

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 втулки підшипника 1.1630-15.13-06

Виконав: студент IV курсу, групи ТМЗ-61к
напряму підготовки (спеціальності)
6.131 «Прикладна механіка»
(Технології машинобудування)
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Ганжа О. Ю.
(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**

Ганжа Олександр Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення
втулки підшипника 1.1630-15.13-06

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) «___» _____ 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі втулка підшипника 1.1630-15.13-06

річний обсяг випуску деталей – 500 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 його організації

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку

4.6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки

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>	<i>10.05.2020</i>	
2	<i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>15.05.2020</i>	
3	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>20.05.2020</i>	
4	<i>Оформлення комплекту технологічної документації</i>	<i>25.05.2020</i>	
5	<i>Оформлення креслень та презентації</i>	<i>31.05.2020</i>	

Студент

(підпис)*О. Ю. Ганжа*_____
(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
ВТУЛКИ ПІДШИПНИКА 1.1630-15.13-06**

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

Студент

О. Ю. Ганжа

Керівник

В. О. Колесник

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

РЕФЕРАТ

Записка: 69 с., 9 рис., 9 табл., 11 джерел.

Об'єкт роботи: «втулка підшипника 1.1630-15.13-06» вузла «підвіски ротора» фільтруючої підвісної центрифуги ФПІ-1321К-01.

Мета роботи: аналіз технологічного процесу механічного оброблення «втулки підшипника 1.1630-15.13-06».

При цьому проведений аналіз вихідних даних, зокрема, аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі та аналіз технологічності її конструкції. Розрахунком коефіцієнта закріплення операцій визначено тип виробництва, обрана форма організації робіт, розрахований обсяг виробничої партії.

За допомогою техніко-економічного обґрунтування обраний раціональний метод отримання вихідної заготовки. На зовнішню циліндричну поверхню з діаметральним розміром 150js6 припуски і допуски визначені з використанням розрахунково-аналітичного методу проф. В. М. Кована.

На прикладі двох механічних операцій (токарно-гвинторізної та фрезерної з ЧПК) виконано аналіз базового технологічного процесу механічного оброблення «втулка підшипника 1.1630-15.13-06». Виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу механічної обробки «втулки підшипника 1.1630-15.13-06» на бланках КТП.

В конструкторській частині роботи спроектований верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на вертикальній фрезерній операції з ЧПК.

ЦЕНТРИФУГА, ВТУЛКА ПІДШИПНИКА, ПОКОВКА, ТОЧІННЯ, ФРЕЗЕРУВАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі	5
2 Аналіз технічних вимог до конструкції деталі	11
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	16
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	20
5 Вибір способу отримання вихідної заготовки.....	23
6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	28
6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання	28
6.2 Вибір і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	30
6.3 Вибір верстатного устаткування	40
6.4 Вибір технологічної оснастки.....	41
6.5 Визначення режимів різання.....	42
6.6 Технічне нормування операцій.....	52
7 Проектування верстатного пристрою	57
Висновки	66
Перелік джерел посилань	68
Додаток А Креслення деталі «Втулка підшипника 1.1630-15.13-06»	70
Додаток Б Порівняльна характеристика типів виробництва.....	72
Додаток В Розрахунок припусків на діаметральні розміри.....	73
Додаток Г Пристрій верстатний спеціальний. Специфікація.....	74
Додаток Д Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	77

					<i>ТМЗ 17190012-00.ПЗ</i>			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Проектування технологічного процесу виготовлення втулки підшипника</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	<i>Ганжа</i>					3	69	
Перевір.	<i>Колесник</i>							
Н. контр.	<i>Денисенко</i>					<i>СумДУ</i>		
Затверд.	<i>Залога</i>							

ВСТУП

На цукрових заводах Сумщини та інших областей України широко використовують центрифуги типу ФП-1321К-01, які призначені для оброблення цукрових утфелів проміжного, аффінаційного та останнього продуктів. Таким чином, вдосконалення технологічних процесів виготовлення окремих деталей центрифуги та її складання можна вважати досить актуальним завданням.

Об'єкт роботи: «втулка підшипника 1.1630-15.13-06» вузла «підвіски ротора» фільтруючої підвісної центрифуги ФП-1321К-01.

Мета роботи: аналіз технологічного процесу механічного оброблення «втулки підшипника 1.1630-15.13-06».

При цьому проведений аналіз вихідних даних, зокрема, аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі та аналіз технологічності її конструкції. Розрахунком коефіцієнта закріплення операцій визначено тип виробництва, обрана форма організації робіт, розрахований обсяг виробничої партії.

За допомогою техніко-економічного обґрунтування обраний раціональний метод отримання вихідної заготовки. На зовнішню циліндричну поверхню з діаметральним розміром 150js6 припуски і допуски визначені з використанням розрахунково-аналітичного методу проф. В. М. Кована.

На прикладі двох механічних операцій (токарно-гвинторізної та фрезерної з ЧПК) виконано аналіз базового технологічного процесу механічного оброблення «втулка підшипника 1.1630-15.13-06». Виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу механічної обробки «втулки підшипника 1.1630-15.13-06» на бланках КТП.

В конструкторській частині роботи спроектований верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на вертикальній фрезерній операції з ЧПК.

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

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

На цукрових заводах Сумщини та інших областей України широко використовують центрифуги типу ФП-1321К-01. Це фільтруюча, підвісна, з інерційним вивантаженням осаду безперервної дії центрифуга, яка призначена для оброблення цукрових утфелів проміжного, аффінаційного та останнього продуктів, параметри яких повинні відповідати затвердженим нормам бурякоцукрового виробництва.

Метод центрифугування, заснований на впливі силового відцентрового поля на неоднорідну систему, застосовують для розділення неоднорідних систем, що складаються з двох і більше фаз (суспензій та емульсій). Машини для розділення неоднорідних систем у відцентровому полі і називають центрифугами. Українська промисловість випускає центрифуги всіх відомих світовій техніці типів, у тому числі сучасні центрифуги з підвісним верхнім приводом і нижнім вивантаженням осаду [1].

Згадана центрифуга складається з таких основних вузлів: ротора, підвіски ротора, приводу, опори електродвигуна, шиберної заслінки, кожуха, пристрій пропарювання, пристрій промивання, металоконструкції, електродвигуна, пульта управління. Характерною особливістю конструкції центрифуги є вертикальне розташування осі обертання ротора і приводного вала. При цьому вал верхнім кінцем підвішений в кульовій опорі, розташованій значно вище центру ваги обертової системи, яка забезпечує її самоцентрування і стійкість при роботі.

Кульова опора підвіски ротора являє собою систему підшипників кочення, розміщених в корпусі підшипників, вільно спирається на сферичну поверхню корпусу приводу. У корпусі підшипників встановлений гумовий амортизатор. Корпус головки приводу закріплений болтами на поздовжніх балках, що спираються на дві стійки металоконструкції.

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

Обертання ротора здійснюється електродвигуном через пружну поліуретанову муфту. Аварійне гальмування здійснюється стрічковим гальмом. Ротор закритий кожухом, що є збірником відфільтрованих рідин і осаду, які відводяться через нижні штуцери.

На кожусі ротора встановлений живильник з шиберною заслінкою, призначені для регулювання подачі утфелю до ротора.

Крім цього, центрифуга має пристрій для промивання і пропарювання осаду, а також патрубків для пропарювання внутрішньої порожнини кожуха і живильника з шиберною заслінкою.

Центрифуга ФПІ-1321К-01 працює безперервно. Після відключення гальма і включення електродвигуна приводиться в обертання ротор, доходячи до частоти обертання центрифугування. Після відкриття пневмокраном шибера утфелерозподільників відбувається завантаження утфелю до ротора в налаштованому автоматичному режимі роботи. При цьому до ротора під тиском подається підігріта вода для промивання осаду і регенерації сит.

В результаті роботи центрифуги ФПІ-1321К-01 забезпечуються такі технічні характеристики, див. таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики центрифуги ФПІ-1321К-01

Найменування характеристики	Величина
- максимальна швидкість обертання ротора, об/хв:	
проміжний, аффінаційний продукт	1500
останній продукт	1760
- продуктивність, т/год.:	
проміжний, аффінаційний продукт	18
останній продукт	8
- робочий тиск системах підведення, МПа:	
повітря	0,6 – 0,8
води	0,3 – 0,4
пари	0,2 – 0,3

Продовження таблиці 1.1

Найменування характеристики	Величина
- головний електродвигун:	
тип	4A250S4Y3
виконання	1M2001 ТУ 16.510.810-83;
частота обертання, об/хв	1500
потужність, кВт	75
напруга, В	220/380

Одним з основних вузлів центрифуги є підвіска ротора, яка складається з корпусу підвіски зі сферичним вкладишем. На вкладиш вільно спирається корпус підшипників, в якому встановлений гумовий амортизатор, притиснутий притискним кільцем. У корпусі підшипників встановлені три підшипники: один радіально-упорний і два – радіальних, які встановлені на «втулці підшипника 1.1630-15.13-06» за допомогою дистанційних втулок і затиснуті спеціальною гайкою. В середині «втулки підшипника» проходить вал, що сполучається з «втулкою підшипника» за допомогою розрізного конуса. На верхній кінець вала за допомогою шпонки надітий гальмівний шків, притиснутий гайкою. Для запобігання відкручування цієї гайки в верхній частині торця вала встановлений спеціальний стопор.

На нижню конічну частину вала за допомогою шпонки встановлюється ротор центрифуги і затискається корончастою гайкою. Для запобігання відкручування гайки також встановлено спеціальний стопор.

Масило підшипників вузла – консистентна ІЛі 5/9-2 (ЦІАТІМ-203) подається до корпусу підшипників через маслянки. У нижній частині корпусу підшипників закріплений маслоуловлювач.

На корпусі підвіски розміщений кронштейн, на якому кріпиться аварійне гальмо, що слугує для зупинки центрифуги. В цілому підвіска ротора слугує для передачі обертання ротору від електродвигуна.

Як видно з вищенаведеного опису конструкції вузла підвіски ротора, однією з основних його деталей є «втулка підшипника 1.1630-15.13-06», див. рисунок 1.1.

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

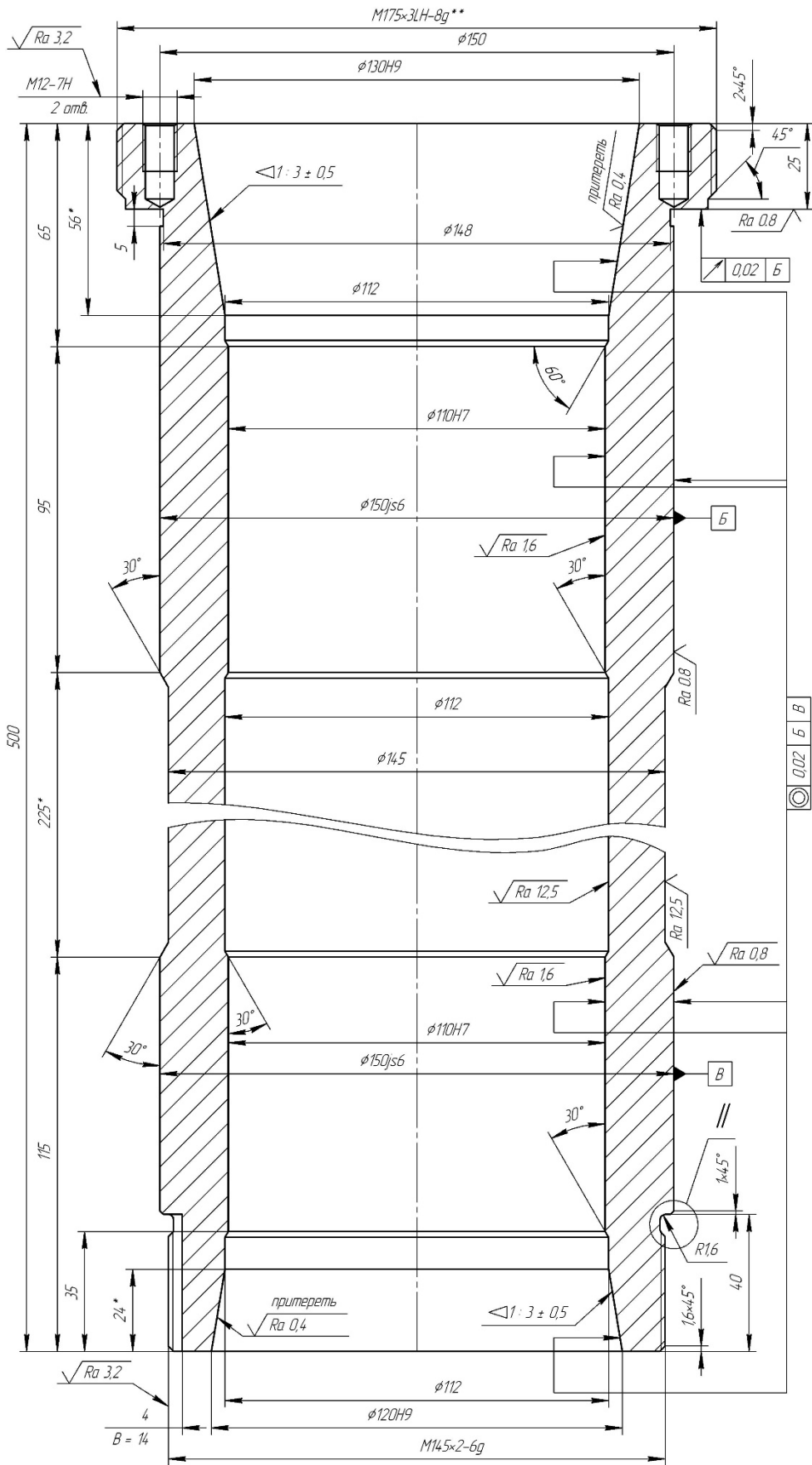


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі (фрагмент креслення деталі)

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

Зазначена деталь відноситься до деталей типу «втулка» з максимальним зовнішнім діаметром $\varnothing 175$ (різьблення M175×3LN-8g) і мінімальним зовнішнім діаметром – $\varnothing 145$. Максимальний внутрішній діаметр на конічній поверхні $\varnothing 130H9$, мінімальний внутрішній діаметр – $\varnothing 110H7$. Довжина втулки 500 мм, вага – 30 кг.

