

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Напівмуфта приводу стартера» з використанням
CAD/CAM технологій

Виконав: здобувач групи ПМ-22
Косенко М.І.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2026 р

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Напівмуфта приводу стартера» з використанням
CAD/CAM технологій

Проектував ст.гр. ПМ-22

Микола КОСЕНКО

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

Василь НЕЧАСЬ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2026 р

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувача гр. ПМ-22 Миколи Ігоровича Косенка

1.Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Напівмуфта приводу стартера» з використанням CAD/CAM технологій
Керівник проекту к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Тема затверджена наказом по КНУ № 130с від “04” 03 2026 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 12 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: 1. Креслення складального вузла.

2. Креслення деталі. 3. Типовий технологічний процес. 4. Річна програма випуску деталі.

4. Зміст пояснювальної записки:

1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ
FEATURECAM

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення деталі. 2. Креслення заготовки 3. Креслення верстатно – інструментальних налагоджень. 4.Креслення верстатного оснащення 5.Креслення контрольного оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 1.1 Службове призначення вузла 1.2 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін 1.3 Аналіз якості поверхонь деталі 1.4 Технічний контроль робочого креслення 1.5 Аналіз технологічності деталі 1.5.1 Якісний аналіз технологічності 1.5.2 Кількісний аналіз технологічності 1.6 Вибір типу виробництва 1.7 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування 1.8 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки 1.9 Вибір і обґрунтування баз 1.10 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 1.11 Розробка маршруту обробки деталі 1.12 Розробка технологічної операції 1.13 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку 1.14 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	До 28.01 2026р.
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURESAM	02.02 2026р.- 20.05.2026 р.
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	з 31.03.2026 р.
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 4.1 Техніко-економічне обґрунтування процесу обробки 4.2 Аналіз небезпечних чинників та заходи безпеки при виконанні шліфувальних операцій 4.3 Планування цеху	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10.06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ / Косенко М.І./
Керівник роботи _____ /Цивінда Н.І./

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документація		
		A4			КНУКБР.131.26.1-14.ПЗ	Пояснювальна записка		
						Графічна частина		
Справ. №		A1			КНУКБР.131.26.1-14.КН	Креслення напівмуфти	1	
		A1			КНУКБР.131.26.1-14.КЭН	Креслення заготовки напівмуфти	1	
		A1			КНУКБР.131.26.1-14.КЕО	Креслення ескізів операцій	1	
		A1			КНУКБР.131.26.1-14.КВІН	Креслення верстатно-інструментальних налагоджень	1	
		A1						
					КНУКБР.131.26.1-14.КВП	Креслення верстатного пристосування	1	
		A1			КНУКБР.131.26.1-14.КВН	Креслення контрольного пристосування	1	
Подп. и дата		A1						
		A1						
Инв. № дубл.		A1						
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
					КНУ.КБР.131.26.1-14.ВОКБР			
Изм. Лист					№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					Косенко			
Пров.					Цивинда			
Н.контр.					Нечаев			
Утв.					Рязанцев			
Відомість об'єму кваліфікаційної бакалаврської роботи						Лит.	Лист	Листов
							1	2
						каф.ТМ ПМ-22		

РЕФЕРАТ

Об'єктом проектування є розробка технологічного процесу і оснащення для виготовлення напівмуфти приводу стартера.

Мета роботи: Розробити прогресивний технологічний процес механічної обробки напівмуфти сконструювати та розрахувати пристрій для обробки напівмуфти та контролю параметрів, які задані технічними умовами.

По заданій річній програмі вибраний тип виробництва, розроблений маршрутний та операційний технологічний процес, спосіб одержання заготовки, обладнання і ріжучий інструмент, розраховані і вибрані припуски на обробку і режими різання. Сконструйовані і розраховані верстатне і контрольне пристосування.

В результаті проведеного техніко-економічного аналізу показана ефективність розробленого варіанту технологічного процесу в порівнянні з базовим.

При проектуванні використані елементи САПР. Автоматизовані окремі складові технологічного процесу. Розроблені заходи з безпеки праці в спроектованому цеху. Розрахована собівартість виготовлення напівмуфти та строк окупності спроектованого виробництва.

ПРИВІД СТАРТЕРА, НАПІВМУФТА, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ЯКІСТЬ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ОСНАСТКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ,

ABSTRACT

The object of the design is the development of a technological process and equipment for the manufacture of a starter drive half-coupling.

Purpose of the work: To develop a progressive technological process for the mechanical processing of a half-coupling, to design and calculate a device for processing a half-coupling and controlling the parameters specified by the technical conditions.

According to the given annual program, the type of production was selected, the route and operational technological process was developed, the method of obtaining the workpiece, equipment and cutting tools were designed, the allowances for processing and cutting modes were calculated and selected. The machine tool and control device were designed and calculated.

As a result of the conducted feasibility study, the efficiency of the developed version of the technological process was shown in comparison with the basic one.

CAD elements were used in the design. Individual components of the technological process were automated. Occupational safety measures were developed in the designed workshop. The cost of manufacturing a half-coupling and the payback period of the designed production were calculated.

STARTER DRIVE, HALF-CLUTCH, WORKPIECE, TECHNOLOGY, QUALITY, CUTTING MODES, TOOLING, PRODUCTIVITY

ЗМІСТ

Вступ	
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	
1.1 Службове призначення вузла	
1.2 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	
1.3 Аналіз якості поверхонь деталі	
1.4 Технічний контроль робочого креслення	
1.5 Аналіз технологічності деталі	
1.5.1 Якісний аналіз технологічності	
1.5.2 Кількісний аналіз технологічності	
1.6 Вибір типу виробництва.....	
1.7 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування.....	
1.8 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки	
1.9 Вибір і обґрунтування баз	
1.10 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь	
1.11 Розробка маршруту обробки деталі	
1.12 Розробка технологічної операції	
1.13 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку ...	
1.14 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій ...	
2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURECAM.....	
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	
3.1 Проектування технологічного оснащення	
3.2 Проектування контрольного пристосування.....	
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА	
4.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	
4.2 Аналіз небезпечних чинників та заходи безпеки при виконанні шліфувальних операцій	
4.3 Планування цеху	
Висновок	
Список використаних джерел	
Додаток А. Комплект технологічних карт	

					14.02.МПОКНУ.КБР.131.26.1-14.3			
Змі	шАрк	Документа№	ідпис	аЛа				
роб.		Косенко			ОПЕРАЦІЙЗМІСТ			
Перевір.		Цивінда						
контр.								
тверд.		Рязанцев						
						m		шів
						гр. ПМ-22Кафедра ТМ		
						зп ПМ-22		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Службове призначення вузла

Газоперекачувальні агрегати (ГПА) моделі ГТК-10И застосовуються на компресорних станціях магістральних газопроводів для компресії природного газу до заданих показників тиску.

1) Основні технічні параметри:

Потужність: Номінальне значення становить 10 000 кВт. Даний показник залишається незмінним при температурі навколишнього середовища до +25°C.

Розрахункові умови: Визначення номінальних параметрів проводиться при барометричному тиску 760 мм рт. ст., температурі зовнішнього повітря +15°C, а також опорі всмоктувальної та газовідвідної систем на рівнях 400 та 300 мм вод. ст. відповідно.

Тиск: Граничний робочий тиск газу на виході з нагнітача досягає 76 атм.

Умови експлуатації: Агрегат розрахований на роботу в діапазоні температур від -55°C до +40°C за відносної вологості повітря до 98%.

Експлуатаційні витрати: Питома витрата мастила для газової турбіни та двигуна становить 3 кг/год.

Ресурс: Тривалість безперервної роботи газотурбінного двигуна складає **500–750 годин.

Конструктивні особливості приводу стартера та напівмуфти:

Напівмуфта є ключовим компонентом приводу стартера, який інтегрований у конструкцію редуктора. Основною функцією даного вузла є трансляція крутного моменту від пневматичного (повітряного) стартера через планетарну передачу редуктора на ротор двигуна. Це забезпечує запуск установки або її прокручування в «холодному» режимі.

Кінематика та монтаж: Передача обертового моменту на напівмуфту здійснюється від вал-шестерні (поз. 1) через зубчасте зачеплення із запобіжним пристроєм (поз. 5). Встановлення напівмуфти в корпусі вузла виконано на підшипниках ковзання (поз. 13).

Вона входить у зачеплення з циліндричним вінцем запобіжника (діаметр вінця складає 29,5 мм). Фіксація запобіжника в робочому положенні здійснюється за допомогою гайки, яка забезпечує точне позиціонування з регламентованим осьовим зазором 1 - 0,3 мм.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ					
Змін	Аркв	№	Підпис	Лат						
Розроб.		Косенко			ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА			Літ.	Арк.	Аркшів
Перевір.		Цивінда								
								Кафедра ТМ зв ПМ-22		
Н. контр.		Нечаєв								
Затверд.		Рязанцев								

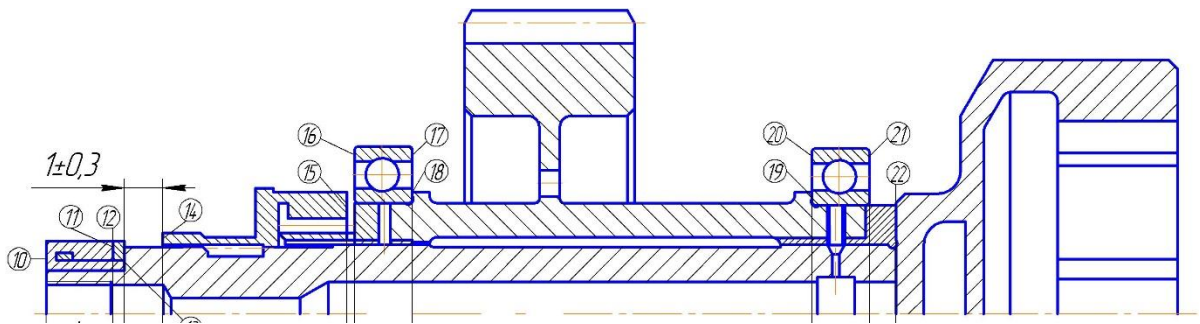


Рисунок 1.1- Креслення складального вузла

Запобіжний пристрій:

Запобіжний елемент конструкції працює за принципом деформації (зминання). У випадку, коли кутова швидкість або крутний момент на напівмуфті перевищують гранично допустимі значення, запобіжник руйнується. Це призводить до роз'єднання кінематичного зв'язку, після чого напівмуфта починає вільно обертатися на підшипниках ковзання навколо своєї осі без передачі моменту. Таке конструктивне рішення забезпечує захист високовартісного вузла турбіни від критичних пошкоджень у разі заклинювання будь-яких її внутрішніх компонентів.

Система змащення:

Для забезпечення безперебійної роботи вузлів тертя в конструкції передбачено примусове змащування. Мастило під тиском подається через спрейер (поз. 9), який вкручений у різьбовий отвір на поверхні напівмуфти. Система забезпечує ефективне підведення оливи як до підшипників кочення, так і до підшипників ковзання.

Механізм передачі моменту:

На вихідному ободі напівмуфти виконано три групи периферійних вибірок (пазів). Вони призначені для забезпечення надійного упору храпової муфти, що необхідно для стабільної трансляції крутного моменту на привідний вузол.

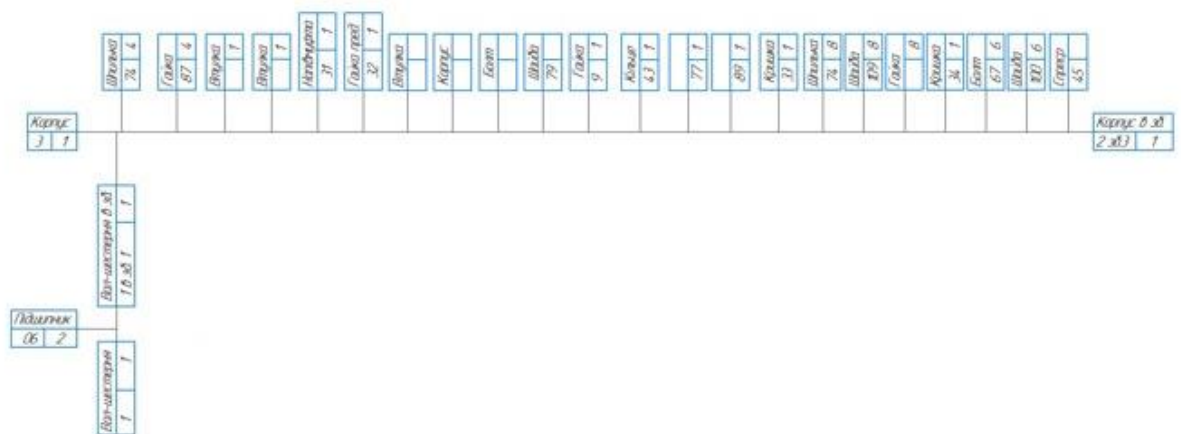


Рисунок 1.2- Схема складання вузла

1.2 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу та варіанів заміни

Напівмуфта є ключовим компонентом приводу стартера, який інтегрований у конструкцію редуктора. Основне функціональне призначення приводу — забезпечення трансляції крутного моменту від пневматичного (повітряного) стартера через планетарний механізм редуктора на ротор двигуна. Даний процес реалізується під час пускових операцій або в режимі «холодного» прокручування силової установки.

Кінематика та монтажні параметри:

Передача обертового моменту на напівмуфту здійснюється від вал-шестерні (поз. 1) через зубчасте зачеплення із запобіжним пристроєм (поз. 5). Конструктивно напівмуфта встановлюється в корпусі на підшипниках ковзання (поз. 13). Вона входить у механічне зачеплення з циліндричним зубчастим вінцем запобіжника (діаметром 29,5 мм). Позиціонування запобіжника забезпечується за допомогою регулювальної гайки, яка фіксує його з регламентованим осьовим зазором 1 - 0,3 мм.

Механізм аварійного захисту:

Конструкція передбачає захист високовартісного вузла турбіни від критичних пошкоджень у разі заклинювання її внутрішніх компонентів. Запобіжний пристрій працює за принципом деформації (зминання): при досягненні критичних значень кутової швидкості або крутного моменту запобіжник руйнується. У результаті напівмуфта втрачає кінематичний зв'язок із приводом і вільно обертається на підшипниках ковзання навколо своєї осі, запобігаючи передачі руйнівних навантажень.

Конструктивні особливості та геометрія деталі:

З точки зору конструкції, напівмуфта являє собою складний порожнистий багатоступінчастий вал. Її архітектура містить різноманітні функціональні ділянки:

а)Циліндричні поверхні:Зокрема, ділянки діаметром 30 мм виконують роль опорних шийок. Вони призначені для встановлення стаканів, шестерень та підшипникових вузлів, що забезпечують базування та обертання всього механізму.

б)Різьбові ділянки:Зовнішня різьба M24×1,5 слугує для встановлення гайки, що забезпечує осьову фіксацію, орієнтування та надійне кріплення суміжних деталей на корпусі напівмуфти.

в)Допоміжні елементи:Поверхня деталі також містить зубчасті вінці, шпонкові пази, технологічні канавки та отвори, необхідні для збирання вузла та його змащування.

Для забезпечення безперебійної роботи підшипників кочення та ковзання через спеціальний спреєр (поз. 9), інтегрований у різьбову частину напівмуфти, під тиском подається мастило. На вихідному ободі деталі виконано три групи периферійних вибірок, які слугують упорами для храпової муфти під час передачі моменту.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Арк	Но	Підри	Лд		

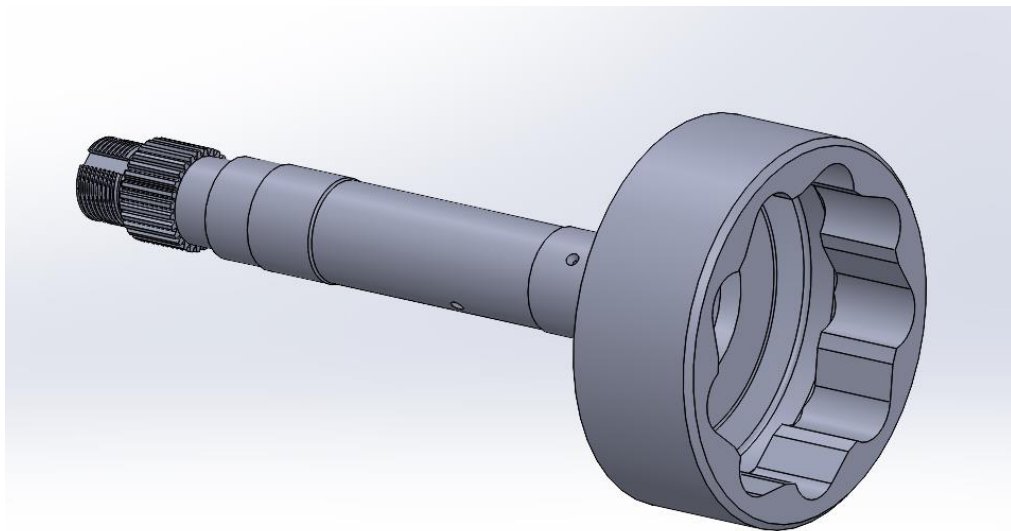


Рисунок 1.3- Деталь напівмуфта приводу стартера

Внутрішня порожнина напівмуфти має складну архітектуру, що складається зі ступінчастих циліндричних поверхонь, а також різьбових і фасонних ділянок. У різьбову частину отвору монтується спреєр, який виконує подвійну функцію: фіксацію компонентів, встановлених на напівмуфті, та забезпечення примусової подачі мастила під тиском до підшипників кочення і ковзання.

На вихідному ободі деталі передбачено три групи периферійних вибірок (пазів). Вони призначені для створення надійного упору храпової муфти, що забезпечує стабільну передачу крутного моменту в кінематичному ланцюзі.

Основним службовим призначенням напівмуфти є базування на ній обертових деталей, а також трансляція обертального руху з регламентованими показниками кутової швидкості та крутного моменту. Під час експлуатації деталь піддається значним навантаженням на вигин та кручення, що вимагає високої конструктивної жорсткості.

Вимоги до точності виготовлення напівмуфти обумовлені її функціональним призначенням. Ключовими показниками є:

Стабільність осі обертання: висока точність геометричної форми опорних шийок та їх суворя співвісність.

Взаємне розташування: перпендикулярність базового торця відносно осі обертання деталі.

Якість поверхні: мінімальна шорсткість та висока твердість опорних шийок, що критично важливо для збереження стабільного положення вузла під час тривалої роботи.

Для виготовлення напівмуфти обрано високолеговану конструкційну сталь 18Х2Н4МА ДСТУ 7806:2015. Цей матеріал відрізняється високими показниками міцності, в'язкості та зносостійкості, а також низькою схильністю до холодноламкості.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Друк	№	Підпис	Лс		

З метою оптимізації експлуатаційних характеристик застосовується комбінована схема зміцнення:

1. Поліпшення (гартування з високим відпуском): проводиться для всього корпусу деталі для досягнення твердості 29...35 HRC, що забезпечує необхідне поєднання міцності та в'язкості серцевини.

2. Цементация з наступним гартуванням та низьким відпуском: застосовується локально для поверхонь вибірок вихідного обода (поверхні Е, И, Ж). Це дозволяє отримати високу поверхневу твердість (≥ 57 HRC), підвищити контактну витривалість та опір зношуванню.

Примітка: Враховуючи можливі деформації після цементации, технологічним процесом передбачено обов'язкове фінішне шліфування цих поверхонь.

Як альтернативні матеріали розглядалися сталі 15X2ГН2ТРА та 20X2Н4А, проте сталь 18X2Н4МА була визнана оптимальною за сукупністю технологічних та механічних властивостей.

Механічна обробка напівмуфти виконується із застосуванням інструменту, оснащеного твердосплавними пластинами, що дозволяє суттєво підвищити продуктивність. Коефіцієнт оброблюваності даної сталі твердим сплавом становить $K_v = 0,72$, що враховується при розрахунку режимів різання.

