

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *Віталій ІВАНОВ*

« \_\_\_\_\_ » *червня 2022* р.

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
СЕКЦІЇ НАПРЯМНОЇ 7452.114.080.012**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра  
Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»  
Освітня програма- «Технології машинобудування»

Студент

*Родіон ГОЛИБІН*

Керівник

*Іван ДЕГТЯРЬОВ*

Нормоконтроль

*Артем ЄВТУХОВ*

## РЕФЕРАТ

Записка: сторінок - 68, рисунків - 25, таблиць - 23, додатків - 4, джерел літератури - 15.

Об'єкт дослідження - деталь «Секція напрямна».

У даній роботі проаналізовано службове призначення машини, вузла і деталі; технічні вимоги, пропонувані до деталі, її технологічність та спосіб отримання заготовки. В роботі розроблена операційна технологія для всіх операцій технологічного процесу. На ці операції розраховані режими різання та виконано нормування часу.

Розраховані припуски аналітичним способом, а також виконано креслення заготовки.

На токарно-карусельну та комплексну на обробному центрі з ЧПК операції виконані операційні наладки, також спроектований спеціальний верстатний пристрій на комплексну на обробному центрі з ЧПК операцію. Обрані верстатні пристрої на інші операції, а також ріжучий і вимірювальний інструмент для обробки даної деталі на всіх технологічних операціях.

Виконаний розділ з дисципліни охорона праці.

Складено комплект технологічної документації.

СЕКЦІЯ НАПРЯМНА, БАЗУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,  
РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ

## ЗМІСТ

	с.
Вступ .....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації .....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	11
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	16
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
5 Вибір способу одержання заготовки та розробка технічних вимог до неї.....	24
6 Аналіз технологічної операції існуючого чи типового технологічного процесу.....	26
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	26
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки.....	28
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата .....	36
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	38
6.5 Розрахунок режимів різання.....	39
6.6. Технічне нормування операції.....	45
7 Проектування верстатного пристрою.....	55
Висновок .....	65
Перелік джерел посилання.....	66

ТМ 17620263–00 ПЗ							
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Голибін</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дегтярьов</i>				3	84	
<i>Реценз.</i>					СумДУ, ТМ-81/1		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Євтухов</i>						
<i>Затверд.</i>	<i>Іванов</i>						
					Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Секція напрямна 7452.114.080.012»		

## ВСТУП

У наш час роль машинобудування в багатьох галузях народного господарства дуже велика. У сільському господарстві, наприклад, використовують трактори, автомобілі та іншу сільгосптехніку, яку успішно виробляють на вітчизняних підприємствах. Продукція заводів України користується попитом як усередині країни, так і за кордоном. Перед вітчизняним машинобудуванням стоять такі проблеми як: якість, продуктивність праці, поліпшення праці.

У сучасному машинобудуванні для вирішення цих проблем особливу роль відводять створенню і впровадженню нової техніки в усіх галузях, прискоренню науково-технічного прогресу країни. З переходом України на ринкові відносини різко зросла потреба народного господарства у якісній, надійній, конкурентоспроможній продукції, що випускається машинобудуванням. Для отримання якісної, конкурентоспроможної продукції на підприємствах впроваджуються передові технології і високопродуктивне, прогресивне обладнання.

Відцентрові насоси є найпоширенішим з усіх типів насосів. Широкий діапазон подач (до десятків кубічних метрів в секунду) і напорів (кілька тисяч метрів), висока частота обертання, яка доходила до десятків тисяч обертів на хвилину і високий к.к.д. (80 - 85%) дозволяють використовувати їх в різних галузях народного господарства. Їх використовують у водопостачанні міст і селищ, промислових підприємств і підприємств сільського господарства, в гірничорудній промисловості для відкачування ґрунтових вод, на насосних станціях магістральних і зрошувальних каналів.

Таким чином, грамотно-побудована технологія виготовлення насосів типу ЦНС, а зокрема технологія виготовлення конкретних деталей, а саме деталі «Секція напрямна» є актуальним завданням для розгляду в дипломному проекті.

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17620263-00 ПЗ					

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

Живильні насоси призначені для подачі чистої води в котел. Вони забезпечують подачу води в барабанні або прямоточні парові котли, що працюють на дровах, вугіллі, дизельному паливі. Насос ПЕ рекомендується для агрегатів, тиск пари в яких становить не більше 6,2 МПа.

Конструкція насоса типу ЦНС розроблена з урахуванням створення на одній корпусних базі насосів з напорами 1900 , 1775 , 1650 , 1525 , 1422 , 1250 , 1125 , 1050 метрів шляхом зміни кількості щаблів.

Насос типу ЦНС - відцентровий, горизонтальний секційний , однокорпусний з одностороннім розташуванням коліс , підшипниками ковзанні , автоматичним розвантажувальним пристроєм і кінцевими ущільненнями валу торцевими або сальниковими .

Для розвантаження осьових сил, що виникають при роботі насоса, служить автоматичне розвантажувальний пристрій ( гідропята ). Робоча пара гідропят являє собою роторне і статорне кільця з релітовим наплавленням , які можна змінювати в процесі експлуатації.

Для контролю осьового переміщення ротора (при зносі деталей (гідропят ) передбачений датчик осьового переміщення.

Ущільнення валу в місці виходу його з насоса здійснюється ущільненням торця .

У конструкції торцевого ущільнення передбачена промивка його від кристалів солей , що утворюються при роботі насоса , а так же стоянці . Підведення для промивання ущільнення виробляється з штатного переказного трубопроводу. Рекомендований регламент промивання торцевого ущільнення - 2 рази на зміну.

Комплектно з агрегатом поставляються конструкторські прилади зокрема , манометр і манометр - вакуумметр для контролю тиску на вході і виході з насоса.

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

До живильних насосів пред'являється ряд специфічних вимог:

- Конструкція насоса повинна мати зовнішню і внутрішню герметичність і допускати температурне розширення при змінній температурі рідини, що перекачується.

- Насос повинен бути динамічно стійким у всьому діапазоні робочих режимів.

- Насоси повинні працювати надійно і тривало (не менше 10 тис. ч) без помітного зниження параметрів і заміни основних деталей і вузлів.

- Для стійкої роботи в системі, особливо при паралельному включенні в систему, насоси повинні мати стабільну форму напірної характеристики в інтервалі подач від 30% До номінальної з крутизною не більше 30%.

- Для запобігання зворотного обертання і недопустимого нагріву води при малих подачах насоси повинні забезпечуватися зворотними клапанами з лінією рециркуляції.

Для живильних насосів застосовується електро-і турбопривод. У вітчизняній та зарубіжній енергетиці трубопривод отримав переважне застосування для потужних живильних насосів ( $N > 8$  тис. кВт).

Специфічні вимоги щодо роботи живильних насосів:

Насоси з подачею  $0,105 \text{ м}^3/\text{с}$  і вище можуть наводитися в обертання через гідромуфту. Насоси з такими подачами повинні допускати відбір води від проміжної шаблі до 10% номінальної подачі з тиском 3,9-7,4 МПа при роботі в номінальному режимі. На недогрузочних режимах допускається підвищення тиску відбору на 18-30% номінального.

Живильні насоси подають воду в барабанні і прямоточні стаціонарні парові котли з тиском пари 3,9 (40): 9,8 (100), 13,7 (140) та 25 МПа (255 ата). Тиск пари робить істотний вплив на конструктивну схему живильного насоса.

Вузол є однією з основних складових насоса. Секція, в сукупності з напрямним апаратом і кільцями ущільнювачів, служить для відводу, робочої рідини, в наступний ступень насоса.

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

На рисунку 1.1 зображена деталь з нумерацією поверхонь, а в таблиці 1.1 вказана класифікація поверхонь деталі.

Таблиця 1.1 – Класифікація поверхонь деталі

Класифікація поверхні	№ Поверхні
Виконавчі	27,30,33,20
Основні конструкторські бази	1,23,35
Допоміжні конструкторські бази	4,9,10,13,22,32,34
Вільні	2,3,5,6,7,8,11,12,14,15,16,17,18,19,21,24,25, 26,27,29,31

Поверхні 27,30,33,20 є виконавчими, з їх допомогою деталь виконує своє службове призначення, а саме ці поверхні є базовими для направляючого апарату і кільця ущільнювача .

Поверхні 1,23,35 є базовими, ці поверхні з'єднуються з секцією попереднього ступеня і визначаючи положення самої деталі у вузлі .

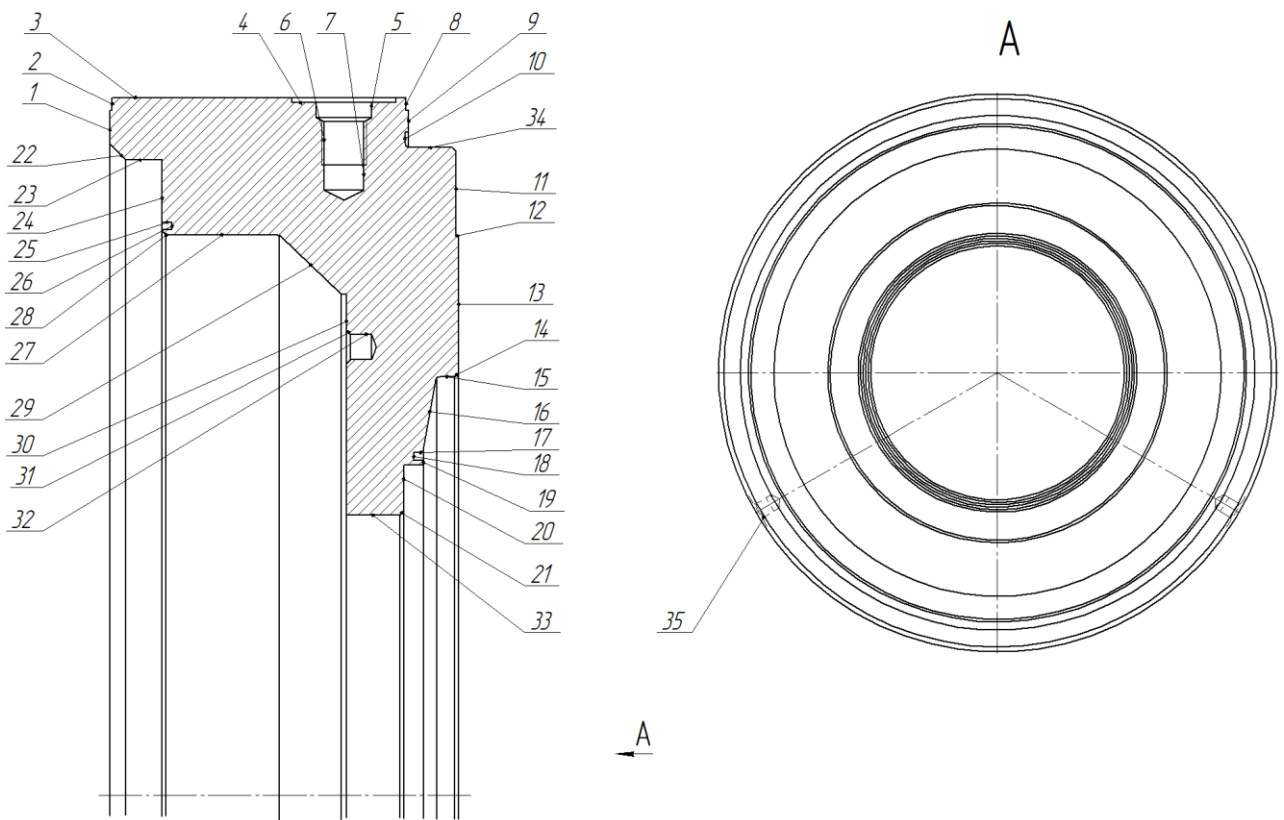


Рисунок 1.1 - Нумерація поверхонь секції проміжної ступені

Поверхні 4 - допоміжна конструкторська база , по ній базується кришка , яка запобігає потраплянню пилу та вологи, в різьбове з'єднання .

Поверхні 9,34 - допоміжні конструкторські бази , поверхні є базовими для секції наступному ступені .

Поверхня 10,22 - допоміжні конструкторські бази , поверхні є базовою для ущільнювального кільця , який забезпечує додаткову герметичність при посадці двох секцій.

Поверхня 13 - допоміжна конструкторська база , поверхня є базовою для направляючого апарату наступному ступені .

Поверхня 32 - допоміжна конструкторська база , поверхня є базовою для штифта , який оберігає , в процесі роботи , направляючий апарат від проворота .

Поверхні 2,8 - вільні поверхні , призначені для запобігання запресовки секцій між собою.

Поверхня 3 - вільна поверхня , зовнішня циліндрична щабель секції.

Поверхня 5 - вільна поверхня , отвір яке залишає простір для того що б можна було закрутити рим- болт.

Поверхня 6 - вільна поверхня , різьбове з'єднання до якого , при транспортуванні або монтажі секції , приєднується рим- болт.

Поверхня 7 - вільна поверхня , що утворилася при свердління отвору , для нарізування різьблення.

Поверхня 11,12 - вільні поверхні, призначені для запобігання запресовки секцій в процесі роботи насоса.