Як вже зазначалося вище, основне службове призначення «втулки підшипника» – це установка вала ротора центрифуги в трьох підшипниках кочення. Таким чином, основними конструкторськими базами «втулки підшипника» є поверхні $\varnothing 150js6$, за якими «втулка» базується в вузлі, а саме, по цих поверхнях «втулка» встановлюється в підшипники кочення. В результаті зазначені поверхні виконують функцію подвійної направляючої бази, позбавляючи деталь 4-х ступенів свободи: двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей X і Z відповідно (при вертикальному розташуванні осі деталі (осі Z)). Ще одного, п'ятого ступеня свободи, «втулку» позбавляє опорна база – нижня поверхня бурта «втулки» (розмір – 25 мм), за яким встановлюється упорний підшипник підвіски ротора. При цьому, обмежується осьове переміщення втулки уздовж осі Z. У підсумку вакантним залишається обертання «втулки» навколо своєї центральної осі (осі Z).

Допоміжними базовими поверхнями «втулки» слугують її поверхні, за якими до «втулки» приєднуються інші деталі вузла. Зокрема, по поверхнях $\varnothing 110H7$ у «втулці» встановлюється вал ротора центрифуги. Ця поверхня є подвійною направляючою базою, яка позбавляє вал 4-х ступенів свободи. Ще одного ступеня свободи вал позбавляється спираючись на нижній конус «втулки» $\varnothing 112 / \varnothing 120H9$ на довжині 24 мм (конусність: $\angle 1:3 \pm 0,5$).

У верхній частині «втулки» виконаний внутрішній конус $\varnothing 112 / \varnothing 130H9$ на довжині 56 мм (конусність: $\angle 1:3 \pm 0,5$), за яким у «втулці» встановлюється розрізний конус, що з'єднує «втулку» з валом ротора. Крім цього, у верхній частині «втулки» на бурту виконана метрична різь M175×3LN-8g і два отвори M12-7H. При

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

цьому глибина отворів – 22 мм, а довжина різи – 14 мм. Зазначені отвори є технологічними і слугують для установки і закріплення знімача під час демонтажу вузла.

Під буртом на «втулці» виконана канавка шириною 5 мм на $\varnothing 148$, що слугує для виходу шліфувального круга при фінішному обробленні посадкових базових поверхонь деталі – $\varnothing 150$ js6.

У нижній частині «втулки» виконана різьба M145×2-6g, по якій на «втулці підшипника» встановлюється спеціальна гайка, що утримує від осьових зсувів три підшипники підвіски. При цьому, для запобігання її відгвинчування, в різьбі виконаний паз шириною 14 мм і глибиною 4 мм, куди закладається пелюсток стопорного кільця. Для виходу інструменту при нарізанні різи M145×2 в її кінці є канавка шириною 5 мм на $\varnothing 142$.

Крім перерахованих вище виконавчих поверхонь, основних і допоміжних конструкторських баз на деталі є вільні поверхні, що формують загальну конфігурацію «втулки». Це зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 170$ на довжині 3 мм (на бурту), $\varnothing 145$, над яким розташовується дистанційна втулка, яка регулює осьову відстань між двома радіальними підшипниками. Серед внутрішніх циліндричних поверхонь вільними є: $\varnothing 112$ на довжині 225 мм, $\varnothing 112$ на довжині 11 мм і $\varnothing 112$ мм на довжині 9 мм, що забезпечують зазор між «втулкою» і валом ротора.

Особливістю підвісних центрифуг є шарнірна підвіска вертикального вала з ротором, що допускає відхилення системи від вертикальної осі і самоцентрування обертових мас. Внаслідок цього центрифуги є малочутливими до нерівномірного завантаження ротора і мають велику динамічну стійкість під час роботи.

В процесі роботи «втулка підшипника» обертається спільно з валом ротора центрифуги з частотою 1500 – 1760 об / хв. При цьому втулка закрита від навколишнього середовища корпусом підшипників, стикаючись з змазкою ІЛі 5/9-2 (ЦІАТІМ-203). Електродвигун центрифуги розрахований на роботу від мережі змінного трифазного струму з частотою 50 Гц при температурі навколишнього середовища до 40°C і відносної вологості 95%.

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

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги на виготовлення виробу або складальної одиниці характеризують основні параметри їх якості, що перевіряються при остаточному контролі або випробуваннях. У свою чергу, деталь є складовою частиною щодо складальної одиниці, а її розміри є ланками складальних розмірних ланцюгів або впливають на характеристики якості складальних сполучень. Тому допуски розмірів, шорсткість поверхонь, технічні вимоги до геометричних параметрів деталі конструктор призначає так, щоб відхилення параметрів деталі не перешкоджали забезпеченню вимог на виготовлення складальної одиниці та виробу.

Робоче креслення «втулки підшипника 1.1630-15.13-06» (див. додаток А цієї роботи) дає повне уявлення про конфігурацію, розміри всіх поверхонь деталі, її матеріал і технічні вимоги й повністю відповідає діючим стандартам на оформлення конструкторської документації.

Згадана деталь відноситься до тіл обертання типу «втулка». При максимальному діаметрі «втулки» по бурту в 175 мм, мінімальній товщині стінки – 16,5 мм і довжині 500 мм деталь є досить жорсткою.

Технічні вимоги на виготовлення деталі містять граничні відхилення розмірів, вимоги щодо шорсткості поверхонь, допуски взаємного розташування поверхонь. Зокрема, основні й допоміжні конструкторські бази деталі виконуються за 6 – 7 квалітетами точності. Поверхні деталі, за якими вона встановлюється у внутрішнє кільце підшипників кочення виконують з допуском по js6: $\varnothing 150js6$. Це найбільш поширене поле допуску для вала при всіх режимах його роботи. Відповідає зазначеній точності й шорсткість цієї поверхні – 0,8 мкм за критерієм Ra. По внутрішній поверхні $\varnothing 110H7$ у «втулку підшипника» встановлюють вал ротора центрифуги. Вал встановлюють щодо «втулки підшипника» нерухомо і такої точності внутрішнього розміру (за JT7) цілком достатньо для точного центрування сполучених деталей. При цьому необхідно врахувати, що додатково

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

вал центрується усередині «втулки підшипника» за допомогою розрізного конуса, що встановлюється по верхній конічній частині деталі $\varnothing 130H9 / \varnothing 112$, з упором по нижньому конічному паску $\varnothing 120H9 / \varnothing 112$. По внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 110H7$ шорсткість – 1,6 мкм Ra, що відповідає точності розміру. По конічних поверхнях втулки шорсткість – 0,4 мкм Ra з вимогою «притерти». З точки зору центрування вала всередині «втулки» такі жорсткі вимоги по шорсткості є правомірними. Однак точності конічних поверхонь з діаметрами: $\varnothing 130H9 / \varnothing 112$ й $\varnothing 120H9 / \varnothing 112$ на наш погляд недостатньо, та й шорсткості в 0,4 мкм Ra це не відповідає. При виконанні точності розмірів конусів «втулки» по JT9 – JT14 без вказівки на кресленні точності форми цих поверхонь неможливо досягти щільного прилягання поверхонь, що сполучаються «втулки» та «валу». В результаті, при таких великих масах обертових деталей (понад 1500 кг) і частотах обертання до 1760 об / хв, в точках контакту поверхонь деталей буде спостерігатися підвищений рівень зношення, що призведе до утворення надлишкових вібрацій у вузлі підвіски ротора і передчасного виходу її з ладу. Цього можна уникнути своєчасним підтисканням «валу» до нижнього конічного паску «втулки» і верхньому її конусу за рахунок зміщення розрізного конуса. Однак, реалізація цього рішення пов'язане з технічними труднощами, оскільки при експлуатації центрифуги необхідна періодична її зупинка, часткове розбирання і контроль вузла підвіски ротора на радіальні і торцеві биття з подальшим їх усуненням.

Відповідає службовому призначенню деталі допуск 0,02 мм з відхилення від співвідношення зазначених вище поверхонь ($\varnothing 110H7$ і конічних пасків) щодо базових зовнішніх поверхонь $\varnothing 150js6$. Пов'язано це знову ж таки з необхідністю точного центрування «валу» у «втулці підшипника», так як недотримання цієї умови викликає дисбаланс обертових частин підвіски ротора, приводячи до підвищених вібрацій і зношення, а в деяких випадках – навіть до поломки вузла.

Обґрунтовано і жорстку вимогу щодо торцевого биття нижньої площині бурта «втулки», допуск на яке задано в межах 0,02 мм. Знову ж таки, це пов'язано з можливістю осьового колювання (вібрації) «втулки підшипника» спільно з валом

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

і ротором в корпусі підвіски ротора, так як по нижній поверхні бурта «втулка» спирається на упорний підшипник вузла підвіски ротора. При цьому надмірні осьові коливання при великих масах обертових частин (великі інерційні навантаження) призводять до передчасного виходу з ладу упорного підшипника, а також до розбивки посадкових конусів як на «втулці», так і на «валу» центрифуги. Відповідає цієї точності і шорсткість – 0,8 мкм за критерієм Ra.

Виходячи зі службового призначення деталі, обґрунтовано вимоги щодо точності різі M145×2-6g. При цьому крок різі $S = 2$ мм невеликий, що підвищує надійність різьбового сполучення, як за точністю сполучення з гайкою, так і щодо запобігання від самовідгвинчування. З цією метою на різі виконаний паз для фіксації пелюсток стопорного кільця, що встановлюється під гайку. Розміри паза (14; 4; 40) виконують за JT14, що є цілком обґрунтованим його службовим призначенням.

Точність різі на бурту «втулки» M175×3LN-8g також вказана обґрунтовано, так як дане різьбове з'єднання використовується лише в процесі збирання-розбирання вузла підвіски ротора і більш точного забезпечення різі не потрібно. Виходячи з цього обґрунтовано і вимогу, що розмір M175×3LN-8g не контролюється. Дещо вище точність отворів M12-7H, що обґрунтовано необхідністю їх використання під час знімання «втулки підшипника» з «валу». Тут для розбирання-з'єднання застосовуються лише два отвори, що і вимагає їх більш точного виготовлення, що забезпечує надійність різьбових з'єднань.

Обґрунтована й внутрішня конфігурація «втулки», коли протяжна точна циліндрична поверхня $\varnothing 110H7$ переривається внутрішньою «кишенею» $\varnothing 112$ (точність розміру за JT14), шорсткість – 12,5 мкм Ra, що дозволяє при механічному обробленні внутрішньої порожнини $\varnothing 110H7$ отримати точність поверхні по всій довжині за JT7.

Точність лінійних розмірів «втулки» забезпечується 14 квалітетом, що також цілком обґрунтовано, оскільки всі неточності виготовлення деталі по довжині компенсуються в процесі складання вузла підвіски ротора. Тут точність розмірів

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

замикаючих ланок забезпечується методом компенсаторів при установці по зовнішній поверхні втулки між підшипниками необхідної довжини дистанційних втулок і кілець. Аналогічним чином відбувається компенсація неточності виготовлення й внутрішніх лінійних розмірів «втулки». Однак тут компенсація лінійних розмірів відбувається за рахунок зміщення розрізного конуса, на який спирається гальмівний шків, що підтискається спеціальною гайкою на валу центрифуги.

Решту вільних поверхонь «втулки підшипника» виконують за Н14, h14, $\pm 2/2$, що цілком відповідає їхньому службовому призначенню. Цілком обґрунтовано і шорсткість цих поверхонь: 6,3 ... 12,5 мкм за критерієм Ra.

Обґрунтовано і вимоги на розміри 225, 56 і 24 – «розміри для довідок». Розмір 225 мм визначає довжини внутрішньої та зовнішньої кишень «втулки» та їх довжина є довідковою величиною. Аналогічно, довідковою величиною є і довжина 24 мм на конічному паску $\varnothing 120H9 / \varnothing 112$, а також довжина 56 мм на конусі $\varnothing 130H9 / \varnothing 112$, оскільки ці розміри в процесі механічної обробки конусів виходять автоматично.

У технічних вимогах на заготовку вказується, що поковка Гр. III НВ 156-187 ГОСТ 8479-70. Відповідно до цієї групи поковок, на неї встановлюється вид випробування – визначення твердості, з умовами комплектування партії – поковки однієї марки сталі, що пройшли термічне оброблення за однаковим режимом. При цьому в якості здавальних характеристик визначають твердість поковок, яка повинна бути в межах 156 – 187 НВ. Тут слід зазначити, що для III групи поковок згідно ГОСТ 8479-70 вони всі на 100% повинні піддаватися випробуванню. Така вимога є цілком обґрунтованою, оскільки «втулка підшипника», працюючи у важких умовах знакозмінних навантажень, визначає працездатність і експлуатаційну надійність усього вузла підвіски ротора центрифуги. У зв'язку з цим обґрунтовано обраний і матеріал деталі – вуглецева, якісна конструкційна сталь 35 ГОСТ 1050-74. Ця сталь має середній вміст вуглецю – 0,35% і в нормалізованому стані має такі механічні властивості, див. таблицю 2.1.

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

Таблиця 2.1 – Механічні властивості сталі 35 ГОСТ 1050-74

Найменування характеристики	Величина
Межа текучості σ_T , МПа:	31
Тимчасовий опір розриву σ_B , МПа:	530
Відносне подовження δ_5 , %	20
Відносне звуження ψ , %	45
Твердість сталі без термічного оброблення НВ, МПа (кгс/мм ²)	2031(207)

Таким чином, технічна вимога по твердості НВ 156 – 187 буде забезпечуватися після відповідної термічної обробки заготовки, зокрема, відгартування. Це дозволить отримати більш в'язку серцевину заготовки, забезпечуючи його високу міцність від утоми, а, значить, підвищить експлуатаційну надійність деталі.

Згадана деталь виконує одну з основних функцій в роботі вузла підвіски ротора центрифуги і тому такі жорсткі вимоги є цілком обґрунтованими й відповідають рівню сучасного виробництва в галузі хімічного машинобудування.

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

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Тип виробництва відповідно до ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який «показує відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць» [2].

Виходячи з цього, а також з огляду на масу деталі (відповідно до креслення деталі її маса становить 30 кг), річну програму випуску виробів (відповідно до завдання на проектування річний обсяг випуску деталей становить $N_p = 500$ штук), базові норми штучно-калькуляційного часу за операціями механічного оброблення заготовки (див. таблицю 3.1), визначимо тип виробництва за типовою методикою, викладеною в [2].