Дані хімічного складу і механічні властивості сталі 18X2Н4МА заносимо в таблиці 1.2 и 1.3.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 18X2Н4МА ДСТУ 7806:2015

C, %	S _i , %	M _n , %	C _r , %	N _i , %	M _o , %	S, %	P, %	C _н , %
						не більше		
0,14-0,2	0,17-0,37	0,25-0,55	1,35-1,65	4-4,4	0,3-0,4	0,025	0,025	0,3

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 18X2Н4МА ДСТУ 7806:2015

Твердість по Бринеллю, HB	Межа міцності при розтягуванні σ_b МПа(кгс/мм ²)	Межа текучості, σ_t МПа(кгс/мм ²)	Відносне подовження, δ , %	Відносне звуження Ψ %
1	2	3	4	5
277...321	880(90)	735(75)	12	35

1.3 Аналіз якості поверхонь деталі

Основними поверхнями напівмуфти є опорні шийки Ø30мм і торець Ø52мм, на які встановлюються стакани, шестерня, підшипники кочення, що визначають положення напівмуфти в приводі стартера. Поверхні виконані по 8-10 квалітетам з шорсткістю Ra0,8, що задовольняє стандартним вимогам до основних поверхонь.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01. ТПВ	Арк
Зм	Дрк	Но	Підри	Лд		

До спряжених поверхонь відносяться опорні шийки Ø30мм, виборки Ø20мм, внутрішня поверхня Ø83,4мм, зубчатий вінець Ø29,5мм, різьби M24×1,5 і M44×1,5.

До допоміжних поверхонь відносяться окружні вибірки Ø20мм, внутрішня поверхня Ø83,4мм і торець Ø110мм, які служать для упору храпової муфти. Виконані по 9-12 квалітетам з шорсткістю Ra1,6-0,8. До допоміжних поверхонь відносяться також шліцьовий зубчатий вінець евольвентного профілю Ø29,5мм, що входить в зачеплення із зубчатим вінцем запобіжника. Виконаний по 8-10 квалітету з шорсткістю Ra1,6; зовнішня різьба M24×1,5-6g, на яку накручується гайка; внутрішня різьба M14×1,5-6H, в яку вкручується спреєр. Різьба викона з шорсткістю Ra3,2 і полем допуску 6H и 6g.

Решта поверхонь, що не беруть участь в сполученні, є вільними, і до них не пред'являються вимоги.

1.4 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення напівмуфти виконане на форматі A1 з дотриманням вимог чинних стандартів ЄСКД. Графічне представлення деталі включає головний вигляд та вигляд праворуч. Для повної візуалізації внутрішньої конфігурації та окремих конструктивних елементів застосовано систему розрізів та виносних елементів:

Для деталізації шпонкових пазів виконано вигляд Г переріз Б-Б (по ступені M24×1,5);

Конструкцію отворів Ø1,5 мм розкрито у розрізі П-П;

Ступінь Ø20 мм деталізовано у виносному елементі К;

Для візуалізації технологічних канавок (для виходу різьби та виходу шліфувального круга) передбачено виносні елементи Л та Н відповідно.

Така сукупність зображень у масштабі 1:1 забезпечує однозначне розуміння конфігурації деталі та достатня для її виготовлення.

На кресленні наведено всі необхідні параметри: лінійні та діаметральні розміри з відповідними квалітетами точності, а також характеристики шорсткості поверхонь. Визначено основні конструкторські бази — поверхні А і Д (Ø30 мм), відносно яких задано допуски радіального биття. Нанесення лінійних розмірів виконано ланцюговим методом від торця Ж (Ø110 мм), який є базовим при сполученні напівмуфти з храповою муфтою. Призначені допуски відповідають технологічним можливостям сучасного обладнання і не є завищеними.

Основний напис містить відомості про матеріал та масу деталі. Також креслення доповнене таблицею параметрів зубчастого вінця та технічними вимогами щодо термічної обробки та захисного покриття.

Аналіз виявлених недоліків та пропозиції щодо їх усунення

В ході аналізу креслення було виявлено ряд невідповідностей, які потребують коригування для забезпечення надійності вузла:

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лист	№	Підпис	Пд		

1. Шорсткість поверхонь: Вказані числові значення шорсткості не відповідають стандартному ряду за ДСТУ 2413-94. Необхідно привести параметри Ra(Rz) у відповідність до нормативних значень.

2. Допуск співвісності: Для забезпечення кінематичної точності зубчастої передачі та коректного контакту зубів необхідно встановити допуск співвісності опорних шийок Ø30 мм під шестерню. Згідно з ДСТУ ISO 1101:2009, призначаємо допуск співвісності $T_{|o|} = 0,060$ мм.

3. Допуск циліндричності: З метою запобігання концентрації тиску на опорні шийки Ø30 мм необхідно задати допуск циліндричності, який розраховується за залежністю:

$$T_{|o|} \approx 0,3IT, \quad (1.1)$$

де $IT = 0,05$ мм - допуск розміру поверхні.

$$T_{|o|} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ мм}$$

По ДСТУ приймаємо $T_{|o|} = 0,016$ мм.

Висновок: На підставі проведеного аналізу можна стверджувати, що деталь є технологічною. Конструкція напівмуфти дозволяє дотримуватися принципу постійності баз при обробці. Використання спеціального пристосування для шліфування дев'яти вибірок забезпечує необхідну продуктивність та точність. Встановлені вимоги є обґрунтованими та необхідними для надійної експлуатації приводу стартера.

1.5 Аналіз технологічності деталі

1.5.1 Якісний аналіз технологічності

Враховуючи умови середньосерійного виробництва, а також фізико-механічні властивості матеріалу та геометрію деталі, найбільш раціональним методом виготовлення заготовки є гаряче об'ємне штампування. Використання штампованої поковки дозволяє отримати форму, що максимально наближена до контурів готової деталі, забезпечуючи високий коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) та зниження обсягів подальшої механічної обробки.

Конструкція напівмуфти вирізняється високою жорсткістю, що мінімізує ризики виникнення вібрацій або пружних деформацій під час закріплення та різання. Для забезпечення точності базування та оперативності встановлення як технологічні бази обрано:

- зовнішні циліндричні поверхні діаметром 110 мм та 24 мм;
- центрувальні отвори (для обробки в центрах).

Деталь містить низку стандартизованих технологічних елементів, зокрема канавки для виходу різьбонарізного інструменту та шліфувального круга, що спрощує процес налагодження. Геометрична форма зовнішнього та внутрішнього контурів є переважно правильною (циліндричною), за

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лрк	Но	Підри	Лс		

винятком специфічних ділянок — зубчастого вінця та фасонного профілю вихідного обода напівмуфти.

Виготовлення напівмуфти характеризується високою технологічністю. Для досягнення максимальної продуктивності та точності пропонується наступна схема обробки:

Зовнішні поверхні та складний внутрішній фасонний контур: обробляються на верстатах з ЧПК. Це дозволяє автоматизувати процес та гарантувати стабільну якість складних профілів.

Внутрішні циліндричні отвори: обробляються на універсальному металорізальному обладнанні нормальної точності, що є економічно доцільним.

Інструментальна доступність: Конструкція деталі забезпечує вільний підхід різального та контрольно-вимірювального інструменту до всіх поверхонь, що дозволяє застосовувати стандартні методи контролю та обробки.

Деталь жорстка, оскільки $\frac{L}{d_{cp}} = \frac{245}{45} = 5,4 < 10$, зручна для установки і

$K_m = 1 - \frac{1}{12,55} = 0,92$, так як $K_m > 0,8$, то по цьому показнику деталь є технологічною.

г) визначуваний коефіцієнт уніфікації конструкторських елементів.

$$K_y = \frac{n_i}{N}, \quad (1.2)$$

$K_y = \frac{69}{92} = 0,75$, так як $K_y > 0,6$, то по цьому показнику деталь є технологічною.

1.5.2 Кількісний аналіз технологічності

Проведемо технологічний аналіз напівмуфти на підставі визначення кількісних показників технологічності конструкції деталі.

а) Визначений коефіцієнт використання матеріалу

$$K_u = \frac{G_g}{G_n} = \frac{2,23}{4,08} = 0,55 \quad (1.3)$$

б) визначуваний коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_w = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (1.4)$$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum (Ra_i \cdot n_i)}{N}, \quad (1.5)$$

$$Ш_{cp} = \frac{6,3 \cdot 42 + 3,2 \cdot 9 + 1,6 \cdot 16 + 0,8 \cdot 12}{79} = 5,1_{мкм}$$

$K_{ш} = \frac{1}{5,1} = 0,19$, так як $K_{ш} < 0,2$, по цьому показнику деталь є технологічною.

в) визначуваний коефіцієнт точності обробки.

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (1.6)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum (T_i + n_i)}{N} \quad (1.7)$$

$K_m = 1 - \frac{1}{12,55} = 0,92$, так як $K_m > 0,8$, то по цьому показнику деталь є технологічною.

г) визначуваний коефіцієнт уніфікації конструкторських елементів.

де n_i – число поверхонь деталі відповідної точності;

N – загальне число поверхонь деталі.

$$T_{cp} = \frac{1437 + 13 \cdot 1 + 12 \cdot 18 + 11 \cdot 2 + 9 \cdot 4 + 8 \cdot 3 + 6 \cdot 2}{67} = 12,55$$

$$K_y = \frac{n_i}{N}, \quad (1.8)$$

$K_y = \frac{69}{92} = 0,75$, так як $K_y > 0,6$, то по цьому показнику деталь є технологічною.

На підставі проведеного аналізу деталі робимо висновок: деталь технологічна. Всі встановлені вимоги креслення напівмуфти необхідні для надійної роботи приводу стартера.

1.6 Вибір типу виробництва

Проектування цеху в якому виготовляються деталі «Напівмуфта» проводиться за умовною програмою.

За умовною програмою проектуються цехи, точну номенклатуру виробів для яких встановити не можливо. Умовна програма такого цеху може бути визначена в грошовому виразі або в нормогодинах. При цьому визначаються умовні представники, по яких є початкові дані.

Дана деталь «Напівмуфта» виготовляється 200 штук в рік, але, оскільки завантаження верстатів невелике, для довантаження використовуються деталі схожі по конструктивно – технологічним ознакам.

Тип виробництва визначається по коефіцієнту завантаження устаткування:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_i}{\sum P_i}, \quad (1.9)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лрк	Мо	Підпис	Лс		

де Π_i – кількість робочих місць;

P_i – кількість робочих які обслуговують робочі місця.

Тип виробництва визначений по умовному числу однотипних операцій, виконуючи на одному верстаті в перебігу одного місяця в одну зміну:

$$\Pi_{01} = (13182 \cdot 0,8) / (23,15 \cdot 166) = 2,74$$

$$\Pi_{02} = (13182 \cdot 0,8) / (10,27 \cdot 166) = 6,185$$

$$\Pi_{03} = (13182 \cdot 0,8) / (1,03 \cdot 166) = 61,67$$

$$\Pi_{04} = (13182 \cdot 0,8) / (1,58 \cdot 166) = 40,2$$

$$\Pi_{05} = (13182 \cdot 0,8) / (8,34 \cdot 166) = 7,61$$

$$\Pi_{06} = (13182 \cdot 0,8) / (1,77 \cdot 166) = 35,89$$

$$\Pi_{07} = (13182 \cdot 0,8) / (3,11 \cdot 166) = 20,42$$

$$\Pi_{08} = (13182 \cdot 0,8) / (1,44 \cdot 166) = 44,11$$

$$\sum \Pi_i = 2,74 + 6,185 + 61,67 + 40,2 + 7,61 + 35,89 + 20,42 + 44,11 = 218,825$$

$$P_{oi} = 0,96 \cdot 0,8 = 0,77$$

$$\sum P_i = 0,77 \cdot 8 = 6,16$$

$$K_{з.о.} = \frac{218,825}{6,16} = 35$$

Визначивши коефіцієнт завантаження устаткування, віднесемо наш тип виробництва до середньосерійного виробництва.

1.7 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування

Технологічний процес виготовлення деталі розробляли на основі типового технологічного процесу.

Деталь відносять до типового, групового або одиничного технологічного процесу, що діє, на основі її сформованої технологічні коди (ДСТУГОСТ 14. 301-83).

Сформулюємо повний конструкторсько-технологічний код напівмуфти

- клас 71 (типу тіл обертання);

- підклас – 715000 (L св. 2Д);

- група – 715700 (із закритими уступами, із зовнішньою різьбою);

- підгрупа – 715760 (з центральним наскрізним різьбовим отвором);

- вид – 715769 (з пазами на зовнішній поверхні, без отвору поза віссю деталі);

Конструкторський код напівмуфти: 715763

Визначаємо розмірну характеристику деталі: $\varnothing 110\text{мм}$, L – 245мм; діаметр центрального отвору 14мм – БЖЗ.

Вал виготовляється із сталі 18Х2Н4МА - 10.

Вид сталі по технологічному методу виготовлення – вал обробляється різанням – код 4.

Постійна частина технологічного коду: БЖЗ104.

Вид початкової заготовки – штампування – код 25.

Найвища точність обробки зовнішніх поверхонь – 8, внутрішніх – 9 - код 43.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лрк	ЛЮ	Підри	Лр		

Параметр шорсткості Ra-0,8 - 4.

На зовнішній поверхні задано радіальне биття, відхилення від циліндричності, від співвісності щодо загальної осі, торцевого биття – Д.

Допуск радіального биття – 0,02 – 6 ст. точності – код 4.

Вид додаткової обробки – термічна обробка, цементация, хім. окс. покриття HRCэ до 40 – код 3;

Маса напівмуфти – 2,23 - Б.

Змінна частина технологічного коду – 25434Д4Б.

Повний технологічний код: БЖ3104.25434Д4Б

Конструкторсько-технологічний код напівмуфти:

715763.БЖ3104.25434Д4Б.

В якості базового обираємо технологічний процес виготовлення ступінчастих валів в серійному виробництві. Дані зводимо в таблицю 1.3

Таблиця 1.3 – Базовий технологічний процес

№ операції	Найменування операцій	Устаткування
1	2	3
005	Фрезерування торців і центрування	Фрезерно-центрувальні верстати MP71, MP78
010	Токарна (чорнова)	Токарні верстати 16K20, 1712П, 16K20Ф3
015	Термічна (поліпшення)	-
020	Токарна (чистова)	Токарні верстати 16K20, 1712П, 16K20Ф3
025	Шліфування (попереднє)	Круглошліфувальні верстати 3М151, 3А152, 3М151Ф2
030	Фрезерування шпонкових пазів	Фрезерні верстати 6Р13, 6Т80Ш
035	Фрезерування зуб'їв	Зубофрезерний верстат 5350
040	Нарізання різьби	Токарно – гвинторізний верстат 16K20
045	Шліфування остаточне	Круглошліфувальні верстати 3М151, 3М153А
050	Остаточний контроль	-

Технологічний процес може бути прийнятий за основу. Додамо внутрішньошліфувальну операцію - шліфування вибірок на верстаті 3М151 – в спеціальному пристосуванні. Заготовку приймаємо поковку штамповану на ГKM.

1.8 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

1.8.1 Вибір та техніко-економічне обґрунтування заготовок

Для вибору варіантів отримання заготовки «Напівмуфта» раціональніше використовувати матричний метод. Матриця впливу чинників представлена в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 – Матриця впливу чинників

Спосіб отримання заготовки	Фактори					Сума
	Форма і розміри заготовки	Потрібна точність і якість поверхн. шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма	Виробничі потужності підприємства	
Лиття	-	-	-	-	-	0
Прокат	-	+	+	+	+	4
Штамповка	+	+	+	+	+	5
Кування	+	-	+	-	+	3

На підставі аналізу порівняльної матриці встановлено, що найбільш раціональними методами виготовлення заготовки для даної деталі є використання гарячекатаного прокату та об'ємного штампування.

Вибір виду вихідної заготовки безпосередньо визначає структуру та характер подальшого технологічного процесу механічної обробки. Одним із ключових показників, що впливає на собівартість виготовлення деталі, є величина припуску на обробку. Чим вищою є точність заготовки та її наближеність за формою і габаритами до параметрів готового виробу, тим суттєвішим є скорочення витрат матеріалу, часу та енергоресурсів на знімання зайвого шару металу.

Вирішальним фактором при остаточному виборі способу отримання заготовки є комплексна техніко-економічна оцінка. Для визначення оптимального варіанта застосовується метод розрахунку технологічної собівартості. Даний підхід базується на детальному аналізі витрат на всіх етапах — від вартості матеріалу та витрат на виготовлення самої заготовки до сумарних витрат на її механічну обробку.

$$C = C_o + C_z + O + A, \quad (1.10)$$

У першому випадку деталь виготовляється з прокату $\varnothing 120$, $L=225$.

$$C_{z_1} = Q_1 \cdot S - (Q_1 - g) \cdot S_{омх}, \quad (1.11)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лрк	МО	Підри	Лл		

де $Q_1 = 22,63$ кг – вага заготовки;

$g = 2,23$ кг - - вага деталі;

$S = 100,08$ грн – вартість 1 кг матеріалу 18Х2Н4МА

$S_{отх} = 10\%$ от S ; $S_{отх} = 0,1 \cdot 100,08 = 10,8$ грн – вартість 1 кг відходів.

$$C_{з1} = 22,63 \cdot 100,08 - (22,63 - 2,23) \cdot 10,8 = 2944,49 \text{ грн}$$

У другому випадку, заготовка – штампована поковка, отримана на ГKM.

$$C_{з2} = Q_2 \cdot S \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_{on} - (Q_2 - g) \cdot S_{отх}, \quad (1.12)$$

де $Q_2 = 4,08$ кг – вага заготовки;

$g = 2,23$ кг - - вага деталі;

k_m, k_c, k_{on} – коефіцієнти заготовки, що враховують масу, об'єм виробництва (серійність), групу складності заготовки.

$$C_{з1} = 4,08 \cdot 100,08 \cdot 0,74 \cdot 0,8 \cdot 1,15 - (4,08 - 2,23) \cdot 10,8 = 258 \text{ грн}$$

При виготовленні деталі з прокату (перший варіант) вводиться додаткова механічна обробка на токарно–гвинторізному верстаті 16K20. Обробка проводиться на тому ж верстаті, на якому виконується перша операція технологічного процесу на заготовці по другому варіанту. Тому додатковий верстат не вводимо. Тоді з формули (1.13),

$$C_o = 3 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = \frac{T_{шк} \cdot T_{час} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4}{60}, \quad (1.13)$$

де 3 – заробітна плата верстатника на токарній операції, грн

$k_1 = 1,76$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату;

$k_2 = 0,68$ – коефіцієнт, що враховує відрахування до пенсійного фонду;

$k_3 = 0,945$ – коефіцієнт, що враховує відрахування на соц. страхування;

$k_4 = 0,985$ – коефіцієнт, що враховує інші відрахування;

$T_{час}$ – годинна тарифна ставка верстатника, грн;

$T_{час} = 10,09$ грн – 4 разряд;

$T_{шк}$ – норма штучно – калькуляційного часу на операцію, хв.

Перший варіант:

$$C_{o1} = \frac{5,92 \cdot 10,09 \cdot 1,76 \cdot 0,68 \cdot 0,945 \cdot 0,985}{60} = 1,109 \text{ грн}$$

Другий варіант:

$$C_{o2} = \frac{2,88 \cdot 10,09 \cdot 1,76 \cdot 0,68 \cdot 0,945 \cdot 0,985}{60} = 0,53 \text{ грн}$$

Економічний ефект на річну програму від застосування заготовки – поковки визначаємо по формулі:

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Арк	Но	Підри	Лс		

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N = [(C_{3_1} + C_1) - (C_{3_2} + C_2)]N, \quad (1.14)$$

$$E = [(2944,49 + 1,109) - (258 + 0,53)] \cdot 200 = 537413,8 \text{ грн}$$

1.8.2 Проектування заготовки

1.8.2.1 Проектування кування штампованого

На підставі техніко-економічної оцінки вибору заготовки найбільш відповідним варіантом для виготовлення деталі «Напівмуфта» є штампована поковка. Приймаємо поковку, отриману в штампах з роз'ємними матрицями на горизонтально – кувальній машині.

На підставі ДСТУГОСТ 7505-89 встановлюємо загальні припуски на всі розміри деталі.

Штампувальне устаткування: горизонтально – кувальна машина ГKM.

Кількість переходів – 4.

Нагрівання заготовки – полум'ям.

Клас точності – T5 [54, дод. 1].

Група сталі – М3 [54, табл. 1], оскільки середня масова частка вуглецю в сталі 18Х2Н2МА 0,17%; сумарна масова частка легуючих елементів – 6,72% (більше 5%).

Ступінь складності – С4 [54, дод. 2].

Маса поковки (розрахункова):

$$G_n = m_d \cdot \kappa_p, \quad (1.15)$$

де $m_d=2,23$ кг – маса деталі;

$\kappa_p=1,6$ – розрахунковий коефіцієнт [54, дод. 3]

$$G_n = 2,23 \cdot 1,6 = 3,57 \text{ кг}$$

Конфігурація поверхні роз'єму штампу – П (плоска) [54, табл. 1].

Початковий індекс – 18 [54, табл. 2] для М3С4Т5

Для поковки масою більше 3,2 кг до 5,6 кг встановлюємо припуски по табл. 3 ДСТУГОСТ 7505-89.