Поверхні 14,21,28,31 - вільні поверхні , фаски призначені для полегшення складання і видалення гострих кромки небезпечних для людини.

Поверхні 15,16 - вільні поверхні , по них протікає робоча рідина в секцію наступному ступені .

Поверхні 17,18 - вільна поверхня , ці поверхні утворюють канавку , при відгинання якої , вона фіксує кільце ущільнювача.

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



Поверхня 29 - вільна поверхня , виконана з конструктивних міркувань , що забезпечує достатню міцність, жорсткість та інші параметри деталі.

Розглянемо базування деталі у виробі (рис. 1.2) та заповнимо відповідні таблиці 1.2-1.3.

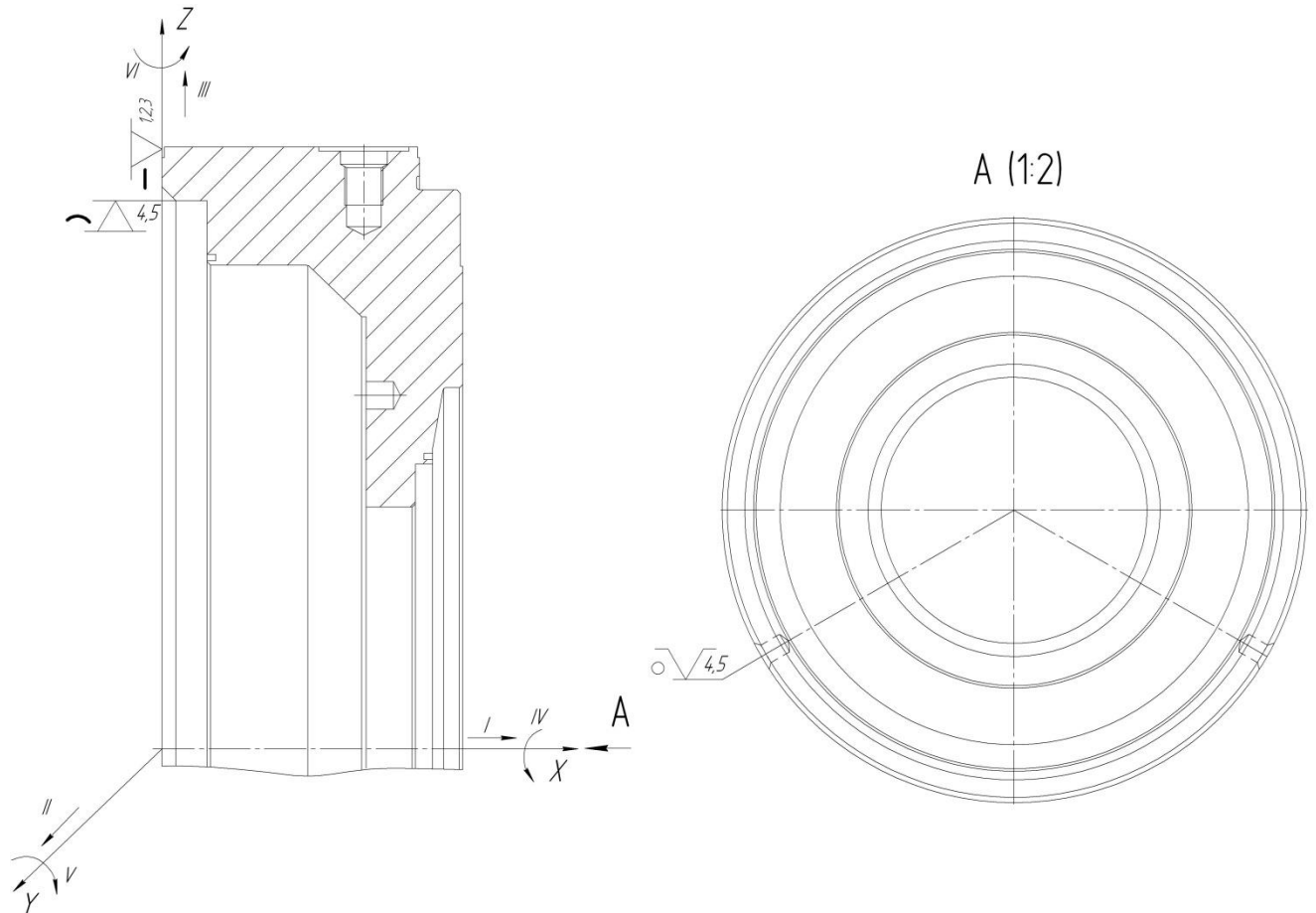


Рисунок 1.2- Схема базування деталі

Таблиця 1.2- Таблиця відповідностей

Зв'язок	Ступінь вільності	База
1,2,3	I, V, VI	Установлювальна
4,5	II, III	Подвійна-опорна
6	IV	Опорна

Секція напрямна необхідна для направлення, передачі потоку перекачуемого середовища від робочого колеса через апарат зворотній направляючий до колеса наступної ступені. До деталі пред'явлені жорсткі вимоги конструктором для забезпечення безвідмовної роботи виробу в цілому. Експлуатується при

температурі робочого середовища від 10 до 165°C з впливом агресивного перекачуемого середовищем, динамічними вібраціями і тиском.

Таблиця 1.3- Матриця зв'язків

	x	y	Z	
<i>l</i>	1	0	0	УБ
<i>α</i>	0	1	1	
<i>l</i>	0	1	1	ПОБ
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	ОБ
<i>α</i>	1	0	0	

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Згідно креслення секцію проміжної ступені необхідно виготовляти із сталі 20X13 ГОСТ 5632-72. Сталь 20X13 призначено для роботи в корозійно-активних середовищах і при високих температурах (згідно ГОСТ 5632-72). Сталь 20X13 застосовується для виробів які повинні володіти достатньо високою міцністю і одночасно достатнім запасом пластичності і ударної в'язкості. Її використовують також як жароміцний матеріал при температурах до 450 - 550 ° С. Хімічний склад даної марки сталі приведений у таблиці 2.1, а дані про механічні властивості у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 20X13 ГОСТ 5632-88

Хімічний елемент	%
1	2
Кремній ( Si) , не більше	0,8
Мідь (Cu), не більше	0,30
Марганець (Mn), не більше	0,8
Нікель (Ni), не більше	0,6
Титан (Ti), не більше	0,2
Фосфор (P), не більше	0,030
Хром (Cr)	12,0-14,0
Сірка (S), не більше	0,025

Технічні вимоги які конструктор пред'являє до деталі:

- Поковка Гр III НВ197 - 248 ГОСТ 25034-81 . Даним вимогою конструктор обумовлює отримання заготовки, а саме поковка третьої групи по ГОСТу 25034-81 . Згідно ГОСТу кожна заготовка партії піддається 100 % контролю на твердість. Твердість заготовки повинна відповідати НВ 197-248, що досягається

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17620263-00 ПЗ				

загартуванням заготовки з наступним відпуском . В цілому пред'являється вимога у виготовленні заготовки куванням, з вимогами по III групі обумовлює її відповідальність, середньо навантажені умови експлуатації

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 20X13 ГОСТ 25054-81

Термообробка, стан поставки	Перетин, мм	У <sub>0,2</sub> , МПа	У <sub>B</sub> , МПа	д <sub>5</sub> , %	ш, %	КСУ, Дж/м <sup>2</sup>
Поковки. Загартування 1000-1050 °С, повітря або масло. Відпуск 660-770 °С, повітря.	1000	41	588	14	40	39

Сталь 20X13 - корозійно стійка , жароміцна. Обґрунтованість вибору матеріалу в тому що він забезпечують потрібну жароміцність і корозійну стійкість , так як деталь працює при температурах близько 165 ° С і контактувати з робочою рідиною , при цьому повинна зберігати свої механічні властивості . Застосування матеріалу з нижчими показниками механічних властивостей не доцільно так як це може призвести до зниження характеристик деталі, що в свою чергу призведе до швидшого зносу робочих поверхонь деталі.

- \* Розмір для довідок. Дані розміри є невідповідальними або складальними, його величина досягається на складальній операції і вказується в якості додаткової інформації для зручності.

- \*\* Розмір забезпечити інструментом. Дана вимога в якійсь мірі дозволяє спростити вимоги креслення і означає що допуск на розмір повинен бути витриманий за рахунок інструменту.

- Не вказані граничні відхилення розмірів: Н14 , h14 , ± IT14 / 2 . Ці розміри не вимагають точної обробки, так як для них точність лімітується необхідністю обмежити витрати матеріалу і не допустити збільшення маси деталі. Досягнення більш високого квалітету точності вимагає часу на виконання обробки, викликає знос інструменту і повинно виконуватися більш кваліфікованим працівником, все

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17620263-00 ПЗ					

це економічно не вигідним для підприємства, тому вільні розміри обробляються тільки при чорновій операції.

- Маркувати позначення креслення , марку матеріалу і номер маршрутного листа ударним способом шрифтом 5 - Пр3 ГОСТ 26.020-80 . Маркується на поверхні, тому що деталь відповідальна і щоб при збірці насосу не сплутати секцію з іншими, подібними за конфігурацією, деталями.

- Таврувати знак ОТК. Після контролю всіх розмірів і вимог креслення, контролер таврує знак якості, який є гарантією відповідності розмірів і якості поверхонь деталі вимогам креслення. І засвідчує що виріб готовий до збірки.

Вимоги пред'являються конструктором до деталі :

Отвір Ø510 Н7х21, торець Ø550 / Ø510 Н7 з шорсткістю Ra 1,6 і допуском на радіальне биття 0,02 мм. Жорсткі вимоги до цих поверхонь обумовлено тим що за ними деталь базується в насосі. Якщо погіршити вимоги то це призведе до зміщення деталі від осі насоса, через це з'являться непотрібні зазори (через перекіс секції), що в свою чергу знизить герметичність і робоча рідина буде потрапляти на зовнішні поверхні секції, що не припустимо, так як за секцією розташовані деталі які не призначені до контакту з робочою рідиною і це може вивести з ладу весь насос. Також, зміщення від осі, призведе до появи шуму і вібрацій (при роботі насосу), це означає що підвищилось знако-перемінне циклічне навантаження, що призведе до збільшення зносу поверхонь деталі. Не дотримання вимог призведе до зменшення ККД всього насосу.

Торець Ø510Н7 / Ø450Н7 з шорсткістю Ra 6,3. Цю поверхню можна виконати з шорсткістю Ra 12,5, так як ця поверхня вільна і не є відповідальною.

Торцева канавка 3х4 на відстань 2 від Ø450Н7 з шорсткістю Ra12,5. Канавка призначена для відгинання і фіксації направляючого апарату. Канавка виконана з мінімальними вимогами, поліпшення вимог економічно не вигідно.

Отвір Ø450Н7х47, торець Ø402 / Ø 255Н7 з шорсткістю Ra 1,6 і допуском на радіальне биття 0,02 мм. Поверхні є допоміжною конструкторською базою для направляючого апарату. Зниження вимог призведе до зміщення направляючого

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

апарату від осі, через це знизиться герметичність, через появу зазорів між секцією і направляючим апаратом, робоча рідина буде потрапляти у порожнини між апаратом і секцією, через небажані зазори, також підвищиться вібрація і шум, з'являться завихренні робочої рідини, що підвищить знако-перемінні циклічні навантаження, через що збільшиться знос поверхонь деталі. Не дотримуючись вимог деталей не зможе виконувати своє службове призначення і зменшиться ККД насосу.

Торцева канавка з  $\varnothing 402 \times 1$  виконана з 14 квалітетом і шорсткістю Ra 12,5 . Призначена для полегшення збірки. Покращення вимог економічно не вигідно.

Отвір  $\varnothing 10 \times 10$  на відстань R180 від осі виконано з 14 квалітетом і шорсткістю Ra12,5. Призначений для штифта, який з'єднує секцію і направляючий апарат. Якщо не виконувати цей отвір , то в процесі роботи можливий проворот направляючого апарату, а поліпшення вимог економічно не вигідно.

Отвір  $\varnothing 255 \text{H}7 \times 24$  з шорсткістю Ra1,6, торець  $\varnothing 265 \text{H}12 / 255 \text{H}7$  з шорсткістю Ra1,6 і допуском на радіальне биття 0,02 мм і отвір  $\varnothing 265 \text{H}12$  з шорсткістю Ra 3,2. Поверхні є допоміжною базою для ущільнювального кільця. Вимоги до розмірів повинні забезпечити щільне прилягання ущільнювального кільця до секції. Зменшення вимог до розміром призведе до потрапляння робочої рідини в порожнину наступної секції обходячи робоче колесо що призведе до зменшення ККД насоса.

Торцева канавка  $3 \times 4$  на відстань 2 від  $\varnothing 265 \text{H}12$  з шорсткістю Ra12,5 . Канавка призначена для відгинання і фіксації ущільнювального кільця. Канавка виконана з мінімальними вимогами , поліпшення вимог економічно не вигідно.