Вихідні дані для розрахунку коефіцієнту закріплення операції наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{з.о}$

№ з/п	Операція	Тшт.к, хв.	m_p , шт.	Р, осіб	$\eta_{з.ф.}$	О
1	2	3	4	5	6	7
1	Фрезерно-центрувальна	7,14	0,019	1	0,019	42
2	Токарно-гвинторізна	24,21	0,063	1	0,063	13
3	Токарно-гвинторізна	29,06	0,075	1	0,075	11
4	Токарно-гвинторізна	21,9	0,057	1	0,057	14
5	Токарно-гвинторізна	16,04	0,042	1	0,042	19
6	Вертикально-фрезерна	3,96	0,01	1	0,01	80
7	Вертикально-свердлильна	5,83	0,015	1	0,015	53
8	Токарно-гвинторізна	11,09	0,029	1	0,029	28
9	Токарно-гвинторізна	1,81	0,031	1	0,031	26
10	Полірувальна	14,69	0,038	1	0,038	21
				$\Sigma P=10$		$\Sigma O=307$

Розрахункову кількість устаткування визначимо за формулою [2]:

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

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

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи устаткування;

$F_d = 4029$ год. [2].

$\eta_{з.н} = 0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування для умов серійного виробництва [2];

$T_{шт.к}$ – штучно-калькуляційний час оброблення заготовки на даній операції.

Визначимо кількість устаткування по кожній операції. Результати розрахунків запишемо до таблиці 3.1:

$$m_{p1} = (500 \cdot 7,14) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,019;$$

$$m_{p2} = (500 \cdot 24,21) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,063;$$

$$m_{p3} = (500 \cdot 29,06) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,075;$$

$$m_{p4} = (500 \cdot 21,9) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,057;$$

$$m_{p5} = (500 \cdot 16,04) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,042;$$

$$m_{p6} = (500 \cdot 3,96) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,01;$$

$$m_{p7} = (500 \cdot 5,83) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,015;$$

$$m_{p8} = (500 \cdot 11,09) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,029;$$

$$m_{p9} = (500 \cdot 11,81) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,031;$$

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

$$m_{p10} = (500 \cdot 14,69) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,8) = 0,038.$$

Кількість робочих по кожній операції:

$$P1 = P2 = P3 = P4 = P5 = P6 = P7 = P8 = P9 = P10 = 1 \text{ чел.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця:

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

розраховуємо по кожній операції, результати заносимо до таблиці 3.1.

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці:

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

розраховуємо по кожній операції, результати заносимо до таблиці 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о} = \Sigma O / \Sigma P = 307 / 10 = 30,7.$$

Отримана величина коефіцієнту закріплення операцій – 30,7 відповідає дрібносерійному типу виробництва [2, 3].

Як відомо [3] в умовах серійного виробництва «вироби виготовляють партіями або серіями, які складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і типорозмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно».

Порівняльні характеристики існуючих типів виробництва наведені у додатку Б цієї роботи.

Для умов дрібносерійного виробництва характерною є групова форма організації робіт, яка передбачає формування предметно-замкненої ділянки для

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

оброблення групи деталей, подібних за своїми конструкторсько-технологічними ознаками.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою [2]:

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

де $a = 48$ – періодичність запуску в днях (один раз на два місяці) [2];

$$N = \frac{500 \cdot 48}{259} \approx 92,7 \text{ шт.},$$

беремо $N = 93$ шт.

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

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

До аналізу технологічності деталі приступають після встановлення типу виробництва. Види і показники технологічності конструкції регламентує ГОСТ 18831-73, а правила відпрацювання конструкції виробу і перелік обов'язкових показників технологічності – ГОСТ 14201-73.

Оцінювання технологічності конструкції може бути двох видів: за якісними ознаками та за кількісними ознаками.

Оцінювання технологічності конструкції за кількісними показниками виражається числовими показниками як абсолютними, так і відносними. При цьому визначаються коефіцієнти точності обробки, шорсткості поверхонь і використання матеріалу, див. ГОСТ 14.205-83.

Якісне оцінювання характеризує технологічність конструкції узагальнено на підставі досвіду виконавця і проводиться як попереднє. У даній роботі відповідно до завдання на проектування виконаємо якісне оцінювання технологічності конструкції деталі за матеріалом, геометричною формою, якістю поверхонь, за проставленням розмірів і можливих способів отримання заготовки.

Матеріал «втулки підшипника» повинен мати порівняно високу міцність, гарну оброблюваність різанням, низьку чутливість до концентрації напружень. З огляду на ці вимоги, а також виходячи з того, що «втулка» при експлуатації працює в порівняно важких умовах знакозмінних циклічних навантажень, використання вуглецевої якісної конструкційної сталі марки 35 ГОСТ 1050-88 є цілком обґрунтованим. Дана сталь має високу міцність і гарну оброблюваність різанням. При механічній обробці лезовим інструментом, оснащеним твердосплавними пластинами типу Т15К6, шорсткість поверхонь після чистових методів обробки знаходиться в межах 3,2 – 1,6 мкм за критерієм Ra, що є цілком прийнятним для проектованої технології виготовлення деталі. Разом з цим, з огляду на порівняно важкі умови експлуатації деталі, до неї задано технічну вимогу щодо групи ІІІ НВ 156-187 ГОСТ 8479-70. Дана вимога знижує технологічність деталі, так як для її

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

реалізації необхідно передбачати серію досить складних і тривалих випробувань заготовки, що, в підсумку, збільшує тривалість обробки і знижує її продуктивність, підвищує собівартість виготовлення виробу.

Заготовка «втулки» в заводських умовах виходить з поковки вільним куванням на молотах без центрального отвору, що є неекономічним і веде до перевитрати матеріалу. У проектованій технології необхідно передбачити більш економічний метод отримання заготовки.

Деталь за своєю геометричною формою є порівняно простою з відношенням довжини до діаметра $l / d = (2,9 - 3,3)$ при мінімальній товщині стінки – 16,5 мм. Це говорить про високу жорсткість заготовки і при механічному обробленні можливо застосування багатоінструментальних, високопродуктивних налагоджень з використанням напружених режимів різання на максимально можливій глибині різання, подачі і швидкості різання.

За своєю конфігурацією деталь є технологічною і труднощів при її механічному обробленні не передбачається. Основні і допоміжні конструкторські бази $\varnothing 150js6$ і $\varnothing 110H7$ – поверхні великої протяжності (довжина 430 – 400 мм) виконуються не суцільними, а з зовнішніми ($\varnothing 145$) і внутрішніми ($\varnothing 112$) «кишеннями», що зменшує час їх оброблення, підвищує точність обробки, скорочує витрату інструменту і електроенергії. Зазначені поверхні є наскрізними, що дозволяє вести оброблення за один прохід, без переустановлень, знижує трудомісткість обробки, спрощує конструкції застосовуваних інструментів. При цьому є можливість вільного доступу інструмента до зони різання при обробленні всіх поверхонь деталі.

Разом з тим, в даній конструкції «втулки підшипника» є і нетехнологічні елементи.

Викликає певні труднощі в обробленні внутрішні конічні ділянки деталі: $\varnothing 130H9 / \varnothing 112$ на довжині 56 мм і $\varnothing 120H9 / \varnothing 112$ на довжині 24 мм, що потребують застосування спеціальної наладки або спеціального устаткування. До всього іншого, на цих поверхнях необхідно забезпечити і дуже низьку шорсткість

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

– 0,4 мкм за критерієм Ra із застосуванням притирання, що передбачає ручну малопродуктивну працю робітників високої кваліфікації. В результаті знижується продуктивність праці, підвищується собівартість механічного оброблення.

До нетехнологічних конструктивних елементів слід віднести і різьбові ділянки деталі великих діаметрів M175×3LN-8g і M145×2-6g, для нарізання яких необхідно використовувати малопродуктивні, багатопрхідне оброблення різьбовим різцем. Нетехнологічний в обробленні і закритий з одного боку паз шириною 14 мм і глибиною 4 мм, при фрезеруванні якого застосовується малопродуктивна обробка кінцевою фрезою. До того ж, зазначений паз виконується на різьбовій частині деталі M145×2, що призводить до спотворення різьблення і необхідності її додаткової обробки калібруванням.

Не спостерігається уніфікації в конструкціях зовнішніх канавок шириною 5 мм, одна з яких з прямими бічними поверхнями, а друга – має одну поверхню під кутом 45°, це зажадає використання різних спеціальних різців. Немає уніфікації і в конструкціях фасок. Вони мають як різну ширину: 1 мм, 1,6 мм, 2 мм, так і різні кути нахилу: 30°, 45°, що також потребуватиме додаткових трудовитрат і підвищить собівартість обробки.

Висока розмірна точність поверхонь деталі – за JT6, JT7 і низька шорсткість – 1,6; 0,8; 0,4 мкм за критерієм Ra, жорсткі вимоги з радіального і торцевого биття поверхонь «втулки» – 0,02 мм, вимагають при їх виготовленні додаткових етапів оброблення, що знижує продуктивність праці, збільшує трудовитрати і собівартість обробки, знижує технологічність конструкції.

Аналіз технологічності конструкції деталі щодо проставлення розмірів показує, що вони виконані вірно і є можливість суміщення в процесі механічної обробки заготовки технологічних і вимірювальних баз, що усуває похибки базування і підвищує точність обробки поверхонь. Вільні, неробочі поверхні деталі мають широкі допуски за JT14 і високу шорсткість – 12,5 мкм за критерієм Ra, що знизить трудовитрати з їх оброблення.

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

5 ВИБІР СПОСОБА ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

У базовому технологічному процесі заготовку «втулки підшипника 1.1630-15.13-06» отримують як поковку вільним куванням на молотах без прошивки центрального отвору з утворенням фланця на одному кінці. Цей метод є цілком прийнятним для отримання заготовки за умов дрібносерійного виробництва. Трудомісткість отримання такої заготовки є порівняно невеликою, проте при цьому спостерігаються і низькі коефіцієнти використання матеріалу заготовки, що веде до перевитрати матеріалу і великій собівартості подальшого механічного оброблення заготовки:

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

де $M_{дет}$ – маса деталі, кг;

$M_{заг}$ – маса заготовки, кг.

В результаті маємо

$$K_{в.м} = 30 / 90,3 = 0,33.$$

Як альтернативний варіант отримання заготовки можна розглянути круглий прокат з подальшим отриманням круглої поковки без фланця. Однак, при цьому коефіцієнт використання матеріалу заготовки матиме ще меншу величину: в межах $K_{в.м} = 30/103,2 = 0,29$.

Подальший вибір і обґрунтування методу отримання заготовки здійснюємо з урахуванням наступних техніко-економічних розрахунків за варіантами.

Вартість заготовок, одержуваних поковкою вільним куванням на молотах, визначаємо за відомою формулою [2]:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_v \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \left(\frac{S_{едх}}{1000} \right), \quad (5.2)$$

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

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, отримуваних вільним куванням на молотах, грн. $C_i = 20200$ грн;

K_T – коефіцієнт, який залежить від класу точності поковки. $K_T = 1,0$;

K_c – коефіцієнт, який залежить від групи складності поковки. $K_c = 0,75$;

K_B – коефіцієнт, який залежить від маси поковки. $K_B = 0,7$;

K_M – коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу поковки, $K_M = 1,0$;

K_n – коефіцієнт, який залежить від об'єму виробництва заготовок. $K_n = 1,0$;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі;

$S_{вдх}$ – ціна 1 т відходів, грн.

Для маси заготовки $Q = 90,3$ кг; маси готової деталі $q = 30$ кг; вартості відходів $S_{вдх} = 2800$ грн, маємо:

$$S_1 = \left(\frac{20200}{1000} \cdot 90,3 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (90,3 - 30) \frac{2800}{1000} = 788,8 \text{ грн.}$$

Вартість заготовок, отримуваних з прокату визначимо за відомою формулою [2]:

$$S_{пр} = M + \Sigma C_{o.3}, \quad (5.3)$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн;

$\Sigma C_{o.3}$ – технологічна собівартість операції розрізання, правлення та калібрування прутків. За попередніми розрахунками маємо $\Sigma C_{o.3} = 44$ грн.

Витрати на матеріал заготовки визначимо за формулою [2]:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{вдх}/1000, \quad (5.4)$$

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

де S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн.

Для маси заготовки $Q = 103,2$ кг; вартості матеріалу (сталь 35) – $S = 14500$ грн/т, отримаємо витрати на матеріал:

$$M = 103,2 \cdot 14,5 - (103,2 - 30) \cdot 2800/1000 = 1291 \text{ грн.}$$

Таким чином, собівартість заготовок, отримуваних з прокату дорівнює:

$$S_{\text{пр}} = 1291 + 44 = 1335 \text{ грн.}$$

Таким чином, вартість заготовок, одержуваних вільним куванням на молотах є меншою за вартість заготовок з прокату. Тому подальше порівняння одержуваних заготовок по відмінності обсягів їх механічного оброблення є недоцільним, так як при більшій масі заготовок з прокату їх механічне оброблення буде ще більше, що підніме собівартість заготовок, одержуваних з прокату.

Розрахунок припусків і допусків на заготовку.

З огляду на конфігурацію, розміри, масу і програму випуску деталі «втулка підшипника» ми зупинилися на методі отримання заготовки – поковка вільним куванням на молотах з утворенням фланця. В цьому випадку визначаємо припуски і допуски на заготовку відповідно до ГОСТ 7829-70 [4].

Для цієї деталі за ГОСТ 7829-70 для типу поковки «полий вал» утворення центрального отвору є неможливим, так як найменший діаметр отвору, який прошивається є більшим за 120 мм, а в нашій деталі діаметр отвору становить 110 мм. В такому разі беремо тип поковки: «круглого перетину з фланцем», у таких поковок $L \geq 1,5D$ й $l \leq 0,3D$, де L – загальна довжина деталі; l – довжина фланця; D – максимальний діаметр деталі). Усі розрахунки розмірів заготовки зведені до таблиці 5.1.

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

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів поковки, у міліметрах

Розмір деталі	Основні припуски на заготовку	Додаткові припуски на заготовку	Допуски на заготовку	Розрахунок розмірів заготовки	Кінцеві розміри заготовки з допусками
1	2		3	4	5
Ø175	11,0	3,0	±3,0	175+11+3=189	Ø189±3,0
Ø150	10,0	Основний перетин	±3,0	150+10 = 160	Ø160±3,0
Ø145	10,0		3,0	145+10+3=158	
25	2×10	-	2×(±3,0)	25+2×10=45	45±6,0
500	2,5×10	-	2,5×(±3,0)	500+2,5×10=525	525±7,5

Для зазначеного типу поковок припуски і допуски призначаються на діаметральні і лінійні розміри фланця і основного перетину деталі. При цьому додаткові припуски призначаються на все діаметральні розміри крім основного перетину.