Додаткові припуски, що враховують:

-зсув по поверхні роз'єму штампу 0,3 мм [54, табл.4]

-вигнутість, відхилення від площинності і від прямолінійності [54, табл.5]

а) стрижня – 0,6мм

б) фланця – 0,5мм

радіус закруглення зовнішніх кутів 4...5мм [54, табл. 7]

Радіус закруглення внутрішніх кутів 5...6мм.

Штампувальні ухили [54, табл.18]:

а) на зовнішні поверхні - 5° ;

б) на внутрішні поверхні - 7° .

Відхилення розмірів поковки, що допускаються, вибираємо по [54, табл. 8]

Розрахунок загальних припусків зводимо в табл. 1.5

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Арк	Но	Підри	Лс		

Таблиця 1.5 – Розрахунок загальних припусків

Повер- хня	Чистота поверхні		Точність	Припуск, мкм		Допустиме відхилення на заготовку	Розраху- нковий р-р, мм	Прийняти й р-р, мм
	Клас	Величи- на на шорсткі- с. Ra,мкм	Квалітет СТ СЭВ відхилення, мкм	На сторону	На розмір			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø 110h14	∇5	3,2	h14(-0,87)	3,2+0,3+0 ,5	8,0	+3300 -1700	Ø118	Ø118 ^{+3,3} -117
Ø 83,4H9	∇6	1,6	H9(+0,087)	3,0+0,3+0 ,5	7,6	+1500 -3000	Ø75,8	Ø75,5 ^{+1,5} -3,0
Ø 52h14	∇4	6,3	h14(-0,74)	3,0+0,3+0 ,5	7,6	+3000 -1500	Ø59,6	Ø59,5 ^{+3,0} -1,5
Ø 30 ^{-0,10} -0,15	∇7	0,8	(^{-0,100} -0,150)	3,2+0,6	7,6	+2700 -1300	Ø37,6	Ø37,5 ^{+2,7} -1,3
Ø 29,5 ^{-0,10} -0,20	∇4	6,3	(^{-0,100} -0,200)	3,0+0,6	7,2	+2700 -1300	Ø36,7	Ø37,5 ^{+2,7} -1,3 *
Ø 30 ^{-0,25} -0,30	∇7	0,8	(^{-0,250} -0,300)	3,2+0,6	7,6	+2700 -1300	Ø37,6	Ø37,5 ^{+2,7} -1,3 *
Ø29h14	∇4	6,3	h14(-0,520)	3,0+0,6	7,2	+2700 -1300	Ø36,2	Ø37,5 ^{+2,7} -1,3 *
Ø 25,5 ^{-0,10} -0,15	∇6	1,6	(^{-0,100} -0,150)	3,0+0,6	7,2	+2700 -1300	Ø32,7	Ø37,5 ^{+2,7} -1,3 *
M24x x1,5-6g	∇4	6,3	-	3,0+0,6	7,2	+2700 -1300	Ø31,2	Ø37,5 ^{+2,7} -1,3 *
L=245 h12	∇4	6,3	h112(-0,46)	(3,5+0,5) +(3,5+0,3 +0,6)	8,4	+3700 -1900	253,4	254 ^{+3,7} -1,9
L=61 h11	∇7/∇4	0,8/6,3	h11(-0,190)	(3,3+0,6)+ +(3,5+0,5)	7,9	+3000 -1500	68,9	69 ^{+3,0} -1,5
L=47 h14	∇4/∇4	6,3/6,3	h14(-0,62)	(3+0,6)+ +(3,5+0,5)	7,6	+3000 -1500	54,6	54,5 ^{+3,0} -1,5
глибина l=42 $\pm \frac{IT14}{2}$	∇4/∇4	6,3/6,3	$\pm \frac{IT14}{2}$ (±0,3)	3,5-3+0,5	1,0	+1500 -3000	43	43 ^{+1,5} -3,0

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ			Арк
Зм	Арк	№	Підруч	Лист				

У зв'язку з незначним перепадом діаметрів деталі Ø30; Ø29,5; Ø29; Ø25,5; М24 розміри заготовки приймаємо по найбільшому Ø30.

Вибір початкової заготовки при куванні на горизонтально – кувальній машині.

Початковою заготовкою при куванні на ГKM може бути тільки прокат круглого перетину (ДСТУ 7806:2015).

У масу заготовки включають частину стрижня для затиску в матриці.

Визначуваний об'єм висадженої частини:

$$V_{\epsilon} = \kappa_{yz} \cdot (V_{пок} + V_{заус}), \quad (1.16)$$

де $\kappa_{yz} = 1,02$ – коефіцієнт, що враховує чад металу;

$V_{пок}$ – об'єм висадженої частини поковки, мм³.

$$V_{пок} = \frac{\pi D_{пок}^2}{4} \cdot L_{пок}, \quad (1.17)$$

де $L_{пок}$ – довжина висадженої частини поковки, мм²;

D – діаметр висадженої поковки, мм².

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 11,8^2}{4} \cdot 5,45 = 595,7 \text{ см}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 5,95^2}{4} \cdot 1,45 = 40,3 \text{ см}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 7,55^2}{4} \cdot 4,3 = 194,25 \text{ см}^3$$

$$V_{пок} = 595,7 + 40,3 - 194,25 = 441,75 \text{ см}^3$$

$V_{заус}$ – об'єм заусенця:

$$V_{заус} = \left[\frac{\pi (D_{пок} - 2e_{заус})^2}{4} - \frac{\pi D_{пок}^2}{4} \right] h_{заус}, \quad (1.18)$$

де $e_{заус}$ і $h_{заус}$ – ширина і висота заусенця.

$$V_{заус} = \left[\frac{3,14(11,8 - 20,1)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 11,8^2}{4} \right] \cdot 3,0 = 11,22 \text{ см}^3$$

$$V_{\epsilon} = 1,02(441,75 + 11,22) = 462 \text{ см}^3$$

Визначаємо довжину висадженої частини заготовки:

$$L_{\epsilon} = \frac{V_{\epsilon}}{F_c}, \quad (1.19)$$

де F_{ϵ} – площа поперечного перетину частини заготовки, що не деформується (стрижня).

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Арк	Но	Підри	Лд		

$$F_c = \frac{\pi D_c^2}{4}, \quad (1.20)$$

де D_c – діаметр частини, що не деформується, визначений по кресленню $D_c = D_{из}$, тоді $D_{из} = 38\text{мм}$.

$$F_c = \frac{3,14 \cdot 3,8^2}{4} = 11,33\text{см}^2$$

$$L_6 = \frac{462}{11,33} = 40,78\text{см}$$

Визначаємо довжину початкової заготовки:

$$L_{из} = L_6 + L_c, \quad (1.21)$$

де L_c – довжина частини заготовки, що не деформується (довжина стрижня)
 $L_{из} = 40,78 + 18,5 = 59,28\text{см}$

Штапування на ГKM володіє високою продуктивністю, дає можливість отримання штапування без утворення заусенців, що зменшує відходи, можливість отримання поковок з довгими стрижнями. Припуск і напуск при штапуванні невеликі, кувальні ухили значно малі. Все це додатково знижує відходи металу і трудомісткість обробки різанням.

Визначаємо масу заготовки. Для цього заготовку – поковку розбиваємо на частини, щоб кожна з них мала просту геометричну форму, зручну для підрахунку маси.

Визначення об'єму заготовки:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 - V_4 \quad (1.22)$$

$$V_1 = F_1 \cdot l_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot l_1 = \frac{3,14 \cdot 11,8^2}{4} \cdot 5,45 = 595,7\text{см}^3$$

$$V_2 = F_2 \cdot (l_2 - l_1) = \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot (l_2 - l_1) = \frac{3,14 \cdot 5,95^2}{4} \cdot (6,9 - 5,45) = 40,3\text{см}^3$$

$$V_3 = F_3 \cdot (L - l_2) = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot (L - l_2) = \frac{3,14 \cdot 3,75^2}{4} \cdot (2,54 - 6,9) = 204,2\text{см}^3$$

$$V_4 = F_4 \cdot l_{31} = \frac{\pi D_4^2}{4} \cdot l_3 = \frac{3,14 \cdot 7,55^2}{4} \cdot 4,3 = 192,4\text{см}^3$$

$$V = 595,7 + 40,3 + 204,2 - 192,4 = 547,8\text{см}^3$$

Визначаємо масу заготовки:

$$G_n = V \cdot j, \quad (1.23)$$

де $j = 7,85\text{г/см}^3$ – питома вага матеріалу

$$G_n = 547,8 \cdot 7,85 = 4080\text{г} = 4,08\text{кг}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лист	Но	Підпис	Пд		

1.9 Вибір і обґрунтування баз

Класифікація баз напівмуфти: Конструкторські бази:

Основні: дві опорні шийки $\varnothing 30$ мм та торець $\varnothing 52$ мм, що визначають положення деталі у вузлі.

Допоміжні: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 83,4$ мм, торець $\varnothing 110$ мм, зубчастий вінець, а також зовнішня (M24×1,5) і внутрішня (M14×1,5) різьбові поверхні.

Технологічні бази: включають чорнові та чистові поверхні, що використовуються на різних етапах обробки. У конструкції напівмуфти роль подвійної напрямної бази виконує її вісь, а опорною базою слугує торець деталі.

Вимірювальні бази: торцеві поверхні та вісь центрувальних отворів, які визначають положення деталі під час контрольних операцій.

Використання торця та осі як для складання, так і для контролю свідчить про суміщення конструкторських і вимірювальних баз.

Технологічний процес базування:

1. Стадія чорнової обробки: Як чорнові бази використовуються необроблені зовнішні поверхні $\varnothing 118$ мм та $\varnothing 37,5$ мм. Обробка виконується за дві установи із закріпленням у трикулачковому патроні. На цьому етапі здійснюється підрізання торців та формування центрувальних отворів.

2. Стадія чистової обробки: На подальших операціях базами слугують поверхні центрувальних отворів, оброблені зовнішні поверхні $\varnothing 100$ мм і під різьбу M24×1,5, а також чистові опорні шийки $\varnothing 30$ мм та торці $\varnothing 52$ мм і $\varnothing 110$ мм.

Обґрунтування стратегії базування: Оскільки зовнішні поверхні ($\varnothing 110$ мм та під різьбу) послідовно виконують роль чорнових і чистових баз, у техпроцесі реалізовано принцип постійності баз.

Крім того, використання опорних шийок $\varnothing 30$ мм та торця $\varnothing 52$ мм одночасно як технологічних, конструкторських і вимірювальних баз дозволяє дотриматися принципу єдності баз. Це мінімізує похибки базування, забезпечує високу точність взаємного розташування поверхонь та спрощує налаштування обладнання.

Нижче наведено теоретичну схему базування напівмуфти під час механічної обробки.

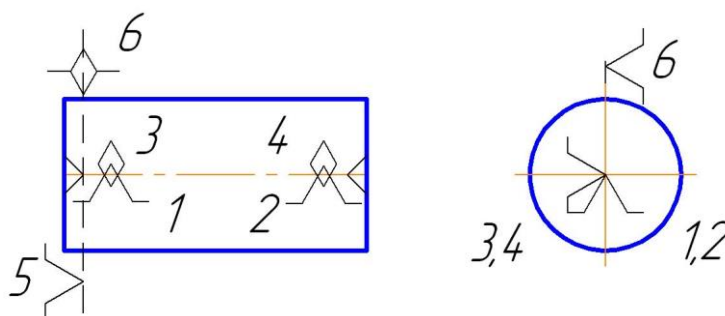


Рисунок 1.4 – Основна теоретична схема базування

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лист	№	Підпис	Лп		

Передній (лівий) центровий отвір взаємодіє з нерухомим повідковим центром, виконуючи роль опорно-центрувальної бази. Він не лише центрує заготовку, а й жорстко фіксує її осьове положення. Ця поверхня несе три опорні точки, що позбавляє деталь трьох ступенів вільності (лінійних переміщень уздовж осей координат).

Задній центровий отвір, що контактує з рухомим центром задньої бабки, слугує суто центрувальною базою. Він обмежує лише два ступені вільності, маючи дві точки контакту.

Загальний результат: Такий метод встановлення сумарно обмежує необхідні ступені вільності, фіксуючи положення деталі в просторі, проте залишає можливість її вільного обертання навколо власної осі для здійснення обробки

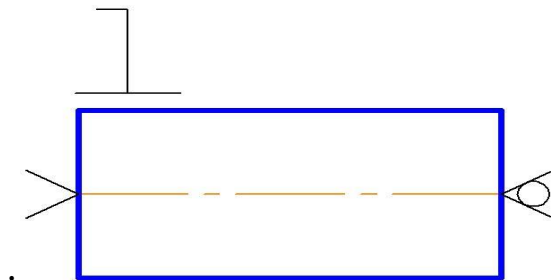


Рисунок 1.5 – Умовна схема базування в центрах

Зобразимо схеми базування, що відрізняються:

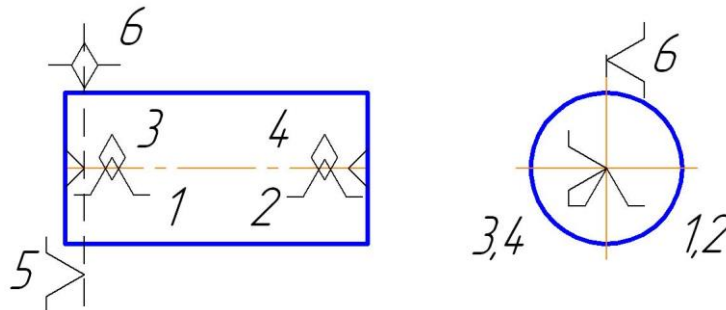


Рисунок 1.6 – Теоретична схема базування при обробці на токарних верстатах

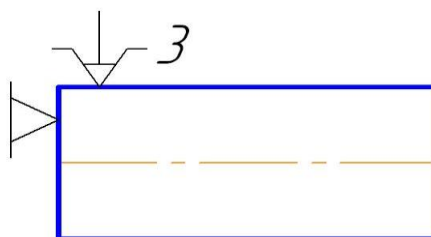


Рисунок 1.7 - Умовна схема базування при обробці на токарних верстатах

Установка: у трикулачковому самоцентруючому патроні з упором в торець (деталь позбавляється шести ступенів вільності).

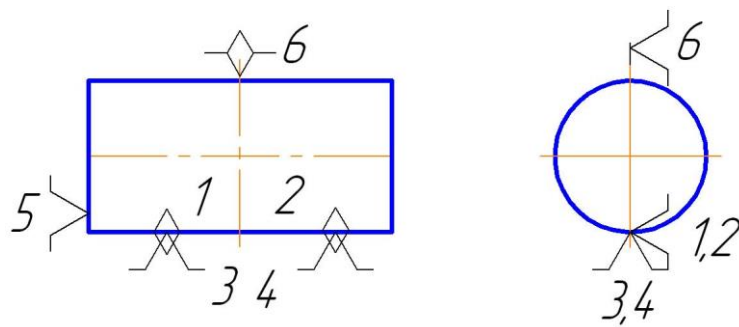


Рисунок 1.8 - Теоретична схема базування при обробці шпонкових пазів на вертикально-фрезерному верстаті

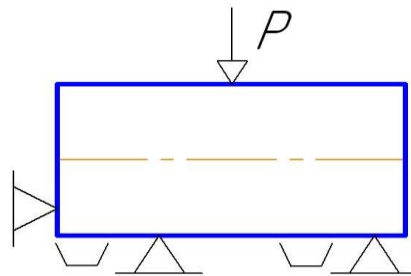


Рисунок 1.9 - Умовна схема базування при обробці шпонкових пазів на вертикально-фрезерному верстаті

Установка: в пристосуванні на призмах з упором в торець, зажим пневматичний (деталь позбавлена 5 ступенів вільності).

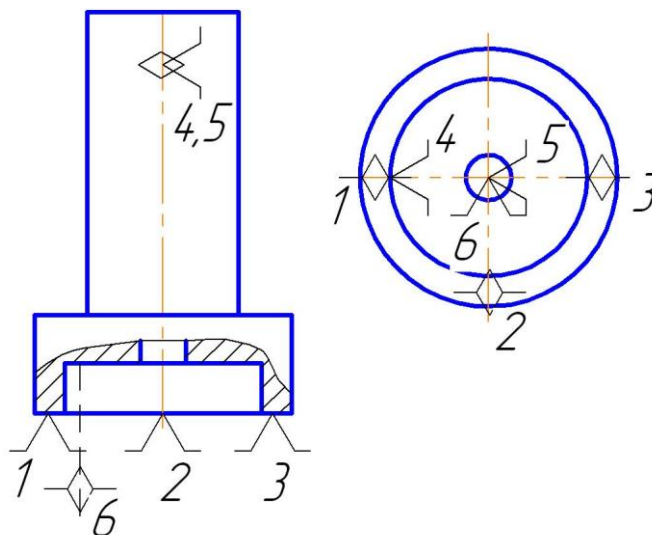


Рисунок 1.10 – Теоретична схема базування при фрезерування зуб'їв на вертикально-фрезерному напівавтоматі

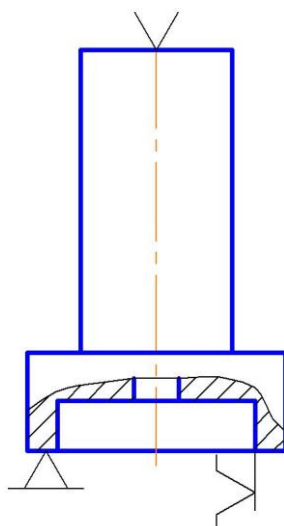


Рисунок 1.11 – Умовна схема базування при фрезерування зуб'їв на вертикально-фрезерному напівавтоматі

Установка: на короткій циліндричній оправці, на поворотному столі з піджатим нерухомим центром зверху. Деталь позбавлена 6-ти ступенів вільності.

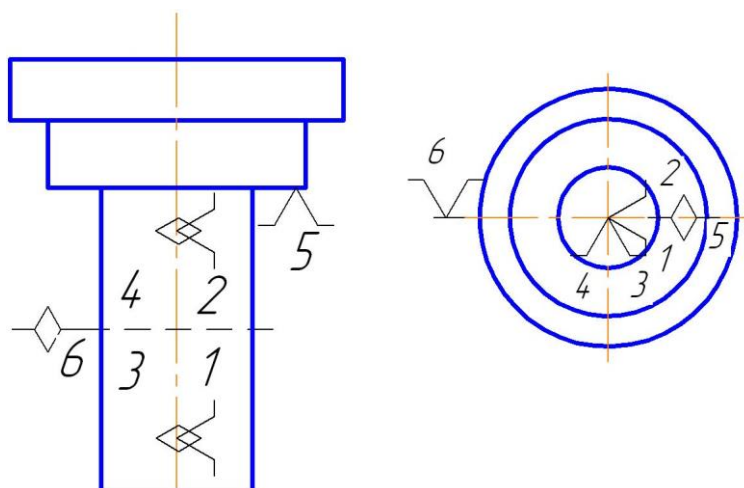


Рисунок 1.12 – Теоретична схема базування при фрезерування окружних вибірок на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК

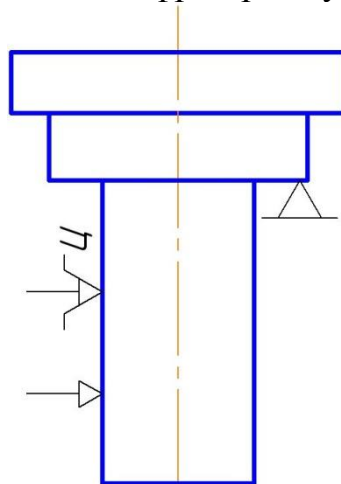


Рисунок 1.13 – Умовна схема базування при фрезерування окружних вибірок на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Арк	№	Підри	Лс		

Установка: в пристосування з розрізною втулкою (по типу цанги) з упором в торець, затиск механічний. Деталь позбавлена 6-ти ступенів вільності.