Торець  $280 / 265 \text{H}12$  , конус  $10^\circ$  з  $\varnothing 280$  до  $\varnothing 336 \text{H}11$  , R2 і отвір  $\varnothing 336 \text{H}11$  з шорсткістю Ra 3,2 . Виконано з конструктивних міркувань, поверхня контактують з робочою рідиною, розміри виконані з розрахунком що б не було завихрень і концентрацій напруги.

Торець  $\varnothing 336 \text{H}11 / \varnothing 449$  виконаний з шорсткістю Ra1,6 і допуском на радіальне биття 0,03 мм. Поверхня є допоміжною конструкторської для

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

направляючий апарат, розташований в наступному ступені. Зниження вимог призведе до зміщення направляючого апарату від осі, через це знизиться герметичність, через появу зазорів між секцією і направляючим апаратом, робоча рідина буде потрапляти у порожнини між апаратом і секцією, через небажані зазори, також підвищиться вібрація і шум, з'являться завихренні робочої рідини, що підвищить знако-перемінні циклічні навантаження, через що збільшиться знос поверхонь деталі. Не дотримуючись вимог деталей не зможе виконувати своє службове призначення і зменшиться ККД насосу.

Торець  $\text{Ø}510\text{js}6/\text{Ø}449$  з шорсткістю Ra 12.5 . Вільна поверхня виконана з конструктивних міркувань .

Поверхня  $\text{Ø}510\text{js}6 \times 20$  і торець  $550/\text{Ø}510\text{js}6$  виконуються з шорсткістю Ra 1,6 і допуском на радіальне биття 0,02 мм. Поверхні є допоміжною конструкторською базою для секції наступному ступені , зниження вимог призведе до зміщення наступної секції щодо осі насоса , через це з'являться непотрібні зазори (через перекіс секції), що в свою чергу знизить герметичність і робоча рідина буде потрапляти на зовнішні поверхні секції, що не припустимо, так як за секцією розташовані деталі які не призначені до контакту з робочою рідиною і це може вивести з ладу весь насос. Також, зміщення від осі, призведе до появи шуму і вібрацій (при роботі насосу), це означає що підвищилось знако-перемінне циклічне навантаження, що призведе до збільшення зносу поверхонь деталі. Не дотримання вимог призведе до зменшення ККД всього насосу.

Канавка  $6,5 \times 1,5$  на торці  $550/\text{Ø}510\text{js}6$  з шорсткістю Ra 1,6 . Допоміжна конструкторська база для ущільнювального кільця розміщеного між двома секціями. Зменшення вимог призведе до збільшення зазору і кільце ущільнювача не зможе гарантувати потрібну герметичність.

Поверхня 120h8 виконана за конструкторським міркувань, для того щоб була витримана відстань між секціями і була забезпечена потрібна міцність, жорсткість та інших механічних параметрів.

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Виконуємо розрахунок, згідно [3].

Початкові дані:

Річна програма випуску виробів  $N=200$  штук.

Режим роботи підприємства - у дві зміни.

Дійсний річний фонд роботи обладнання  $F_d = 4029$ , годин.

Для розрахунку необхідно знати штучний час на виконання механічних операцій. Дані про штучному часу виготовлення деталі «Секція напрямна» на механічні операції візьмемо з базового технологічного процесу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Штучний час на механічні операції

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$ , хв
015	Токарна - гвинторізна	40
045	Токарно - гвинторізна	20
050	Вертикально-фрезерна	20
060	Радіально - свердлильна	20
065	Горизонтально-фрезерна	20

Знаючи штучний час, витрачений на кожну операцію, визначаємо кількість верстатів за формулою:

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



де  $N$  - річна програма випуску виробів, шт;

$T_{шт}$  - штучний час;

$F_d$  - дійсний річний фонд часу, ч;

$\eta_{з.н}$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, по [3]  $\eta_{з.н} = 0,8$ .

Таблиця 3.2 - Нормування операцій

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$	$m_p$	P	$\eta_{з.ф.}$	O
015	Токарна - гвинторізна	40	0,06	1	0,06	12,9
045	Токарно - гвинторізна	20	0,031	1	0,031	27,8
050	Вертикально-фрезерна	50	0,076	1	0,076	37,2
060	Радіально - свердлильна	20	0,031	1	0,031	27,8
065	Горизонтально-фрезерна	40	0,06	1	0,06	12,9
$\Sigma$	-	180	-	5	-	102,6

Коефіцієнт закріплення операції розраховуємо по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.2)$$

Таким чином коефіцієнт закріплення операції дорівнює:

$$K_{з.о.} = \frac{102,6}{5} = 20,45 \approx 21, \text{ що відповідає дрібносерійному типу виробництва, так}$$

як  $K_{з.о.}$  входить в межі  $20 < 21 < 40$ .

Визначаємо форму організації виробництва.

Визначаємо партію запуску за формулою [3]:

$$n = Na/254, \quad (3.3)$$

де  $a=24$  – періодичність запуску в днях [3].

						Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17620263-00 ПЗ	

$$N_{нар} = \frac{200 \cdot a}{254} = \frac{200 \cdot 24}{254} = 18,8, \text{ приймаємо партію запуску } 19 \text{ штук.}$$

Визначити середню трудомісткість механічних операцій:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{штм}}{n} = \frac{180}{5} = 35,5 \text{ хв.}$$

$n = 5$  - число операцій.

Визначаємо добовий час роботи обладнання:

$$F_{сум} = \frac{60 \cdot F_d}{254} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 952 \text{ хв.}$$

Коригуємо розмір партії за рахунок визначення числа змін на виготовлення всієї партії:

$$z = \frac{T_{cp} \cdot N_{нар}}{F_z \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{35,5 \cdot 19}{476 \cdot 0,8} = 22,7 .$$

$$F_z = \frac{F_{сум}}{2} = \frac{952}{2} = 476 \text{ хв.}$$

$\eta_{з.н.} = 0,8$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість змін округляємо до найближчого цілого значення:  $z_{пр} = 23$ .

$$\text{Тоді число деталей в партії: } N_{нар} = \frac{F_z \cdot z_{пр} \cdot \eta_{з.н.}}{T_{cp}} = \frac{476 \cdot 23 \cdot 0,8}{22,7} = 19 \text{ шт.}$$

Так як розрахований тип виробництва дрібносерійний, то вибираємо форму організації робіт - групову.

Ця форма організації робіт характерна для дрібносерійного і среднесерійного типів виробництва. Заготовки обробляються невеликими партіями, час обробки не погоджений.

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

## 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналіз технологічності проводиться з метою – виявлення недоліків конструкції з відомостей які містяться на кресленні і технічних вимогах, а також можливе покращення технологічності розглянутої конструкції .

Показники технологічності поділяються на якісні та кількісні.

Якісні показники характеризують технологічність конструкції більш загально на основі досвіду виконавця. До якісних показників відносяться: матеріал деталі, установка в верстаті (базування та закріплення), розміщення розмірів, допуски форми та розміщення, геометрична форма, можливість використання прогресивних способів обробки поверхонь.

Аналізуючи технологічність конструкції за застосовуваним матеріалом необхідно відзначити, що сталь 20Х13 має ряд замінників, таких як: 12Х13, 14Х17Н2; тому в випадку збою поставки цього матеріалу на виробництво, його можна легко замінити іншим. Цей матеріал є відносно не технологічним, через свою високу вартість у порівнянні з більш дешевими конструкційними сталями.

Аналізуючи форму поверхонь деталі з точки зору можливості застосування високопродуктивного обладнання, можна зазначити, що більшість поверхонь є простими (циліндричні, плоскі), що значно полегшує обробку , так як в більшій мірі досягнута точність обробки залежить від простоти конструкційних форм, тому при аналізі поверхонь можна сказати що за цим показником деталь технологічна.

Аналізуючи деталь за використанням необроблюваних поверхонь можемо зробити висновок що вона не технологічна, так як деталь відповідальна, більшість поверхонь контактують з іншими деталями вузла та виконують різноманітні функціональні призначення, тому всі поверхні оброблюється з великою шорсткістю та точністю.

Аналізуючи креслення деталі можна зробити висновок, що виконане воно згідно з стандартами , хоча має деякі неточності, такі як перетин розмірних ліній,

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

нагромадження розмірів, дані зауваження незначні та розумінню креслення не заважають. Тому можна вважати що деталь за цим пунктом є технологічною.

Спрощення вимог креслення, запропонованих конструктором, у відношенні точності та якості поверхонь не має можливості, так як деталь відповідальна та для відповідності деталі її функціональним призначенням необхідно забезпечити відповідно їх якість, тому за цим пунктом деталь не технологічна.

Маса заготовки складає 140 кг, що свідчить про те що при транспортуванні, установці заготовки на верстат потрібно використовувати допоміжні підйомні механізми (кран-балки, мостові крани). Отже за масою заготовка не технологічна, бо потребує значних витрат часу на між операційне транспортування.

Конструкція деталі є достатньо жорсткою, що дозволяє, при механічній обробці її поверхонь, застосовувати продуктивні режими різання та багато інструментальну обробку, що є технологічним.

На основі розглянутого креслення деталі «Секція проміжної ступені», можемо зробити висновок, що існують не технологічні конструктивні елементи:

-внутрішні циліндричні поверхні:  $\varnothing 510H7x21 Ra=1,6$ ;  $\varnothing 450H7x47 Ra=1,6$ ;  $\varnothing 255H7x24 Ra=1,6$  (з допуском на радіальне биття 0,02мм) - поверхня має досить високу точність і якість оброблення, це є не технологічно, бо підвищує собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

- внутрішні циліндричні поверхні:  $\varnothing 265H12x8 Ra= 3,2$ ;  $\varnothing 336H11x14 Ra=3,2$  – ці поверхні мають високу якість що є не технологічним, це є не технологічно бо підвищується собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

-торцеві поверхні:  $\varnothing 550/ \varnothing 510H7 Ra=1,6$ ;  $\varnothing 402/ \varnothing 255H7 Ra=1,6$ (з допуском на радіальне биття 0,02 мм);  $\varnothing 280/265H12 Ra=3,2$ ,  $\varnothing 336H11/ \varnothing 449 Ra=1,6$ (з допуском на радіальне биття 0,03мм);  $\varnothing 550/\varnothing 510js6 Ra=1,6$  (з допуском на радіальне биття 0,02 мм) – поверхні мають досить високу якість оброблення,це є не технологічно

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17620263-00 ПЗ					

бо підвищується собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

-зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 510js6x20$   $Ra=1,6$  - поверхня має досить високу точність і якість оброблення, це є не технологічно, бо підвищує собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

-Конусні поверхні:  $\angle 10^\circ$  з  $\varnothing 280$  до  $\varnothing 336H11$   $Ra=3,2$ ,  $\angle 43^\circ$  з  $\varnothing 402$  до  $\varnothing 450H7$   $Ra=3,2$ ,  $\angle 45^\circ$   $\varnothing 510H7$   $Ra=1,6$ ; канавка  $6,5x 1,5$  на торці  $\varnothing 550/ \varnothing 510js6$  виконана з  $Ra= 1,6$  - поверхні мають досить високу якість оброблення та потрібен спеціальний ріжучий інструмент з відповідною геометрією, це є не технологічно бо підвищується собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

- торцеві канавки є не технологічними, так як їх дуже важко оброблювати, їх не можливо обробити звичайним карнабочним різцем, отже

Вище приведені зауваження є не технологічними, але вони є конструктивними: необхідні для використання деталі в вузлі, а отже змінити їх не має можливості, окрім торця  $\varnothing 510/ \varnothing 450H7$  який виконаний з  $Ra=6,3$ , ця поверхня вільна і достатньо шорсткості  $Ra=12,5$  для того щоб деталь виконувала своє службове призначення.

В цілому ж конструкція деталі технологічна і більшого вдосконалення, ніж це зробив конструктор без шкоди для службового призначення деталі та виробу, на даному етапі розвитку науки і техніки запропонувати неможливо.

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_{им} = \frac{M}{M_m}, \quad (4.1)$$

де  $M$  - маса готової деталі,  $M = 110$  кг

$M_m$  - маса заготовки,  $M_m = 154$  кг

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 17620263-00 ПЗ

$$M_m = M_d \cdot K_p = 110 \cdot 1,4 = 154 \text{ кг} \quad (4.2)$$

$$K_{IM} = \frac{110}{154} = 0,714$$

Визначення рівня технологічності конструкції з використання матеріалу:

$$K_{yu} = \frac{K_{б IM}}{K_{IM}}, \quad (4.3)$$

де  $K_{б IM}$  - базовий коефіцієнт використання матеріалу,  $K_{б IM} = 0,3$  (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$K_{yu} = \frac{0,3}{0,714} = 0,42$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_{mu} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i} \quad (4.4)$$

де  $\sum n_i$  - число розмірів відповідного класу точності;

$T$  - клас точності обробки.

$$\sum n_i = 1 + 7 + 2 + 2 + 30 + 3 + 1 = 46.$$

$$\sum T \cdot n_i = 6 \cdot 1 + 7 \cdot 7 + 9 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 30 + 15 \cdot 3 + 16 \cdot 1 = 578.$$

$$K_{mu} = 1 - \frac{46}{578} = 0,92 > 0,8$$

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{cp}}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum \text{Ш} \cdot n_{im}}, \quad (4.5)$$

де  $\sum n_{im}$  - число поверхонь відповідного класу шорсткості

$$\sum \text{Ш} \cdot n_{im} = 1,6 \cdot 9 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 34 = 238,2.$$

$$K_u = \frac{46}{238,2} = 0,19 < 0,32.$$

По даному показнику деталь є технологічною.