Як видно з таблиці 5.1 виступ діаметром 145 мм не виконується, так як при діаметрі сусіднього виступу в 150 мм мінімально здійсненна висота уступів – 5 мм, а у нас лише – 2,5 мм. А ось фланець – виконується, так як після призначення основних і додаткових припусків умови

$$l' = 45 > h' \cdot 1,5 = 14,5 \cdot 1,5 = 21,75,$$

$$l' = 45 > D' \cdot 0,2 = 189 \cdot 0,2 = 37,8$$

виконуються.

Ескіз поковки наведемо на рисунку 5.1.

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

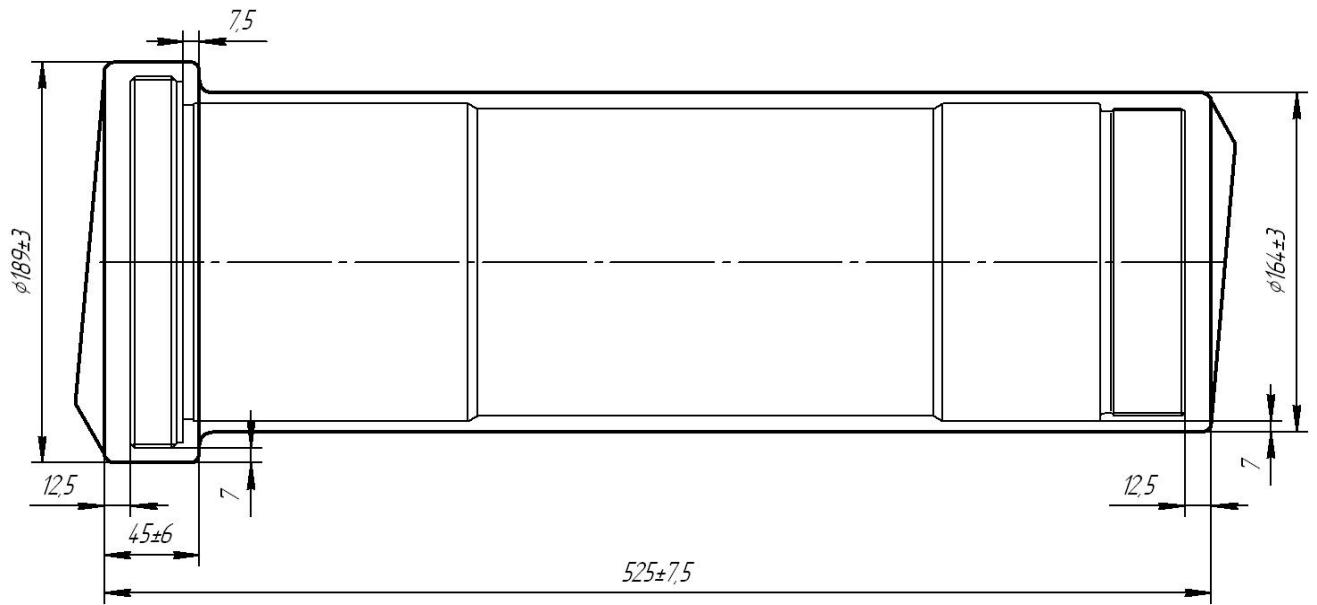


Рисунок 5.1 – Ескіз поковки

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

6 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання

Уточнимо розмір заготовки та припуск на оброблення найбільш точної поверхні деталі розрахунково-аналітичним методом [2]. Згідно з завданням необхідно розрахунково-аналітичним методом проф. В. М. Кована визначити припуски і операційні розміри на зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 150js6$.

В основі методики проф. Кована В. М. знаходиться формула для розрахунку так званого «мінімального припуску» [2]:

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

де Rz_{i-1} – шорсткість поверхні, утворена на попередньому етапі оброблення;
 H_{i-1} – величина дефектного шару поверхні, утворена на попередньому етапі оброблення;

εy_i – похибка установки заготовки, яка має місце на поточному переході;

ρ_{i-1} – величина просторових відхилень поверхні, утворена на попередньому етапі оброблення.

Виходячи з пропонованого маршруту механічної обробки даної поверхні, остання обробляється в чотири етапи: чорнове, півчистове, чистове і тонке точіння. Розглянемо всі необхідні дані для розрахунку припусків на ЕОМ.

Величини Rz_{i-1} й H_{i-1} визначалися з [5]:

- для поковки: $Rz_{i-1} = 1000$ мкм; $H_{i-1} = 500$ мкм;

- після чорнового точіння: $Rz_{i-1} = 250$ мкм; $H_{i-1} = 240$ мкм;

- після півчистового точіння: $Rz_{i-1} = 125$ мкм; $H_{i-1} = 120$ мкм;

- після чистового точіння: $Rz_{i-1} = 40$ мкм; $H_{i-1} = 40$ мкм;

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

- після тонкого точіння: $Rz_{i-1} = 10$ мкм; $H_{i-1} = 10$ мкм.

а величини просторових відхилень ρ_{i-1} розраховувались за формулою:

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

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

$\rho_{ц}$ – похибка центрування заготовки, мкм;

$\rho_{кор}$ – величина короблення заготовки, мкм.

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l, \quad (6.3)$$

де Δ_k – питома величина короблення заготовки, мкм/мм;

l – довжина заготовки від точки закріплення (базування) до середини розглянутого перетину при $l \leq L/2$, мм;

L – загальна довжина заготовки, мм.

$$\rho_{кор} = 1 \cdot 112 = 112 \text{ мкм.}$$

Величина зміщення елементів поковки становить: $\rho_{см} = 2200$ мкм [4].

Похибка центрування становить: $\rho_{ц} = 250$ мкм [2].

$$\rho_{i-1} = \sqrt{112^2 + 2200^2 + 250^2} = 2217 \text{ мкм.}$$

Величини залишкових величин просторових відхилень визначались з урахуванням коефіцієнта уточнення K_y :

$$\rho_{ост} = \rho_{i-1} \cdot K_y, \quad (6.4)$$

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

де $K_{y1} = 0,06$ – для чорнового точіння;
 $K_{y2} = 0,05$ – для півчистового точіння;
 $K_{y3} = 0,04$ – для чистового точіння;
 $K_{y4} = 0,02$ – для тонкого точіння.

$$\rho_1 = 2217 \cdot 0,06 = 133 \text{ мкм},$$

$$\rho_2 = 2217 \cdot 0,05 = 110 \text{ мкм},$$

$$\rho_3 = 2217 \cdot 0,04 = 88 \text{ мкм};$$

$$\rho_4 = 2217 \cdot 0,02 = 44 \text{ мкм}.$$

Подальші розрахунки припусків і операційних розмірів заготовки при обробці ступені $\varnothing 150js6$ виконаємо на ЕОМ. Результати розрахунків наведемо у додатку В цієї роботи.

6.2 Вибір і обґрунтування схем базування і 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 вимірної баз, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки, багатоінструментального оброблення поверхонь тощо.

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

Вибір і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки на токарній операції.

Розглянемо вибір схеми базування і закріплення заготовки на токарній операції 020 технологічного процесу виготовлення «втулки підшипника 1.1630-15.13-06».

На розглянутій операції проводиться чорнова токарна обробка зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки з підрізанням торця фланця з двох установів, проводиться обкатка циліндричної ділянки для зниження шорсткості поверхні під подальшу установку лунета. При цьому витримуються такі операційні розміри:

- установ А: $\varnothing 153_{-0,4}$; $26,2_{-0,21}$; $\varnothing 153_{-0,4}$, $70 \pm 0,37$, $80 \pm 0,37$ з шорсткістю $1,6 \text{ мкм } R_a$, див. рисунок 6.1;

- установ Б: $\varnothing 178_{-1,0}$; $\varnothing 153_{-0,4}$, $70 \pm 0,37$, $80 \pm 0,37$ з шорсткістю $1,6 \text{ мкм } R_a$, див. рисунок 6.2.

Як видно з малюнка 6.1 на час реалізації токарної операції найбільш розвиненими є зовнішні циліндричні поверхні та торці заготовки. Точність зовнішніх циліндричних поверхонь на даному етапі обробки після заготівельної операції – однакова з допуском $6 \text{ мм } (\pm 3,0 \text{ мм})$, а торцеві поверхні після фрезерно-центрувальної операції виконані в габаритний розмір $500_{-0,42} \text{ мм}$. Тому в якості головної базової поверхні беремо зовнішню циліндричну поверхню фланця спільно з правим центровим отвором, які реалізують подвійну напрямну базу. В результаті заготовка позбавляється двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z (при горизонтальному розташуванні заготовки). Ліва площина фланця є опорною базою, яка позбавляє заготовку ще одного ступеня свободи – поступального переміщення уздовж осі X.

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

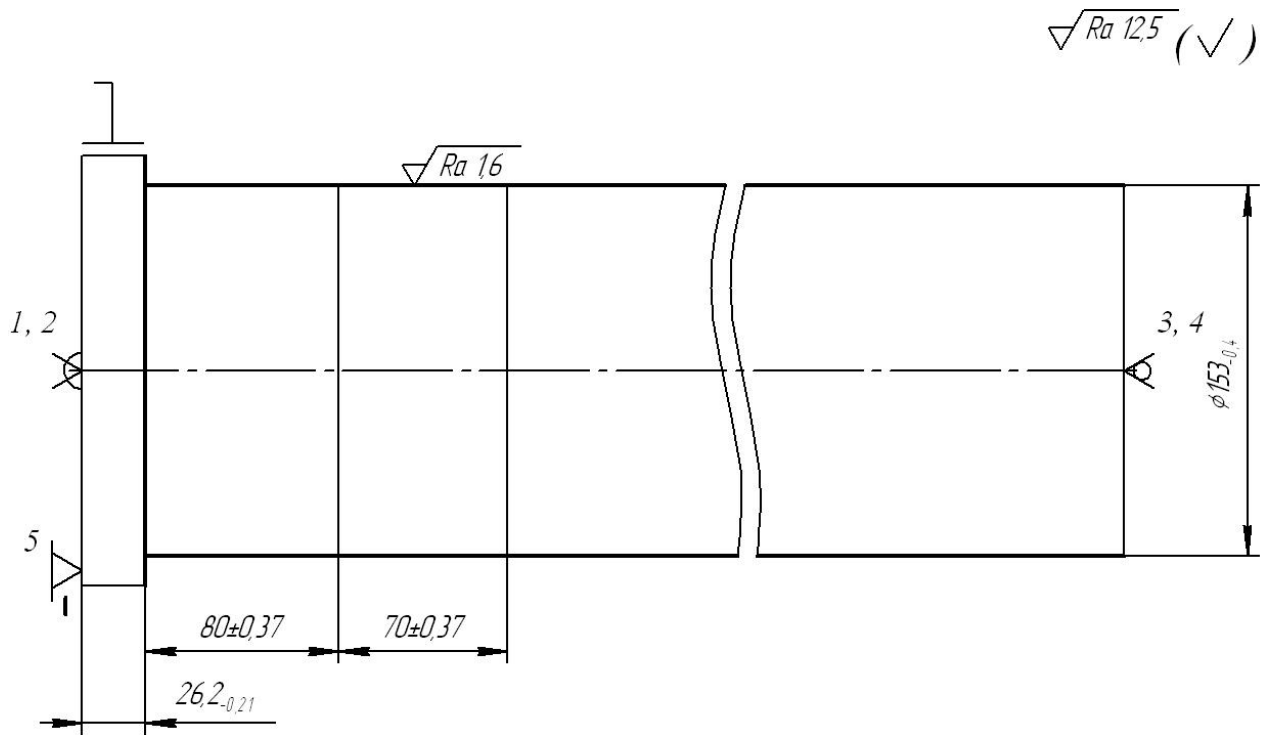


Рисунок 6.1 – Схема базування заготовки на операції токарно-гвинторізній 020,
установ А

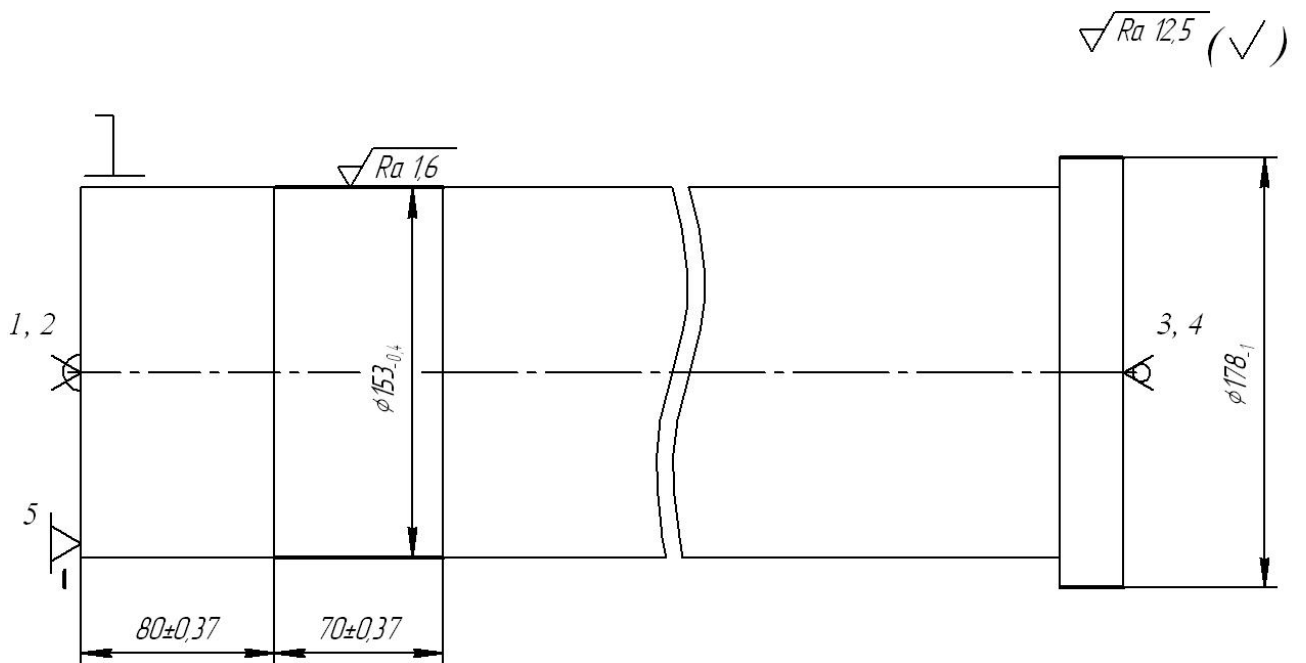


Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки на операції токарно-гвинторізній 020,
установ Б

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

Таким чином, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи, і вакантним залишається обертання навколо центральної осі (осі X). За такої схеми базування можливе застосування трикулачного самоцентруючого патрону. В результаті ми маємо можливість поєднати технологічні бази з вимірювальними і конструкторськими базами, що усуває похибки базування на розміри задані в радіальному напрямку і забезпечує необхідну точність обробки. Однак на лінійний розмір заготовки $70 \pm 0,37$ мм похибка базування не дорівнює нулю. В даному випадку похибка базування дорівнює допуску на розмір, який з'єднує вимірювальну і технологічну бази:

$$\varepsilon_{6\ 70} = T_{80} = 0,37 \text{ мм.}$$

Таким чином, похибка базування на розмір 70 мм дорівнює допуску на цей розмір:

$$\varepsilon_{6\ 70} = 0,37 \text{ мм} = T_{70} = 0,37 \text{ мм,}$$

що нас цілком влаштовує, тим більше, що розмір 70 мм визначає місце з низькою шорсткістю під люнет при базуванні заготовки на наступних токарних операціях і його можна виконати з ще більшим допуском.

