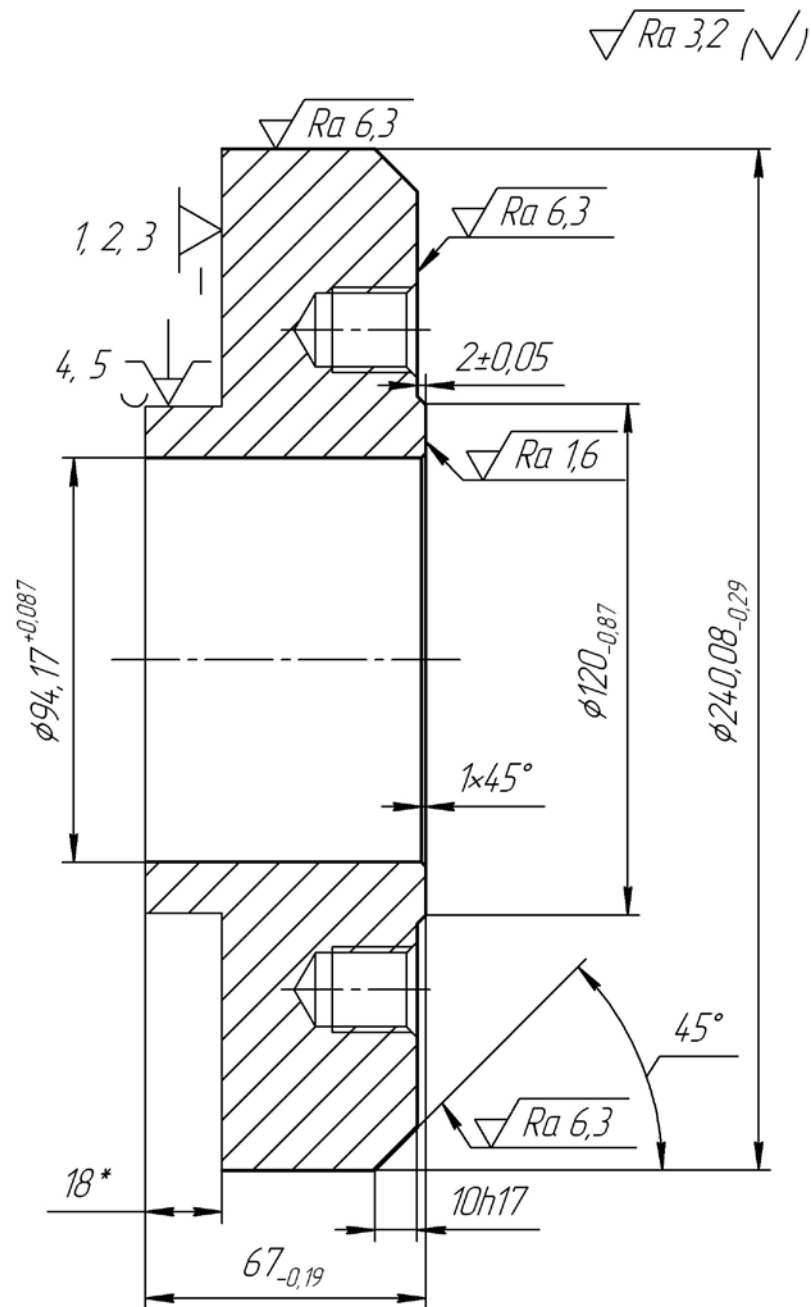


Рисунок 6.2 – Альтернативна схема базування заготовки на операції 045 токарній з ЧПК

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

На рисунках 6.1 и 6.2 представлені альтернативні схеми базування заготовки на даній операції. При цьому на малюнку 6.1 для базування використовується зовнішній торець заготовки, а на малюнку 6.2 – лівий (внутрішній) торець фланця. В цьому випадку торцеві поверхні грають роль установчої бази, позбавляючи заготовку в обох варіантах базування трьох ступенів свободи: одного поступального переміщення уздовж осі X і двох обертальних переміщень навколо осей Y і Z (при горизонтальному розташуванні центральної осі заготовки (осі X)).

Зовнішня циліндрична поверхня маточини грає роль подвійної опорної бази, позбавляючи заготовку ще двох ступенів свободи: двох поступальних переміщень уздовж осей Y і Z. Таким чином, при таких схемах базування заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи. Схему базування заготовки по центральному отвору не розглядаємо, оскільки воно обробляється. Вакантним залишається обертання заготовки навколо власної центральної осі.

При таких схемах базування та використанні трикулачних самоцентруючих патронів похибками базування в радіальному напрямку можна знехтувати, а ось на лінійні розміри вони не дорівнюють нулю, оскільки не для всіх розмірів збігаються вимірювальна і технологічна бази.

Похибки базування для схеми на рисунку 6.1 становлять:

$$\varepsilon_{67} = 0 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_{62} = T_{67} = 0,19 \text{ мм},$$

де T_{67} – допуск на розмір 67 мм, що дорівнює 0,19 мм.

Таким чином, на розмір 2 мм похибка базування є більшою за допуск:

$$\varepsilon_{62} = 0,19 \text{ мм} > T_2 = 0,1 \text{ мм},$$

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

що може призвести до отримання браку. Однак, в разі застосування на даній токарній операції верстата з ЧПК, точність обробки наступних розмірів залежить від точності позиціонування робочих органів верстата, точності його налаштування, а похибкою базування, враховуючи, що розмір 2 мм формується за один установ з розміром 67 мм, можна знехтувати. Для середньостатистичного верстата з ЧПК токарного типу точність позиціонування становить (0,01 – 0,02) мм, тобто: $\varepsilon_{\text{поз}} = 0,02$ мм, що є величиною, значно меншою за допуск на операційний розмір, що є припустимим.

При базуванні за схемою на рисунку 6.2 похибки базування на операційні розміри становлять:

$$\varepsilon_{67} = T_{18} = 0,18 \text{ мм,}$$

$$\varepsilon_{62} = T_{18} + T_{67} = 0,18 + 0,19 = 0,37 \text{ мм.}$$

Таким чином, для даної схеми базування:

$$\varepsilon_{67} = 0,18 \text{ мм} < T_{67} = 0,19 \text{ мм,}$$

що є припустимим. Але для розміру 2 мм можливий брак:

$$\varepsilon_{62} = 0,37 \text{ мм} > T_2 = 0,1 \text{ мм.}$$

У даному випадку з урахуванням того, що розмір 2 мм формується за один установ з розміром 67 мм, похибкою базування можна знехтувати.