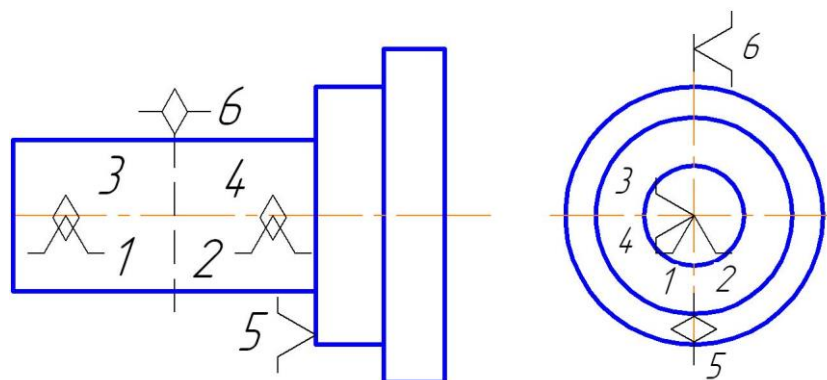


Рисунок 1.14 - Теоретична схема базування при шлифуванні внутрішніх поверхонь на внутрішньошлифувальних верстатах

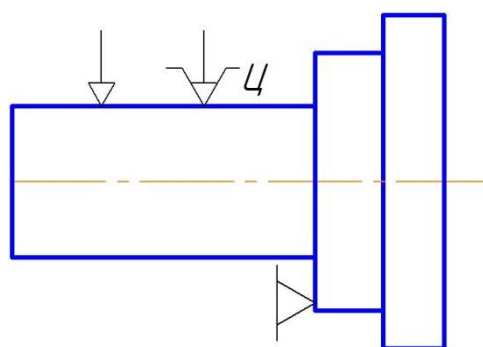


Рисунок 1.15 - Умовна схема базування при шлифуванні внутрішніх поверхонь на внутрішньошлифувальних верстатах

Установка: в пристосуванні з розрізною втулкою (по типу цанги) з упором в торець, затиск механічний. Деталь позбавлена 5-ти ступенів вільності.

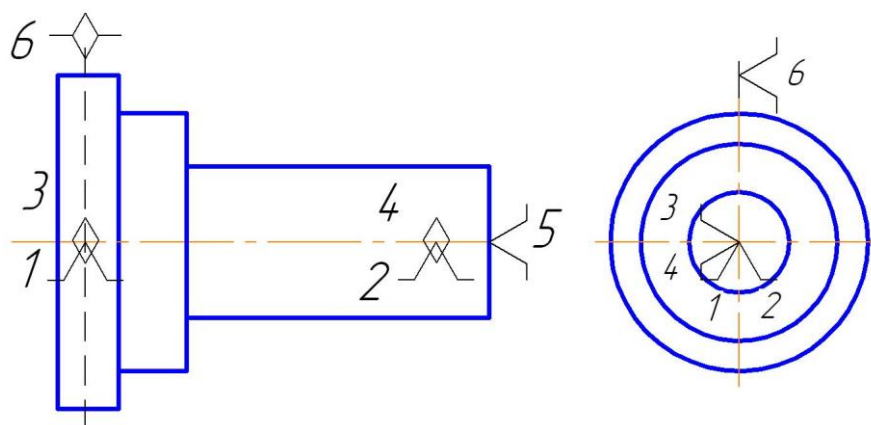


Рисунок 1.16– Теоретична схема базування на свердлувальному верстаті з ЧПК

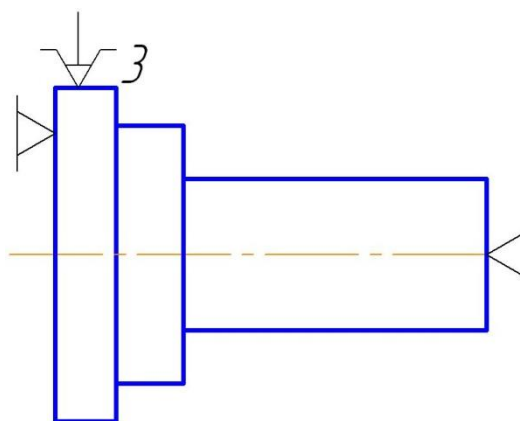


Рисунок 1.17 – Умовна схема базування на свердлувальному верстаті з ЧПК

1.10 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На оброблювані поверхні деталі визначаємо кількість переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Для цього виконуємо ескіз деталі і нумеруємо всі оброблювані поверхні.

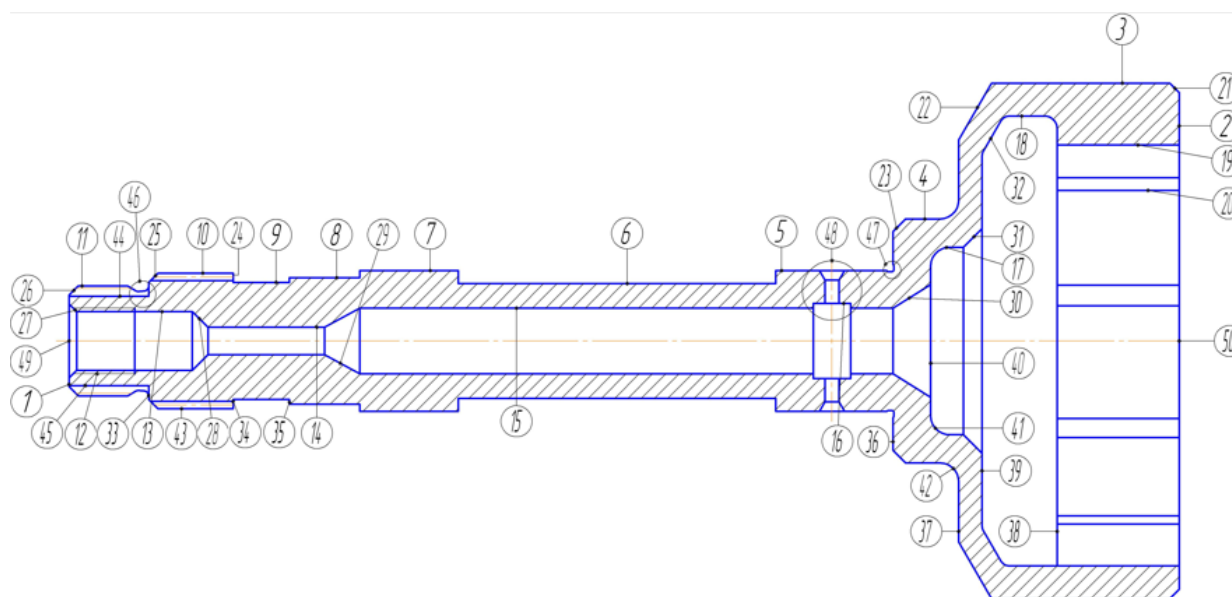


Рисунок 1.18 –Нумерація поверхні

Дані зводимо в таблицю 1.6

Таблиця 1.6 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування операцій й переходів	Шорсткість, Ra мкм	Точність ІТ	Допуск Т
1	2	3	4	5
3 Ø110h14	Заготовка Ø118 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 3,2	- h14 h14	+3300 -1700 0 -870 0 -870
19 Ø83,4H9	Заготовка Ø75,5 Розточування: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 1,6	- H14 H12 H9	+1500 -3000 +870 0 +350 0 +87 0
4 Ø52h14	Заготовка Ø59,5 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 h14	+3000 -1500 0 -740 0 -740
5 Ø30 ^{-0,25 -0,30}	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 0,8	- h14 h12 -	+2700 -1300 0 -620 0 -250 -250 -300

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5
7 Ø30 ^{-0,10 -0,15}	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 0,8	- h14 h12 -	+2700 -1300 0 -620 0 -250 -100 -150
6 Ø29h14	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове	25 12,5 6,3 3,2	- h14 h14 h14	+2700 -1300 0 -620 0 -520 0 -520
10 Ø29,5 ^{-0,10 -0,20}	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 -	+2700 -1300 0 -620 -100 -200

1	2	3	4	5
8 Ø29h14	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове	25 12,5 6,3 3,2	- h14 h14 h14	+2700 -1300 0 -620 0 -520 0 -520
9 Ø25,5 -0,10 -0,15	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове	25 12,5 6,3 1,6	- h14 h12 -	+2700 -1300 0 -620 0 -210 -100 -150
11 M24x1,5- 6g	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове Нарізання різьби	25 12,5 6,3 6,3 6,3	- h14 h14 h12 6g	+2700 -1300 0 -620 0 -520 0 -120 -
14 Ø7H14	Свердлування	6,3	H14	+360 0
12 M14x1,5- 6H	Свердлування Розсвердлування Нарізання різьби	6,3 6,3 6,3	H14 H12 6H	+360 0 +220 0 -
15 Ø14H14	Свердлування Рассверливание	6,3 6,3	H14 H14	+360 0 +430 0
17 Ø40H14	Свердлування Розсвердлування Розточування: чорнове чистове	6,3 6,3 6,3 6,3	H14 H14 H14 H14	+360 0 +430 0 +620 0 +620 0
1;2 245h12	Заготовка 254 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 h12	+3700 -1900 0 -1150 0 -460
36 61h11	Заготовка 69 Точіння: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 0,8	- h14 h12 h11	+3000 -1500 0 -740 0 -300 0 -190
37 47h14	Заготовка 54,5 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 h14	+3000 -1500 0 -620 0 -620
33 167js11	Точіння: чорнове чистове	12,5 3,2	$\pm \frac{IT14}{2}$ js11	± 500 ± 125

1.11 Розробка маршруту обробки деталі

Основним технологічним завданням, яке необхідно вирішити під час механічної обробки ступінчастої напівмуфти, є забезпечення співвісності всіх оброблюваних ступенів деталі. Досягнення єдиного розташування осей на спільній геометричній осі є необхідною умовою для мінімізації радіального биття, підвищення точності обертання та забезпечення надійної роботи вузла в експлуатаційних умовах. Недотримання вимог співвісності призводить до виникнення додаткових динамічних навантажень, підвищеного зношування елементів передачі та зниження довговічності механізму.

З метою забезпечення необхідної точності вже на початковому етапі технологічного маршруту передбачається формування єдиної технологічної бази для встановлення заготовки. Для цього виконують свердління центрових отворів, точність виготовлення яких суттєво впливає на якість подальших операцій механічної обробки. Саме поверхні центрових отворів у подальшому використовуються як основні технологічні бази під час виконання більшості токарних та шліфувальних операцій, що дозволяє забезпечити стабільність базування та необхідну точність взаємного розташування поверхонь деталі.

Під час розроблення маршруту механічної обробки ступінчастої напівмуфти послідовність виконання операцій визначається з урахуванням принципів технологічної спадковості, забезпечення необхідної точності, шорсткості поверхонь та максимальної продуктивності виробництва. Рациональне поєднання чорнових, напівчистових і чистових операцій дозволяє мінімізувати похибки обробки та підвищити ефективність технологічного процесу.

Враховуючи умови середньосерійного виробництва, для виконання операцій доцільно застосовувати високопродуктивне металорізальне обладнання, зокрема верстати з числовим програмним керуванням і спеціалізоване оснащення. Використання такого обладнання забезпечує стабільність параметрів обробки, скорочення допоміжного часу, підвищення точності виготовлення деталей та економічну ефективність виробництва за рахунок окупності технологічного оснащення при заданій програмі випуску.

Так, зовнішні поверхні напівмуфти, канавки, торці обробляємо на верстаті Токарному з ЧПК S50i Kovosvit MAS,a.s., що дозволяють отримати точність оброблюваних поверхонь по 14...9 квалітетам і шорсткість Ra 6,3...1,6.

Внутрішні поверхні напівмуфти обробляємо на токарному верстаті 16K20, для отримання точності поверхонь по 8...9 квалітету з шорсткістю Ra 0,8 використовуваний круглошліфувальний п/а 3М151 і внутрішньошліфувальний верстат 3K228В.

Фрезерування зуб'їв здійснюємо на зубофрезерном п/а 53А30П, фрезерування шпонкових пазів – на вертикально – фрезерному верстаті 6Р13

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Арк	Но	Підпис	Пд		

фрезерування окружних вибіро та свердлування отворів – на Вертикальному оброблюючому центрі MCV100 RAPID Kovosvit MAS,a.s..

Обране устаткування дозволяє значно підвищити продуктивність праці і досягти при цьому необхідних вимог по точності і шорсткості в процесі обробки деталі. Маршрут обробки деталі «напівмуфта» представимо в таблиці 1.7

Таблиця 1.7 – Маршрут обробки деталі

№ опе-ї	Найменування операції	№п/п оброблюваної поверхні	№ п/п баз-ї пов-ні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Штамповка	-	-	ГКМ
010	Токарно – гвинторізна (чорнова)	1; 11; 49; 2; 19; 50	3; 2; 11; 1	Токарно – гвинторізний верстат 16K20
015	Токарна з ЧПК (чорнова)	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9;10; 11	49; 50	Токарний з ЧПК S50i Kovosvit MAS,a.s.
020	Токарна з ЧПК (чорнова)	6; 8; 9; 22; 33; 34; 35; 36; 37	49; 50	Токарний з ЧПК S50i Kovosvit MAS,a.s.
025	Термічна (поліпшення)	-	-	Пічъ
030	Токарно-гвинторізна (чистова)	1; 49; 2; 18; 19; 32; 38; 39	49; 50	Токарно – гвинторізний верстат 16K20
035	Вертикально – фрезерна з ЧПК	20 (9 вибірок)	5; 36	Вертикальний обооблюючий центр MCV100 RAPID Kovosvit MAS,a.s.
040	Цементация	2; 18; 19; 20; 38	-	Пічъ
045	Термічна (гартування)	2; 18; 19; 20; 38	-	Пічъ
050	Токарна з ЧПК (чистова)	3; 4; 5; 6; 7; 8; 10; 11; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 36; 37; 42	45; 50	Токарний з ЧПК S50i Kovosvit MAS,a.s.
055	Токарна з ЧПК (чистова)	9; 33; 34; 35; 46; 47	49; 50	Токарний з ЧПК S50i Kovosvit MAS,a.s.

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5
060	Токарно-гвинторізна	13; 14; 27; 28; 29; 15; 16; 17; 29; 30; 31; 40; 41	3; 2 11; 1	Токарно– гвинторізний верстат 16K20
065	Свердлильна з ЧПК	48 (4 отв.)	3; 2; 49	Вертикальний обооблюючий центр MCV100 RAPID Kovosvit MAS,a.s.
070	Зубофрезерна	43 (зуб'я)	2; 19; 49	Зубофрезерний п/а 53A30П
075	Круглошліфувальна	5; 7; 36	49; 50	Круглошліфувальни й п/а 3М151
080	Внутрішньоліфуваль на	19	5; 36	Внутрішньоліфуваль ний верстат 3K228В
085	Внутрішньоліфуваль на	20 (9 вибірок)	5; 36	Внутрішньоліфуваль ний верстат 3K228В
090	Токарно-гвинторізна	11; 12	3; 2	Токарно– гвинторізний верстат 16K20
095	Вертикально – фрезерна	44; 45	5; 7; 3; 36	Вертикально – фрезерний верстат 6P13
100	Отримання покриття	-	-	-
105	Технічний контроль	-	-	Стіл ВТК

1.12 Розробка технологічної операції

Розробку операцій представимо в таблиці 1.7

Таблиця 1.7 – Послідовність виконання технологічних операцій

№ операцій, переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатне- пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
010	Токарно – гвинторізна 16K20	Патрон 3-х кулачковий	Різець підрізний T15K6; Різець прохідний упорний T15K6; Свердло
1	Установ А		
2	Підрізати торець 1		
3	Точити пов. 11 Свердлувати центр. отв. 49		

1	2	3	4
4 5 6	Установ Б Підрізати торець 2 Розточити отв. 19 з підрізанням торця Свердлувати центр. отв. 50		центровочне; Штангенциркуль. Різець підрізний T15K6; Різець розточувальний T15K6 Свердло центровочне; Штангенциркуль.
015 1	Токарна з ЧПК Токарний з ЧПКС50i Kovosvit MAS,a.s. Точити пов. 11; 10; 7; 5; 4; 3	Центри	Різець прохідний упорний T15K6; Штангенциркуль.
020 1 2 3 4 5 6 7	Токарна з ЧПК Токарний з ЧПКС50i Kovosvit MAS,a.s. Точити пов.8; 9 Точити пов. 6 Точити скіс 22 Підрізати торець 37 Підрізати торець 36 Підрізати торець 33 Проточити пов. 9	Центри	Різець Різець Різець підрізний T15K6 Різець прорізний T15K6 Штангенциркуль
030 1 2 3 4	Токарно – гвинторізна 16K20 Установ А Підрізати торець 1 Свердлувати центр. отв. 49 Установ Б Підрізати торець 2 Розточити отв. 19	Патрон 3-х кулачковий	Різець підрізний T15K6; Свердло центровочне; Штангенциркуль. Різець підрізний T15K6; Різець розточувальний T15K6
5 6	Розточити отв. 18 з підрізанням торця 38 Розточити скіс 32 з підрізанням торця 39		Різець канавочний T15K6 Різець розточувальний

1	2	3	4
			Т15К6; Штангенциркуль Нутромер Штангенглубиномер
035 1	Вертикально –фрезерна з ЧПК Вертикальний обооблюючий центр MCV100 RAPID Kovosvit MAS,a.s. Фрезерувати 9 вибірок 20	Оснащення	Фреза концева
050 1 2 3 4	Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК S50i Kovosvit MAS,a.s. Точити фаску 26 Точити пов. 11 Точити фаску 25 Точити пов. 10 Точити фаску 24 Точити пов. 7; 6; 5 Точити фаску 23 Точити пов. 4 Точити радіус 42 Точити скіс 22 Точити пов. 3 Підрізати торець 36 Підрізати торець 37 Точити фаску 21	Центри	Різець прохідний прямий упорний Т15К6 Мікрометр Штангенциркуль, Кутомір, Шаблон радіусний Різець підрізний Т15К6 Різець прохідний прямий Т15К6 Штангенциркуль
055 1 2 3	Токарна з ЧПК Токарний з ЧПК S50i Kovosvit MAS,a.s. Проточити канавку 46 з підрізанням торця 33 Проточити пов. 9 з підрізанням торців 34; 35 Проточити канавку 47	Центри	Різець канавочний Т15К6 Різець прорізний (канавочний) Т15К6 Різець канавочний Т15К6
060 1 2	Токарно – гвинторізна 16К20 Установ А Свердлувати отв. 14 Розсвердлувати отв. 13 з утворенням фаски 28	Патрон 3-х кулачковий	Свердло Р6М5 Свердло Р6М5 Різець розточувальний Т15К6
Зм	Арк	№	Підпис
КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ			
Арк			

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4
3	Розточити фаску 27 Установ Б		Калібр – пробка Свердло Р6М5
4	Свердлувати отв. 15		Різець розточувальний
5	Розсвердлувати отв. 15 з утворенням фаски 29		канавочний Т15К6
6	Розточити канавку 16		Різець розточувальний Т15К6
7	Розточити отв. з підрізанням торця 40		Калібр – пробка Штангенциркуль
8	Розточити фаски 30; 31		Нутромір
065	Свердлувальна з ЧПК Вертикальний обтоблюючий центр 1 MCV100 RAPID Kovosvit 2 MAS,a.s. Свердли 4 отв. 48 Зенкувати 4 отв. 48	Оснащення обертове	Свердло Зенківка
070	Зубофрезерна 53А30П 1 Фрезерувати зуб'я 43	Оправка Поворотний стіл Центр	Фреза черв'ячна
075	Круглошлифувальна 1 3М151 Шліфувати пов. 7	Центри Хомутик	Круг шліфувальний Мікрометр
080	Внутрішньошлифувальна 1 3К228В Шлифувати пов. 19	Оснащення	Круг шліфувальний Мікрометр Індикатор
085	Внутрішньошлифувальна 1 3К228В 2 Шлифувати 9 виборок 20 Шлифувати пов. 5 с торцем 36	Оснащення	Круг шліфувальний Індикатор
090	Токарно – гвинторізна 1 16К20 2 Нарізати різьбу 11 Нарізати різьбу 12	Патрон 3-х кулачковий	Різець різьбовий Калібр – кільце різьбове Мітчик Калібр – пробка різьбова
095	Вертикально – фрезерна 1 6Р13 Установ А Фрезерувати шпонковий паз 44 Установ Б 2 Фрезерувати шпонковий паз 45	Оснащення пневматичне	Фреза кінцева Калібр - пробка

1.13 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

1.13.1 Аналітичний розрахунок припусків на одну зовнішню (внутрішню) циліндричну поверхню деталі "Напівмуфта"

Аналітичний розрахунок припусків проводимо на зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 30_{-0,150}^{-0,100}$

Для отримання необхідної точності і шорсткості поверхні Ra 0,8 (V7) необхідно виконати наступні операції:

- а) чорнове точіння;
- б) чистове точіння;
- в) шліфування.