На установі Б, див. рисунок 6.2, заготовка базується аналогічним чином, розвернувшись лише на 180° . В результаті вона як і раніше буде позбавлена п'яти ступенів свободи і при обробці зовнішньої циліндричної поверхні фланця напрохід похибки базування як в радіальному, так і осьовому напрямку – відсутні або ідентичні попередній схемі.

В якості альтернативних схем базування на рисунках 6.3 і 6.4 пропонується установка заготовки по лівому і правому центровим отворам з використанням повідкового патрону з плаваючим центром і упором в лівий торець заготовки і заднім обертовим центром. Таким чином, і тут реалізується подвійна напрямна

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

база, що позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z, а упор в лівий торець заготовки є опорною базою, яка позбавляє її ще одного ступеня свободи – поступального переміщення уздовж осі X. В результаті заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи, і вакантним залишається обертання навколо власної центральної осі (осі X).

За точністю обробки діаметральних і лінійних розмірів усі схеми є однаковими.

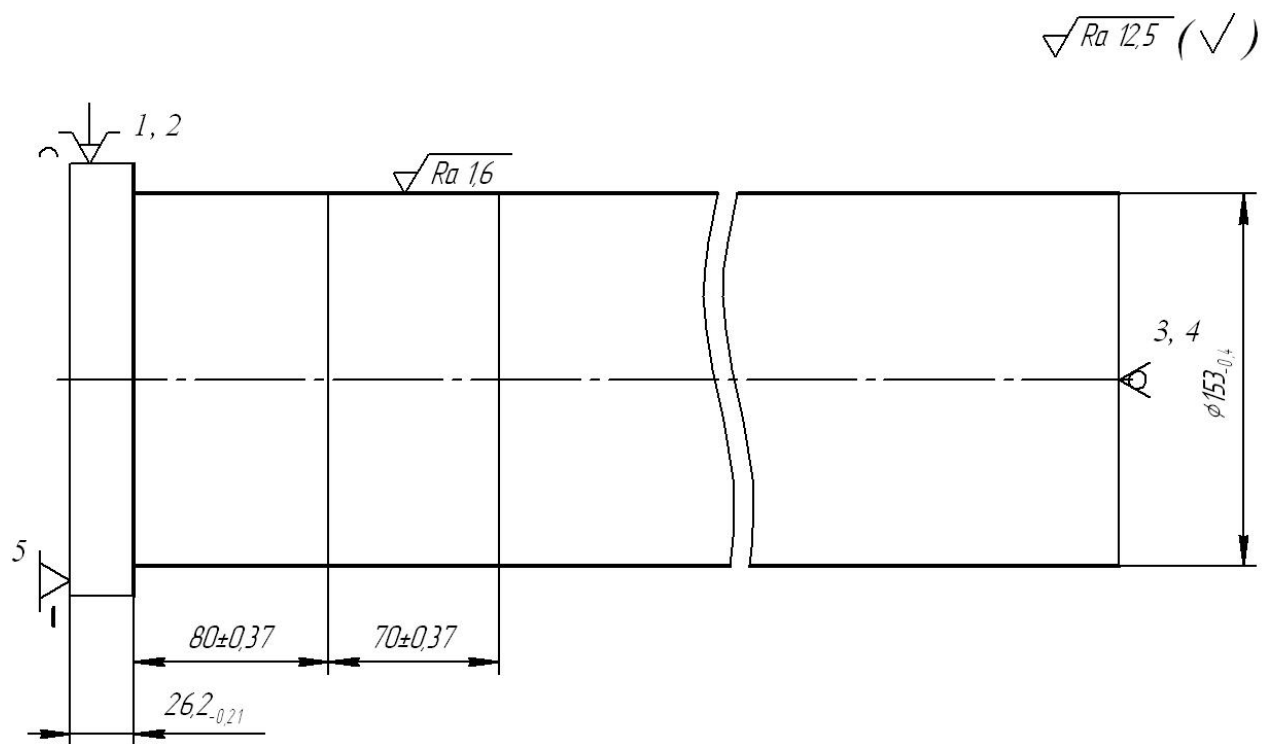


Рисунок 6.3 – Альтернативна схема базування заготовки на операції токарно-гвинторізній 020, установ А

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

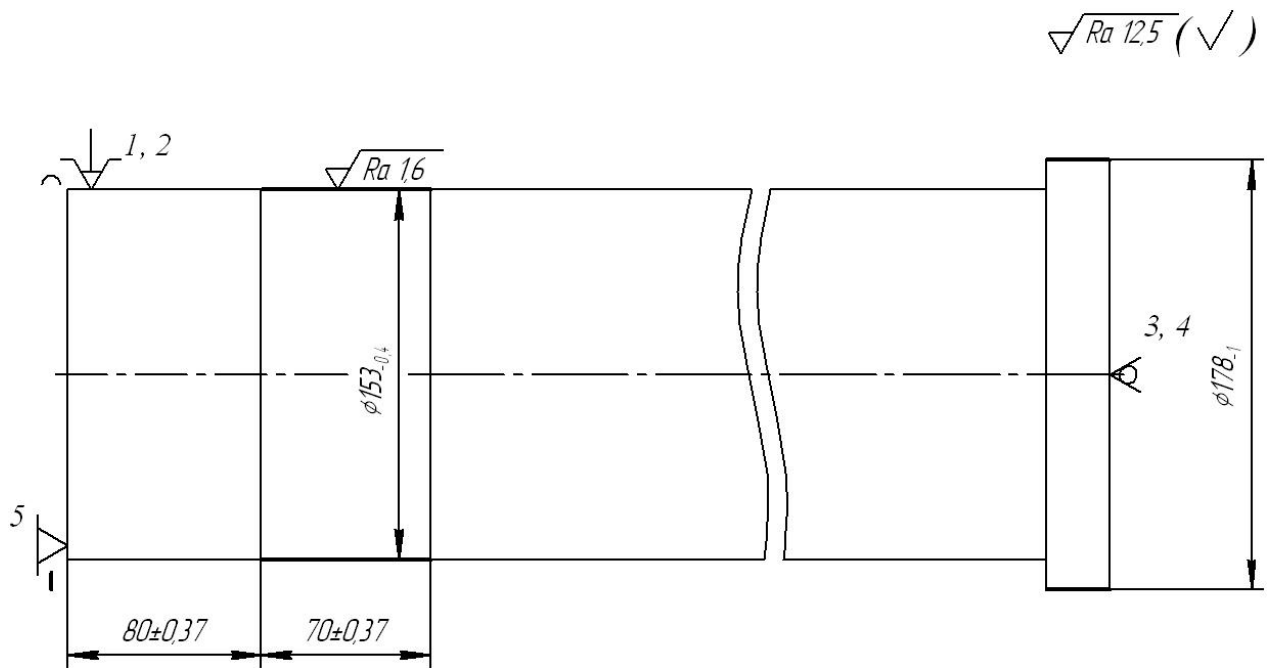


Рисунок 6.4 – Альтернативна схема базування заготовки на операції токарно-гвинторізній 020, установ Б

Подальший аналіз таких схем базування віддає перевагу схемам з малюнків 6.1 і 6.2, оскільки на їх користь говорить той факт, що заготовка встановлюється в центрах, які будуть слугувати базами і на подальших операціях, що дозволяє використовувати принцип сталості баз і підвищить точність обробки. При закріпленні заготовки в самоцентруючому патроні по зовнішній циліндричній необробленій поверхні заготовки, що має великий допуск в 6 мм, можлива розбіжність осі оброблених на даній операції циліндричних поверхонь з віссю центрів, отриманій на фрезерно-центрувальній операції. У підсумку на наступних чистових операціях через утворення ексцентриситету осей обробка зовнішніх циліндричних поверхонь буде відбуватися зі змінним припуском, що призведе до коливання сил різання при точінні і знизить точність обробки діаметральних розмірів. Звичайно, при базуванні в центрах на першій чорновій операції також через ексцентриситет осей відбувається обробка зі змінним припуском, однак на

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

великих глибинах різання цей фактор менше позначиться на коливанні сил різання при точінні, та й надалі на чистових етапах обробки буде можливість усунути дефекти попередньої обробки. Таким чином, зупиняємо свій вибір на схемах базування, наведених на рисунках 6.1 і 6.2.

Вибір і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки на фрезерній операції.

Розглянемо вибір схеми базування заготовки на фрезерній операції 040 технологічного процесу виготовлення «втулки підшипника 1.1630-15.13-06».

На розглянутій операції проводиться фрезерування піввідкритого паза на різьбовій частини заготовки в розміри: $14^{+0,43}$; $4\pm 0,15$; $40\pm 0,31$; R7, див. рисунок 6.5.

Як видно з малюнка 6.5, на фрезерній операції найбільш розвиненими поверхнями заготовки на цей час є зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 150,417_{-0,063}$ мм і нижня (ліва) торцева поверхня деталі, виконана в габаритний розмір $500_{-0,4}$ мм. Точність зазначених поверхонь на даному етапі обробки після півчистої токарної операції є такою. Зовнішні циліндричні поверхні заготовки виконані з точністю по IT8 і допуском 0,063 мм, а торець виконаний з точністю по IT11 і допуском 0,42 мм. Тому в якості головної базової поверхні беремо дві зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 150,417_{-0,063}$ мм, які є подвійною направляючою базою, яка позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z (при горизонтальному розташуванні осі заготовки і осі X). Нижній (лівий) торець деталі є опорною базою, яка позбавляє заготовку ще одного ступеня свободи – одного поступального переміщення уздовж осі X. Таким чином, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи, і вакантним залишається обертання навколо центральної осі (осі X). При такій схемі базування і використанні в якості установчих елементів опорних призм – для лінійних розмірів, заданих вздовж осі заготовки технологічні бази поєднуються з вимірювальними і конструкторськими базами, що усуває похибки базування і забезпечує необхідну точність обробки. Однак, на глибину паза при базуванні в опорних призмах

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

присутня похибка базування, величину якої можна розрахувати за відомою формулою [5]:

$$\varepsilon_{64} = \frac{Td}{2} \left(\frac{1}{\sin(\alpha / 2)} + 1 \right), \quad (6.5)$$

де Td – допуск на діаметр циліндричного ступеня заготовки, по якій вона базується у призмі, мкм. $T_{\varnothing 150,417} = 63$ мкм;

α – кут призми, град. (90°).

$$\varepsilon_{64} = \frac{63}{2} \left(\frac{1}{\sin(90^\circ / 2)} + 1 \right) = 76 \text{ мкм.}$$

Таким чином, допуск на глибину паза перевищує похибку базування:

$$T_4 = 0,3 \text{ мм} > \varepsilon_{64} = 0,076 \text{ мм,}$$

що є позитивним фактором – точність операційного розміру забезпечується.

В якості альтернативного базування пропонується схема, наведена на рисунку 6.6. Тут в якості головної базової поверхні використовуються внутрішні циліндричні поверхні $\varnothing 109,5^{+0,087}$, які є подвійною направляючою базою, яка позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних переміщень і двох обертальних рухів навколо осей Z і Y . Поверхня торця деталі, як і в попередньому випадку, є опорною базою, що позбавляє заготовку одного ступеня свободи: поступального переміщення уздовж осі X , при горизонтальному розташуванні осі деталі і осі X . Таким чином, як і в попередньому випадку, в цілому заготовка позбавлена п'яти ступенів свободи.