В результаті аналізу наведених варіантів схем базування заготовки перевагу віддаємо схемі базування, наведеній на рисунку 6.1, оскільки похибки базування на операційні розміри в цьому випадку є меншими, або взагалі відсутні.

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

Вибір і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки на свердлильній операції з ЧПК 025. На розглянутій операції проводиться свердління 2-х отворів з одного установка з дотриманням розмірів $\varnothing 17,5^{+0,27}$, $25 \pm 0,26$, $\varnothing 155 \pm 0,5$; зенкування фасок в розмір $3,5 \times 45^\circ$ й нарізання різі М20-7Н на глибину $21 \pm 0,26$.

На рисунках 6.3 й 6.4 наведено альтернативні схеми базування.

Як видно з малюнків 6.3 і 6.4 на свердлильній операції найбільш розвинені поверхні заготовки – це зовнішні і внутрішні циліндричні поверхні $\varnothing 121h12$, $\varnothing 242h12$ й $\varnothing 92,67H11^{(+0,22)}$, а також ліві торцеві поверхні заготовки й фланця, виконані з дотриманням лінійних розмірів $68_{-0,3}$ й $18 \pm 0,09$, відповідно. До даної операції, зазначені поверхні оброблені начорно. Зокрема, точність зовнішніх циліндричних поверхонь забезпечена за IT12 з допусками: $T_{\varnothing 121h12} = 0,4$ мм; $T_{\varnothing 242h12} = 0,46$ мм. Точність внутрішньої циліндричної поверхні забезпечена за IT11 з допуском $T_{\varnothing 92,67H11} = 0,22$ мм. Для торцевих поверхонь лінійні розміри $68_{-0,3}$ і $18 \pm 0,09$ виконані по IT12 з допуском 0,3 мм і 0,18 мм, відповідно. Тому в якості головної базової поверхні в першому варіанті на малюнку 6.3 приймаємо нижній торець заготовки і зовнішню циліндричну поверхню маточини. В цьому випадку, торець заготовки є установчою базою, що позбавляє заготовку 3-х ступенів свободи – одного поступального руху вздовж осі Z і двох обертальних рухів навколо осей Y і X (при вертикальному розташуванні центральної осі заготовки і осі Z). Зовнішня циліндрична поверхня є подвійною опорною базою, яка позбавляє заготовку 2-х ступенів свободи: двох поступальних переміщень вздовж осей Y та X. Таким чином, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи, чого цілком достатньо для даної операції, так як їй не потрібні прив'язки за кутовими координатами. В результаті вакантним залишається обертання навколо осі Z (центральної осі заготовки).