Для заготовки – поковка:

$R_{заг} = 200\text{мкм}$; $h_{заг} = 250\text{мкм}$ [1, стр.186, табл.12];

Чорнове точіння:

$R_{z1} = 50\text{мкм}$; $h_1 = 50\text{мкм}$ [1, стр.188, табл.25];

Чистове точіння:

$R_{z2} = 25\text{мкм}$; $h_2 = 25\text{мкм}$ [1, стр.188, табл.25];

Шліфування:

$R_{z3} = 10\text{мкм}$; $h_3 = 20\text{мкм}$ [1, стр.188, табл.25].

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k \cdot l, \quad (1.24)$$

де Δ_k – питома кривизна;

$l = 254\text{мм}$ – довжина заготовки;

$\Delta_k = 3\text{ мкм на } 1\text{мм довжині}$ [1, стр.186, табл.16];

$\Delta_k = 3 \cdot 254 = 960\text{мкм}$;

Δ_y – величина зсуву осі заготовки в результаті похибки центрування;

$$\Delta_y = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + 1}, \quad (1.25)$$

де $T = 4000\text{мкм}$ – допуск на заготовку;

$\Delta_y = 0,25 \cdot \sqrt{4^2 + 1} = 2,03\text{мм}$,

$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{960^2 + 2030^2} = 2410\text{мкм}$,

Залишкове відхилення:

$$\Delta_{ост} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma}, \quad (1.26)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення по [1, стр.190, табл.29].

Чорнове точіння: $\Delta_1 = K_{y1} \cdot \Delta_{\Sigma} = 0,06 \cdot 2410 = 165\text{мкм}$

Чистове точіння: $\Delta_2 = K_{y2} \cdot \Delta_1 = 0,04 \cdot 165 = 6,6\text{мкм}$

З причини малої величини Δ_2 нехтуємо і з розрахунків виключаємо.

При шліфуванні $\Delta_{ост}$ нехтуємо.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Дрк	Но	Підри	Лп		

При точінні і шліфуванні установка деталі проводиться в центрах, тому:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$$

2. Максимальний міжопераційний припуск визначується по формулі:

$$2Z_{i_{\max}} = 2Z_{\min_i} + (Td_{i-1} - Td_i), \quad (1.27)$$

де Td_{i-1} , Td_i – допуск на діаметр відповідно на попередній і виконуваний операціях

3. Допуски на операційні розміри:

чорнове точіння по h14 (-0,62);

чистове точіння по h12 (-0,25);

шліфування $\begin{pmatrix} -0,100 \\ -0,150 \end{pmatrix}$.

4. Аналітичний розрахунок припусків з першої операції:

а) чорнове точіння:

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_{za2} + h_{za2} + \sqrt{\Delta_{\Sigma}^2 + \varepsilon_{y1}^2}) = 2(200 + 250 + \sqrt{2410^2 + 0}) = 5720 \text{ мкм},$$

$$2Z_{1\max} = 2Z_{\min_i} + (Td_{za2} - Td_i) = 5720 + 4000 - 620 = 9100 \text{ мкм};$$

б) чистове точіння:

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\Delta_{ocm1}^2 + \varepsilon_y^2}) = 2(50 + 50 + \sqrt{165^2 + 0}) = 530 \text{ мкм},$$

$$2Z_{2\max} = 2Z_{\min_i} + (Td_1 - Td_2) = 530 + 620 - 250 = 900 \text{ мкм};$$

в) шліфування:

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + h_2 + \sqrt{\Delta_{ocm2}^2 + \varepsilon_y^2}) = 2(25 + 25) = 100 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\max} = 2Z_{\min_i} + (Td_2 - Td_3) = 100 + 250 - 50 = 300 \text{ мкм};$$

5. Визначаємо розрахункові граничні розміри:

Розрахункові розміри визначаємо від найменшого граничного розміру по кресленню, додавши до нього мінімальні розрахункові припуски. Для розміру деталі $30 \begin{pmatrix} -0,100 \\ -0,150 \end{pmatrix}$ найменший граничний розмір по кресленню:

$$D_{3\min} = 29,85 \text{ мм}$$

$$D_{2\min} = D_{3\min} + 2Z_{3\min} = 29,85 + 0,1 = 29,95 \text{ мм}$$

$$D_{1\min} = D_{2\min} + 2Z_{2\min} = 29,95 + 0,53 = 30,48 \text{ мм}$$

$$D_{za2.\min} = D_{1\min} + 2Z_{1\min} = 30,48 + 5,72 = 36,2 \text{ мм}$$

Найбільші граничні розміри отримуємо шляхом збільшення допусків до найменших граничних розмірів.

$$D_{3\max} = D_{3\min} + Td_3 = 29,85 + 0,05 = 29,9 \text{ мм}$$

$$D_{2\max} = D_{2\min} + Td_2 = 29,95 + 0,25 = 30,2 \text{ мм}$$

$$D_{1\max} = D_{1\min} + Td_1 = 30,48 + 0,62 = 31,1 \text{ мм}$$

$$D_{za2.\max} = D_{za2.\min} + Td_{za2} = 36,2 + 4,0 = 40,2 \text{ мм}$$

6. Визначаємо максимальні припуски:

$$2Z_{1\max} = D_{za2.\max} - D_{1\max} = 40,2 - 31,1 = 9,1 \text{ мм}$$

$$2Z_{2\max} = D_{1\max} - D_{2\max} = 31,1 - 30,2 = 0,9 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лрк	НО	Підпис	Лп		

$$2Z_{3max}=D_{2max}-D_{3max}=30,2-29,9=0,3\text{мм}$$

7. Визначаємо мінімальні припуски:

$$2Z_{1min}=D_{заг.min}-D_{1min}=36,2-30,48=5,72\text{мм}$$

$$2Z_{2min}=D_{1min}-D_{2min}=30,48-29,95=0,53\text{мм}$$

$$2Z_{3min}=D_{2min}-D_{3min}=29,95-29,85=0,1\text{мм}$$

8. Проводимо перевірку правильності обчислень:

$$\sum 2Z_{max} - \sum 2Z_{min} = Td_{заг} - Td_{дет}, \quad (1.28)$$

$$10300-6350=4000-50$$

$$3950=3950$$

9. Результати розрахунку зводимо в таблицю 1.8

Таблиця 1.8 – Міжопераційні розміри з допусками

Пов- ня	Найменування переходу	Шорст- кість Ra	Точність IT	Допус к Т	При- пуск t на р- р	Між-операц. р-р з допусками, мм
1	2	3	4	5	6	7
3 Ø110 h14	Заготовка Ø118 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 3,2	- h14 h14	+3300 -1700 0 -870 0 -870	7,0 1,0	Ø118 ^{+3,3} _{-1,7} Ø111 ^{-0,87} Ø110 ^{-0,87}
19 Ø83,4 H9	Заготовка Ø75,5 Розточування: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 1,6	- H14 H12 H9	+1500 -3000 +870 0 +350 0 +87 0	- 6,6 1,0 0,3	Ø75,5 ^{+1,5} _{-3,0} Ø82,1 ^{+0,87} Ø83,1 ^{+0,35} Ø83,4 ^{+0,087}
4 Ø52 h14	Заготовка Ø59,5 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 h14	+3000 -1500 0 -740 0 -740	- 6,5 1,0	Ø59,5 ^{+3,0} _{-1,5} Ø53 ^{-0,74} Ø52 ^{-0,74}
5 Ø30 -0,25 -0,30	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 0,8	- h14 h12 -	+2700 -1300 0 -620 0 -250 -250 -300	- 6,4 1,05 0,3	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø31,1 ^{-0,62} Ø30,05 ^{-0,25} Ø29,75 ^{-0,050}
7 Ø30 -0,10 -0,15	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 0,8	- h14 h12 -	+2700 -1300 0 -620 0 -250 -100 -150	- 6,4 0,9 0,3	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø31,1 ^{-0,62} Ø30,2 ^{-0,25} Ø29,9 ^{-0,050}

1	2	3	4	5	6	7
6 Ø29 h14	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове	25 12,5 6,3 3,2	- h14 h14 h14	+2700 -1300 0 -620 0 -520 0 -520	- 6,4 1,1 1,0	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø31,1 _{-0,62} Ø30 _{-0,25} Ø29 _{-0,52}
10 Ø29,5 -0,10 -0,20	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 -	+2700 -1300 0 -620 -100 -200	- 7,1 1,0	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø30,4 _{-0,62} Ø29,4 _{-0,1}
8 Ø29 h14	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове	25 12,5 6,3 3,2	- h14 h14 h14	+2700 -1300 0 -620 0 -520 0 -520	- 6,4 1,1 1,0	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø31,1 _{-0,62} Ø30 _{-0,52} Ø29 _{-0,52}
9 Ø25,5 -0,10 -0,15	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове	25 12,5 6,3 1,6	- h14 h12 -	+2700 -1300 0 -620 0 -210 -100 -150	- 9,1 2,0 1,0	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø28,4 _{-0,62} Ø26,4 _{-0,21} Ø25,4 _{-0,05}
11 M24x x1,5- 6g	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове Нарізання різьби	25 12,5 6,3 6,3 6,3	- h14 h14 h12 6g	+2700 -1300 0 -620 0 -520 0 -120 -	- 8,6 4,0 1,05 -	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø28,9 _{-0,62} Ø24,90 _{-0,52} Ø23,85 _{-0,12} M24x1,5-6g
14 Ø7 H14	Свердлування	6,3	H14	+360 0	7,0	Ø7 ^{+0,36}
12 M14x 1,5- 6H	Свердлування Разсвердлування Нарізання різьби	6,3 6,3 6,3	H14 H12 6H	+360 0 +220 0 -	7,0 5,4 -	Ø7 ^{+0,36} Ø12,43 ^{+0,22} M14x1,5-6H
15 Ø14 H14	Свердлування Разсвердлування	6,3 6,3	H14 H14	+360 0 +430 0	7,0 7,0	Ø7 ^{+0,36} Ø14 ^{+0,43}
17 Ø40 H14	Свердлування Розточування Розточування: чорнове чистове	6,3 6,3 12,5 6,3	H14 H14 H14 H14	+360 0 +430 0 +620 0 +620 0	7,0 7,0 27,0 1,0	Ø7 ^{+0,36} Ø14 ^{+0,43} Ø41 ^{+0,62} Ø40 ^{+0,62}
1 245 h12	Заготовка 254 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 h12	+3700 -1900 0 -1150 0 -460	- 7,0 2,0	254 ^{+3,7} _{-1,9} 247 _{-1,15} 245 _{-0,46}
Зм	Арк	Но	Підпис	Лп	КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	
					Арк	

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7
36 61h11	Заготовка 69 Точіння: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 0,8	- h14 h12 h11	+3000 -1500 0 -740 0 -300 0 -190	- 5,8 2,0 0,2 (на стор.)	69 ^{+3,0} _{-1,5} 63,2 ^{-0,74} 61,2 ^{-0,3} 61 ^{-0,19}
37 47h14	Заготовка 54,5 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 h14	+3000 -1500 0 -620 0 -620	- 5,5 2,0	54,5 ^{+3,0} _{-1,5} 49 ^{-0,62} 47 ^{-0,62}
33 167 js11	Точіння: чорнове чистове	12,5 3,2	$\pm \frac{IT14}{2}$ js11	± 500 ± 125	0 0	167 $\pm 0,5$ 167 $\pm 0,125$

1.13 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Зображаємо схему деталі «Напівмуфта» з припусками на торцеві поверхні. Будуємо схему розмірних ланцюгів. Проводимо розрахунок розмірних ланцюгів з визначенням міжопераційних розмірів і припусків з допусками.

Операційні розміри з допусками визначаються нарощуванням допусків і припусків, починаючи з останньої операції і закінчуючи першою (заготівкою).

Заносимо в таблицю 1.9 чотири торцеві поверхні, включені в лінійні розмірні ланцюги.

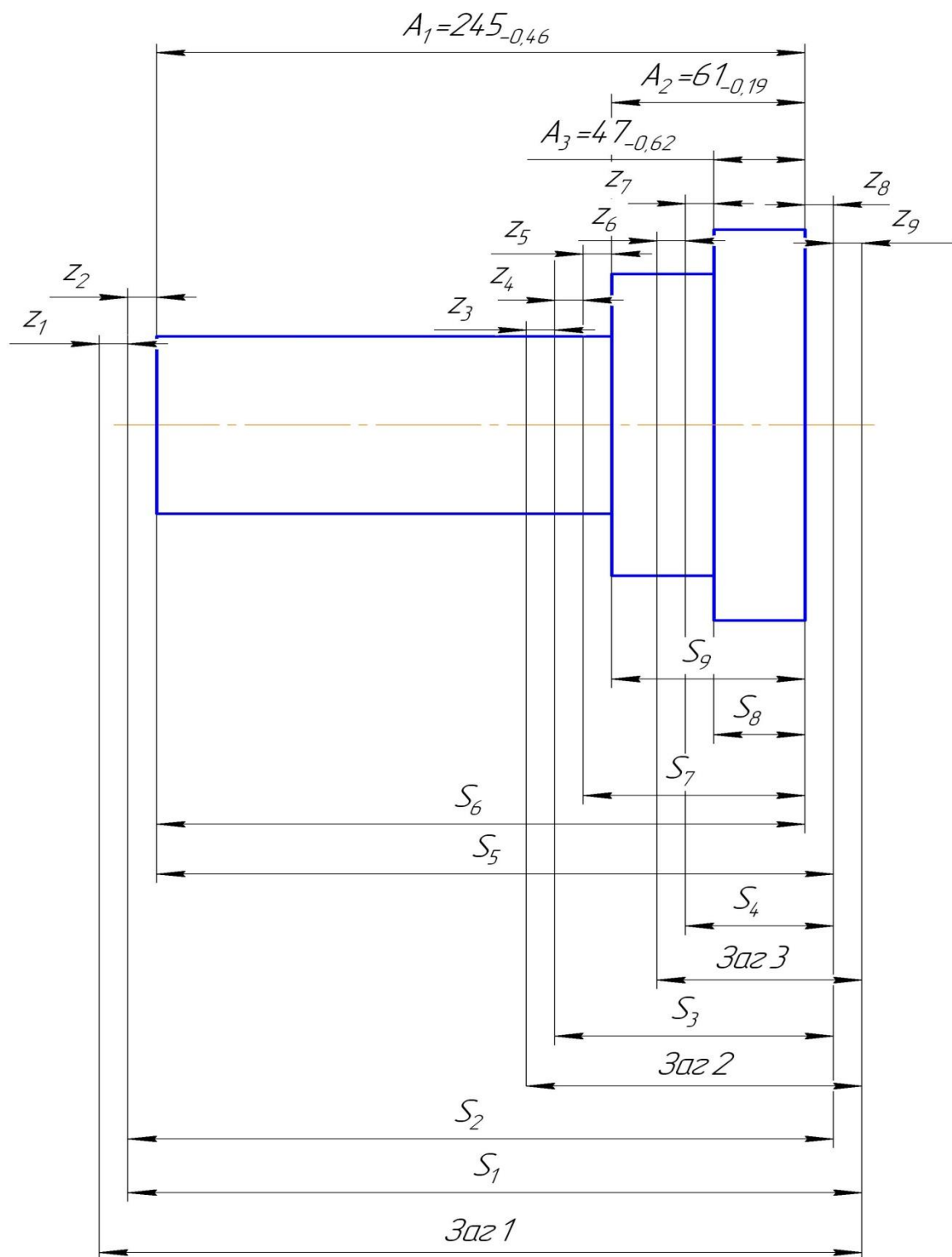


Рисунок 1.19 – Розмірний ланцюг

де А – конструкторський розмір;
 S – технологічний розмір;
 Заг – розмір заготовки;
 Z – припуск.

Зм	Лрк	Но	Підпи	Лд

КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ

Арк

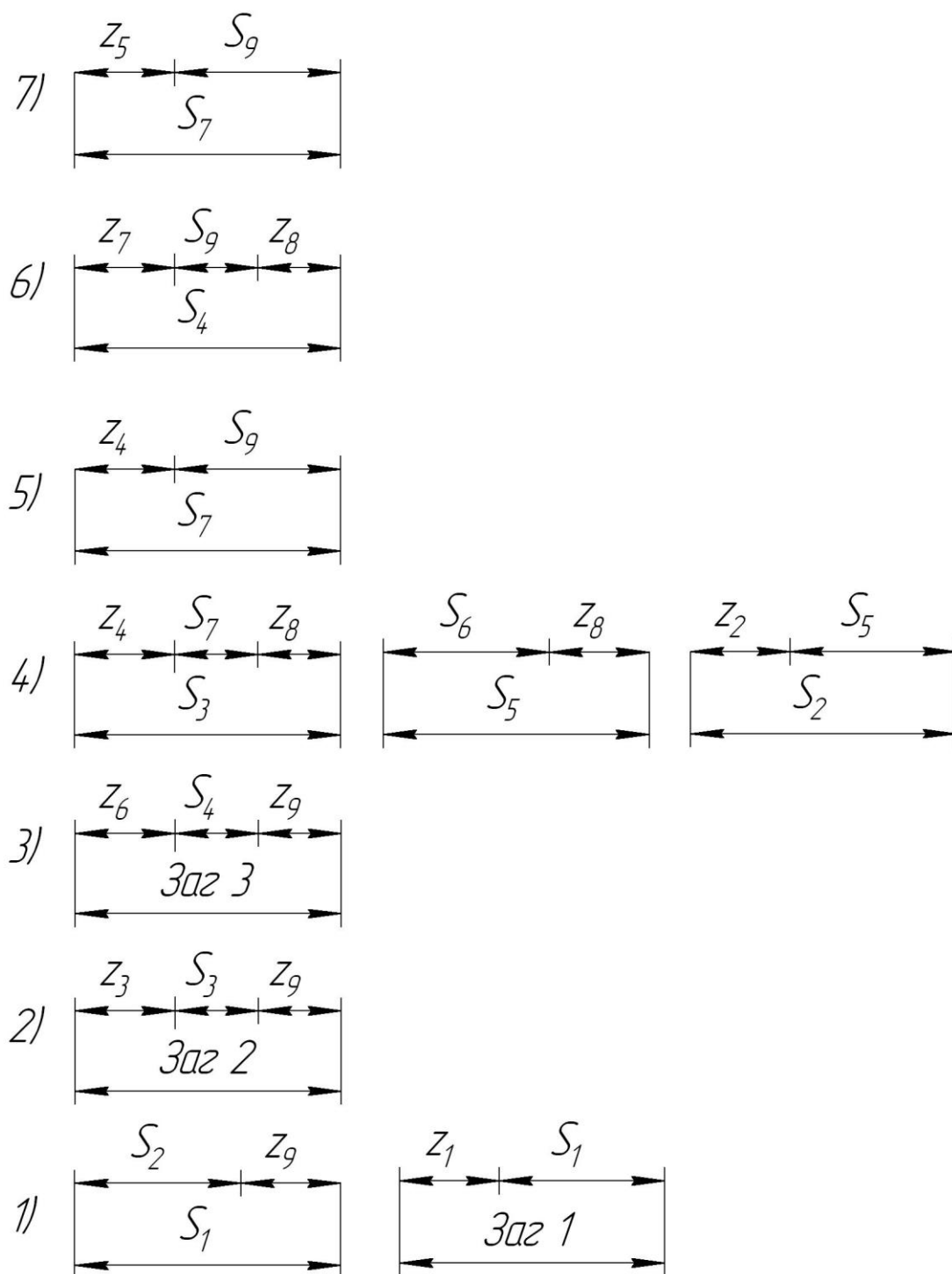


Рисунок 1.20 – Схема розмірних ланцюгів

Зм	Лнк	Но	Підпис	Лн

КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ

Арк

Таблиця 1.9 – Точність торцевих поверхонь деталі.