Отже з усіх проаналізованих критеріїв деталь є технологічною.

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі, тому проектування заготовки є одним з найважливіших етапів побудови технологічного процесу. Заводський метод отримання заготовки використовувати не доцільно, оскільки дуже багато металу йде в стружку ( $K_3=0,3$ ), адже заводська заготовка не передбачує наявності центрального отвору. Також заготовки можливо виготовляти за допомогою центробіжного лиття, але отриманні заготовки цим методом не задовольняють якість, через недостатню міцність. Отже для умов дрібносерійного виробництва доцільним буде порівняння двох способів отримання заготовки – це поковка кована на молотах та поковка на пресах. В процесі розрахунків для обох варіантів будемо обирати заготовку з центральним отвором.

Собівартість заготовки кованої на молотах з використанням підкладних штампів розраховуємо за формулою:

$$S_{ЗАГ1} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q_2 \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{ОТХ}}{1000}, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де  $C_i = 24000$  грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 180,5$  кг – маса заготовки;

$q = 110$  кг – маса готової деталі;

$K_T = 1,06$  – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,6$  - коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_C = 1,0$  - коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_H = 0,78$  - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_B = 1,0$  - коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{ВІДХ} = 3200$  грн – ціна однієї тони відходів,

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



$$S_{заг} = \left( \frac{24000}{1000} \cdot 180,5 \cdot 1,06 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \right) - (180,5 - 110) \frac{3200}{1000} = 5505 \text{ грн}$$

Для порівняння розрахуємо собівартість заготовки отриманої куванням на пресі за формулою 6.1, тільки з іншими коефіцієнтами:

$C_i = 21500$  грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 180,5$  кг – маса заготовки;

$q = 110$  кг – маса готової деталі;

$K_T = 1,06$  – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,6$  - коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_C = 1,0$  - коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_H = 0,78$  - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_B = 1,0$  - коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{відх} = 3200$  грн – ціна однієї тони відходів,

$$S_{заг} = \left( \frac{22500}{1000} \cdot 180,5 \cdot 1,06 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \right) - (180,5 - 110) \frac{3200}{1000} = 5467 \text{ грн} .$$

Отже, порівнюючи вартість отримання заготовки, обираємо з економічної точки зору отримання заготовки вільним куванням на пресах у підкладних штампах за ГОСТ 7062-90, так як цим способом ми отримаємо більш дешевшу, ущільнену та зміцнену заготовку. Ескіз заготовки (рис. 5.1) та таблиця 5.1 з розрахунковими величинами представлені далі.

Таблиця 5.1 - Розміри поковки

Поверхня	Номинальний розмір	Припуск на розмір	Допуск і відхилення розміру заготовки	Розмір заготовки з допуском
$H_1$	140	14	$\pm 4$	$154 \pm 4$
$d_2$	$\varnothing 560$	21	$\pm 5$	$\varnothing 581 \pm 7$
$D_3$	$\varnothing 255$	9	+3 -2	$\varnothing 246 \pm 7$

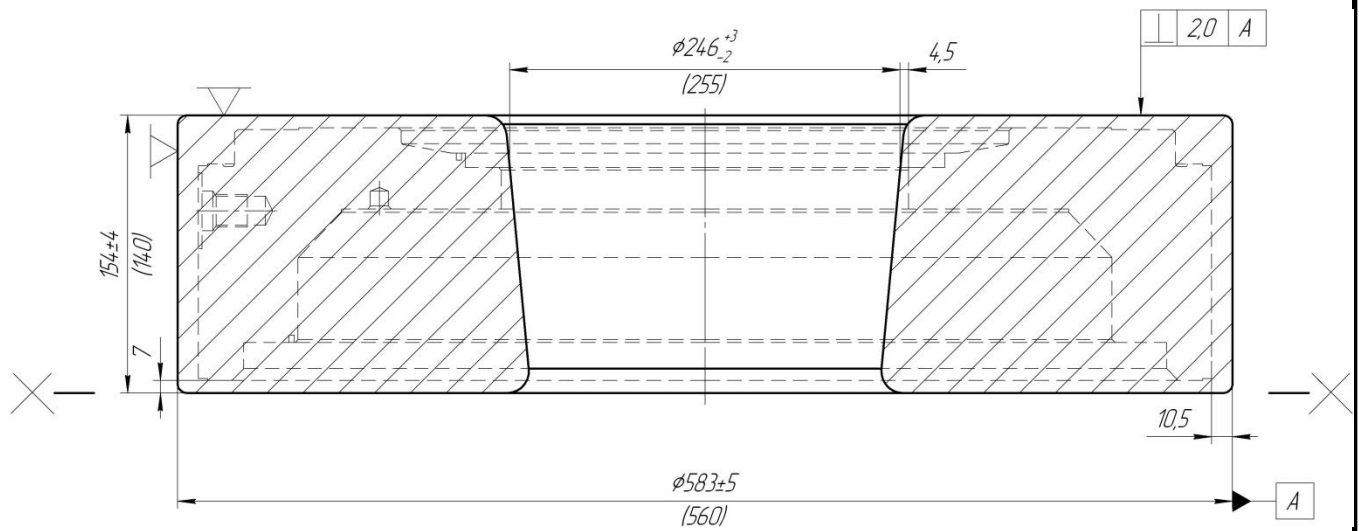


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки

Призначаємо технічні вимоги до поковки:

1. Поковка Гр. III НВ 197...248 ГОСТ 8479-70
2. Незазначені радіуси  $R5^{+1}$  мм;
3. Незазначені ухили 2-3°;
4. Матеріал замінник сталь 30X13 ГОСТ 5632-72;
5. Припуски на розміри за ГОСТ 7062-90.
6. Маркувати номер деталі шрифтом 5Пр3 ГОСТ 26.008-85.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 17620263-00 ПЗ

Лист

26

## 6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 450H7$  мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (6.1)$$

де  $R_{z_{i-1}}$  – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$T_{i-1}$  – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції;

$\rho_{i-1}$  – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

$\varepsilon_i$  – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім  $\rho_{i-1}$ , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{екс}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{2,0^2 + 0,7^2} = 2,119 \text{ мкм},$$

а  $\rho_{i-1}$  знаходиться в відсотковому відношенні від

$$\text{тоді } \rho_{чери} = \rho_{заг} k_y$$

де  $k_y = 0,04-0,06$ , в залежності від переходу.

									Лист
									26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 6.1, а самі результати розрахунку у додатку Б.

Таблиця 6.1 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Елементи припуску, мкм				
			R <sub>z</sub>	h	ρ	ε <sub>y</sub>	
						ε <sub>6</sub>	ε <sub>3</sub>
Поковка	3	+4 -2	250	1000	2119	-	-
Розточування чорнове	кв. 12	+0,63	125	240	127	500	500
Розточування напівчистове	кв. 9	+0,155	20	125	105	200	100
Розточування чистове	кв. 7	+0,063	10	25	84	0	0

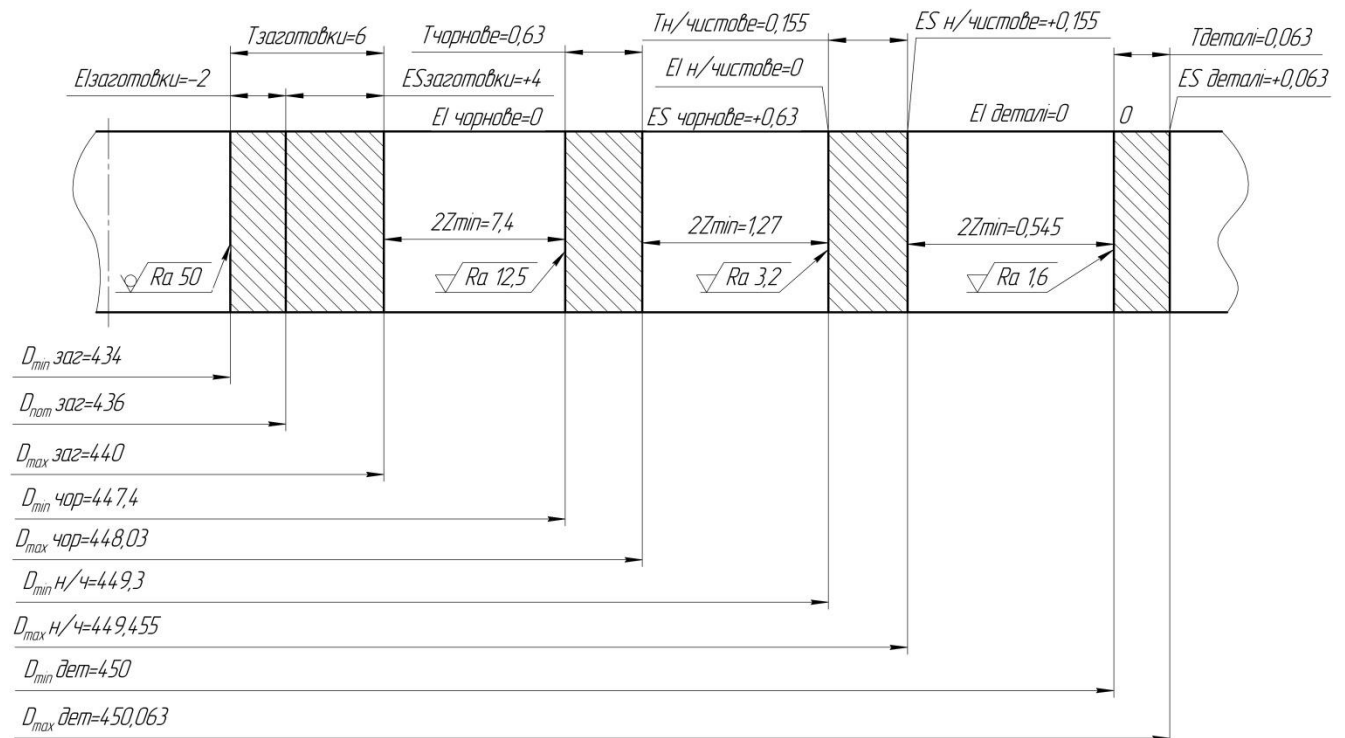


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру  $\varnothing 450H7$  мм

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Анализ будемо проводити на основі базового технологічного процесу. У цьому технологічному процесі послідовність операцій механічної обробки відповідає загальноприйнятим етапам побудови технологічного процесу.

На першій технологічній операції проводиться обробка поверхонь, які на подальших операціях будуть прийняті за базові (чистові).

Технологічний процес виготовлення деталі наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Базовий технологічний процес

№ оп.	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Вхідний контроль	Перевірка наявності сертифікатних даних за гр. III 20x13 197...248НВ ГОСТ25054-80		
010	Карусельна чорнова	Точити деталь с переустановкою, вивіркою розмірів згідно ескізу 14194.20141.00632	На планшайбі по торцевій і циліндричній поверхням у верстатних	Токарно карусельний верстат 1541
015	Контроль ВТК			Стіл ВТК
020	Розмітка	Розмітити 1 отв. під рим-болт М16-6Н і 2 отв. М16-6Н на Ø560		Плита розміточна
025	Свердлильна	Сверлити 3 отвори, нарізати різь М16-6Н, цекувати Ø42	На столі верстату	Радіально-свердлильний верстат 2Н55
030	Слюсарна			Верстак
035	Маркування	Маркувати позначення креслення, марку матеріалу		
040	Карусельна чистова	Точити деталь з переустановкою, вивіркою розмірів	На планшайбі	Токарно карусельний верстат 1541

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5
045	Контроль ВТК			Стіл ВТК
050	Розмітка	Розмітити 1 отв. Ø10x10 на R180±0.3		Плита розміточна
055	Свердлильна	Точити 1 отв. Ø10x10, зенкувати фаски 1x45°	На Столі верстату з упором по торцю приватами і	Радіально-свердлильний верстат 2Н55
060	Слюсарна			Верстак

В базовому технологічному процесі є ряд недоліків.

Базовий технологічний процес оформлений у застарілій формі 70-х років. Використовуються бланки застарілих ГОСТів, які вже замінені на нові.

Згідно ГОСТ3.1129-93 для заповнення карт технологічного процесу вказується повна назва операції, назви верстатів також мають бути присутні, а у базовому технологічному процесі їх зовсім немає, вказана лише модель. Також на багатьох операціях зовсім не вказано пристрій і устаткування. Мають бути присутні номери цеху, дільниці, робочого місця. Ці дані у базовому технологічному процесі не вказані.

Також не вказані коди операцій, обладнання, пристроїв, інструментів, заготовки. Взагалі про заготовку у базовому технологічному процесі окрім виду та профілю нічого не вказано. Відсутні режими різання. Карти ескізів є, але не на усі операції.