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

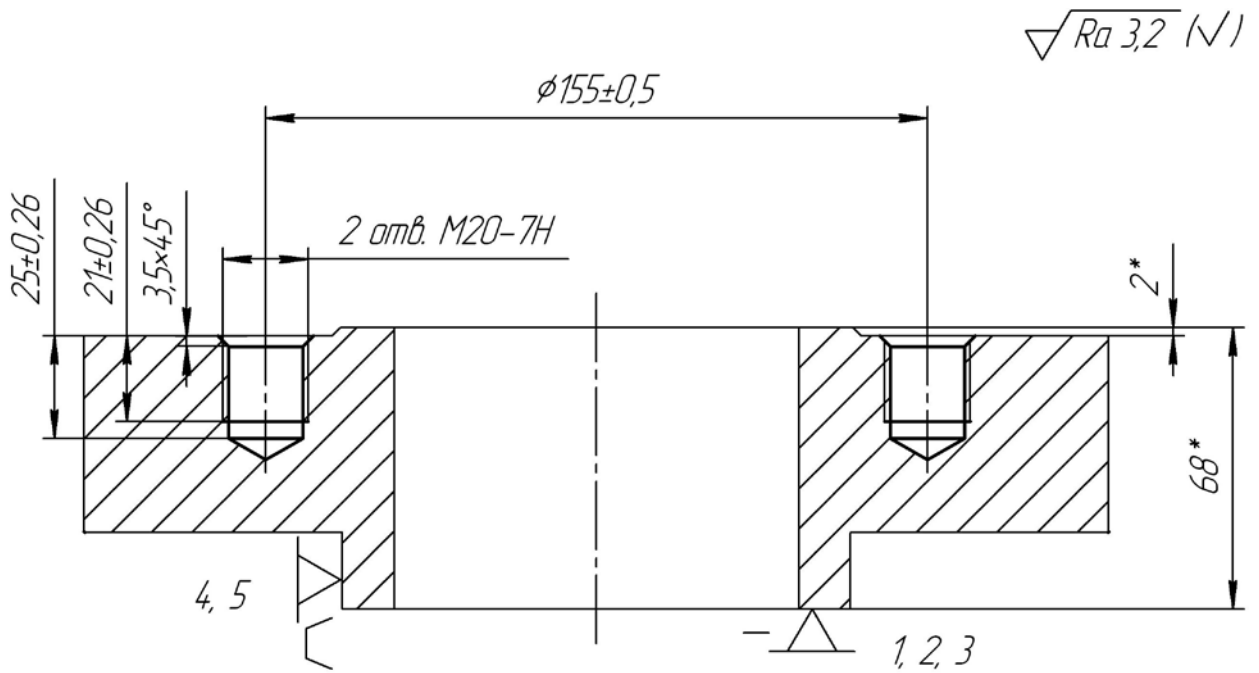


Рисунок 6.3 – Схема базування заготовки на операції 025 свердлильній з ЧПК

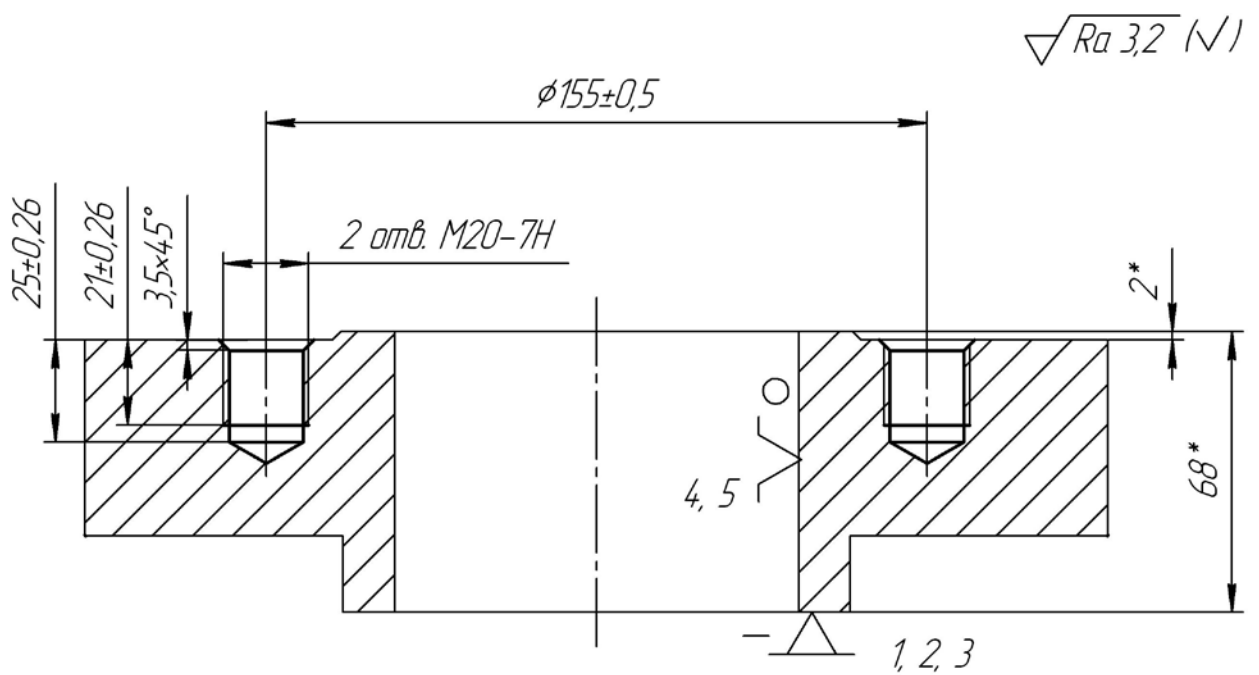


Рисунок 6.4 – Альтернативна схема базування заготовки на операції 025 свердлильній з ЧПК

В якості альтернативного варіанту базування на малюнку 6.4 приймаємо установку заготовки по внутрішній циліндричній поверхні з упором знову ж в нижній торець заготовки. Тут роль головної базової поверхні знову грає нижній

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

торець заготовки, який є установчою базою, що позбавляє заготовку 3-х ступенів свободи – одного поступального руху вздовж осі Z і двох обертальних рухів навколо осей Y і X (при вертикальному розташуванні осі заготовки і осі Z). Внутрішня циліндрична поверхня є подвійною опорною базою, яка позбавляє заготовку 2-х ступенів свободи: двох поступальних переміщень вздовж осей Y і X. Таким чином, і тут заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи, залишаючи вакантним обертання навколо осі Z.

Аналіз запропонованих на рисунках 6.3 і 6.4 схемах базування віддає перевагу першому варіанту.

При базуванні по зовнішнім циліндричним поверхням їх можна встановлювати в призматичні трикулачні лещата або патрон. В цьому випадку можна використовувати стандартні універсальні безналагоджувальні пристрої (УБП) багаторазового використання. При базуванні по внутрішній циліндричній поверхні необхідно проектувати спеціальний верстатний пристрій з цанговим затискачем, що підвищує собівартість виготовлення деталі.

При таких схемах установки похибки базування в радіальному напрямку відсутні. Це відноситься до отримання міжцентрових відстаней. Відсутня похибка базування і на діаметральні розміри оброблюваних отворів, оскільки їх точність залежить від точності виготовлення і ступеня зношення мірних інструментів – свердел, зенківок й мітчиків. А ось на лінійні розміри, що визначають глибину отворів і різьб, похибки базування є і дорівнюють вони допускам на розміри, що з'єднують технологічні і вимірювальні бази.

Для обох схем базування, наведених на рисунках 6.3 і 6.4 похибки базування становлять

$$\varepsilon_{625} = \varepsilon_{621} = T_{68} + T_2 = 0,3 + 0,1 = 0,4 \text{ мм,}$$

що менше відповідних допусків

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

$$\varepsilon_{6\ 25} = \varepsilon_{6\ 21} = 0,4 \text{ мм} < T_{25} = T_{21} = 0,52 \text{ мм},$$

та є припустимим.

6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

У базовому технологічному процесі на аналізованих операціях механічної обробки «диска розвантажувального» використовують: універсальний токарно-гвинторізний верстат моделі 163 і радіально-свердлильний верстат моделі 2М55.

Аналіз обладнання, що застосовується показує, що воно відповідає дрібносерійному типу виробництва. Методи обробки визначені з урахуванням форми оброблюваних поверхонь, їх необхідної точності і шорсткості. У той же час, використання зазначеного універсального обладнання передбачає досягнення необхідної точності заданих розмірів із застосуванням розмічування і методу пробних проходів. Все це вимагає витрат висококваліфікованої, малопродуктивної ручної праці, збільшує час і собівартість виготовлення деталі. Кваліфікація верстатників – токар п'ятого розряду і свердлувальник четвертого розряду.

У зв'язку з цим, на основі аналізу застосовуваних методів обробки поверхонь, а також з огляду на потужність електродвигунів, габарити робочого простору і тип виробництва, як металорізального обладнання на токарній операції з ЧПК 045 використовуємо токарно-гвинторізний верстат з ЧПК моделі DMTG СKE6163Z, на свердлильній операції з ЧПК 025 використовуватимемо вертикальний свердлильний верстат з ЧПК моделі Knuth KSB 40.

Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК моделі DMTG СKE6163Z дозволяє вести оброблення заготовок діаметром до 320 мм над супортом, має безступінчасте регулювання частоти обертання шпинделя та подач супорта, потужність двигуна приводу головного руху – 11 кВт.

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

Вертикально-свердильний верстат з ЧПК моделі Knuth KSB 40 має розміри стола 450×850 мм, потужність двигуна приводу головного руху – 3,0 кВт.

Пропоноване металорізальне обладнання призначене для безкондукторної та безрозмічувальної обробки заготовок в одиничному і дрібносерійному виробництвах, дозволяє вести високопродуктивну обробку заданих поверхонь на попередньо налаштованих верстатах методом автоматичного отримання необхідної точності розмірів, незалежно від кваліфікації робітників. При цьому враховані рекомендації [5, 7, 8] щодо використання в умовах дрібносерійного виробництва верстатів з ЧПК, що є основними засобами автоматизації такого виробництва. В результаті, порівняно з базовим технологічним процесом виготовлення деталі, відпадає необхідність у використанні малопродуктивної ручної праці з управління верстатом, усувається ручне розмічування, підвищується продуктивність праці, скорочується тривалість і собівартість механічної обробки заготовок, поліпшуються умови роботи працівників.

6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки

На основі попереднього аналізу і з урахуванням дрібносерійного типу виробництва в проектованому технологічному процесі обираємо універсальні безналагоджувальні пристосування (УБП), що представляють собою нерозбірні верстатні пристосування багаторазового застосування, які експлуатуються без доопрацювання, див. таблицю 6.1 [7, 8].