№ пов-ні	Найменування переходу	Номін. розмір, мм	Квалітет IT	Допуск T	Припуск t, мм	Позначення припуску Zi
1	2	3	4	5	6	7
1, 2 245 h12	Заготовка	254				
	Точіння чорнове					
	торець 1	250,5	h14	-1,15	3,5	Z ₁
	торець 2	247	h14	-1,15	3,5	Z ₉
	Точіння чистове					
36 61 h11	торець 1	246	h12	-0,46	1,0	Z ₂
	торець 2	245	h12	-0,46	1,0	Z ₈
	Заготовка	69				
	Точіння чорнове					
	торець 2	65,5	h14	-0,74	3,5	Z ₉
37 47h14	торець 36	63,2	h14	-0,74	2,3	Z ₅
	Точіння чистове					
	торець 2	62,2	h12	-0,3	1,0	Z ₈
	торець 36	61,2	h12	-0,3	1,0	Z ₄
	Шліфування					
37 47h14	торець 36	61	h11	-0,19	0,2	Z ₅
	Заготовка	54,5				
	Точіння чорнове					
	торець 2	51	h14	-0,62	3,5	Z ₉
	торець 37	49	h14	-0,62	2,0	Z ₆
37 47h14	Точіння чистове					
	торець 2	48	h14	-0,62	1,0	Z ₈
	торець 37	47	h14	-0,62	1,0	Z ₇

Таблиця 1.10 – Розрахунок припусків

№ разм. ланцюга	Вихідні дані	Розрахунок номінальних значень, мм	Міжоперац-ий розмір з відхиленням, мм	Уточнене значення припуску Zi
1	2	3	4	5
1	$S_{15}=A_2$ $S_{14}=S_{13}=S_{15}+Z_5$	61 $61+0,2=61,2$	$61_{-0,19}$ $61,2_{-0,3}$	$Z_5=S_{13}-S_{15}=$ $=61,2_{-0,3}-61_{-0,19}=$ $=0,2_{+0,19}^{-0,1}$
2	$S_{12}=A_3$ $S_{11}=S_{12}+Z_7$ $S_{10}=S_{11}+Z_8$	47 $47+1,0=48$ $48+1,0=49$	$47_{-0,62}$ $48_{-0,62}$ $49_{-0,62}$	$Z_7=S_{11}-S_{12}=$ $=48_{-0,62}-47_{-0,62}=1,0;$ $Z_8=S_{10}-S_{11}=$ $=49_{-0,62}-48_{-0,62}=1,0;$

1	2	3	4	5
3	$S_9 = S_{13} + Z_4$ $S_8 = S_9 + Z_8$	$61,2 + 1,0 = 62,2$ $62,2 + 1,0 = 63,2$	$62,2_{-0,3}$ $63,2_{-0,3}$	$Z_4 = S_9 - S_{13} =$ $= 62,2_{-0,3} - 61,2_{-0,3} = 1,0;$
				$Z_8 = 63,2_{-0,3} -$ $- 62,2_{-0,3} = 1,0;$
4	$S_7 = A_1$ $S_6 = S_7 + Z_8$ $S_5 = S_6 + Z_2$	245 $245 + 1,0 = 246$ $246 + 1,0 = 247$	$245_{-0,46}$ $246_{-0,46}$ $247_{-1,15}$	$Z_8 = S_6 - S_7 =$ $= 246_{-0,46} - 245_{-0,46} =$ $= 1,0;$ $Z_2 = S_5 - S_6 = 247_{-1,15} -$ $- 246_{-0,46} = 1,0_{-0,85}^{+0,46};$
5	$S_4 = S_{10} + Z_6$ $3_3 = S_4 + Z_9$	$49 + 2,0 = 51,0$ $51 + 3,5 = 54,5$	$51_{-0,62}$ $54,5_{-1,5}^{+3,0}$	$Z_6 = S_4 - S_{10} =$ $= 51_{-0,62} - 49_{-0,62} = 2,0;$ $Z_9 = 3_3 - S_4 = 54,5_{-1,5}^{+3,0} -$ $- 51_{-0,62} = 3,5_{-1,5}^{+3,62};$
6	$S_3 = S_8 + Z_3$ $3_2 = S_3 + Z_9$	$63,2 + 2,3 = 65,5$ $65,5 + 3,5 = 69$	$65,5_{-0,74}$ $69_{-1,5}^{+3,0}$	$Z_3 = S_3 - S_8 =$ $= 65,5_{-0,74} - 63,2_{-0,74} =$ $= 2,3;$ $Z_9 = 3_2 - S_3 = 69_{-1,5}^{+3,0} -$ $- 65,5_{-0,74} = 3,5_{-1,5}^{+3,74};$
7	$S_2 = S_5 + Z_9$ $S_1 = S_2 + Z_1$	$247 + 3,5 = 250,5$ $250,5 + 3,5 = 254$	$250,5_{-1,15}$ $254_{-1,9}^{+3,7}$	$Z_9 = S_2 - S_5 =$ $= 250,5_{-1,15} - 247_{-1,15} =$ $= 3,3;$ $Z_1 = S_1 - S_2 = 254_{-1,9}^{+3,7} -$ $- 250,5_{-1,15} = 3,5_{-1,9}^{+4,85};$

Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку у таблиці 1.11

Таблиця 1.11 – Міжопераційні розміри з допусками

Пов- ня	Найменування переходу	Шорст- кість Ra	Точність IT	Допус к Т	При- пуск t на р- р	Між-операц. р-р з допусками, мм
1	2	3	4	5	6	7
3 Ø110 h14	Заготовка Ø118 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 3,2	- h14 h14	$+3300$ -1700 0 -870 0 -870	7,0 1,0	$\text{Ø}118_{-1,7}^{+3,3}$ $\text{Ø}111_{-0,87}$ $\text{Ø}110_{-0,87}$

1	2	3	4	5	6	7
19 Ø83, 4H9	Заготовка Ø75,5 Розточування: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 1,6	- H14 H12 H9	+1500 -3000 +870 0 +350 0 +87 0	- 6,6 1,0 0,3	Ø75,5 ^{+1,5} _{-3,0} Ø82,1 ^{+0,87} Ø83,1 ^{+0,35} Ø83,4 ^{+0,087}
4 Ø52 h14	Заготовка Ø59,5 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 h14	+3000 -1500 0 -740 0 -740	- 6,5 1,0	Ø59,5 ^{+3,0} _{-1,5} Ø53 ^{-0,74} Ø52 ^{-0,74}
5 Ø30 -0,25 -0,30	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 0,8	- h14 h12 -	+2700 -1300 0 -620 0 -250 -250 -300	- 6,4 1,05 0,3	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø31,1 ^{-0,62} Ø30,05 ^{-0,25} Ø29,75 ^{-0,050}
7 Ø30 -0,10 -0,15	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 0,8	- h14 h12 -	+2700 -1300 0 -620 0 -250 -100 -150	- 6,4 0,9 0,3	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø31,1 ^{-0,62} Ø30,2 ^{-0,25} Ø29,9 ^{-0,050}
6 Ø29 h14	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове	25 12,5 6,3 3,2	- h14 h14 h14	+2700 -1300 0 -620 0 -520 0 -520	- 6,4 1,1 1,0	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø31,1 ^{-0,62} Ø30 ^{-0,25} Ø29 ^{-0,52}
10 Ø29,5 -0,10 -0,20	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 -	+2700 -1300 0 -620 -100 -200	- 7,1 1,0	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø30,4 ^{-0,62} Ø29,4 ^{-0,1}
8 Ø29 h14	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове	25 12,5 6,3 3,2	- h14 h14 h14	+2700 -1300 0 -620 0 -520 0 -520	- 6,4 1,1 1,0	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø31,1 ^{-0,62} Ø30 ^{-0,52} Ø29 ^{-0,52}
9 Ø25,5 -0,10 -0,15	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове	25 12,5 6,3 1,6	- h14 h12 -	+2700 -1300 0 -620 0 -210 -100 -150	- 9,1 2,0 1,0	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø28,4 ^{-0,62} Ø26,4 ^{-0,21} Ø25,4 ^{-0,05}
11 M24x x1,5- 6g	Заготовка Ø37,5 Точіння: чорнове напівчистове чистове Нарізання різьби	25 12,5 6,3 6,3 6,3	- h14 h14 h12 6g	+2700 -1300 0 -620 0 -520 0 -120 -	- 8,6 4,0 1,05 -	Ø37,5 ^{+2,7} _{-1,3} Ø28,9 ^{-0,62} Ø24,90 ^{-0,52} Ø23,85 ^{-0,12} M24x1,5-6g

1	2	3	4	5	6	7
14 Ø7 H14	Свердлування	6,3	H14	$\begin{smallmatrix} +360 \\ 0 \end{smallmatrix}$	7,0	$\text{Ø}7^{+0,36}$
12 M14x 1,5- 6H	Свердлування Разсвердлування Нарізання різьби	6,3 6,3 6,3	H14 H12 6H	$\begin{smallmatrix} +360 \\ 0 \end{smallmatrix}$ $\begin{smallmatrix} +220 \\ 0 \end{smallmatrix}$ -	7,0 5,4 -	$\text{Ø}7^{+0,36}$ $\text{Ø}12,43^{+0,22}$ M14x1,5-6H
15 Ø14 H14	Свердлування Разсвердлування	6,3 6,3	H14 H14	$\begin{smallmatrix} +360 \\ 0 \end{smallmatrix}$ $\begin{smallmatrix} +430 \\ 0 \end{smallmatrix}$	7,0 7,0	$\text{Ø}7^{+0,36}$ $\text{Ø}14^{+0,43}$
17 Ø40 H14	Свердлування Розточування Розточування: чорнове чистове	6,3 6,3 12,5 6,3	H14 H14 H14 H14	$\begin{smallmatrix} +360 \\ 0 \end{smallmatrix}$ $\begin{smallmatrix} +430 \\ 0 \end{smallmatrix}$ $\begin{smallmatrix} +620 \\ 0 \end{smallmatrix}$ $\begin{smallmatrix} +620 \\ 0 \end{smallmatrix}$	7,0 7,0 27,0 1,0	$\text{Ø}7^{+0,36}$ $\text{Ø}14^{+0,43}$ $\text{Ø}41^{+0,62}$ $\text{Ø}40^{+0,62}$
1 245 h12	Заготовка 254 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 h12	$\begin{smallmatrix} +3700 \\ -1900 \\ 0 \\ -1150 \\ 0 \\ -460 \end{smallmatrix}$	- 7,0 2,0	$254^{+3,7}_{-1,9}$ $247^{+1,15}_{-1,15}$ $245^{+0,46}_{-0,46}$
36 61h11	Заготовка 69 Точіння: чорнове чистове Шліфування	25 12,5 3,2 0,8	- h14 h12 h11	$\begin{smallmatrix} +3000 \\ -1500 \\ 0 \\ -740 \\ 0 \\ -300 \\ 0 \\ -190 \end{smallmatrix}$	- 5,8 2,0 0,2 (на стор.)	$69^{+3,0}_{-1,5}$ $63,2^{+0,74}_{-0,74}$ $61,2^{+0,3}_{-0,3}$ $61^{+0,19}_{-0,19}$
37 47h14	Заготовка 54,5 Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	- h14 h14	$\begin{smallmatrix} +3000 \\ -1500 \\ 0 \\ -620 \\ 0 \\ -620 \end{smallmatrix}$	- 5,5 2,0	$54,5^{+3,0}_{-1,5}$ $49^{+0,62}_{-0,62}$ $47^{+0,62}_{-0,62}$
33 167 js11	Точіння: чорнове чистове	12,5 3,2	$\pm \frac{IT14}{2}$ js11	$\begin{smallmatrix} \pm 500 \\ \pm 125 \end{smallmatrix}$	0 0	$167 \pm 0,5$ $167 \pm 0,125$

1.14 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Розрахунково-аналітичний метод режимів різання на зубофрезерную операцію для деталі «Напівмуфта»

На зубофрезерном напівавтоматі 53А30П проводиться нарізання черв'ячною фрезою зуб'їв шліцьового евольвентного з'єднання з модулем $m=1\text{мм}$, числом зуб'їв $Z=28$, шириною вінця $b=18\text{мм}$. Нарізання чорнове і чистове для отримання шорсткості $Ra1,6$.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Друк	№	Підпис	Лист		

Вибір ріжучого інструменту.

Вибираємо черв'ячну модульну модульну з швидкоріжучої сталі Р6М5К5.

Фреза однозахідна. По ДСТУГОСТ 9324-80 вибираємо фрезу діаметром $D=40\text{мм}$, $m=1\text{мм}$, число стружечних канавок $Z=12$.

Призначення режимів різання.

а) Стійкість інструменту:

при обробці сталі приймаємо $T=240\text{мм}$ [6, стр.76]

б) Глибина фрезерування:

обробку зуб'їв проводимо за два проходи:

перший – чорновий; $t=1,4$ $m=1,4 \cdot 1=1,4\text{мм}$ [6, стр.78]

вторий – чистовий; $t=(1,1-0,15)$ $m=0,15 \cdot 1=0,15\text{мм}$ [6, стр.78]

в) Подача:

вибираємо подачі:

чорнова; $S_1=4\text{мм/об}$ [6, стр.80, табл.22]

чистова; $S_2=1\text{мм/об}$ [6, стр.81, табл.23]

поправочні коефіцієнти на подачу: [6, стр.80]

$K_{s1} = 0,7$ – від твердості матеріалу деталі;

$K_{s2} = 0,8$ – від кута нахилу зуба ($\alpha = 30^\circ$);

$K_{s3} = 1,0$ – від числа заходів фрези;

$S_1=4 \cdot 0,7 \cdot 0,8=2,24$ мм/об. По паспорту $S_{1п}=2$ мм/об

$S_2=1 \cdot 0,7 \cdot 0,8=0,56$ мм/об. По паспорту $S_{2п}=0,5$ мм/об

г) Швидкість різання розрахункова: [5, стр.456]

$$V_p = \frac{C_v}{T^\mu \cdot S^{\gamma_v} \cdot m^{\chi_v}} \cdot K_v, \quad (1.29)$$

де $C_v = 312$; $\mu = 0,33$; $\gamma_v = 0,5$; $\chi_v = 0$; [5, стр.460, табл.59]

поправочні коефіцієнти на швидкість різання:

$K_{mv} = 0,6$ – від оброблюваного матеріалу;

$K_{3v} = 1,0$ – від числа заходів фрези;

$K_{6v} = 0,9$ – від кута нахилу зуба;

$K_{iv} = 1,0$ – від числа заходів.

$$V_{p1} = \frac{312 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0}{240^{0,33} \cdot 2^{0,5} \cdot 1^0} = \frac{312 \cdot 0,54}{6,1 \cdot 1,41} = 19,6 \text{ м / хв},$$

$$V_{p2} = \frac{312 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0}{240^{0,33} \cdot 0,5^{0,5} \cdot 1^0} = \frac{312 \cdot 0,54}{6,1 \cdot 0,7} = 39,5 \text{ м / хв}$$

д) частота обертання фрези:

$$n_{p1} = \frac{1000 V_{p1}}{PD_\phi} = \frac{1000 \cdot 19,6}{3,14 \cdot 40} = 156 \text{ об / мин},$$

$$n_{p2} = \frac{1000 V_{p2}}{PD_\phi} = \frac{1000 \cdot 39,5}{3,14 \cdot 40} = 314 \text{ об / мин},$$

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лрк	ЛО	Підпис	Пс		

По паспорту верстата: $n_{p1} = 160 \text{ об/хв}$
 $n_{p2} = 315 \text{ об/хв}$

е) Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi 1} = \frac{PD_{\phi} h_1}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 160}{1000} = 20 \text{ м/хв},$$

$$V_{\phi 2} = \frac{PD_{\phi} h_2}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 315}{1000} = 39,5 \text{ м/хв}$$

ж) хвилинна подача:

$$S_{1\text{мин}} = S_{01} \cdot n_{\partial 1} = 2,0 \cdot 160 = 320 \text{ мм/хв}$$

$$S_{2\text{мин}} = S_{02} \cdot n_{\partial 2} = 0,5 \cdot 315 = 157,5 \text{ мм/хв}$$

з) потужність різання:

Потужність потрібну на різання, визначена по формулі: [5, стр.463]

$$N = 10^{-3} \cdot C_n \cdot S^{y_n} \cdot m^{x_n} \cdot D^n \cdot Z^{q_n} \cdot V \cdot K_n, \quad (3.23)$$

$C_n = 124$; $Y_n = 0,9$; $X_n = 1,7$; $I_n = -1$; $q_n = 0$; $K_n = 1,4$ [5, стр.463, табл.6]

$$N_1 = 10^{-3} \cdot 124 \cdot 2^{0,9} \cdot 1^{1,7} \cdot 40^{-1} \cdot 12^0 \cdot 20 \cdot 1,4 =$$

$$= \frac{1}{1000} \cdot 124 \cdot 1,87 \cdot 2,46 \cdot 0,025 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 1,4 = 0,4 \text{ кВт},$$

$$N_2 = 10^{-3} \cdot 124 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 1^{1,7} \cdot 40^{-1} \cdot 12^0 \cdot 39,5 \cdot 1,4 =$$

$$= \frac{1}{1000} \cdot 124 \cdot 0,54 \cdot 2,46 \cdot 0,025 \cdot 1 \cdot 39,5 \cdot 1,4 = 0,23 \text{ кВт}$$

і) Коефіцієнт використання верстата по потужності:

Потужність $N_{ст}$, що витрачається електродвигуном верстата, пов'язана з потужністю різання N залежність: $N_{ст} = \frac{N}{\eta}$, [6, стр.81]

де $\eta = 0,4 \div 0,5$ – к.п.д. зубофрезерного верстата.

Набутого значення $N_{ст}$ не повинно перевищувати фактичну потужність головного електродвигуна верстата $N_{дв} = 4,2$ кВт для 53А30П

$$N_{1ст} = \frac{N_1}{\eta} = \frac{0,4}{0,5} = 0,8 \text{ кВт} < N_{\partial \phi} = 4,2 \text{ кВт}$$

$$N_{2ст} = \frac{N_2}{\eta} = \frac{0,23}{0,5} = 0,46 \text{ кВт} < N_{\partial \phi} = 4,2 \text{ кВт}$$

$$K_{1u} = \frac{N_{1ст}}{N_{\partial \phi}} = \frac{0,8}{4,2} = 0,2$$

$$K_{2u} = \frac{N_{2ст}}{N_{\partial \phi}} = \frac{0,46}{4,2} = 0,1$$

Технічне нормування зубофрезерної операції

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
ЗМ	ЛРК	МО	Підпис	ПД		

Основні формули:

Штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{доп}, \quad (3.24)$$

де $T_{оп}$ – оперативний час:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{всп}, \quad (3.25)$$

T_o – основний (машинний) час;

$T_{доп}$ – додатковий час:

$$T_{доп} = T_{обсл} + T_{отд.л.н}, \quad (3.26)$$

$T_{отд.л.н}$ – час на відпочинок і особисті потреби;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця

$T_{доп}$ в % от $T_{оп}$

Визначаємо основний (машинний) час:

Для одного проходу при нарізанні черв'ячною фрезою: [6, стр.74]

$$T_o = \frac{(B + l + l_1)Z_k}{n \cdot S_o \cdot k} = \frac{L}{S_m}, \quad (3.27)$$

де $B = 18$ мм – ширина нарізуваного вінця;

$Z_k = 28$ – число нарізованих зуб'їв;

$k = 1$ – число заходів фрези;

n – частота обертання фрези;

S_o – осьова подача фрези на оборот фрези;

$l_1 = 5$ мм – перебігання [6, стр.75, табл.16]

l – глибина врізання фрези:

$$l = \sqrt{t(D_e - t)}, \quad (3.28)$$

де t – глибина фрезерування;

D_e – діаметр фрези;

$$l_{чери} = \sqrt{1,4(40 - 1,4)} = 7,4 \text{ мм}$$

$$l_{чист} = \sqrt{0,15(40 - 0,15)} = 2,4 \text{ мм}$$

Чорнове нарізання

$$T_{o1} = \frac{(18 + 7,4 + 5) \cdot 28}{160 \cdot 1 \cdot 2} = 2,66 \text{ хв},$$

Чистове нарізання

$$T_{o2} = \frac{(18 + 2,4 + 5) \cdot 28}{315 \cdot 1 \cdot 0,5} = 4,52 \text{ хв}$$

Час на операцію

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} = 2,66 + 4,52 = 7,18 \text{ хв}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
ЗМ	ЛРК	МО	Підрич	ЛР		

Визначаємо допоміжний час:

Час на установку і зняття – 0,2 хв [9, к.13]

Час, пов'язаний з переходом – 0,3 хв [9, к.27]

$$T_{всп} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ хв}$$

Оперативний час:

$$T_{он} = T_{осн} + T_{всп} = 7,18 + 0,5 = 7,68 \text{ хв}$$

Додатковий час

$$T_{отд.л.н} = 5\% \cdot T_{он} = 0,05 \cdot 7,68 = 0,38 \text{ хв [9, к.76]}$$

$$T_{обсл} = 3\% \cdot T_{он} = 0,03 \cdot 7,68 = 0,23 \text{ хв [9, к.28]}$$

$$T_{доп} = 0,38 + 0,23 = 0,61 \text{ мм}$$

Підготовчо–заключний час:

$$T_{п.з.} = 24 \text{ хв [9, к. 28]}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = T_{он} + T_{доп} + 7,68 + 0,61 = 8,29 \text{ хв}$$

Режими різання і норми часу для деталі «напівмуфта» представлені в таблиці 1.12.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТПВ	Арк
Зм	Лист	№	Підпис	Дат		