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

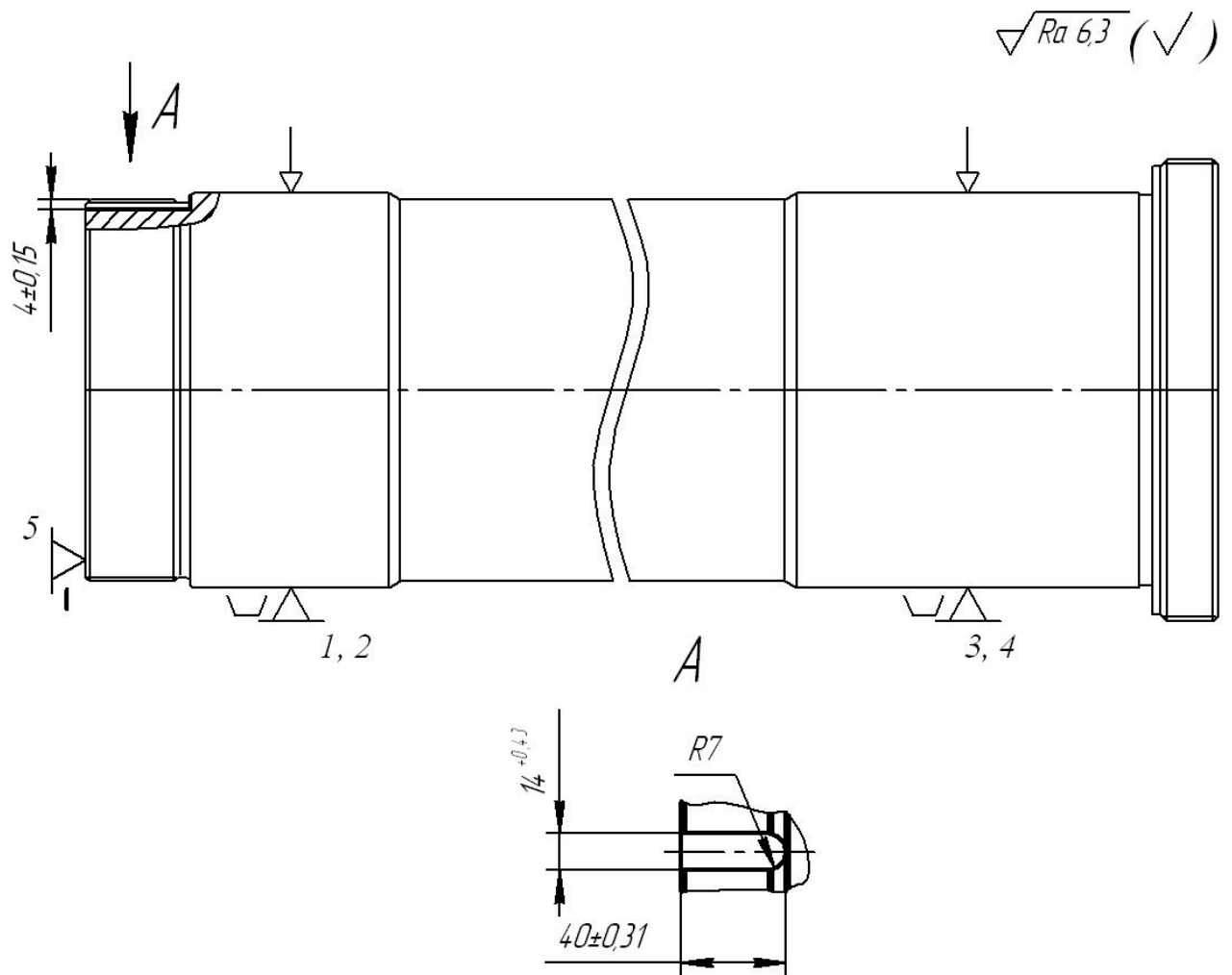


Рисунок 6.5 – Схема базування заготовки на операції фрезерній з ЧПК 040

Аналіз представленої на рисунку 6.6 схеми, показує, що точність виконання внутрішніх циліндричних поверхонь є трохи нижчою за точність зовнішніх поверхонь. Внутрішні циліндричні поверхні виконані з точністю по IT9 і допуском 0,087 мм. Однак при використанні в якості установчих елементів розтискних оправок, для даної схеми похибки базування будуть відсутні і на глибину паза.

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

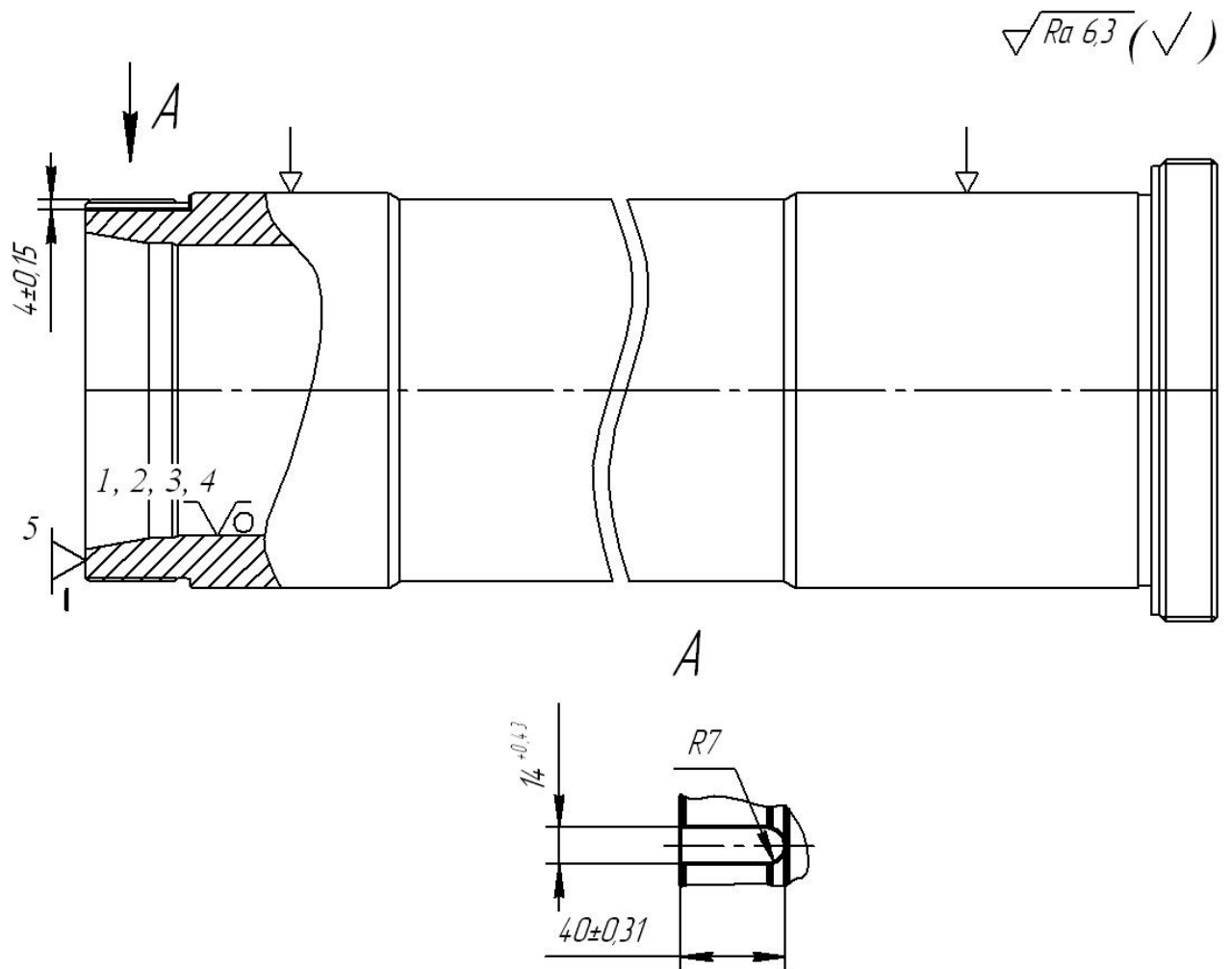


Рисунок 6.6 – Альтернативна схема базування заготовки на операції фрезерній з ЧПК 040

Подальший аналіз зазначених схем базування показує, що за другою схемою набагато складніше реалізувати конструкцію пристосування з внутрішнім затиском заготовки для установки на столі вертикально-фрезерного верстата. Це спричинить проектування спеціального, вартісного пристосування і підвищить собівартість обробки заготовки. Тому беремо схему базування, представлену на рисунку 6.5.

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

6.3 Вибір верстатного устаткування

У базовому технологічному процесі на розглянутих токарній і фрезерній операціях використовують універсальне устаткування: токарно-гвинторізний верстат моделі 163 і вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13.

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 методу пробних проходів і попереднього ручного розмічування. Все це вимагає витрат висококваліфікованої, малопродуктивної ручної праці, збільшує час і собівартість виготовлення деталі. Кваліфікація верстатників – токар і фрезерувальник четвертого розрядів.

У зв'язку з цим, на основі аналізу застосовуваних методів обробки поверхонь, а також з огляду на потужність електродвигуна, габарити робочого простору і тип виробництва, як металорізальне устаткування на токарній операції 020 пропонується використовувати токарно-гвинторізний верстат більш сучасної моделі KNUTH SINUS 330, а на фрезерній операції 040 пропонується використовувати вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі ГФ2171.С5, див. таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Вибір верстатного устаткування на операції

Найменування операції	Найменування устаткування, використовуваного в базовому технологічному процесі	Найменування пропонованого устаткування
1	2	3
Токарно-гвинторізна №020	Токарно-гвинторізний верстат моделі 163	Токарно-гвинторізний верстат моделі KNUTH SINUS 330
Фрезерна з ЧПК №040	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі ГФ2171.С5

Пропоноване металорізальне устаткування на фрезерній операції дозволяє вести високопродуктивну обробку заданих поверхонь на попередньо налаштованих верстатах методом автоматичного отримання необхідної точності розмірів, незалежно від кваліфікації робітників. При цьому враховані рекомендації [6, 7] щодо використання в умовах дрібносерійного виробництва верстатів з ЧПК, що є основними засобами автоматизації зазначеного дрібносерійного типу виробництва. В результаті відпадає необхідність у використанні малопродуктивної ручної праці на розмічувальній операції і з управління верстатом, скорочується тривалість і собівартість механічної обробки заготовок.

У той же час, для виконання токарної чорнової операції, де знімаються підвищені припуски (з великими коливаннями значень) і з великими допусками на розміри заготовки, застосування верстатів з ЧПК, що працюють за «жорсткою» програмою є недоцільним.

6.4 Вибір технологічної оснастки

На основі попереднього аналізу і з урахуванням дрібносерійного характеру виробництва в проектованому технологічному процесі беремо універсальні безналагоджувальні верстатні пристрої (УБП), що представляють собою нерозбірні верстатні пристрої багаторазового застосування, які експлуатуються без доопрацювання, див. таблицю 6.2 [7].

При виборі ріжучих інструментів враховувалися методи обробки поверхонь: точіння, фрезерування, і матеріал заготовки.

За конструктивними параметрами вибиралися універсальні стандартизовані ріжучі інструменти для верстатів з ЧПУ [7]. При цьому для закріплення фрези з конічним хвостовиком в якості допоміжного інструменту використовуємо втулку перехідну 191831062 ТУ 2-035-978-85.

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

Таблиця 6.2 – Технологічна оснастка

Найменування операції	Верстатні пристрої	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
Токарно-гвинторізна №020	Патрон повідковий 7108-0025 ГОСТ 2571-71, центр 7032-0039 Морзе 5 ГОСТ 13214-79, центр обертовий, Морзе 5 ГОСТ 8742-75	Різець 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20782-80; різець 2101-0152 Т5К10 ГОСТ 18880-73; обкатник кульковий спеціальний	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; зразки шорсткості ГОСТ9378-75
Фрезерна з ЧПК №040	Лещата машинні гвинтові самоцентруючі з призматичними губками 7200-0253 ГОСТ 21168-75	Фреза 035-2223-0101 ОСТ 2И62-2-75, Р6М5 ГОСТ 19265-73.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89

В умовах дрібносерійного виробництва при виборі контрольно-вимірювальних інструментів перевага віддавалася універсальним інструментів, зокрема, штангенциркулям, див. таблицю 6.2.

6.5 Визначення режимів різання

Виконаємо розрахунок режимів різання на токарну операцію 020 розрахунково-аналітичним методом при точінні зовнішньої циліндричної ступені фланця $\varnothing 178$, як найбільш навантаженого переходу на найбільшому оброблюваному діаметрі заготовки установка Б.

Вихідні дані для розрахунку.

Оброблювана поверхня: циліндрична поверхня заготовки діаметром 178 мм.

Матеріал заготовки – сталь 35 ГОСТ 1050-88, HB 156 – 187, $\sigma_B = 530$ МПа.

Діаметр заготовки до обробки – 189 мм.

Діаметр заготовки після обробки – 178 мм.

Довжина обробки – 26,2 мм.

Шорсткість поверхні – Ra = 12,5 мкм.

Характеристика устаткування.

Модель верстата: токарно-гвинторізний верстат моделі KNUTH SINUS 330.

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

Частота обертання шпинделя: 25 – 1600 об/хв.

Подача за віссю X: 0,022 – 0,74 мм/об.

Подача за віссю Z: 0,044 – 1,48 мм/об.

Потужність двигуна приводу головного руху: 7,5 кВт (ККД – 0,85).

Характеристика верстатного пристрою.

Заготовка встановлюється у повідковому патроні та в центрах, див. таблицю

6.2. Габаритні розміри патрона: $\varnothing 315 \times 125$ мм.

Характеристика інструмента.

Різець прохідний, упорний: $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\gamma = 10^\circ$, $r = 1$ мм.

Позначення: 2101-0601 ГОСТ 20872-80.

Матеріал: твердий сплав Т5К10 ГОСТ 3882-74.

Розміри поперечного перетину 32×25 мм; довжина: 170 мм.

Режими різання на заданий перехід технологічної операції визначмо відповідно до методики [6].

Визначимо припуск на обробку поверхні:

$$Z = (D_3 - D_d) / 2 = (189 - 178) / 2 = 5,5 \text{ мм},$$

де D_3, D_d – діаметри заготовки до і після обробки, мм.

Тоді глибина різання становитиме $t = Z / i = 5,5 / 2 = 2,75$ мм, де $i = 2$ – кількість проходів.

Табличне значення подачі $S_T = (0,8 - 1,3)$ мм/об.

Подачі, допустимі міцністю пластини з твердого сплава:

$$S = S_{пр} \cdot K_M \cdot K_\varphi, \quad (6.6)$$

де $S_{пр} = 2,6$ мм/об – табличне значення подачі;

$K_M = 1,2$ – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу ($\sigma_B = 530$ МПа);

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

$K_\varphi = 0,4$ – поправочний коефіцієнт, який враховує головний кут у плані різця ($\varphi = 90^\circ$).

В результаті маємо:

$$S = 2,6 \cdot 1,2 \cdot 0,4 = 1,248 \text{ мм/об.}$$

Беремо паспортне значення подачі $S_{\text{п}} = 1,0$ мм/об.