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

Таблиця 6.1 – Технологічна оснастка

Найменування операції	Верстатні пристрої	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4
Токарна з ЧПК 045	Патрон токарний самоцентруючий трикулачковий 7102-0095 ГОСТ 24351-80	Різець К.01.4979.000-07 ВК8 ТУ 2-035-892-82; різець К.01.4979.000-06 ВК8 ТУ 2-035-892-82; PDINR3232P15 ВК8 ТУ 2-035-892-82; різець К.01.4991.000-08 ВК8 ТУ 2-035-892-82	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; зразки шорсткості ГОСТ 2789-73
Свердлильна з ЧПК 025	Лещата призматичні самоцентруючі спеціальні з пневмоприводом	Свердло 035-2301-1049 ОСТ 2И20-2-80, Р6М5; зенківка 2353-0146 ГОСТ 14953-74, Р6М5; мітчик 035-2620-0569 ОСТ 2И52-1-74, Р6М5	Штангенциркулі ШЦ-I-125-0,1, ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; пробка різьбова ПР-НЕ М20-7Н ГОСТ 17756-72

Як видно з таблиці 6.1 на свердлильній операції як верстатний пристрій використовуємо спеціальні призматичні лещата з пневматичним приводом.

При виборі ріжучих інструментів враховувалися методи обробки поверхонь: точіння, розточування, підрізання торців, свердління, зенкування, нарізання різі, розміри оброблюваних поверхонь і відстані до них, габаритні і посадочні розміри обладнання, а також матеріал заготовки та її твердість.

За конструктивним параметрам обиралися універсальні стандартизовані ріжучі інструменти для верстатів з ЧПК [7]. При цьому для закріплення свердла і зенківки з конічними хвостовиками в якості допоміжного інструменту використовувались: втулки перехідні 191831072 і 191831073 ТУ 2-035-978-85, відповідно. Для установки і закріплення машинного мітчика застосовуємо патрон регульований для нарізання різі 191221130А ТУ 2-035-975-85 зі змінним утримувачем мітчика 191221130А / 020 ТУ 2-035-975-84.

В умовах дрібносерійного виробництва при виборі контрольно-вимірювальних інструментів перевага віддавалася універсальним («шкальним») інструментам, зокрема, штангенциркулем, див. таблицю 6.1, графу 4, а для контролю різі використовуємо різьбову пробку.

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

6.5 Визначення режимів різання

Виконаємо розрахунки режимів різання розрахунково-аналітичним методом на дві розглянуті операції технологічного процесу механічної обробки «диска розвантажувального».

Виконаємо розрахунок режимів різання на другий перехід токарної операції з ЧПК 045, який полягає у обточуванні зовнішньої циліндричної ступені діаметром 240h11.

Вихідні дані.

Оброблювана поверхня: циліндрична ступінь заготовки діаметром 240 мм.

Матеріал заготовки – сталь 20Х13 ГОСТ 5632-81, $\sigma_b = 647$ МПа після гартування та відгартування.

Діаметр заготовки до обробки – 242 мм.

Діаметр заготовки після обробки – 240 мм.

Довжина обробки – 47 мм.

Шорсткість поверхні – $R_a = 6,3$ мкм.

Верстат – токарний з ЧПК моделі DMTG SKE6163Z.

Верстатний пристрій: патрон токарний самоцентруючий клиновий.

Ріжучий інструмент: прохідний різець К.01.4979.000-06 ТУ 2-035-892-82 ($\varphi = 45^\circ$, матеріал: твердий сплав ВК8. Розміри поперечного перетину – 32×32 мм, довжина – 170 мм).

1. Припуск на обробку та глибина різання:

$$Z = (D_z - D_d) / 2 = (242 - 240) / 2 = 1,0 \text{ мм},$$

де D_z, D_d – відповідно діаметри заготовки до і після обробки, мм.

$$t = Z / i = 1,0 / 1 = 1,0 \text{ мм},$$

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

де i – кількість проходів.

2. Табличне значення подачі різця при точінні залежно від шорсткості оброблюваної поверхні 6,3 мкм Ra і радіусу при вершині різця $r = 1$ мм [9]: $S_T = 0,55$ мм/об.

Подача з урахуванням поправочного коефіцієнта на матеріал заготовки [9]:

$$S = S_T \cdot K_M \cdot K_\varphi, \quad (6.4)$$

де $K_M = 0,45$ – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність матеріалу заготовки ($\sigma_B = 647$ МПа).

$$S = 0,55 \cdot 0,45 \cdot 1,0 = 0,25 \text{ мм/об.}$$

В результаті беремо $S_{\pi} = 0,25$ мм/об.

3. Швидкість різання при точінні загартованої сталі різцями з твердого сплаву визначаємо за формулою [9]:

$$V = V_T \cdot K_t \cdot K_{Rz} \cdot K_H \cdot K_\varphi \cdot K_{охл}, \quad (6.5)$$

де $V_T = 145$ м/хв – табличне значення швидкості різання при обточуванні сталі твердістю 35 HRC на подачах різця до 0,25 мм/об;

$K_t = 1,0$ – поправочний коефіцієнт на глибину різання $t = 1,0$ мм;

$K_{Rz} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт на шорсткість обробленої поверхні 6,3 мкм Ra;

$K_H = 0,83$ – поправочний коефіцієнт, який враховує марку твердого сплаву різця BK8;

$K_\varphi = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані різця $\varphi = 45^\circ$;

$K_{охл} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує наявність охолодження при точінні;

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

Визначимо швидкість різання:

$$V = 145 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 120,4 \text{ м/мин.}$$

4. Частота обертання шпинделя верстата становить:

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 120,4) / (\pi \cdot 240) = 159,8 \text{ об/хв.}$$

Беремо частоту обертання шпинделя верстата – 160 об/хв.