Пристрої, устаткування та інструменти застарілі, неекономічні та низькопродуктивні. Певні верстати можна замінити на верстати з ЧПК, або більш продуктивні сучасні верстати. Замість ручного закріплення заготовки, доцільніше використовувати механізоване і, взагалі, необхідно прагнути до виключення ручної роботи працівника.

Щодо базування деталі, то можна сказати, що деталь має постійні базові поверхні – торці та зовнішні поверхні, тому може оброблятися у стандартних

пристроях, без застосування спеціальних пристроїв. Недоліком являється те, що технологічна та вимірвальна бази не співпадають, тому виникає похибка базування. Доречно було б наносити розміри саме від торців деталі, які являються технологічними базами, щоб виключити появлення похибки базування.

Режими різання вибрані і підраховані правильно. Але через те що устаткування і матеріали ріжучих інструментів на виробництві використовуються застарілі то це ці режими недоцільно застосовувати для сучасних верстатів, так як ці верстати дозволяють працювати на більш прогресивних і форсованих режимах. При зміні цих недоліків можна буде підвищити режими різання до оптимальних. Отже, скоротити час обробки і підвищити точність виготовлення деталей.

Якість виготовлення деталі у великій мірі залежить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установка складається з базірова-ня, тобто орієнтації заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту або траєкторії його переміщення, і закріплення, тобто докладання зусиль до заготівлі для фіксації положення заготовки, досягнутого при базуванні.

Поверхня, використовувана для базування, повинна відповідати таким вимогам:

- великі розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задирів, напливів, буртиков, залишків ливникової системи і т.д.);
- безпосередня розмірна зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність значущих деформацій і низькою жорсткості базових поверхонь;
- використання принципу сталості баз;
- можливість простого і зручного закріплення заготовки.

Для розгляду та аналізу у цьому пункті було обрано 3 операції:

- токарно-карусельна 015;
- комплексна на обробному центрі з ЧПК 025.

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 17620263-00 ПЗ

Для кожної операції розглянемо дві різних схеми базування для отримання точності лінійних розмірів. Точність діаметральних розмірів буде досягатися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата. Хоча базування і відбувається у чотирьохкулачковому патроні, але при цьому перша заготовка буде попередньо вивірятися по критерію радіального биття.

Схеми базування заготовки на токарно-карусельній чорновій операції 015 на двох установках приведені на рисунках 6.2-6.3.

Для визначення, який варіант з точки зору досягнення точності краще розрахуємо похибку базування:

На установі А: приймаємо одну схему базування, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що лише дві циліндричні поверхні на даному установі можна використати як подвійно-опорну базу, а саме зовнішню та внутрішню циліндричну поверхні і одну поверхню як установчу базу – торець деталі. Так як розмір отвору не дозволяє розмістити там кулачки, то залишається лише один варіант схеми базування – по торцю і зовнішній циліндричній поверхні. Дана схема передбачає установчу та подвійно-опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності.

Похибка базування:

$$\varepsilon_{a143} = \varepsilon_{\tilde{r}_c} = 0,05 < T_{143} = 1 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{a21} = \varepsilon_{\tilde{r}_c} = 0,05 < T_{21} = 0,52 \text{ мм};$$

Для інших розмірів на даному установі А, що мають більший допуск, ніж допуски на розміри 21 та 143 мм, точність буде забезпечена.

На установі Б:

- по першому варіанту:

-  $\varepsilon_{\delta 142} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_{142} = 0,4 \text{ мм}$  - тому отримуємо брак;

-  $\varepsilon_{\delta 9} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_9 = 0,15 \text{ мм}$  - тому отримуємо брак;

-  $\varepsilon_{\delta 8} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_8 = 0,36 \text{ мм}$  - тому отримуємо брак;

-  $\varepsilon_{\delta 14} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_{14} = 0,43 \text{ мм}$  - тому отримуємо брак;

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



- по другому варіанту:

-  $\varepsilon_{a142} = \varepsilon_{iTC} = 0,05 < T_{142} = 0,4$  мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема;

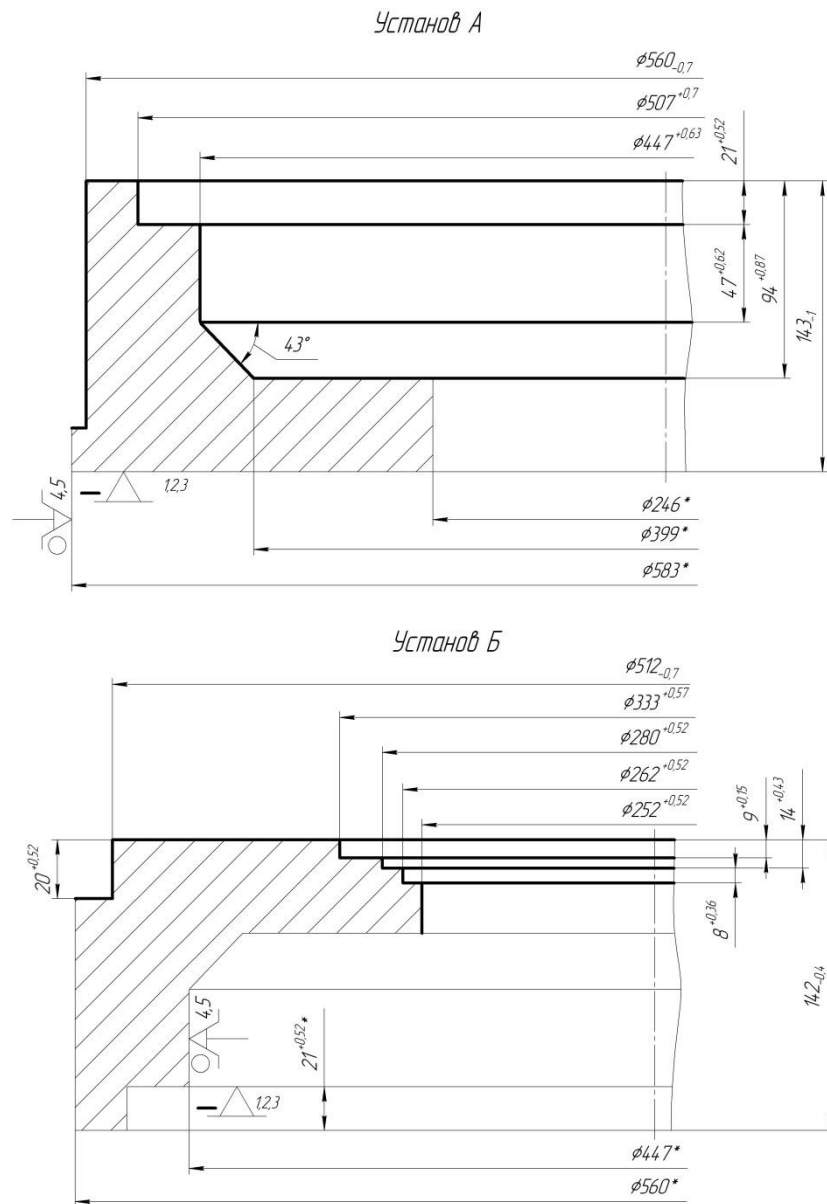


Рисунок 6.2- Схема базування заготовки на токарній операції (перший варіант)

-  $\varepsilon_{a8} = \varepsilon_{iTC} = 0,05 < T_8 = 0,15$  мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема;

- для інших розмірів на даному установі по другому варіанту схеми базування точність буде забезпечена, так як їх допуск більший ніж допуски на розраховані розміри.

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

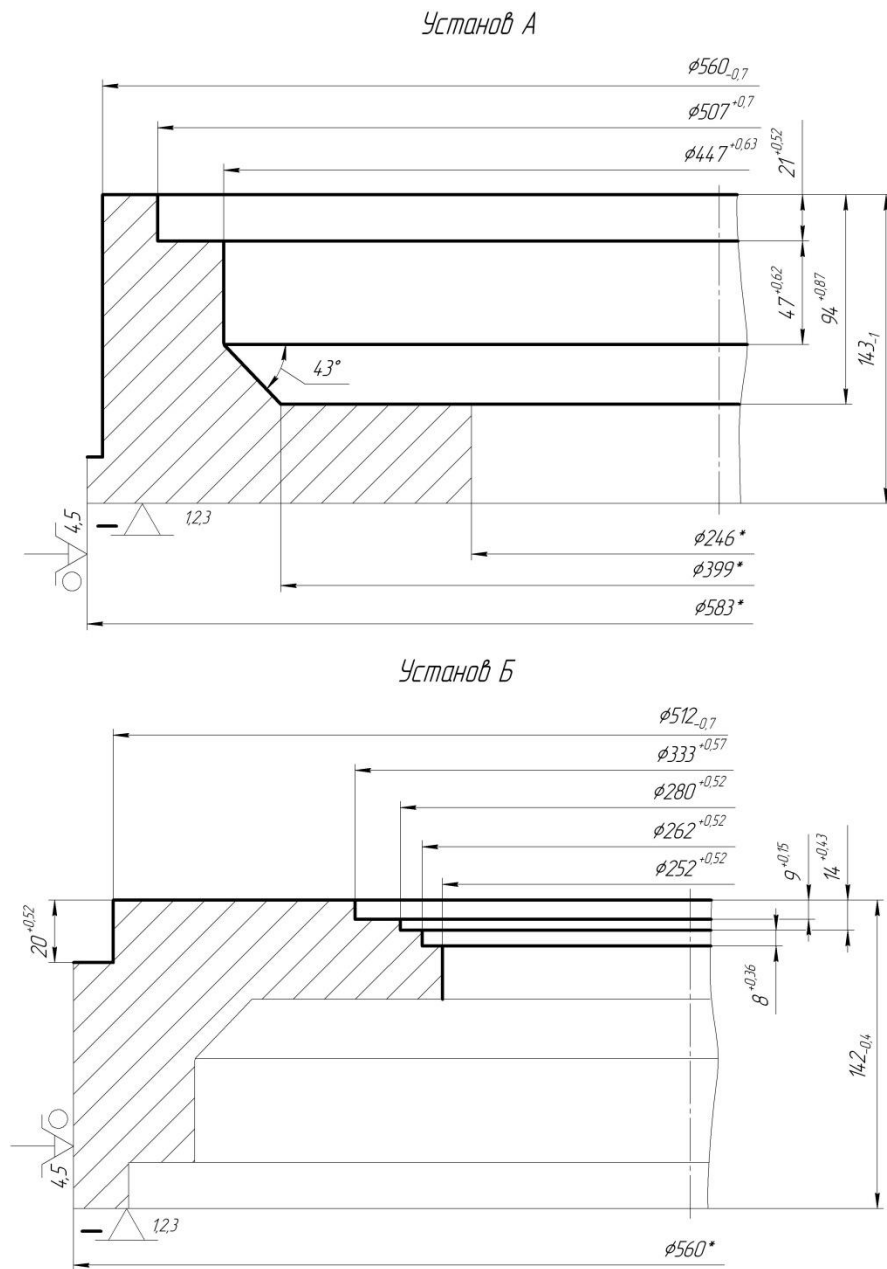


Рисунок 6.3- Схема базування заготовки на токарній операції (другий варіант)

Отже на установі Б приймаємо другий варіант схеми базування.

025 Комплексна на обробному центрі з ЧПК.

Дана операція виконується на одному установі, але в трьох позиціях за рахунок можливості повороту столу даного верстата.

На даній операції проводиться свердління і цекування отворів на циліндричній поверхні, які розташовані під кутом 120°.

						Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17620263-00 ПЗ	

Розглянемо базування заготовки на даній операції використовуючи внутрішню циліндричну та різні варіанти торцевих поверхонь для досягнення точності лінійних розмірів. Дана схема передбачає установчу та подвійно-опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності (рис. 6.4-6.5).