Швидкість різання, допустиму умовами різання, при точінні визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V, \quad (6.7)$$

де $C_V = 340$ – для зовнішнього поздовжнього точіння твердосплавними різцями при $S > 0,7$ мм/об [6];

$T = 60$ хв – період стійкості різця;

$m = 0,2$;

$t = 2,75$ мм – глибина різання;

$x = 0,15$;

$y = 0,45$;

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{HV} \cdot K_{\varphi V} \cdot K_{\varphi 1}, \quad (6.8)$$

$K_{MV} = K_r \cdot (750/\sigma_B)^n$ – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K_r = 1,0$ – для вуглецевих сталей;

$n = 1,0$;

$K_{ПV} = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки (оброблення по кірці поковки);

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

$K_{HV} = 0,65$ – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу (Т5К10);

$K_{\varphi V} = 0,7$ – для $\varphi=90^\circ$;

$K_{\varphi_1 V} = 0,97$ – для $\varphi_1=15^\circ$.

$$K_{MV} = 1,0 \cdot (750/530)^{1,0} = 1,4,$$

$$K_V = 1,4 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 = 0,49.$$

Тепер визначимо швидкість різання:

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2,75^{0,15} \cdot 1,0^{0,45}} \cdot 0,49 = 63,1 \text{ м/хв.}$$

Тоді частота обертання шпинделя верстата становитиме:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 63,1}{\pi \cdot 178} \approx 112,8 \text{ об/хв.}$$

Беремо паспортну величину частоти обертання шпинделя – 125 об/хв.

Тоді фактична величина швидкості різання становитиме:

$$V = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 = (\pi \cdot 178 \cdot 125) / 1000 = 69,9 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу та потужність різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (6.9)$$

де $C_p = 300$ – для зовнішнього поздовжнього точіння твердосплавними різцями;

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

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (6.12)$$

де $K_{mp} = (\sigma_B/750)^n = (530/750)^{0,75} = 0,77$ – коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K_{\varphi p} = 0,89$ – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані ($\varphi = 90^\circ$);

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

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

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

В результаті маємо:

$$K_p = 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,69.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,751 \cdot 0,1 \cdot 0,075 \cdot 69,9 \cdot 0,15 \cdot 0,69 = 3010 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{3010 \cdot 69,9}{60 \cdot 1020} \approx 3,4 \text{ кВт.}$$

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,85 = 6,375 \text{ кВт} > N_p.$$

Таким чином, розраховані режими різання реалізовані.

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

Тепер визначимо машинний (основний) час обробки на даному переході установа Б токарної операції №020 (точіння ступеня заготовки найбільшого діаметра за два проходи):

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i, \quad (6.13)$$

де $L = (l_b + l + l_{пер})$ – загальна довжина обробки циліндричного ступеня заготовки з урахуванням врізання та перебігу інструменту;

$$l = 26,2 \text{ мм};$$

$$l_b = 2 \text{ мм} – \text{довжина врізання};$$

$$l_{пер} = 2 \text{ мм} – \text{довжина перебігу};$$

$$i = 1 – \text{кількість проходів}.$$

В результаті маємо:

$$T_{o1} = (3+26,2+3) \cdot 2 / (1,0 \cdot 125) = 0,52 \text{ хв}.$$

В результаті розрахунків були отримані такі режими різання:

$$t = 2,75 \text{ мм}; S_{п} = 1,0 \text{ мм/об}; V = 69,9 \text{ м/хв}; n = 125 \text{ об/хв}; T_{o1} = 0,52 \text{ хв}.$$

Виконаємо розрахунок режимів різання на фрезерну операцію №040 розрахунково-аналітичним методом.

Вихідні дані для розрахунку.

Оброблювана поверхня: піввідкритий паз.

Матеріал заготовки – сталь 35 ГОСТ 1050-88, $\sigma_B = 530$ МПа.

Ширина паза – $B = 140$ мм.

Глибина паза – $h = 4$ мм.

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

Довжина паза: $L = 40$ мм.

Шорсткість поверхні – 6,3 мкм Ra.

Характеристика устаткування.

Модель верстата: вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі ГФ2171.С5.

Частота обертання шпинделя: 50 – 2500 об/хв.

Подача за віссю X, Y, Z: 3 – 7000 мм/хв.

Потужність двигуна приводу головного руху: 11 кВт (ККД – 0,85).

Характеристика верстатного пристрою.

Заготовка встановлюється горизонтально в універсальному безналагоджувальному пристрої: гвинтових самоцентруючих лещатах з призматичними губками, див. таблицю 6.2.

Характеристика інструменту.

Фреза кінцева 035-2223-0101 ОСТ 2І62-2-75.

Матеріал фрези: швидкоріжуча сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73.

Діаметр фрези: 14 мм; загальна довжина – 115 мм; кількість зубів: 4.

Тепер визначимо режими різання.

Глибина різання для кінцевих фрез дорівнює ширині паза: $t = B = 14,0$ мм.

Фрезерування паза виконуємо на всю його глибину з врізанням з його відкритого боку. В цьому випадку поздовжня подача на зуб фрези становитиме:

$$S_z = 0,027 \text{ мм / зуб.}$$

Подача на один оберт фрези дорівнює

$$S = S_z \cdot Z = 0,027 \cdot 4 = 0,108 \text{ мм/об.}$$

де $Z = 4$ – кількість зубців фрези.

Швидкість різання, допустиму умовами фрезерування визначимо за формулою:

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

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V, \quad (6.14)$$

де $C_V = 46,7$ – для кінцевих фрез із швидкоріжучої сталі, працюючих з охолодженням [6];

$D = 14$ мм – діаметр фрези;

$q = 0,45$;

$T = 60$ хв – період стійкості фрези;

$m = 0,33$;

$t = 14$ мм – глибина різання;

$x = 0,5$;

$y = 0,5$;

$B = 4$ мм – ширина фрезерування для кінцевих фрез;

$u = 0,1$;

$p = 0,1$;

$z = 4$ зуба.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} [6], \quad (6.15)$$

$K_{MV} = K_r \cdot (750/\sigma_B)^n$ – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K_r = 1,0$ – для вуглецевих сталей;

$n = -0,9$;

$K_{ПV} = 1$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки;

$K_{ИV} = 1$ – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу.

$$K_{MV} = 1,0 \cdot (750/530)^{-0,9} = 0,73,$$

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

$$K_v = 0,73 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73.$$

Тепер визначимо швидкість різання:

$$V = \frac{46,7 \cdot 14^{0,45}}{60^{0,33} \cdot 14^{0,5} \cdot 0,027^{0,5} \cdot 4^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,73 = 36,6 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя верстата становитиме:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 36,6}{\pi \cdot 14} \approx 832,6 \text{ об/хв.}$$

Встановлюємо найближчу меншу частоту обертання шпинделя за паспортом верстата: 800 об/хв.

Тоді фактична швидкість різання становитиме:

$$V_{\phi} = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = \pi \cdot 14 \cdot 800 / 1000 = 35,2 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу та потужність різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_v \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (6.16)$$

де $C_p = 68,2$ – для кінцевих фрез із швидкорізальної сталі;

$$x = 0,86;$$

$$y = 0,72;$$

$$u = 1,0;$$

$$q = 0,86$$

$$w = 0;$$

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

$K_{MP} = (\sigma_B/750)^n = (530/750)^{0,3} = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 14^{0,86} \cdot 0,027^{0,72} \cdot 4^{1,0} \cdot 4}{14^{0,86} \cdot 800^0} \cdot 0,9 = 729 \text{ Н.}$$

Визначимо крутний момент на шпинделі верстата:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{729 \cdot 14}{200} \approx 51 \text{ Н·м.}$$

Визначимо потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{729 \cdot 35,2}{60 \cdot 1020} \approx 0,42 \text{ кВт.}$$

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 11,0 \cdot 0,85 = 9,35 \text{ кВт} > N_p = 0,42 \text{ кВт.}$$

Таким чином, розраховані режими різання реалізовані.

Тепер визначимо машинний (основний) час обробки на даному переході.

$$T_o = L / S_{XB}, \quad (6.17)$$

де $L = l_B + l + l_{пер}$,

L – довжина обробки, мм;

$l_B = 2$ мм – довжина врізання;

$l = 40$ мм – довжина оброблюваної поверхні деталі;

$l_{пер} = 0$ мм – довжина перебігу;

S_{XB} – хвилинна подача фрези.

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

$S_{XB} = S_z \cdot Z \cdot n = 0,027 \cdot 4 \cdot 800 = 86,4$ мм/хв; (за умови безступінчастого регулювання беремо $S_{XB} = 90$ мм/хв);

$$L = 40 + 2 = 42 \text{ мм,}$$

$$T_o = 42/90 = 0,47 \text{ хв.}$$

В результаті розрахунків маємо такі режими різання:

$$t = 14 \text{ мм; } S_{XB} = 90 \text{ мм/хв; } V = 35,2 \text{ м/хв; } n = 800 \text{ об/хв; } T_o = 0,47 \text{ хв.}$$

6.6 Технічне нормування операцій

Норма штучно-калькуляційного часу на операцію визначається за формулою [8]:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{п.з} / n, \quad (6.18)$$

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

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

n – кількість деталей у партії, шт.

У свою чергу штучний час дорівнюватиме:

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{обс} + t_{вдп}, \quad (6.19)$$

де t_o – основний час на операцію, хв;

t_d – допоміжний час на операцію, хв;

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

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

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

Зробимо розрахунок штучно-калькуляційного часу на токарну операцію 020.

Основний час на операцію підсумовується по всіх переходах при послідовному їх виконанні:

$$t_o = \sum_{i=1}^n t_{o_i} , \quad (6.20)$$

де n – кількість переходів на операцію;

В п. 6.5 визначено основний час на 1-й перехід установка Б токарної операції 020: $t_{o_{Б1}} = 0,52$ хв.

Основний час на інших переходах токарної операції визначаємо з урахуванням наступних режимів різання, які визначені табличним методом [9] і зведені до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Режими різання на операцію 020 токарно-гвинторізму

№ 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
А.1	Точити зовнішню циліндричну ступінь дотримуючись розмірів: $\varnothing 153_{-0,4}; 27,9_{-0,52}$	153	472,1	1	3,5	0,8	160	76,9
А.2	Підрізати торець фланця у розмір $26,2_{-0,21}$	189	18	1	1,7	0,4	125	74,2
А.3	Обкатати циліндричну ступінь $\varnothing 153$, дотримуючись розмірів: $70 \pm 0,37, 80 \pm 0,37$	153	70	2	-	0,4	315	151,3
Б.2	Обкатати циліндричну ступінь $\varnothing 153$, дотримуючись розмірів: $70 \pm 0,37, 80 \pm 0,37$	153	70	2	-	0,4	315	151,3

Для зазначених режимів різання основний час за переходами становитиме:

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

$$t_{o_{A.1}} = (3+472,1+0) / (0,8 \cdot 160) = 3,71 \text{ хв};$$

$$t_{o_{A.2}} = (3+18+0) / (0,4 \cdot 125) = 0,42 \text{ хв};$$

$$t_{o_{A.3}} = (3+70+0) \cdot 2 / (0,4 \cdot 315) = 1,16 \text{ хв};$$

$$t_{o_{B.2}} = (3+70+0) \cdot 2 / (0,4 \cdot 315) = 1,16 \text{ хв}.$$

Основний час на токарну операцію становить:

$$t_o = 3,71 + 0,42 + 1,16 + 0,52 + 1,16 = 6,97 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на операцію визначимо за формулою [8]:

$$t_d = t_{уст} + t_{пр} + t_{вим}, \quad (6.21)$$

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

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

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

$$t_{уст} = 4,8 + 4,8 \cdot 0,8 = 8,64 \text{ хв};$$

$$t_{пр} = 0,52 \cdot 3 + 0,55 \cdot 1 + 0,31 \cdot 2 = 2,73;$$

$$t_{вим} = 0,25 + 0,16 + 0,1 + 0,2 \cdot 2 = 0,91 \text{ хв};$$

$$t_d = 8,64 + 2,73 + 0,91 = 12,28 \text{ хв}.$$

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

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

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{вдп}} = (t_o + t_d) \frac{\alpha + \beta}{100}, \quad (6.22)$$

де α , β – відповідно норми часу на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого % від оперативного часу [8];

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{вдп}} = (6,97 + 12,28) \frac{5 + 4}{100} = 1,73 \text{ хв.}$$

Штучний час становитиме:

$$t_{\text{шт}} = 6,97 + 12,28 + 1,73 = 20,98 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію становитиме [8]:

$$t_{\text{п.з}} = 30 + 10 = 40 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час становитиме:

$$t_{\text{шт.к}} = 20,98 + 40 / 93 = 21,41 \text{ хв.}$$

Зробимо розрахунок штучно-калькуляційного часу на фрезерну операцію з ЧПК 040.

У розділі 6.5 визначено основний час на фрезерну операцію 040: $t_o = 0,47$ хв.