В цьому випадку фактична швидкість різання становитиме:

$$V = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 = (\pi \cdot 240 \cdot 160) / 1000 = 120,6 \text{ м/хв.}$$

5. Визначимо силу та потужність різання [8]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (6.6)$$

де $C_p = 204$ – для зовнішнього поздовжнього точіння твердосплавними різцями [8];

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0;$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}, \quad (6.7)$$

де $K_{mp} = (\sigma_b/750)^n = (647/750)^{0,75} = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує міцність матеріалу заготовки;

$K_{\varphi p} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані ($\varphi = 45^\circ$);

$K_{\gamma p} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута ($\gamma = 10^\circ$);

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

$K_{\lambda p} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головної ріжучої кромки різця ($\lambda = 0^\circ$);

$K_{rp} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця.

$$K_p = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,9.$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,01 \cdot 0,0250,75 \cdot 120,60 \cdot 0,9 = 642,6 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання за формулою:

$$N_p = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 1020) = (642,6 \cdot 120,6) / (60 \cdot 1020) = 1,3 \text{ кВт.}$$

«Потужність верстата», з урахуванням потужності двигуна приводу головного руху $N_d = 11$ кВт та ККД $\eta = 0,85$, становитиме

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 11 \cdot 0,85 = 9,35 \text{ кВт} > N_p = 1,3 \text{ кВт.}$$

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

6. Тепер визначимо машинний (основний) час обробки на даному переході токарної операції з ЧПК 045 (обточування степні заготовки $\varnothing 240$ за один прохід):

$$T_{o2} = L \cdot i / (S_p \cdot n), \quad (6.8)$$

де $L = (l_b + l + l_{пер})$ – довжина обробки поверхні заготовки на даному переході з урахуванням довжини врізання та перебігу ріжучого інструменту;

$l = 47$ мм – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_b = 3$ мм – довжина врізання;

$l_{пер} = 3$ мм – довжина перебігу.

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

$$T_o = (47+3+3) \cdot 1 / (0,25 \cdot 160) = 1,33 \text{ хв.}$$

В результаті розрахунків маємо такі елементи режимів різання: $t = 1,0$ мм; $S = 0,25$ мм/об; $V = 120,6$ м/хв; $n = 160$ об/хв; $T_{o2} = 1,33$ хв.

Розрахунок режимів різання на свердлильну операцію з ЧПК 025. Виконаємо розрахунок режимів різання для першого переходу операції – свердління двох отворів $\varnothing 17,5$ під кріпильну різьблення М20-7Н.

Вихідні дані.

Верстат: вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі Knuth KSB 40.

Верстатний пристрій: лещата призматичні з пневмоприводом, спеціальні.

Ріжучий інструмент: свердло 035-2301-1049 ОСТ 2И20-2-80; геометричні параметри ріжучої частини інструмента: $2\varphi = 118^\circ$; $\psi = 55^\circ$; $\alpha = 11^\circ$; матеріал ріжучої частини інструмента – швидкоріжуча сталь Р6М5.

Зміст переходу: свердлити 2 отвори $\varnothing 17,5+0,27$ під різь М20-7Н глибиною $25 \pm 0,26$ на $\varnothing 155 \pm 0,5$, $3,2$ мкм Ra.

Матеріал заготовки: сталь 20Х13 до термічної обробки.

Розрахунок елементів режимів різання робимо за методикою [8].

Встановлюємо глибину різання.

При свердлінні отвору діаметром 17,5 мм глибина різання становить:

$$t = d / 2 = 17,5 / 2 = 8,75 \text{ мм.}$$

Подача при свердлінні $S_{o,t} = (0,33 - 0,38)$ мм/об, при НВ (197 – 248) [8].

З урахуванням поправочного коефіцієнта на досягнення більш високої якості отвору у зв'язку з подальшим нарізанням різі:

$$S_o = S_{o,t} \cdot K_s = (0,33 - 0,38) \cdot 0,5 = (0,165 - 0,19) \text{ мм/об.}$$

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

Беремо $S_o = 0,14$ мм/об.

3. Період стійкості свердла беремо – $T = 15$ хв – для корозійностійких сталей [8].

4. Визначимо швидкість головного руху різання, що допускається ріжучими властивостями свердла та умовами різання [8]:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^m \cdot S^y}, \quad (6.9)$$

де $C_V = 3,5$ – при свердлінні корозійностійких сталей;

$$q = 0,5;$$

$$m = 0,12;$$

$$y = 0,45;$$

K_V – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання;

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{VP} \cdot K_{VI}, \quad (6.10)$$

$V_M = K_r \cdot (750/\sigma_B)^n$ – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність матеріалу заготовки;

$$K_{VM} = 0,85 \cdot (750/647)^{0,9} = 0,97.$$

$K_{VP} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує глибину свердління ($1 < 3D$);

$K_{VI} = 0,3$ – коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента при обробленні корозійностійких сталей (Р6М5);

$$K_V = 0,97 \cdot 1,0 \cdot 0,3 = 0,29,$$

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

$$V = \frac{3,5 \cdot 17,5^{0,5} \cdot 0,29}{15^{0,12} \cdot 0,14^{0,45}} = 7,5 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання шпинделя складатиме:

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 7,5) / (3,14 \cdot 17,5) = 136,5 \text{ об/хв.}$$

Беремо частоту обертання шпинделя верстата – 125 об/хв.

Уточнимо фактичну швидкість різання:

$$V = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 = (\pi \cdot 17,5 \cdot 125) / 1000 = 6,9 \text{ м/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу за формулою:

$$S_{\text{хв}} = S_o \cdot n = 0,14 \cdot 125 = 17,5 \text{ мм/хв.}$$

6. Крутний момент при свердлінні визначимо за формулою:

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_P, \quad (6.11)$$

де $C_M = 0,041$ – для корозійностійких сталей;

$$q = 2;$$

$$y = 0,7;$$

$K_P = K_{\text{мр}} = (\sigma_b/750)^n = (647/750)^{0,75} = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує міцність матеріалу заготовки;

$$M = 10 \cdot 0,041 \cdot 17,52 \cdot 0,1407 \cdot 0,9 = 28,5 \text{ Н·м.}$$

7. Осьову складову сили різання при свердлінні визначимо за формулою:

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

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p, \quad (6.12)$$

де $C_p = 143$ – для корозійностійких сталей;

$$q = 1;$$

$$y = 0,7;$$

$$K_p = 0,9.$$

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 17,51 \cdot 0,140,7 \cdot 0,9 = 5687,3 \text{ Н.}$$

8. Потужність свердління визначимо за формулою:

$$N_p = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{28,5 \cdot 125}{9750} = 0,37 \text{ кВт.}$$

Для перевірки достатності потужності двигуна приводу головного руху необхідне виконання умови:

$$N_p < N_{\text{шп}},$$

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta = 3,0 \cdot 0,85 = 2,55 \text{ кВт,}$$

$$0,37 \text{ кВт} < 2,55 \text{ кВт.}$$

Таким чином, визначені режими різання можуть бути виконані на обраному верстаті.