Таблиця 1.12 – Режими різання і норми часу

№ оп.	Найменування операцій і переходів	Режими різання							Норми часу					
		D мм	l мм	t мм	S мм/об	V м/хв	n об/хв	i	T _о	T _в	T _{оп}	T _{обс} T _{отд}	T _{шт}	T _{шк}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
010	Токарно – гвинторізна								2,21	0,3	2,51	0,2	2,83	2,88
	А.1.Подр.торець 1	37,5	18,75	3,5	0,3	47	400	1	0,2					
	2.Точити пов.11	28,9	16,3	4,3	0,4	36	400	1	0,12					
	3.Сверлити центр. отв. 49	5	10	2,5	0,06	15,7	1000	1	0,19					
	Б.4.Подр.торець 2	118	21,25	3,5	0,3	46,3	125	1	0,7					
	5.Розточити пов.19 с подр. торца	82,1	37	3,3	0,3	41	160	1	0,81					
015	6. Свердлити центр. отв. 50	5	10	2,5	0,06	15,7	1000	1	0,19					
	Токарна з ЧПК								2,21	0,17	2,38	0,24	2,62	2,67
	1.Обробити по програмі:													
	поверхність 11	24,9	16,3	2,0	0,5	31	400	1	0,11					
	поверхність 10	30,4	31,7	3,55	0,5	38	400	1	0,17					
	поверхности 7;5	31,1	133,5	3,2	0,5	39	400	1	0,68					
016	поверхність 4	53	14,5	3,25	0,5	33	200	1	0,17					
	поверхність 3	111	51	3,5	0,5	34,8	100	1	1,08					

Продолжение таблицы 1.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
020	Токарна з ЧПК								1,57	0,17	1,74	0,17	1,91	1,96
	1.Обробити по програмі:													
	поверхность 8	30	27,9	0,55	0,35	47	500	1	0,18					
	поверхность 6	30	55	0,55	0,35	47	500	1	0,33					
	2.Обробити по програмі:													
	скос 22	111	13	3,5	0,25	69,7	200	2	0,32					
	торец 37	87	16	2,0	0,25	54,6	200	1	0,38					
	торец 36	53	10,95	2,3	0,25	33	200	1	0,23					
	3.Обробити по програмі:													
	канавку (пов) 9	26,4	1,8	5,5	0,22	24,9	300	1	0,07					
	торец 33	30,4	2,75	1,0	0,25	38	400	1	0,06					

030	Токарно гвинторізна А.1.Подр.торец 1	—							3,1	0,3	3,4	0,44	3,84	3,89
	2.Свердли центр. отв. 49	24,9	10	1,0	0,2	49	630	1	0,1					
	3.Шліфувати фаску в отв.49	5	10	2,5	0,06	15,7	1000	1	0,21					
	Б.4.Підр.торець 2	7,5	1,5	0,2	0,1	37,7	1600	1	0,02					
	5.Расточити пов.19	111	55,5	1,0	0,2	87	250	1	1,17					
	6.Розточити пов.18 с подр. торця 38	83,1	41	0,5	0,15	82	315	1	0,93					
	7.Підрізати торець 39 в отв.19	96	15	3,2	0,3	60	200	2	0,3					
		70	6	0,1	0,2	69	315	1	0,14					

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
050	поверхня 8	29	15,5	0,5	0,17	36,4	400	1	-					
	поверхня 7	30,2	21	0,52	0,17	38	400	1	-					
	поверхня 6	29	76	0,5	0,17	36,4	400	1	-					
	поверхня 5	30,2	24,8	0,52	0,17	38	400	1	-					
	фаску 23	52	2	2	0,17	65	400	1	-					
	поверхня 4	52	14,2	0,5	0,17	65	400	1	-					
	скос 22	110	12	0,5	0,17	138	400	1	-					
	поверхня 3	110	47	0,5	0,17	138	400	1	-					
	2.Точити фаску													
	21	110	2	2	0,1	138	400	1	0,1					
055	3.Подрізати торець 37	87	17,5	1,0	0,1	109	400	1	0,49					
	4.Подрізати торець 36	52	10,9	1,0	0,1	65	400	1	0,32					
055	Токарна з ЧПК Обробити по програмі:								0,06	0,3	0,36	0,05	0,41	0,43
	1.Проточити канавку 47	30,2	1,75	1,75	0,1	59,7	630	1	0,06					
055	2.Проточити канавку 46	21,7	1,08	1,25	0,1	43	630	1	0,05					
	3.Проточити канавку до Ø 9	25,4	0,5	6	0,1	50	630	1	0,04					

Задати			Продовження таблиці 1.12														
Лист			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№			060	Токарно – гвинторізна								12,51	0,3	12,81	1,6	14,41	14,46
Підпис				А.1.Сверл. отв.14	7	60	3,5	0,14	4,4	200	1	2,2					
№				2.Рассверл отв.13	12,43	25	2,7	0,3	6,2	160	1	0,56					
				3.Зенк. фаску 27	12,43	1,5	1,5	0,1	7,8	200	1	0,18					
				Б.4.Сверл. отв.15 до Ø7	7	135	3,5	0,14	4,4	200	1	4,89					
				5.Розсвердли	14	135	3,5	0,3	7	160	1	2,85					
				отв.15	40	13	3,25	0,2	50	400	1	0,75					
				6.Розточити.17													
				7.Розточити	16	1,0	8	0,1	10	200	1	0,6					
				8.Раст. фаску 31	40	3	3	0,1	50	400	1	0,13					
			9.Зенкувати фаску 30	14	5	5	0,1	8,8	200	1	0,35						
КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТТБ			065	Сверлильна з ЧПК								1,24	0,17	1,41	0,14	1,55	1,58
				1.Центр.отв.48	0,5	2	0,25	0,05	1,6	1000	1	0,06					
				2.Сверл.отв.48	1,5	8	0,75	0,06	3,8	800	1	0,21					
				3.Зенк. фаску51	1,5	2	2	0,1	3,8	800	1	0,04					
				4.Повт. переход 1 три раза													
				5. Повт. переход 2 три раза	0,5	2	0,25	0,05	1,6	1000	3	0,18					
				6. Повт. переход 3 три раза	1,5	8	0,75	0,06	3,8	800	3	0,63					
					1,5	2	2	0,1	3,8	800	3	0,12					
			070	Зубофрезерна								7,18	0,5	7,68	0,61	8,29	8,34
				1.Фрезерувати зубья 43 Z=28	29,5	851,2	1,4	2	20	160	1	2,66					
	2. Фрезерувати зубья 43 Z=28	29,5	851,2	0,15	1,5	39,5	315	1	4,52								
Арк																	

Зм. Лист			Продовження таблиці 1.12														
№	№	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№	№	№	075	Кругло-шліфувальна 1.Шліф. пов. 7 2.Шліф. пов. 5 3.Шліф.торец 36	29,9 29,75 52	0,15 0,15 0,2	21 25 22,25	St мм/об 0,004 0,004 0,004	V _д 20 20 20	n _д 200 200 200	1, 3 1, 3 1, 3	0,81 0,24 0,24 0,33	0,81	1,62	0,1	1,72	1, 77
КНУ.КБР.131.26.1-14.01.ТТВ	№	№	080	Внутри-шліфовальна 1.Шліф. пов. 19	83,4	26	мм/ ход ст. 0,005	S _{прод} 5,6	V _д 30	n _д 120	1, 3	1,5 1,5	0,49	1,99	0,12	2,11	2, 16
	№	№	085	Внутри-шліфовальна 1.Шліф. 9 виборок 20	20	26	мм/ ход ст. 0,001	S _{прод} 5,6	V _к 20	n _к 22000	1, 3	0,36 0,04	0,49	0,85	0,05	0,9	0, 95
	№	№	090	Токарно – гвинторізна 1.Нар. різьбу 11 2.Нар. різьбу 12	24 14	17 14	1,5 1,5	1,5 1,5	15 2,8	200 63	5 1	0,74 0,39 0,36	0,3	1,04	0,14	1,18	1, 22
	№	№	095	Вертикально – фрезерна А.1.Фрезерувати шпон. паз 44 Б.1.Фрезерувати шпон. паз 45	2,6 2,6	17 17	5 5	Sz мм/зуб 0,02 0,02	37,7 37,7	500 500	1 1	0,96 0,48 0,48	0,33	1,29	0,1	1,39	1, 44
	Арк																

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СЕРЕДОВИЩІ FEATURECAM

2.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Розробимо керуючу програму на токарну обробку зовнішніх поверхонь напівмуфти за два установи. При виготовленні деталі в умовах реального виробництва її базування і закріплення здійснюється у самоцентруючому трикулачковому патроні. Через малу жорсткість деталі передбачається підтискання заднім центром. Тому під час обробки необхідно підрізати торець на безпечній відстані до центра для запобігання аварійної ситуації. В навчальних цілях даний фактор упускається з метою спрощення покращення візуалізації модельованої обробки. Обробка здійснюється на токарному верстаті з ЧПК Токарний з ЧПК S50i Kovosvit MAS,a.s.

Даний верстат обладнаний системою Fanuc. Програмування процесу обробки виконується в САМ-системі FeatureCAM. Опції постпроцесора наведені на рисунку 2.1.

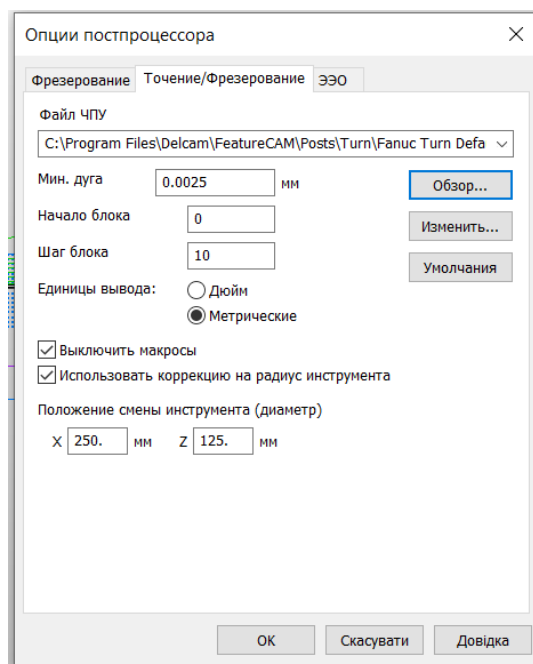


Рисунок 2.1 – Опції постпроцесора

2.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

					КНУ.КБР.131.26.1-			
Змін	Архв	№	ПідписП	Дат	МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ			
Розроб.Роз	Косенко							
Певевіп.	Цивінда							
Н. контр.Н.	НечаєвНечаєв							
Затверд.За	Рязанцев							
					Лім.Лі			
					Арк.Арк			
					АрквшівАркв			
					Кафедра ТМ			

Розміри заготовки визначаємо виходячи з припусків на механічну обробку і стандартних діаметрів прокату. Призначаємо припуск на максимальний діаметр (110 мм) 10 мм, на торці – по 5 мм сумарно. Звідки розміри заготовки: $\varnothing 120$ мм, $L = 250$ мм.

Імпортуємо в проєкт модель деталі для пришивидження розробки керуючої програми за рахунок автоматизації створення керуючих кривих та елементів. Результат наведено на рисунку 2.2.

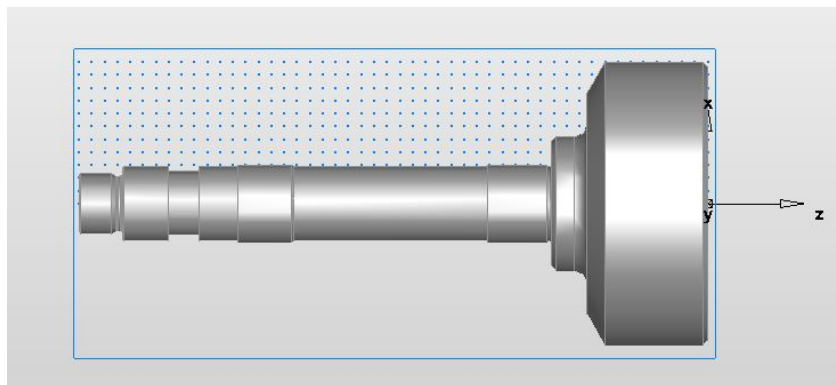


Рисунок 2.2 – Імпорт деталі у Autodesk FeatureCAM

На першому установі обробляємо найбільший діаметр для забезпечення максимальної жорсткості системи ВПІД протягом виконання токарної операції.

Розробляємо операції першого установка:

- 1) підрізання торця (припуск 3 мм);
- 2) точіння зовнішньої циліндричної поверхні з підрізанням фаски.

У параметрах операцій додаємо чистові проходи, щоб забезпечити необхідну точність та якість поверхонь.

Криву для зовнішнього обточування зображено на рисунку 2.3, результат обробки – на рис. 2.4, траєкторії переміщень інструментів – рис. 2.5.

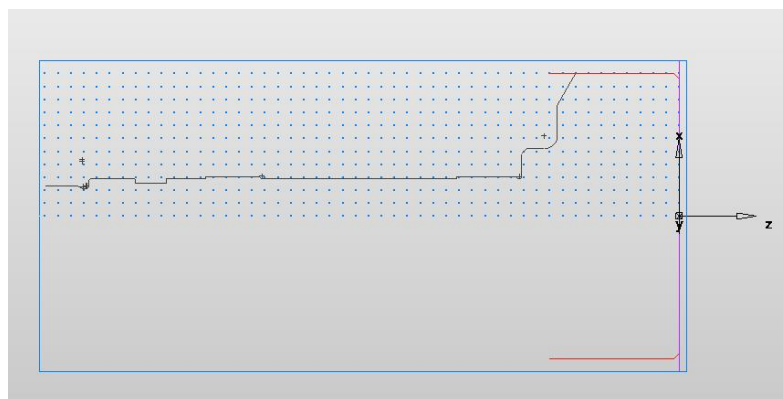


Рисунок 2.3 – Крива для обробки на першому установі

					КНУ.КБР.131.26.1-14.02.МПО	Арк
Зм	Арк	Но	Підри	Дя		

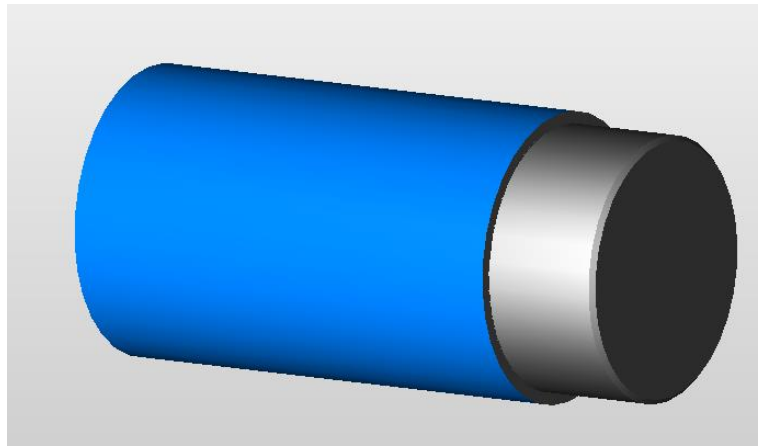


Рисунок 2.4 – Результат обробки першого установов

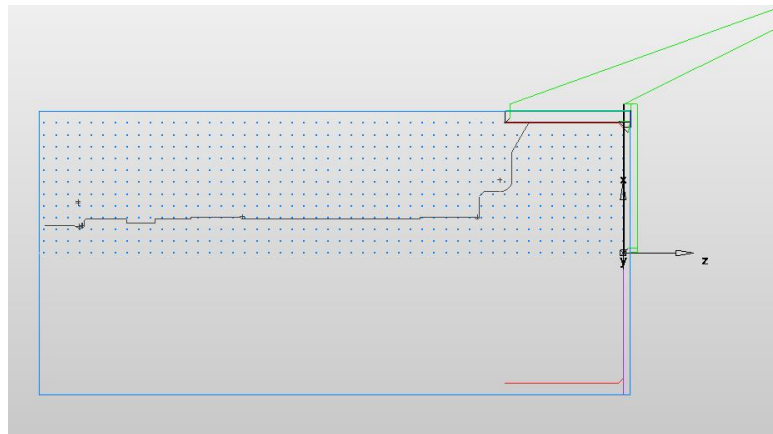


Рисунок 2.5 – Траєкторії переміщень інструментів на першому установі

Розробляємо операції другого установов:

- 1) підрізання торця;
- 2) точіння зовнішніх поверхонь з припуском на шліфування з підрізанням фасок;
- 3) прорізання канавок.

Різьблення M24x1,5-6g виконується після фрезерування пазів 5H12 для збереження цілісності витків. На поверхню Ø30 мм залишаємо припуск під шліфування 0,8 мм.

Крива для повздовжнього обточування наведена на рисунку 2.6. Для виконання цієї операції скористуємось токарним циклом багатопрохідного обточування G71. Це дозволить скоротити кількість кадрів в КП та спростити її аналіз і редагування. Задаємо початкову точку циклу: X120 Z3. Чистовий прохід виконуємо контурним різцем через наявність зворотнього скруглення.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.02.МПО	Арк
Зм	Арк	Но	Підри	Лс		

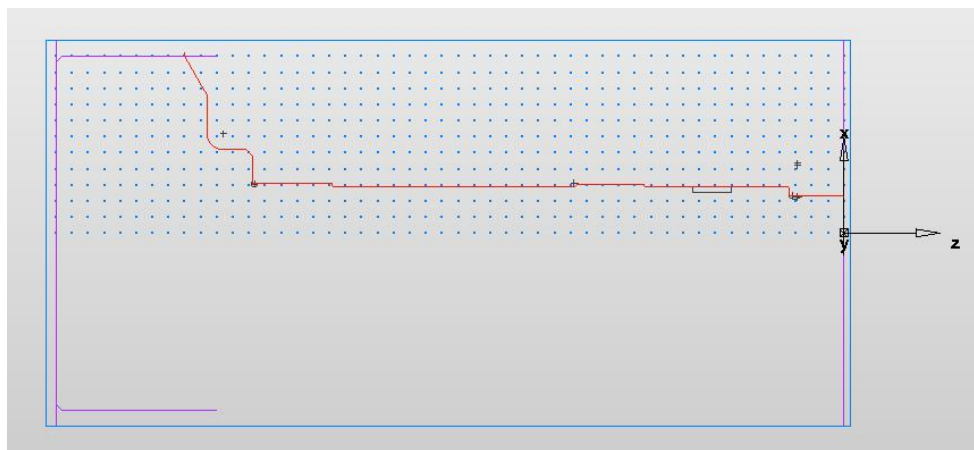


Рисунок 2.6 – Крива для повздовжнього обточування на другому установі

Результат обробки другого установка наведено на рис. 2.7, траєкторії переміщень інструментів – рис. 2.8, перелік створених операцій з режимами різання – рис. 2.9.