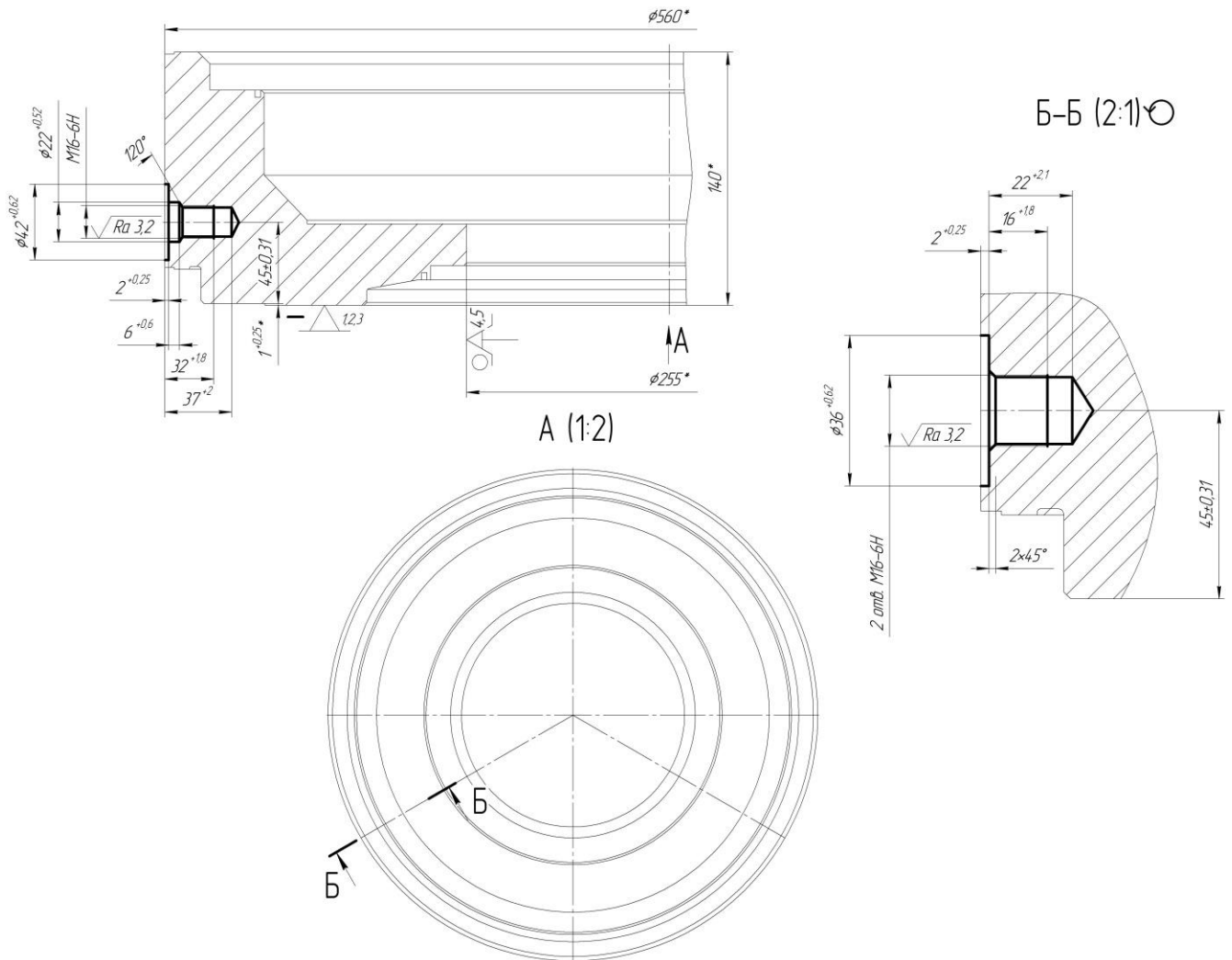


Рисунок 6.4 - Схема базування заготовки на комплексній операції (перший варіант)

Похибка базування для двох схем базування на діаметральні розміри отворів та їх глибину буде однаковою  $=0,06$  мм (визначається зазором між оправкою та отвором деталі), що менше ніж мінімальний допуск, що виконується на операції на операції.

Для лінійних розмірів, що визначають відстань від торця:

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

- по першому варіанту  $\varepsilon_{\delta 45} = \varepsilon_{noz} + T_1 = 0,03 + 0,25 = 0,28 < T_{45} = 0,62$  мм - тому в першому варіанті браку нема;

- по другому варіанту  $\varepsilon_{\delta 45} = \varepsilon_{ii\zeta} = 0,03 < T_{45} = 0,62$  мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема.

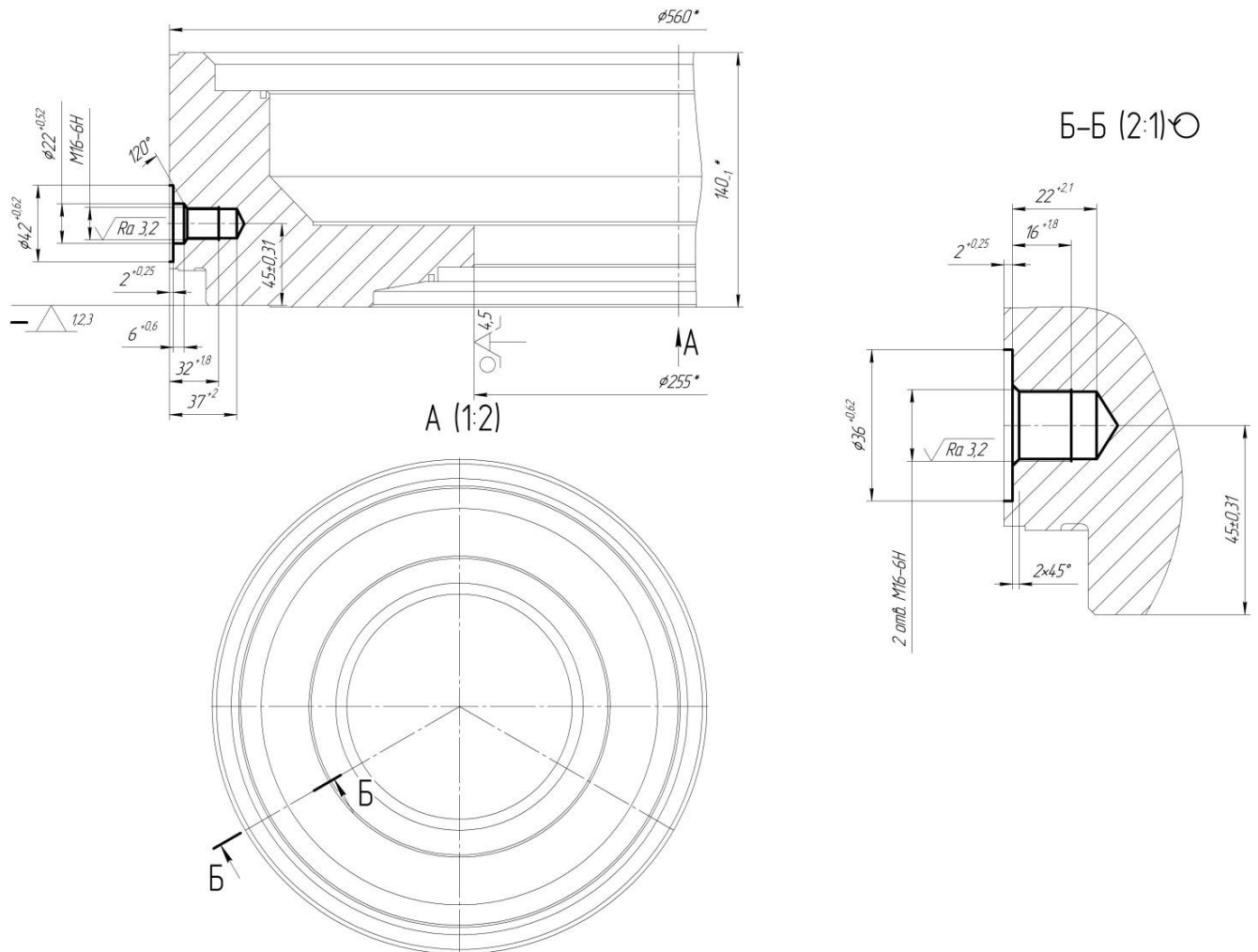


Рисунок 6.5 - Схема базування заготовки на комплексній операції (другий варіант)

Отже, хоча на двох варіантах браку немає приймаємо остаточно другий варіант схеми базування, так як похибка на ньому менша ніж на першому.

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Металорізучий верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

Операція 015 (токарно-карусельна чорнова).

Для обробки заготовки, враховуючи умови дрібносерійного виробництва, застосовують універсально токарно-карусельні верстати на яких оброблюють заготовки різноманітної форми, великих діаметрів (до 10000 мм) при відносно малій довжині ( $L/D \leq 1$ ). У базовому технологічному процесі для обробки заготовки використовувався верстат 1540, що може обробляти деталі до 4000 мм у діаметрі при максимальному діаметрі секції 560 мм, що досить завищено, тому що потужність верстата буде витрачатися даремно, тому пропонується як альтернативний варіант верстат 1512, що має менші габарити та потужність але цілком достатні для обробки секції проміжної ступені. Порівняємо дані верстати по характеристикам у таблиці 6.3. На даних верстатах можна обточувати і розточувати циліндричні, конічні і фасонні поверхні тіл обертання; обточувати торцеві поверхні; підрізання уступів; прорізання кільцевих канавок.

Таблиця 6.3 - Технічні характеристики токарно-карусельних верстатів для операції 015

	1540	1512
Технічна характеристика	Параметри	
Клас точності за ГОСТ 8-71	Н	Н
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки	4 000	1 250
Найбільша висота оброблюваної заготовки	2 000	1 000
Найбільша маса оброблюваної заготовки, кг	63 000	4 000
Діаметр планшайби	4 000	1 120
Частота обертання планшайби, об/хв	0,52-48,7	5-250
Подача вертикального і горизонтального супорту, мм/хв	0,059-470	0,1-1000 (без ступінчата)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 17620263-00 ПЗ

Лист

36

Потужність електродвигуна, кВт	125	30
Габаритні розміри:		
- довжина	5 920	2 875
- ширина	10 144	2 660
- висота	7 200	4 100
Маса верстата, кг	100 000	16 500

Отже як видно з порівняльної таблиці верстат 1512 буде більш економічно вигідним варіантом.

Комплексна на обробному центрі з ЧПК операція 025

Для обробки отворів на підприємстві застосовувався радіально свердлильний верстат 2Н55. Враховуючи умови дрібносерійного виробництва, більш доцільно застосовувати верстат, який дозволить проводити обробку більш продуктивно, а саме IP500ПМФ4 з ЧПК.

Обробний центр IP500ПМФ4 призначений для свердління, зенкерування, розвертання, нарізання різі, фрезерування деталей із сталі, чавуну і кольорових металів в умовах дрібносерійного і середньо серійного виробництва. Оснащений магазином з автоматичною зміною інструмента, дозволяє виконувати координатну обробку деталей типу: кришок, фланців, панелей і т. д. без попередньої розмітки і застосування кондукторів.

Технічні характеристики верстата IP500ПМФ4:

- Число інструментів – 30;
- Частота обертання шпинделя верстата – 35,5 – 1600 об/хв;
- Подача – 10-500 мм/мин;
- Число частот обертання шпинделя – 18;
- Число подач – 18;
- Розміри робочої поверхні столу 1000x1000 мм.
- Потужність приводу головного руху – 7,5 кВт

Застосовуючи обробний центр з ЧПК можливо значно підвищити продуктивність праці (у 3-4 рази), полегшити умови праці робітника (при

зменшенні його кваліфікації), також значно підвищується точність оброблених поверхонь у порівнянні з базовим варіантом верстата.

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Виходячи з типу виробництва (дрібносерійне) найбільш доцільно застосовувати систему універсально складальних пристосувань (УСП) згідно ГОСТ 14.305-73.

Операція 015 Токарна чорнова

Для обробки заготовки будемо використовувати :

- затискні кулачки для фіксації заготовки на планшайбі верстата, яке дозволить реалізувати схему базування (на оправці з упором по торцю).

- державка різця 2102-1124 ГОСТ 18877-73 – державка 40x40 токарно прохідного відігнутий різець загального призначення, з пластиною 01432 ВК8 ГОСТ 25395-82;

- державка різця 2112-0021 ГОСТ 18880-73 – державка 50x32 токарно підрізний різець відігнутий , з пластиною 06170 ВК8 ГОСТ 25397-82.

Для вимірювання точності обробки отворів використаємо:

- Штангенциркуль ШЦ II- 630- 0,05 ГОСТ 166-79

- Штангенциркуль ШЦ II- 250- 630-0,1-1 ГОСТ 166-79

Операція 025 – свердлильна з ЧПК.

Для свердління отворів будемо використовувати:

- розтискну оправку, яка дозволить реалізувати схему базування (на оправці з упором по торцю деталі).

- свердло 2301-0398 ВК8 ГОСТ 2092-77 – спіральне свердло  $\varnothing 10$ ;

- свердло 2301-0505 ВК8 ГОСТ 2092-77 – спіральне свердло  $\varnothing 14$ , конус Морзе 1;

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

- свердло 2301-0446 ВК8 ГОСТ 2092-77 – спіральне свердло  $\varnothing 22$ , конус Морзе 2;
  - мітчик 2620-03729 Р6М5 Н6 ГОСТ 3266-81 – мітчик для нарізання різі М16-Н6;
  - цековка спеціальна ВК8 –цековка  $\varnothing 32$ , конус Морзе 3;
  - цековка спеціальна ВК8 –цековка  $\varnothing 42$ , конус Морзе 3;
  - втулка 6100-0315 ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусу Морзе 1 на конус Морзе 4;
  - втулка 6100-0258 ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусу Морзе 2 на конус Морзе 4;
  - втулка 6100-0313ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусу Морзе 3 на конус Морзе 4;
  - патрон різенарізувальний 6162-4002-04 ГОСТ 25827-85.
- Для вимірювання точності обробки отворів використаємо:
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1, ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-II -630-0,1, ГОСТ 166-89;
  - пробка 8221-3062 6Н ГОСТ 17758-72, пробка ПР/НЕ для контролю різі М16-6Н.

### 6.5 Розрахунок режимів різання

Операція 025 Комплексна на обробному центрі з ЧПК

Розрахунок аналітичним методом для свердління отвору  $\varnothing 14 \times 37$ .