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

$$T_{o1} = L \cdot i / S_M, \quad (6.13)$$

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

де $L = l_b + l + l_{пер}$,

L – довжина обробки, мм;

$l_b = 5$ мм – довжина врізання;

$l = 25$ мм – довжина (глибина) оброблюваного отвору;

$l_{пер} = 0$ мм – довжина перебігу за умови обробки глухого отвору;

$i = 2$ – кількість оброблюваних отворів.

$$L = 5 + 25 + 0 = 30 \text{ мм,}$$

$$T_{o1} = 30 \cdot 2 / 17,5 = 3,43 \text{ хв.}$$

В результаті розрахунків отримані такі елементи режимів різання:

$$t = 8,75 \text{ мм, } S = 0,14 \text{ мм/об, } V = 6,9 \text{ м/хв, } n = 125 \text{ об/хв, } T_{o1} = 3,43 \text{ хв.}$$

6.6 Технічне нормування операцій

У серійному виробництві при технічному нормуванні операцій розраховують норми штучно-калькуляційного часу. Остання дорівнює [10]:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{п.з} / n, \quad (6.14)$$

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

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

n – кількість деталей у партії запуску, шт.

У свою чергу штучний час на операцію можна розрахувати за формулою [10]:

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{обс} + t_{вдп}, \quad (6.15)$$

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

де t_0 – основний час на операцію, хв.;

t_d – допоміжний час на операцію, хв.;

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

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

Технічне нормування токарної операції з ЧПК 045.

В п. 6.5 цієї роботи визначено основний час на другий перехід токарної операції з ЧПК 045: $t_{02} = 1,33$ хв.

Основний час на інших переходах розглянутої операції визначаємо з урахуванням режимів різання, які визначені табличним методом [9] і зведені в таблицю 6.2.

Для зазначених режимів різання визначимо основний час t_0 :

$$t_{01} = (3+14+3) / (0,1 \cdot 250) + (3+61+0) / (0,125 \cdot 160) = 4,0 \text{ хв.},$$

$$t_{03} = (10+42+10) / (0,15 \cdot 160) = 2,58 \text{ хв.},$$

$$t_{04} = (4+67+4) / (0,15 \cdot 400) = 1,25 \text{ хв.}$$

Таблиця 6.2 – Режими різання на операцію токарну з ЧПК 045

№ переходу	Зміст переходу	Елементи режимів різання						
		$D_{обр}$, мм	L, мм	i	t, мм	S_p , мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Підрізати напрохід правий торець в розмір $67_{-0,19}$ і торець фланця в розміри: $2 \pm 0,05$; $\varnothing 120h14$, $\angle 45^\circ$	120	14	1	1,0	0,1	250	94,2
		242	61	1	1,0	0,125	160	121,6
3	Точити конус в розміри: $10h17$, $\angle 45^\circ$	240	$\Sigma 42$	5	2,0	0,15	160	120,6
4	Розточити напрохід центральний отвір в розмір: $\varnothing 94,17^{+0,087}$ з формуванням фаски $1 \times 45^\circ$	94,17	67	1	0,75	0,15	400	118,3

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

В результаті, основний час на операцію складатиме:

$$t_o = 4,0 + 1,33 + 2,58 + 1,25 = 9,16 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію визначимо за формулою [10]:

$$t_d = t_{уст} + t_{пр} + t_{вим}, \quad (6.16)$$

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

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

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

$$t_{уст} = 0,75 \text{ хв.};$$

$$t_{пр} = 0,02 \cdot 9 + 0,01 \cdot 7 + 0,03 \cdot 4 = 0,37 \text{ хв.};$$

$$t_{вим} = 0,11 + 0,1 + 0,17 + 0,12 + 0,13 = 0,63 \text{ хв.};$$

$$t_b = 0,75 + 0,37 + 0,63 = 1,75 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого визначимо за формулою:

$$t_{обс} + t_{отд} = (t_o + t_b) \cdot (\alpha + \beta) / 100, \quad (6.17)$$

де α , β – відповідно, норми часу на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого у % від оперативного часу [10].

$$t_{обс} + t_{вдп} = (9,16 + 1,75) \cdot (5 + 4) / 100 = 0,98 \text{ хв.}$$

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

Таким чином, штучний час складає:

$$t_{шт} = 9,16 + 1,75 + 0,98 = 11,89 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію складає [10]:

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

Штучно-калькуляційний час складає:

$$t_{шт.к} = 11,89 + 34/56 = 12,5 \text{ хв.}$$

Технічне нормування операції свердлильної з ЧПК 025.

В п. 6.5 визначено основний час на перший перехід свердлильної операції 025: $t_{o1} = 3,43 \text{ хв.}$

Основний час на інші переходи операції визначимо з урахуванням режимів різання, що визначені табличним методом та зведені до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Режими різання на операцію свердлильну з ЧПК 025

№ переходу	Зміст переходу	Елементи режимів різання						
		D _{обр} , мм	L, мм	i	t, мм	S _п , мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Зенкувати в 2-х отворах фаски в розміри: 3,5×45°	24,5	3,5	2	3,5	0,14	125	9,6
3	Нарізати різь в 2-х отворах М20-6Н на глибину 21±0,26	20	21	2	-	2,5	125	7,85

Для зазначених режимів різання маємо норми t_o :

$$t_{o2} = (7 + 3,5 + 0) \cdot 2 / (0,14 \cdot 125) = 1,2 \text{ хв;}$$

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

$$t_{03} = (7+21+4) \cdot 2 / (2,5 \cdot 125) = 0,2 \text{ хв.}$$

В результаті основний час на операцію складатиме:

$$t_o = 3,43+1,2+0,2 = 4,83 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію складатиме [10]:

$$t_{уст} = 1,2 \text{ хв,}$$

$$t_{пр} = 0,02 \cdot 6 + 0,12 \cdot 6 = 0,84 \text{ хв,}$$

$$t_{вим} = 0,14 + 0,27 \cdot 2 + 0,1 \cdot 2 = 0,88 \text{ хв,}$$

$$t_d = 1,2 + 0,84 + 0,88 = 2,92 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого складатиме:

$$t_{обс} + t_{вдп} = (4,83 + 2,92) \cdot (4 + 4) / 100 = 0,62 \text{ хв.}$$

Таким чином, штучний час складає:

$$t_{шт} = 4,83 + 2,92 + 0,62 = 8,37 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію складатиме [10]:

$$t_{п.з} = 11 + 7 = 18 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час складатиме:

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

$$t_{шт.к} = 8,37 + 18/56 = 8,69 \text{ хв.}$$

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

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Згідно з завданням спроектуємо верстатний пристрій для базування й закріплення заготовки на операції токарній з ЧПК 045.

Вже згадана операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК моделі DMTG SKE6163Z (див. п. 6.3 цієї роботи).