Допоміжний час на операцію визначимо за формулою (6.20):

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

$$t_d = 2,3 + 0,38 + 0,3 = 2,98 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого визначимо за формулою (6.21):

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{вдп}} = (0,47 + 2,98) \frac{3,5 + 4}{100} = 0,26 \text{ хв.}$$

Штучний час становитиме:

$$t_{\text{шт}} = 0,47 + 2,98 + 0,26 = 3,71 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію становить [8]:

$$t_{\text{п.з}} = 23 + 7 = 30 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{\text{шт.к}} = 3,71 + 30 / 93 = 4,03 \text{ хв.}$$

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

Розрахунок сил закріплення будемо здійснювати під силу різання при фрезерування паза. При цьому величину сумарного зусилля закріплення визначимо за умови непроворота заготовки на опорних поверхнях призм від сили P_z , див. рисунок 7.1 і рисунок 7.2:

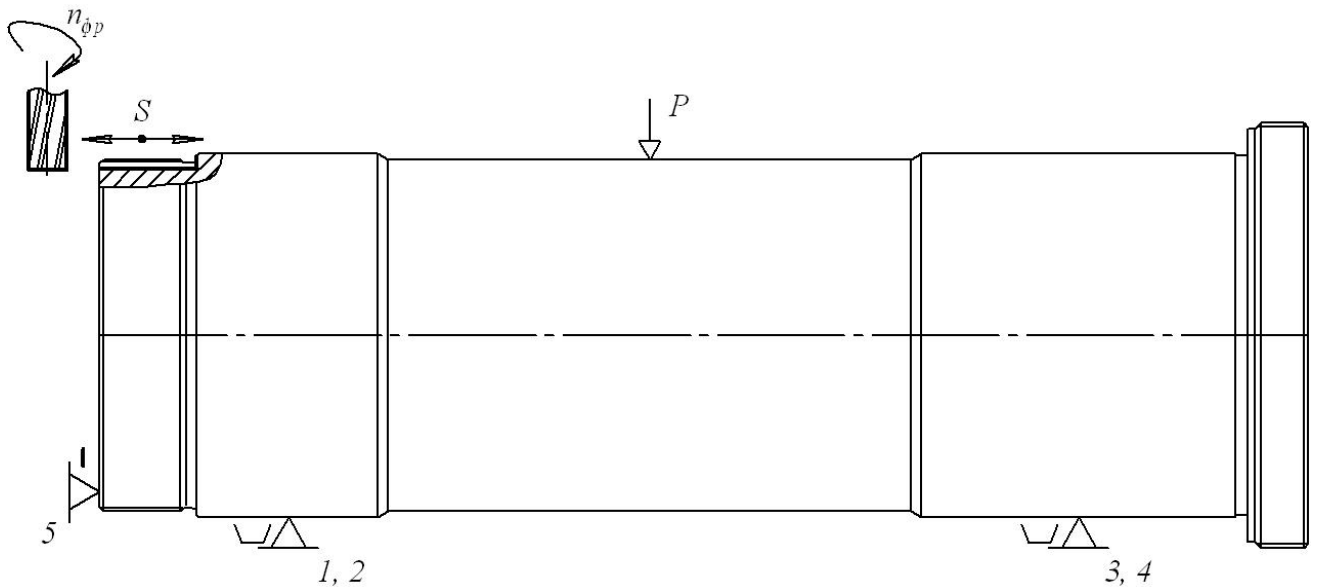


Рисунок 7.1 – Схема закріплення заготовки при фрезеруванні паза

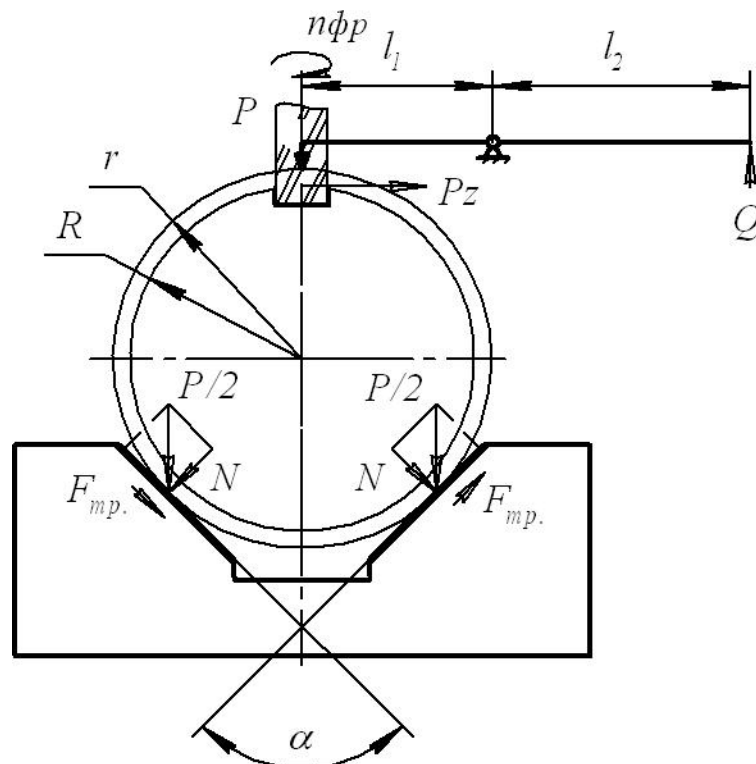


Рисунок 7.2 – Схема дії сил різання і закріплення

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

$$M_{тр} \geq M_p, \quad (7.1)$$

або

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

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

M_p – момент різання від сил різання;

$K_{зап}$ – коефіцієнт запасу.

В таблиці 7.2 представлена структура зв'язків, виникаючих при закріпленні заготовки. Прикладення сил закріплення спричиняє чотири недостатні до комплекта (12) зв'язки – x, z, ω_x , й ω'_x .

Недоліком такої схеми є значний енергетичний рівень, оскільки урівноваження здійснюється непрямим методом – силами тертя. Однак цей недолік компенсується простотою силоутворюючого механізму – важільного пристрою з пневматичним приводом.

Таблиця 7.2

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція		R	R	R		R			R	R	R	R
	Сила закріплення			P	P	P	P			P	P	P	P
	Сила тертя	F(P)						F(P)	F(P)				

Виконаємо розрахунок сил закріплення, див. рисунок 7.2.

Момент тертя визначимо з урахуванням умови:

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

де $F_{тр}$ – сила тертя;

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

r – радіус прикладення сили тертя;

$$F_{\text{тр}} = N \cdot f, \quad (7.4)$$

де N – нормальна складова сили закріплення;

f – коефіцієнт тертя.

З огляду на велику масу оброблюваної заготовки, при визначенні сили закріплення необхідно враховувати і масу заготовки:

$$N = P_3 \cdot \sin(\alpha/2), \quad (7.5)$$

де P_3 – сила закріплення;

α – кут призми.

В результаті, момент тертя дорівнює:

$$M_{\text{тр}} = P_3 \cdot r \cdot f \cdot \sin(\alpha/2). \quad (7.6)$$

З іншого боку момент різання дорівнює:

$$M_p = P_z \cdot R, \quad (7.7)$$

де P_z – сила різання при фрезеруванні торця;

R – максимальний радіус прикладення сили різання.

Виходячи з цього, визначимо рівняння для розрахунку сили закріплення:

$$P = \frac{K_{\text{зан}} \cdot P_z \cdot R}{r \cdot f \cdot \sin(\alpha / 2)}, \quad (7.8)$$

Коефіцієнт запасу визначимо з умови [6]:

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

$$K_{\text{зап}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.9)$$

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

$K_1 = 1,4$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при затупленні фрези;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує зміни припуску на обробку;

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

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує тип приводу;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує зручність обслуговування приводу;

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

В результаті маємо:

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,1.$$

Беремо $K_{\text{зап}} = 2,5$.

Силу різання при фрезеруванні паза визначено у п. 6.4 цієї роботи:
 $P_z = 729 \text{ Н}$.

Величини радіусів: $R = 72,5 \text{ мм}$, $r = 75,21 \text{ мм}$, див. рисунок 7.2, коефіцієнт тертя : $f = 0,3$ [6]; кут $\alpha = 120^\circ$.

В результаті сила закріплення дорівнює:

$$P = \frac{2,5 \cdot 729 \cdot 72,5}{75,21 \cdot 0,3 \cdot \sin(120 / 2)} = 6762 \text{ Н}.$$

Зусилля на штоці пневмокамери визначимо, враховуючи схему на рисунку 7.2.

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

$$Q = P_3 \cdot L_1 / L_2, \quad (7.10)$$

де L_1, L_2 – плечі важеля передаточного пристрою.

При розмірах плеч $L_1 = 160$ мм, $L_2 = 220$ мм, отримаємо:

$$Q = 6762 \cdot 160 / 220 = 4918 \text{ Н.}$$

Тепер визначимо діаметр пневмокамери односторонньої дії:

$$D = \sqrt{\frac{4(Q + q)}{\pi \cdot p \cdot \eta}}. \quad (7.11)$$

де q – жорсткість зворотної пружини, $q = 15$ кгс;

p – тиск повітря у пневмосистемі, $p = 4$ кгс/см²;

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

В результаті отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4(491,8 + 15)}{\pi \cdot 4 \cdot 0,8}} = 14,2 \text{ см.}$$

Беремо найближчий більший стандартний діаметр пневмокамери: $D = 160$ мм [6]. В цьому випадку зусилля на штоці пневмокамери – 6,28 кН.

Тепер визначимо допустиму похибку виготовлення пристрою.

До розрахункових параметрів, які в більшій мірі вплинуть на досягнення заданих допусків оброблюваної заготовки, буде відхилення від симетричності загальної осі установчих призм пристрою щодо осі призматичних шпонок в площині основи пристрою. Недотримання цієї вимоги може привести до перекосу загальної осі призм, а значить до перекосу осі (бічних стінок) оброблюваного паза щодо осі оброблюваної деталі. Допуск на відхилення від симетричності зазначених

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

осей на кресленні заготовки не вказано, і ми беремо його у межах допуску на ширину паза $14^{+0,43}$. Для нормальної відносної геометричної точності А [10] зазначений допуск складає 60% від допуску на розмір, тобто:

$$T_{\equiv} = 0,6 \cdot T_{14} = 0,6 \cdot 0,43 = 0,258 \text{ мм.}$$

В результаті беремо найближчий стандартний допуск $T = 0,25$ мм, що відповідає 14 ступеню точності.

Допустиму похибку верстатного пристрою визначимо за формулою [6]:

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

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

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

E_{δ} – похибка базування. У нашому випадку для відхилення від паралельності осі паза відносно осі заготовки вона дорівнює «нулю»;

E_3 – похибка закріплення, у нашому випадку $E_3 = 0$ мкм;

E_y – похибка установки пристрою на столі верстата; беремо $E_y = 20$ мкм;

E_{zn} – похибка від зношення установчих елементів пристрою; беремо $E_{zn} = 20$ мкм;

E_n – похибка установки та прекосу інструмента на верстаті; беремо $E_n = 20$ мкм;

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

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

Для зазначених умов маємо:

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

$$E_{\text{пр}} = 250 - 1,2\sqrt{0^2 + 0^2 + 20^2 + 20^2 + 20^2 + (0,6 \cdot 100)^2} = 166 \text{ мкм.}$$

З урахуванням отриманих даних беремо допуск на відхилення від симетричності осей установчих призм пристрою – в межах 0,08 мм і відхилення від симетричності загальної осі призм щодо загальної осі призматичних шпонок в площині основи пристрою – в межах 0,08 мм.

Спроекований пристрій складається з литого, коробчастої форми корпусу 8, на верхній площині якого за допомогою двох пар штифтів 32 і двох пар гвинтів 23 закріплені дві установні призми 12. По висоті, для збереження загальної горизонтальній осі, призми 12 виставляють за допомогою двох шліфованих прокладок 14, що забезпечують паралельність поздовжньої осі призм (заготовки) щодо нижньої площини основи корпусу 8 пристрою. У середній частині по центру корпусу 8 встановлена опора 11 з підпружиненим пружиною 16 прихватом 13. За опорою 10 в середній частині корпусу 8 за допомогою двох штифтів 33 і дванадцяти гвинтів 22 закріплена пневмокамера односторонньої дії, що складається з корпусу 9, тарілки зі штоком 1, діафрагми 7, пружини 15 і кришки 10. У лівій частині корпусу 8 встановлений упор 5, що обмежує поздовжні (осьові) переміщення під час базування заготовки. У нижній частині корпусу 8 гвинтами 21 закріплені дві призматичні шпонки 31, за якими пристосування базується в Т-образних пазах столу вертикально-фрезерного верстата. Для транспортування пристосування і установки його на столі верстата по діагоналі корпусу 8 у верхній його площині закріплено два рим-болти 25.

Пристрій працює таким чином. Оброблювана заготовка встановлюється посадочними поверхнями на дві призми 12 пристосування, притискаючись лівим торцем до упору 5. Потім до середньої частини заготовки присувається прихват 13 і за допомогою крана управління (на кресленні кран управління не наведений) до нижньої порожнини пневмокамери подається стиснене повітря, в результаті чого шток 1 пневмокамери переміщається вгору, що переміщає вгору правий кінець

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

прихвата 13 і вниз лівий кінець зазначеного прихвата, здійснюючи закріплення заготовки.

Розкріплення заготовки проводиться в зворотній послідовності. Після припинення подачі повітря до нижньої порожнини пневмокамери, поворотна пружина 15 віджимає шток 1 вниз, звільняючи прихват 13 від зусилля закріплення.

						Арк.
						65
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи можна зробити такі висновки:

1. Виконано аналіз службового призначення машини, вузла, деталі «втулка підшипника 1.1630-15.13-06», виконаний аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі, аналіз технологічності її конструкції за якісними ознаками.
2. Через розрахунок коефіцієнта закріплення операцій визначено тип виробництва – дрібносерійний, обрано організаційну форму робіт – групову. Розраховано партію запуску $n = 93$ деталі.
3. Техніко-економічне обґрунтування дозволило обрати раціональний метод отримання заготовки: поковка вільним куванням на молотах. Табличним методом відповідно до ГОСТ 7829-70 визначені припуски, допуски і розміри вихідної заготовки.
4. На циліндричну поверхню діаметром 150js6 припуски і допуски визначені розрахунково-аналітичним методом проф. В. М. Кована.
5. Виконано аналіз базового технологічного процесу механічної обробки «втулки підшипника 1.1630-15.13-06». Детально проаналізовано токарно-гвинторізну операцію 020 і фрезерну з ЧПК операцію 040.
6. Виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу механічної обробки «втулки підшипника 1.1630-15.13-06» на бланках КТП.
7. У графічній частині роботи представлено креслення заготовки з технічними вимогами і схемою графічного розташування полів припусків і допусків на обробку поверхні діаметром 150js6, маршрутного технологічного процесу механічної обробки «втулки підшипника» з ескізами на аналізовані операції, операційне налагодження на операцію 040 фрезерну з ЧПК. Розроблено складальне креслення спеціального верстатного пристрою для базування і закріплення заготовки під час обробки поверхонь заготовки на операції фрезерній з ЧПК 040.

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

8. У додатку Д цієї роботи розглянуто питання охорони праці щодо оздоровлення повітряного середовища.

						Арк.
						67
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. **Лукьяненко, В. М.** Центрифуги: справочник / В. М. Лукьяненко, А. В. Таранец. – М.: Химия, 1988. – 384 с.
2. **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1983. – 256 с.
3. **Егоров, М. Е.** Технология машиностроения: учебник / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев; Под ред. М.Е. Егорова. – 2-е изд., доп. – М.: Высшая шк., 1976. – 534 с.
4. ГОСТ 7829-70. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1998. – 28 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
7. **Кузнецов, Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Б. Байков. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421с.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974. – Ч.1, Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, долбежные и фрезерные станки. – 416 с.

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

10. Справочник контролера машиностроительного завода. Допуски, посадки, линейные измерения / Под ред. А. И. Якушева – 3-е издание, перераб. и дополненное. – М.: Машиностроение 1980. – 527 с.

11. Юдин, Е. А. Охрана труда в машиностроении : учебник для студ. машиностроит. спец. вузов / Е. А. Юдин, С. В. Белов и др. ; Под ред. Е. А. Юдина и С. В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 438 с.

						Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		