Дано:  $D = 14$  мм;  $L = 37$  мм; матеріал – 20Х13; матеріал ріжучого інструменту – ВК8; верстат – IP500ПМФ4; тип отвору – глухий.

Визначаємо глибину різання:

$$t = 14/2 = 7 \text{ мм.}$$

З таблиці вибираємо  $S_T = 0,25 - 0,28$  мм/об, поправочні коефіцієнти:

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39



$K_1=0,9$  – коефіцієнт на глибину;

$K_0=0,7$  – коефіцієнт на якість поверхні;

$K_{ж}=0,75$  – коефіцієнт жорсткості системи ТС;

$K_i=1,0$  – коефіцієнт враховуючий матеріал ріжучого інструменту, тоді

$S=0,28 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1,0=0,0648$ , приймаємо  $S_{дійс.}=0,07$  мм/об.

2. Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (6.2)$$

де  $T=30$  хв. - стійкість ріжучого інструменту

Коефіцієнти для визначення швидкості різання:

$C_v=9,8$ ;

$q=0,4$ ;

$y=0,45$ ;

$m=0,12$ .

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} K_{lv} K_{lv} , \quad (6.3)$$

де  $K_{mv}=1$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічні властивості оброблюємого матеріалу;

$K_{lv} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки;

$K_{lv} = 1$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментального матеріалу

Звідси:

$$V = \frac{9,8 \cdot 14^{0,45}}{30^{0,12} \cdot 0,07^{0,45}} = 54 \text{ м/хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю верстату:

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$n = \frac{1000 \cdot 54}{3,14 \cdot 14} = 1228 \text{ об/хв};$$

Приймаємо  $n = 1200$  об/хв.

З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 1200}{1000} = 52,9 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p, \quad (6.4)$$

де  $C_M = 0,041$ ,  $q = 2,0$ ,  $y = 0,4$  – коефіцієнти та показники в формулі

$K_p = 0,9$  - поправочний коефіцієнт враховуючий вплив оброблюємого матеріалу;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,2^{2,0} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 0,9 = 8,703 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Розраховуємо основний час по формулі:

$$T_o = \frac{L + l'}{S_M} i \quad (6.5)$$

де  $L = 37$  мм - довжина обробки з урахуванням врізання;

$l' = 3$  мм – довжина врізання;

$n = 1200$  об/хв - частота обертів шпинделя;

$S = 0,07$  мм/об - подача.

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$T_o = \frac{40}{1200 \cdot 0,07} = 1,3 \text{ хв.}$$

Таблиця 6.4 – Параметри режимів обробки комплексної з ЧПК 025 операції

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
Свердління ø14	7	0,07	1200	52,9	1	40	1,3	Аналітичний
Свердління ø14	7	0,07	1200	52,9	2	27	1,7	Аналітичний
Розсвердлювання ø22	4	0,09	800	53,1	1	10	0,9	Табличний
Цекування ø42	21	0,56	600	79	1	2	0,9	Табличний
Цекування ø36	18	0,56	600	65	2	2	1,7	Табличний
Нарізання різі М16-6Н	0,5	1,25	200	10,6	1	32	1,4	Табличний
Нарізання різі М16-6Н	0,5	1,25	200	10,6	2	16	2	Табличний
Всього							9,9	

Операція 015 Токарна чорнова

Дано: D = 583 мм, d = 560 мм, L = 123 мм, матеріал – 20X13, ріжучий інструмент - різець BK8

Алгоритм визначення режиму різання: t → S → V → n → T<sub>o</sub>

Визначаємо глибину різання (t)

$z = (583 - 560) / 2 = 11,5$  мм – шар металу який необхідно зняти;

$t = z / 3 = 11,5 / 3 = 3,75$  мм – глибина різання;

Визначаємо подачу (S): S<sub>таб</sub> = (0,4—0,8) мм/об

Приймаємо S<sub>таб</sub> = 0,6 мм/об ; S<sub>верст</sub> = 0,6 мм/об

Розрахуємо швидкість різання (V)

Вибираємо необхідні дані з [3]

$C_v = 217 \quad m = 0,2$

$$X = 0,15 \quad T = 30 \text{ хв}$$

$$y = 0,15$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv}$$

$K_{nv}$  – вплив поверхні на швидкість;

$K_{iv}$  – вплив інструмента на швидкість;

$K_{mv}$  – вплив матеріалу на швидкість.

$$K_{iv} = 0,65$$

$$K_{nv} = 0,9$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} = 0,77 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,45$$

Знаходимо розрахункову швидкість за формулою:

$$V = \frac{217 \cdot 0,45}{30^{0,2} \cdot 3,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,15}} = 97 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 97}{\pi \cdot 583} = 50 \text{ об/хв.}$$

Основний час

$$T_o = \frac{123 \cdot 3}{50 \cdot 0,6} = 12,2 \text{ хв.,}$$

де  $l = 120$  мм – довжина поверхні,

где  $l_{вріз} + l_{пер} = 3$  мм – довжина врізання і перебігу [5].

$$L = 120 + 3 = 123 \text{ мм.}$$

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 – Параметри режимів обробки токарної операції 015

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Установ А								
Точіння пов. Ø563	3,75	0,6	50	97	3	123	12,2	Аналітичний
Точити торець Ø563/583	2	0,6	50	97	1	14	0,47	Табличний
Розточити отвір Ø447	5	0,6	80	28,1	20	62	25,83	Табличний
Точити конус 43°	3	0,6	80	28,1	10	70	14,6	Табличний
Точити торець Ø399/246	3	0,6	80	25,1	2	80	1,66	Табличний
Установ Б								
Точити торець Ø563/246	1	0,6	50	93	1	130	4,33	Табличний
Обточити поверхню Ø510	4	0,6	50	93	6	23	4,6	Табличний
Точити торець Ø333/280	3	0,6	80	72	3	28	1,75	Табличний
Точити торець Ø280/262	3	0,6	80	79	1	25	1,25	Табличний
Точити торець Ø262/246	2	0,6	80	75	1	21	1,05	Табличний
Точити отвір Ø252	3,5	0,6	80	75	2	53	2,65	Табличний
Всього							70,4	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 17620263-00 ПЗ

## 6.6. Технічне нормування операції

Технічне нормування операцій -здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу.

Метою даного нормування є визначення норми штучно - калькуляційного часу на операції.

Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

Основний час на операції складається з сум основних часів на окремих переходах.

Визначаємо допоміжний час, для комплексної операції 025, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (6.10)$$

де  $T_{уст} = 3,68$  хв - час на установку і зняття заготовки краном [5];

$T_{уп} = 3,4$  - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 2,5$  хв - час на вимірювання [5].

$T_d = 3,68 + 3,4 + 2,5 = 9,58$  хв.

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \quad (6.11)$$

$$T_{оп} = 3,7 + 9,58 = 13,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{доп} = T_{оп} \cdot 4\% = 13,28 \cdot 0,04 = 0,53 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{в}. \quad (6.12)$$

$$T_{шт} = 13,28 + 0,53 = 13,81 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{п.з} + \frac{T_{пз}}{N}, \quad (6.13)$$

де  $T_{п.з} = 35$  хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 15$  шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 13,28 + 15/15 = 14,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, для токарно чорнової операції 015, за формулою:

$$T_{д} = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим},$$

де  $T_{уст} = 4,2$  хв - час на установку і зняття заготовки вручну [5];

$T_{уп} = 6,3$  - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 2,2$  хв - час на вимірювання [5].

$$T_{д} = 4,2 + 6,3 + 2,2 = 12,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_{о} + T_{д},$$

$$T_{оп} = 70,4 + 12,7 = 83,1 \text{ хв.}$$

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} 4\% = 83,1 \cdot 0,04 = 3,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{в.}}$$

$$T_{\text{шт}} = 83,1 + 3,3 = 86,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T t_{\text{п.з}} + \frac{t_{\text{пз}}}{N},$$

де  $t_{\text{п.з}} = 30$  хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 15$  шт - кількість деталей у партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 86,4 + 30/15 = 88,4 \text{ хв.}$$

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47



## 7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Проектування верстатного пристрою на комплексну з ЧПК операцію

Обґрунтування необхідності створення пристосування. Вибір системи пристосування. В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні в трикулачковому патроні (встановленим на ділильну головку) з ручним приводом. Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точностних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональну систему нерозбірних спеціальних пристосувань (НСП) [8].

Дана операція комплексна на обробному центрі з ЧПК виконується на верстаті моделі IP500ПМФ4 (рис. 7.1).

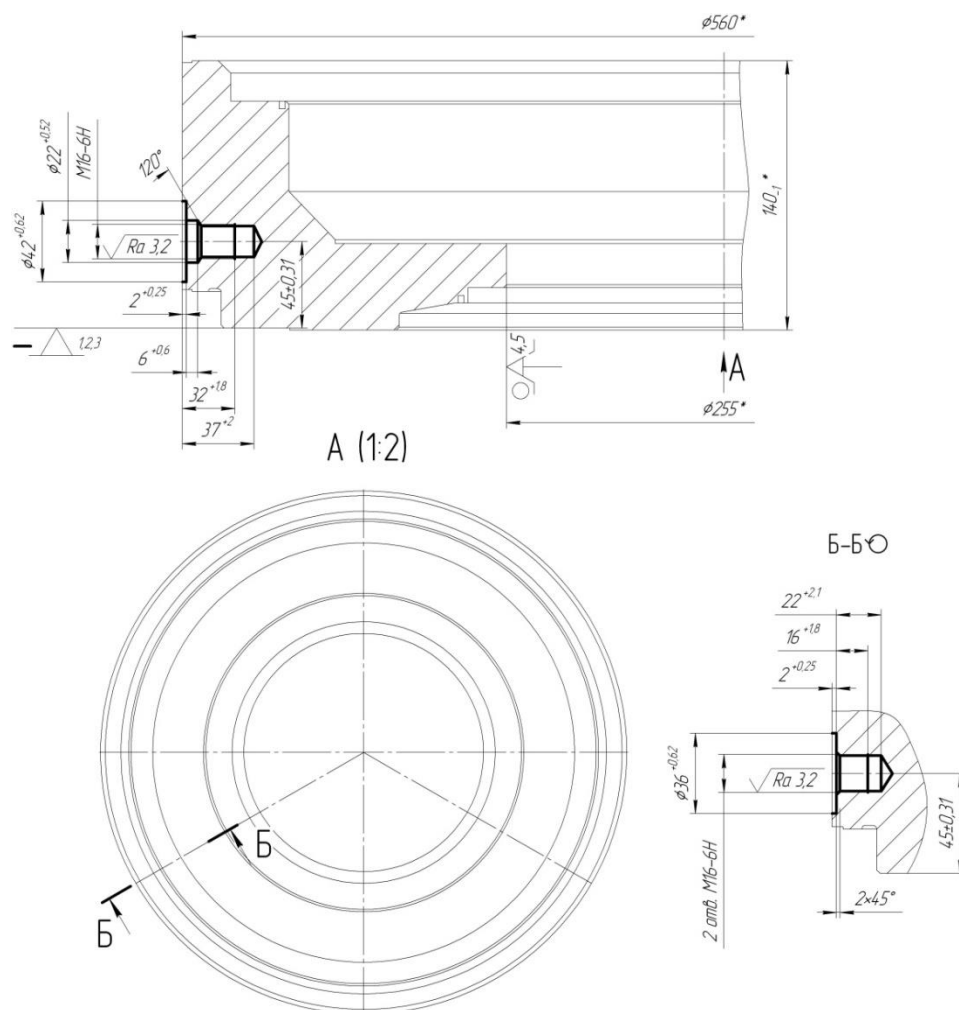


Рисунок 7.1 - Схема базування заготовки на комплексній з ЧПК операції

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 17620263-00 ПЗ

Лист

55

Уточнення мети технологічної операції.

На даній операції повинні формуватися такі розміри: різьбові отвори діаметром М16, отвір Ø22 мм, глибиною 6 (+1; 0), отвір Ø42 і глибиною 2 мм, отвір Ø36 і глибиною 2 мм, фаски 2x45° в двох отворах.

Отвір наскрізне Ø22 мм є вільним розміром, а значить відповідно до технічних вимог на виготовленні деталі, допуск беремо по 14 квалітету точності [10]  $T_{\varnothing 22} = 520$  мкм.

На всі діаметри отворів у відповідності з технічними вимогами на виготовленні деталі, допуск беремо по 14 квалітету точності.

На діаметр  $36 = 620$  мкм

Точність різцевих отворів М16 забезпечується мітником.

Точність лінійних розмірів (глибини отворів) дуже груба, тому аналізувати по даному критерію розміри недоцільно.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 12,5 мкм за критерієм Ra, окрім різі 3,2 мкм, що також забезпечується нарізанням мітчиком.

Аналіз базових поверхонь.

Конструкція пристосування буде припускати базування заготовки по торця і по внутрішній циліндричній поверхні Ø255H7.

Згідно креслення отвір Ø255 обробляється по IT7.Согласно [10] знаходимо значення допуску:  $T_{\varnothing 255} = 63$  мкм.