На зазначеній операції проводиться півчистова і чистова обробка зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь заготовки за один установ. Зокрема, на даній операції здійснюється підрізання напрохід правого торця заготовки в розмір $66,61^{+0,12}$ з подальшим підрізанням зовнішнього торця фланця в розміри: $2\pm 0,03$, $\varnothing 120h14$ і утворенням кута 45° ; обточування зовнішньої поверхні фланця напроход в розмір $\varnothing 240h11$ і проточкою конуса в розміри: $10h17$ під кутом 45° ; розточування напрохід внутрішньої циліндричної поверхні в розмір $\varnothing 94,17^{+0,087}$ зі зняттям фаски $1\times 45^\circ$. Шорсткість поверхонь: 1,6 – 6,3 мкм Ra, див. малюнок 6.1.

З метою зниження трудомісткості обробки заготовки і розряду робочого на цій операції, а також підвищення стабільності параметрів точності оброблюваних поверхонь заготовки, спроектуємо спеціальний пневматичний пристрій – самоцентруючий клиновий патрон для верстата з ЧПК.

До моменту реалізації токарної операції точність зовнішніх циліндричної і торцевих поверхонь деталі забезпечена по 12-му квалітету. Зокрема, зовнішню циліндричну поверхню фланця виконано по 12-му квалітету точності в розмір: $\varnothing 242h12$, а маточини – в розмір $\varnothing 121h12$. Точність лінійних розмірів заготовки забезпечено по 12 квалітету в розміри: $67,3^{+0,3}$ і $17,77^{+0,23}$.

Виходячи з цього, з усього комплексу поверхонь на роль базових поверхонь можуть претендувати лише зовнішня циліндрична ступінь маточини заготовки $\varnothing 121h12$ і лівий торець. Обґрунтування вибору баз на розглянутій операції представлено в п. 6.2 цієї роботи, схему базування заготовки наведено на рисунку 6.1.

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

При такій схемі базування торцева поверхня грає роль установчої бази, позбавляючи заготовку трьох ступенів свободи: одного поступального переміщення уздовж осі X і двох обертальних переміщень навколо осей Y і Z (при горизонтальному розташуванні осі заготовки і осі X). Зовнішня циліндрична поверхня маточини грає роль подвійної опорної бази, позбавляючи заготовку ще двох ступенів свободи: двох поступальних переміщень уздовж осей Y і Z. Таким чином, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи. Вакантним залишається обертання заготовки навколо власної центральної осі (осі X).

З огляду на, що при обробці заготовки на даній операції найбільш навантажені режими різання здійснюються при обточуванні зовнішньої поверхні фланця з максимальним діаметром 242h12, то подальші силові розрахунки пристрою здійснюємо для обробки на зазначеному переході.

Сила різання при обробці зазначеної поверхні визначена в п. 6.4 цієї роботи і дорівнює: $P_z = 642,6 \text{ Н}$.

З урахуванням даної сили різання P_z визначимо силу закріплення заготовки P , згідно схеми, наведеної на рисунку 7.1.

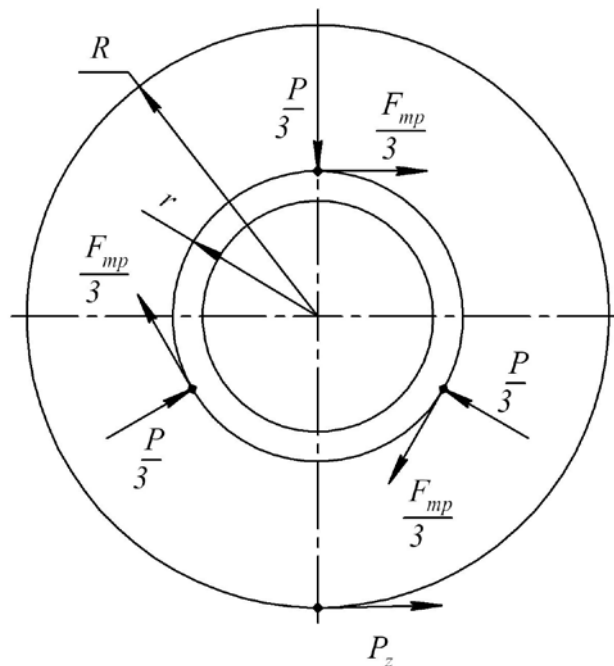


Рисунок 7.1 – Схема дії сил збурення та урівноваження

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

Момент тертя від сил затиску повинен забезпечувати закріплення заготовки, перевищуючи момент різання, тобто:

$$M_{\text{тр}} \geq M_{\text{р}}, \quad (7.1)$$

або

$$M_{\text{тр}} = K_{\text{зап}} \cdot M_{\text{р}}, \quad (7.2)$$

де $M_{\text{тр}}$ – момент тертя, спричинений силами закріплення;

$M_{\text{р}}$ – момент різання, спричинений силами різання;

$K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу.

Момент тертя визначимо з умови:

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot r, \quad (7.3)$$

де $F_{\text{тр}}$ – сила тертя;

$$F_{\text{тр}} = P \cdot f; \quad (7.4)$$

$$M_{\text{тр}} = P \cdot f \cdot r; \quad (7.5)$$

де P – сила закріплення;

r – радіус прикладення сили закріплення;

f – коефіцієнт тертя;

З іншого боку момент різання становитиме:

$$M_{\text{р}} = P_z \cdot R, \quad (7.6)$$

де P_z – сила різання (тангенціальна складова) при точінні;

R – максимальний радіус прикладення сили різання.

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

Виходячи з цього запишемо рівняння для визначення сили закріплення заготовки:

$$P = \frac{P_z \cdot R \cdot K_{зап}}{r \cdot f}, \quad (7.7)$$

Коефіцієнт запасу визначимо згідно з рекомендаціями [8]:

$$K_{зап} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.8)$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання за наявності випадкових нерівностей на оброблюваній поверхні;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує переривчасті умови різання;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує постійність сили закріплення залежно від типу приводу;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує ергономічність ручних затискних механізмів, зручність їх використання;

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку на постійних опорах.

В результаті отримуємо:

$$K_{зап} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5.$$

Беремо $K_{зап} = 2,5$.

Величини радіусів: $R = 121$ мм, $r = 60,5$ мм, див. рисунок 7.1, коефіцієнт тертя: $f = 0,15$ [8].

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

В результаті маємо:

$$P = \frac{642 \cdot 121 \cdot 2,5}{60,5 \cdot 0,15} = 21420 \text{ Н.}$$

Тепер визначимо зусилля на штоку пневмопривода патрона з урахуванням кута нахилу $\alpha = 14^\circ$ напрямних клиновий муфти:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg}\alpha. \quad (7.9)$$

В результаті маємо:

$$Q = 21420 \cdot \operatorname{tg}14^\circ = 5341 \text{ Н.}$$

В цьому випадку діаметр пневмокамери патрона буде визначатися за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2}, \quad (7.10)$$

де D – діаметр пневмокамери, см;

d – діаметр штока пневмокамери, см. Беремо $d = 3,2$ см;

p – тиск повітря в пневмережі, кгс/см². Беремо $p = 4$ кгс/см²;

η – коефіцієнт корисної дії пневмопривода. Беремо $\eta = 0,8$;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 534,1}{\pi \cdot 4 \cdot 0,8} + 3,2^2} = 14,9 \text{ см.}$$

Беремо найближчу велику стандартну пневмокамеру з діаметром 160 мм [8].

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

В результаті отримаємо наступне вихідне зусилля на штоку пневмокамери:

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (7.11)$$

$$Q = \frac{3,14}{4} (16^2 - 3,2^2) \cdot 4 \cdot 0,8 = 617,4 \text{ кгс} = 6174 \text{ Н.}$$

Тепер визначимо допустиму похибку виготовлення пристрою.

При чистовому точінні циліндричних поверхонь заготовки до розрахункових параметрів, які в більшій мірі вплинуть на досягнення заданих допусків заготовки, слід віднести радіальне биття посадочних поверхонь кулачків проектованого патрона. Зазначена похибка може привести до підвищеного радіального биття оброблюваних циліндричних ступенів «диска розвантажувального» та її слід обумовити в технічних вимогах, пропонованих до точності виготовлення окремих елементів проектованого патрона.

На кресленні «диска розвантажувального» зазначено радіальне биття оброблюваної циліндричної ступені фланця діаметром 240h11 з допуском 0,06 мм.

Тоді допустиму похибку пристосування визначимо за формулою [11]:

$$E_{np} = T - K \sqrt{(K_1 \cdot E_6)^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{zn}^2 + E_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \quad (7.12)$$

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

$K_1 = 0,8$ – для випадків, коли $E_6 \neq 0$;

E_6 – похибка базування, в нашому випадку під час базування заготовки в самоцентруючому патроні – $E_6 = 0$;

E_3 – похибка закріплення, в нашому випадку напрямок сили закріплення не впливає на досліджуваний параметр: $E_3 = 0$;

					Арк.
					65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

E_y – похибка установки патрона на шпинделі верстата. Беремо $E_y = 10$ мкм;

$E_{зп}$ – похибка від зношення установчих елементів пристрою. Беремо $E_{зп} = 10$ мкм;

$E_{п}$ – похибка установки й прекоосу інструмента на верстаті. Беремо $E_{п} = 10$ мкм;

$K_2 = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує ймовірність появи похибки обробки;

$\omega = 40$ мкм [8] – середня економічна точність чистової токарної обробки.

Для обумовлених величин параметрів маємо:

$$E_{np} = 60 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 10^2 + 10^2 + 10^2 + (0,6 \cdot 40)^2} = 25 \text{ мкм.}$$

З урахуванням отриманих даних приймаємо допуск на радіальне биття посадочних поверхонь кулачків патрона рівним 0,02 мм. Його ми зазначимо в технічних вимогах, пропонованих до спроектованого патрона.

Спроекований патрон являє собою корпус 4, до якого за допомогою шести гвинтів 25 кріпиться приєднувальний фланець 15, який має внутрішню конічну посадочну поверхню з $\varnothing 139,719$ і кутом $7 \pm 7'30''$ для установки і кріплення за допомогою шести гвинтів 24 до шпинделя токарно-гвинторізного верстата.

У середині корпусу 4 в трьох радіальних пазах розміщені три основних кулачки 5, до торцевих пазів яких, в свою чергу, за допомогою трьох спеціальних притискних елементів 8 і ексцентриків 7 закріплюються три змінних кулачки 6 (по одному змінному кулачку на кожен основний кулачок). З іншого боку основні кулачки 5 по похилих напрямних входять в пази клиновий муфти 17, яка за допомогою приєднувального фланця 16 і трьох гвинтів 23 з'єднана зі штоком 11. Останній за різзю М64×4-6g з'єднаний зі штоком пневмокамери верстата (на кресленні пристрою не наведений). Для компенсації впливу відцентрових сил на силу затиску при високій частоті обертання шпинделя верстата в конструкції патрона передбачено наявність трьох контгвантажів 3 (по одному на кожен кулачок), з'єднаних важелями 9 з основними кулачками 5. У правій центральній

					Арк.
					66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

частині корпусу 4 патрона за допомогою трьох гвинтів 22 закріплений опорний фланець 14, до якого, в свою чергу, за допомогою трьох гвинтів 21 приєднаний упор 12.

Пристрій працює так. Спочатку вручну налаштовується «розведення» змінних кулачків 6 щодо основних кулачків 5 на необхідний діаметр закріплення заготовки. Потім оброблювана заготовка в осьовому напрямку притискається до упору 12 корпусу 4. Після подачі повітря в праву порожнину пневмокамери верстата, шток останньої зі штоком 11 і клиновий муфтою 17 переміщуються вліво, зміщуючи по похилих пазах муфти 17 до центру корпусу 4 три основних кулачки 5 з трьома змінними кулачками 6, що і призводить до закріплення заготовки. Розкріплення заготовки відбувається в зворотній послідовності після подачі повітря в ліву порожнину пневмокамери верстата.

						Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

На основі виконаної роботи можна зробити такі висновки.

1. Виконано аналіз службового призначення машини, вузла, деталі «диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01», аналіз технічних вимог, що пред'являють до деталі, аналіз технологічності конструкції деталі за якісними ознаками. Визначено тип виробництва – дрібносерійний, обрано організаційну форму робіт – групову. Розраховано партію запуску $n = 56$ деталей.

2. За допомогою техніко-економічного обґрунтування визначено раціональний метод отримання заготовки: поковка вільним куванням на молотах з використанням підкладних кілець і прошивкою центрального отвору.

3. Виконано аналіз базового технологічного процесу механічної обробки «диска розвантажувального 1.3000-3.30-01» з детальним аналізом двох верстатних операцій – свердлильної з ЧПК 025 і токарної з ЧПК 045.

4. У конструкторській частині роботи розроблено складальне креслення токарного патрона для базування й закріплення заготовки на операції токарній з ЧПК 045.

5. На картах КТП виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу механічної обробки деталі «диск розвантажувальний 1.3000-3.30-01» з ескізами на аналізовані операції.

6. У додатку Д цієї роботи розглянуто питання охорони праці щодо захисту працівників від шуму й ультразвуку у виробничих умовах.

						Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		