Це означає, що діаметр отвору виконаний з параметрами Ø255H7 (+0,063; 0). Довжина отвору 32 мм. Ставлення  $l / d \ll 1$ , що свідчить про можливість використання отвори як подвійної опорної бази.

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні для діаметра Ø225H7 та торцю відповідає за критерієм Ra 1,6 мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

										Лист
										56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

У проектованому пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах  $\pm 10$  мм розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проектоване пристосування.

Річна програма випуску визначена в 150 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проектування даного пристосування проводиться в навчальних цілях.

Заготівля буде оброблятися на багатоцільовому верстаті IP500ПМФ4 з системою ЧПУ WL4M. Верстат призначений для обробки деталей складної конфігурації зі сталі, чавуну, кольорових і легких металів, а також інших матеріалів. Поряд з фрезерними операціями на верстаті можна робити точне свердління, розточування, зенкування і розгортання отворів. Паспортні дані верстата наведені в пункті 7.3.

Обробка на даній операції здійснюється свердлами, цековками і зенківками, а також мітчиком. Пристосування має обслуговуватися верстатником 4-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій.

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17620263-00 ПЗ

Аналіз схем базування та закріплення був виконаний раніше.

Розрахунок сил закріплення.

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.1)$$

де  $k_0$  - коефіцієнт гарантованого запасу.  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  - коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкові неровності на оброблюваних поверхнях ( $k_1 = 1,1$ );

$k_2$  - коефіцієнт що характеризує збільшення сил різання внаслідок затупителення ріжучого інструменту ( $k_2 = 1,7$ );

$k_3$  - коефіцієнт враховує збільшення сил різання при переривчастому репізнанні ( $k_3 = 1$ );

$k_4$  - коефіцієнт що характеризує сталість сили закріплення зажимного механізму ( $k_4 = 1,2$ );

$k_5$  - коефіцієнт що характеризує ергономіку ручних ЗМ ( $k_5 = 1$ );

$k_6$  - коефіцієнт враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку;

$$K = 1,5 \times 1,1 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,1 = 3,366.$$

Виходячи з того, що найбільша сила та крутний момент будуть виникати при свердлінні отвору  $\varnothing 14$  мм у сполосному металі розрахунок сили затиску будемо проводити саме по критерію величини сил та моментів, що виникають при обробці даної поверхні. Осьова сила  $P_0$  при цьому буде діяти радіально на центральну оправку, на якій базується деталь, тому в розрахунках її можна не враховувати.

З попередніх розрахунків  $M_{кр} = 8,7$  Нм, тобто визначимо силу  $P_z$ , що буде намагатися опрокинути заготовку.

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$Pz = 2M_{кр}/D_{св} \quad (7.2)$$

де  $D_{св}=14$  мм- діаметр свердла.

$$Pz = 2 \cdot 8,7 / 0,014 = 1242 \text{ Н}$$

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення  $W$ .

Сили тертя  $F_{тр1}$  і  $F_{тр2}$  будуть діяти на середньому діаметрі опорних площин.

Запишемо умову  $M_{тр} > M$

$$\text{Представимо } M_{тр} = K \cdot l \cdot Pz$$

$$F_{тр1} \times \left(\frac{R_1}{2}\right) + F_{тр2} \times \left(\frac{R_2}{2}\right) = K \times l \times Pz \quad (7.3)$$

$$W \times f_1 \left(\frac{R_1}{2}\right) + W \times f_2 \times \left(\frac{R_2}{2}\right) = K \times l \times Pz \quad (7.4)$$

$$R_1 = \frac{D_{ш} + D_o}{2} = \frac{360 + 255}{2} = 307,5 \text{ мм}, \quad (7.5)$$

де  $D_{ш}$  - зовнішній діаметр шайби

$R_2 = (449+366)/2 = 407,5$  мм, де 449 і 366 – розміри, що характеризують опорний торець деталі.

$$l = 560/2 = 280 \text{ мм}$$

$f_1 = f_2 = 0,25$  – коефіцієнти тертя по площинах шайби - деталь і деталь-торець пристосування відповідно.

Виразимо силу закріплення  $W$ :

$$W = \frac{K \times l \times Pz}{f \times ((R_1 + R_2)/2)} = \frac{3,366 \times 280 \times 1242}{0,25 \times (307,5 + 407,5)/2} = 16152 \text{ Н}$$

Обґрунтування вибору приводу.

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Для розкріплення досить ходу 5-10 мм, отже, раціонально вибрати тарілчасту гумовотканинну пневмокамеру однобічної дії з діаметром діафрагми визначається за формулою:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{16152}{0,4}} = 296,3 \text{ мм} \quad (7.6)$$

де  $p = 0,4$  МПа - тиск повітря в мережі.

Приймаємо по ГОСТ найближчий більший діаметр  $D = 320$  мм.

Отже розраховуємо фактична силу закріплення при діаметрі пневмокамери 320 мм по ДСТУ.

$$W_{\delta} = \frac{D^2 \times p}{1,13^2} = \frac{320^2 \times 0,4}{1,13^2} = 18020 \text{ Н}$$

Точнісі розрахунки пристрою.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування являють собою перетворення інформації про обробки поверхонь деталі на даній операції в точнісі до пристосування.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків обробляє деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести найбільш жостким допуском на кресленні  $\epsilon 45 \pm 0,31$  мм.

Деталь базується на даній операції по поверхні  $\text{Ø}255\text{H}7$  \*тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою [9, с 26]:

$$\epsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \epsilon_{\delta})^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \epsilon_{noz}^2},$$

де  $T$  - допуск розміру  $T = 0,62 \text{ мм} = 620 \text{ мкм}$ ;

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17620263-00 ПЗ				

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо  $K_T = 1,2$ ;

$K_{T1}$  - коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибки базування не дорівнюють нулю, в даному випадку  $K_{T1} = 0,85$ ;

$\varepsilon_\delta$  - похибка базування заготовки, яка в даному випадку буде дорівнює максимальному зазору між оправленням і отвором деталі.

$$\varepsilon_\delta = S_{\max} = 225,052 - 224,968 = 0,085 \text{ мм} = 85 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_z$  - похибка закріплення заготовки, тому привід механізований і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо  $= 0$ ;

$\varepsilon_y$  - похибка установки пристосування на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Пристосування встановлюється на стіл за двома шпонками по посадці 32H9 / h9. Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

$\varepsilon_n$  - похибка перекосу інструменту. Обробка вестиметься спіральними свердлами відповідного діаметру, але перед цим отвори необхідно зацентрувати центрувальним свердлом, щоб виключити (або принаймні мінімізувати відведення свердла). Тобто похибка перекоса  $= 0$ .

$\varepsilon_u$  похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів пристосування. Величина зносу залежить від програми випуску деталей і форму настановної поверхні.

Похибка зносу настановних елементів пристосування визначаємо за формулою :

$$\varepsilon_u = \beta_2 \cdot N, \quad (7.7)$$

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

де  $\beta_2 = 0,001$  - постійний коефіцієнт, узятий за рекомендаціями [9];

$N$  - Число контактів заготовки з опорою. Річний випуск деталей = 150 шт.  
Пристосування передбачається експлуатувати без ремонту і заміни деяких настановних елементів 2 роки, тому

$$N = N_r \cdot n = 150 \cdot 2 = 300 \text{ штук.}$$

$$\varepsilon_u = 0,001 \cdot 300 = 0,3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм.}$$

$K_{T2}$  - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями  $K_{T2} = 0,6$ ;

$w$  - середня економічна точність обробки, по при свердлінні отворів середня економічна точність - 12 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск на найбільший діаметр оброблюваного отвору по 12-му квалітету тобто для отвори  $\text{Ø}42\text{H}12$   $w = 250$  мкм;

$\varepsilon_{noz}$  - Похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата IP500ПМФ4, на якому буде проводиться обробка = 20 мкм.

Виконуємо розрахунок допустимої похибки пристосування, яку не можна перевищити при виготовленні його деталей і їх складанні.

$$\varepsilon_{np} = 620 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 65)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 300^2 + (0,6 \cdot 250)^2 + 20^2} = 620 - 546,3 = 73,7 \text{ мкм}$$

За ГОСТ 24643-81 приймаємо найближче менше значення допуску паралельною торцевої поверхні деталі опора до підстави плити. Дана вимога, а саме паралельність двох поверхонь прийнято тому, що саме ця похибка буде надавати найбільший вплив на точність обробки, а саме витримування в заданих межах допуску.

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62



Найближче стандартне значення допуску паралельності по 60 мкм для діапазону розмірів 250-300 мм, в який входить розмір Ø255 - плоскості торця, відповідає 9-й ступені точності.

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск паралельності торця стакану до основи плити рівний 0,06мм.

Опис пристрою і принципу дії пристосування.

Пристосування у збірці має задовольняти технічним вимогам-ям креслення загального вигляду і забезпечувати якісну обробку заготовки по заданих розмірах.

Пристрій складається з плити під якою змонтована пневмокамера і на якій встановлено стакан. При подачі стисненого повітря в і верхню порожнину відбувається закріплення заготовки. Подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря по-засобом перемикання триходового крана відбувається процес розкріплення заготовки за допомогою пружини (камера односторонньої дії).

Розрахунок на міцність.

Розраховуємо на міцність різьблення штока. По конструктивних міркувань і попередньої компонованні пристосування прийmemo різьбу на штоку М12х1,75-6g. Сила на штоку  $W = 7618$  Н, матеріал гвинта - Сталь 40 ГОСТ 1050-88.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_n - (0,541P) \cdot 2 \quad (7.8)$$

де  $d_n$  – зовнішній діаметр різьби;

$P$  – шаг різьби.

$$d_g = 24 - (0,541 \cdot 3) \cdot 2 = 20,9065 \text{ мм}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\min \text{рез}} = \frac{\pi d_g^2}{4} \quad (7.9)$$

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 17620263-00 ПЗ

де  $d_b$  – внутрішній діаметр різьби.

$$S_{\text{minрез}} = \frac{\pi \cdot 20,1065^2}{4} = 180,22 \text{ мм}^2$$

Межа текучості для Сталі 40 дорівнює 300 МПа.

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$[\sigma_p] = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (7.10)$$

Тобто  $[\sigma_p] = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ МПа}$ .

Запишемо умова міцності на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{W}{S_{\text{minрез}}} \leq [\sigma_p] \quad (7.11)$$

$\sigma_p = \frac{18020}{180,22} = 100 < 150 \text{ МПа}$  – отже міцність штока забезпечується, так як

міцність забезпечується навіть в його мінімальному перетині (на різьбовій ділянці).

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

## ВИСНОВОК

У ході виконання дипломного проекту було виконано наступний обсяг робіт.

При аналізі службового призначення були відображені основні технічні характеристики і призначення машини. Що стосується самої деталі, то був проведений аналіз усіх її поверхонь, а також функцій, виконуваних ними.

Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЕСТПП.

При аналізі технічних вимог ми описали властивості сталі 20Х13, а також були проаналізували вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стан-дарт.

Був визначений тип виробництва - малосерійний - і визначена партія запуску  $n = 19$  штук.

В якості заготовки була прийнята ковка на пресах, так як вона більш економічно вигідна, ніж вільна ковка.

Розраховані припуски аналітичним способом за допомогою методу професора Кована на внутрішню циліндричну поверхню.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Спроектований верстатний пристрій для комплексної із ЧПК операції.

У розділі «Охорона праці» були розглянуті питання організації пожежної охорони промислових підприємств.

Також виконано комплект технологічної документації та маршрутний технологічний процес на обрані операції.

До операції 015 токарна з ЧПК розроблена карта операційного налагодження.

						ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			65

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Євтухов, В.Г.** Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» / укладач В.Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.
2. **Горбацевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пос. [Текст] / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. — 4-е изд., перераб. и доп. — Минск : Высшая школа, 1983. — 256 с.
3. **Косилова, А. Г.** Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т.1 [Текст] / А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 656 с.
4. **Косилова, А. Г.** Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т.2 [Текст] / А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. —М.: Машиностроение, 1986. — 496 с.
5. **Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резанья для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть I. Нормативы времени.** – Москва : Экономика, 1990.
6. **Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, часть II (нормативы режимов резания).** – Москва : Экономика, 1990.
7. **Добриденьов І.С.** Курсове проектування по предмету «Технологія машинобудування»: Учб. посібник для технікумів за спеціальністю «Обробка металів різанням». - М.: Машинобудування, 1985. 184 с., іл.
8. **Гжиров Р.И.** Краткий справочник конструктора: Справочник-Л.: Машиностроение, Ленингр. отд - ние, 1983.- 464 с.
9. **ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски**

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17620263-00 ПЗ					

10. ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

11. **Приходько В.П.**, Литвин О.В. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин: Навч. посіб. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 212 с.

12. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам

13. **Кушніров, П.В.** Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка» / Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.

14. **Кушніров, П.В.** Лабораторний практикум з курсу “Технологічна оснастка”/Укладач П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, І.М. Дегтярьов. – Суми: Сумський державний університет, 2019.– 158с.

15. **Жидецький, В.Ц.** Основи охорони праці. // В. Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников — Вид. 2-е, стереотипне. — Львів: Афіша, 2000. — 348 с.

					ТМ 17620263-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67