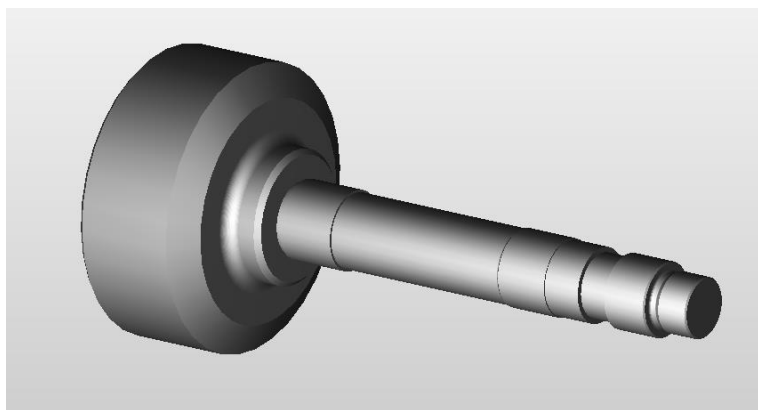


Рисунок 2.7 – Результат обробки другого установка

					КНУ.КБР.131.26.1-14.02.МПО	Арк
Зм	Арк	Но	Підри	До		

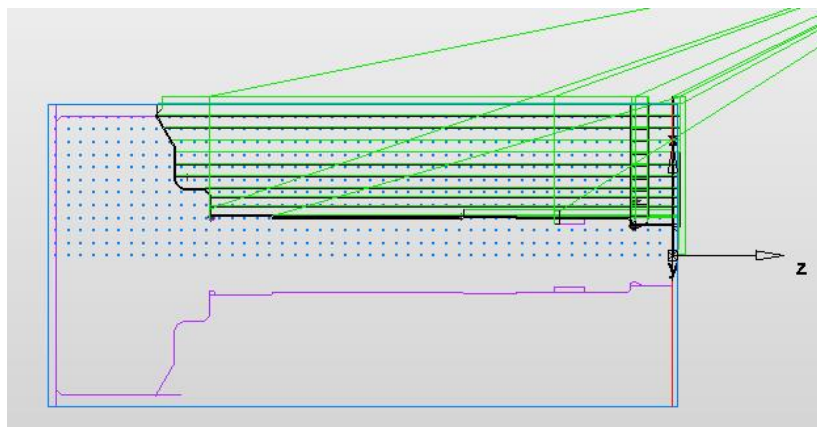


Рисунок 2.8 – Траєкторії переміщень інструментів на другому установі

Операция	Элемент	Инструмент	Подача	Скорость	Глубина
черн. проход 1	торець1	* SW_Tum_80m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 60.000 мм
чист.	торець1	SW_Tum_80m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 60.000 мм
черн. проход 1	точіння1	* SW_Tum_80m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 2.000 мм
чист.	точіння1	SW_Tum_80m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 2.000 мм
с_остановом	с_остановом1				
черн. проход 1	торець2	* SW_Tum_80m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 60.000 мм
чист.	торець2	SW_Tum_80m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 60.000 мм
черн. проход 1	точіння2	* SW_Tum_80m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 44.863 мм
чист.	точіння2	* SW_Tum_35m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 44.863 мм
черн. проход 1	канавка	* SW_Tum_35m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 1.177 мм
чист.	канавка	SW_Tum_35m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 1.177 мм
черн. проход 1	канавка4	* SW_Grv_10m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 2.000 мм
чист.	канавка4	SW_Grv_10m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 2.000 мм
черн. проход 1	канавка6	SW_Grv_2m_RH	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 1.150 мм
Результаты					

Рисунок 2.9 – Перелік створених операцій

Розробимо симуляцію обробки на верстаті – на рис. 2.10, 2.11.

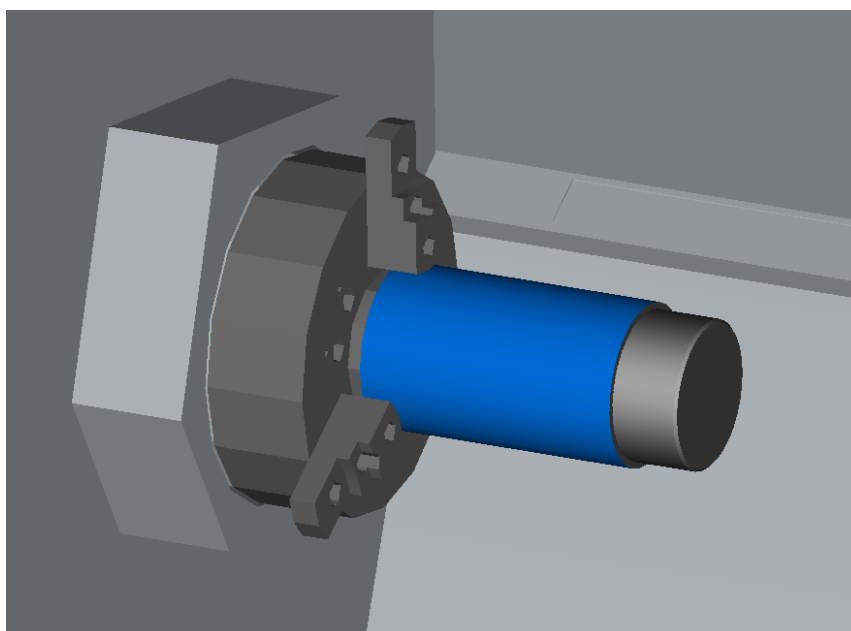


Рисунок 2.10 – Симуляція обробки на верстаті першого установка

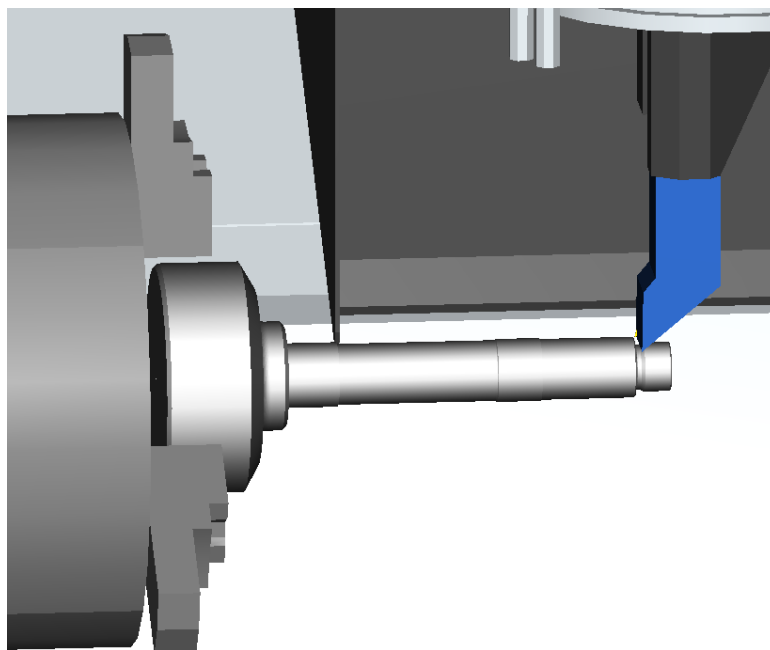


Рисунок 2.11 – Симуляція обробки на верстаті другого установа

Після моделювання обробки генеруємо керуючу програму, фрагмент якої наведено на рис. 2.12. Загальна кількість кадрів – 186. Машинний час обробки – 12 хв 33 с.

```
%
O0001( napivmufta)
N30 G21 G40
N40 G28 U0 W0
( ROUGH FACE )
N70 T101
N80 G50 S3000
N90 G96 S170 M3
N100 G0 X126.0 Z0.5 M8
N110 G1 X0.
N120 Z3.0
N130 X0.707 Z3.354
N140 G0 Z6.0
( FINISH FACE )
N160 G0 X126.0
N170 G50 S3000
N180 G96 S246
N190 G0 X126.0 Z6.0 M8
N200 Z0.
N210 G1 X0.
N220 X4.243 Z2.121
N230 G0 Z6.0
```

Рисунок 2.12 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

Додатково перевіримо створену керуючу програму у програмному забезпеченні CIMCO Edit. Траєкторії переміщень інструментів першого установа наведено на рис. 2.13, другого – 2.14, твердотільна верифікація – 2.15.

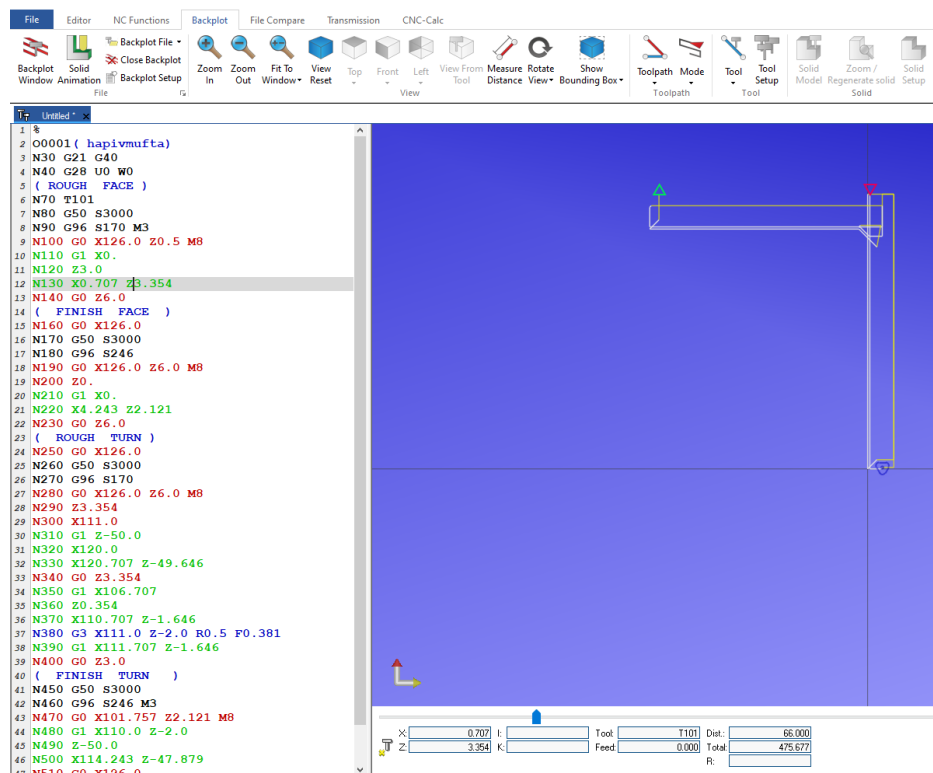


Рисунок 2.13 – Траєкторії переміщень інструментів першого установа у CIMCO Edit

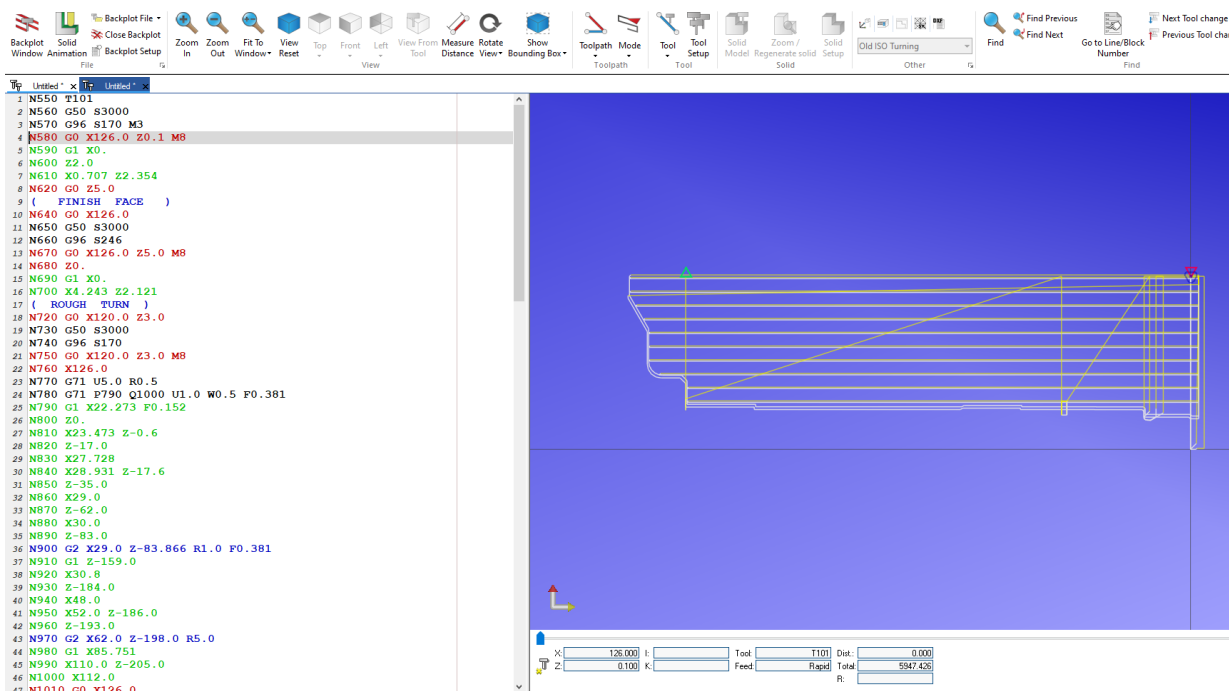


Рисунок 2.14 – Траєкторії переміщень інструментів другого установа у CIMCO Edit

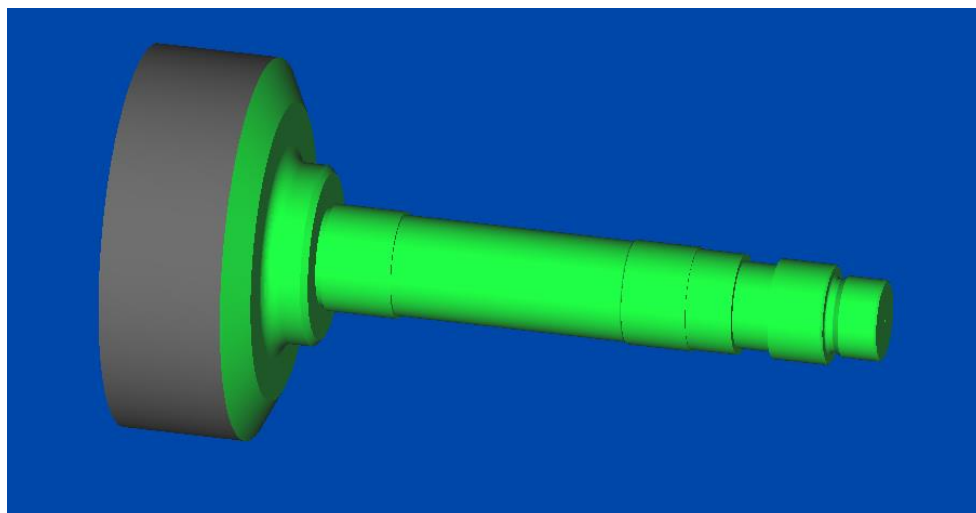


Рисунок 2.15 – Твердотільна верифікація обробки другого установу у
CIMCO Edit

ПОВНИЙ ТЕКСТ КП

```
%
O0001( hapiymufta)
N30 G21 G40
N40 G28 U0 W0
( ROUGH FACE )
N70 T101
N80 G50 S3000
N90 G96 S170 M3
N100 G0 X126.0 Z0.5 M8
N110 G1 X0.
N120 Z3.0
N130 X0.707 Z3.354
N140 G0 Z6.0
( FINISH FACE )
N160 G0 X126.0
N170 G50 S3000
N180 G96 S246
N190 G0 X126.0 Z6.0 M8
N200 Z0.
N210 G1 X0.
N220 X4.243 Z2.121
N230 G0 Z6.0
( ROUGH TURN )
N250 G0 X126.0
N260 G50 S3000
N270 G96 S170
N280 G0 X126.0 Z6.0 M8
N290 Z3.354
N300 X111.0
N310 G1 Z-50.0

N610 X0.707 Z2.354
N620 G0 Z5.0
( FINISH FACE )
N640 G0 X126.0
N650 G50 S3000
N660 G96 S246
N670 G0 X126.0 Z5.0 M8
N680 Z0.
N690 G1 X0.
N700 X4.243 Z2.121
( ROUGH TURN )
N720 G0 X120.0 Z3.0
N730 G50 S3000
N740 G96 S170
N750 G0 X120.0 Z3.0 M8
N760 X126.0
N770 G71 U5.0 R0.5
N780 G71 P790 Q1000 U1.0 W0.5 F0.381
N790 G1 X22.273 F0.152
N800 Z0.
N810 X23.473 Z-0.6
N820 Z-17.0
N830 X27.728
N840 X28.931 Z-17.6
N850 Z-35.0
N860 X29.0
N870 Z-62.0
N880 X30.0
N890 Z-83.0
N900 G2 X29.0 Z-83.866 R1.0 F0.381
```

					КНУ.КБР.131.26.1-14.02.МПО	Арк
Зм	Арк	Но	Підри	Дз		

N320 X120.0
 N330 X120.707 Z-49.646
 N340 G0 Z3.354
 N350 G1 X106.707
 N360 Z0.354
 N370 X110.707 Z-1.646
 N380 G3 X111.0 Z-2.0 R0.5 F0.381
 N390 G1 X111.707 Z-1.646
 N400 G0 Z3.0
 (FINISH TURN)
 N450 G50 S3000
 N460 G96 S246 M3
 N470 G0 X101.757 Z2.121 M8
 N480 G1 X110.0 Z-2.0
 N490 Z-50.0
 N500 X114.243 Z-47.879
 N510 G0 X126.0
 N520 G28 U0 W125.0
 N530 M01
 (2ust: ROUGH FACE)
 N550 T101
 N560 G50 S3000
 N570 G96 S170 M3
 N580 G0 X126.0 Z0.1 M8
 N590 G1 X0.
 N600 Z2.0

N1180 G3 X21.508 Z-14.365 R1061.441 F0.381
 N1190 G2 X21.427 Z-14.445 R0.698
 N1200 X21.371 Z-14.523 R0.686
 N1210 X21.33 Z-14.619 R0.631
 N1220 X21.32 Z-14.712 R0.624
 N1230 X21.401 Z-15.441 R10.503
 N1240 X21.586 Z-16.184 R11.041
 N1250 X21.759 Z-16.43 R0.724
 N1260 X22.139 Z-16.665 R0.942
 N1270 X22.714 Z-16.843 R0.984
 N1280 X23.3 Z-16.9 R0.784
 N1290 G1 X29.473
 N1300 G0 X126.0
 (FINISH GROOVE OUTER)
 N1320 G0 Z-9.914
 N1330 G50 S3000
 N1340 G96 S246
 N1350 G0 X126.0 Z-9.914 M8
 N1360 X26.514
 N1370 G1 X23.473 Z-12.5
 N1380 G3 X21.335 Z-14.314 R1061.341 F0.152
 N1390 G2 X21.243 Z-14.405 R0.798 F0.046
 N1400 X21.176 Z-14.5 R0.786
 N1410 X21.132 Z-14.606 R0.731
 N1420 X21.12 Z-14.714 R0.724
 N1430 X21.202 Z-15.45 R10.603 F0.152
 N1440 X21.388 Z-16.2 R11.141
 N1450 X21.586 Z-16.48 R0.824 F0.046
 N1460 X22.006 Z-16.739 R1.042 F0.152
 N1470 X22.639 Z-16.936 R1.084
 N1480 X23.3 Z-17.0 R0.884
 N1490 G1 X23.473

N910 G1 Z-159.0
 N920 X30.8
 N930 Z-184.0
 N940 X48.0
 N950 X52.0 Z-186.0
 N960 Z-193.0
 N970 G2 X62.0 Z-198.0 R5.0
 N980 G1 X85.751
 N990 X110.0 Z-205.0
 N1000 X112.0
 N1010 G0 X126.0
 N1020 G28 U0 W125.0
 (FINISH TURN)
 N1050 T303
 N1060 G50 S3000
 N1070 G96 S246 M3
 N1080 G0 X120.0 Z3.0 M8
 N1090 G70 P790 Q1000
 N1100 G0 X126.0
 (ROUGH GROOVE OUTER)
 N1120 G0 Z-12.551
 N1130 G50 S3000
 N1140 G96 S170
 N1150 G0 X126.0 Z-12.551 M8
 N1160 X29.646
 N1170 G1 X23.646

N1790 T505
 N1800 G50 S3000
 N1810 G96 S170 M3
 N1820 G0 X36.8 Z-184.0 M8
 N1830 G1 X28.5
 N1840 G0 X126.0
 N1850 G28 U0 W0
 N1860 M30
 %

					КНУ.КБР.131.26.1-14.02.МПО	Арк
Зм	Арк	Но	Підпис	Пд		

N1500 X27.716 Z-14.879
 N1510 G0 X126.0
 N1520 G28 U0 W125.0
 (ROUGH GROOVE: OUTER)
 N1550 T404
 N1560 G50 S3000
 N1570 G96 S170 M3
 N1580 G0 X35.0 Z-45.1 M8
 N1590 G1 X25.2
 N1600 G0 X35.0
 N1610 Z-46.9
 N1620 G1 X25.2
 N1630 G0 X35.0
 (FINISH GROOVE: OUTER)
 N1650 G0 Z-47.0
 N1660 G50 S3000
 N1670 G96 S246
 N1680 G0 X35.0 Z-47.0 M8
 N1690 G1 X25.0
 N1700 G0 X35.0
 N1710 Z-45.0
 N1720 X34.931
 N1730 G1 X25.0
 N1740 Z-47.0 F0.152
 N1750 G0 X126.0
 N1760 G28 U0 W125.0
 (ROUGH GROOVE: OUTER)

					КНУ.КБР.131.26.1-14.02.МПО	Арк
Зм	Арк	Но	Підруч	Лс		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

3.1 Розрахунок і проектування верстатного пристосування

Розроблене верстатне пристосування призначене для точного базування та надійної фіксації деталі «Напівмуфта» під час виконання операції фрезерування шпонкового паза. Конструктивна універсальність пристосування дозволяє використовувати його як для фрезерних, так і для інших видів механічної обробки (наприклад, свердління) за умови відповідного переналагодження.

Пристосування встановлюється безпосередньо на робочому столі верстата. Фіксація корпусу здійснюється болтами через спеціальні кріпильні пази. Застосування вбудованого пневматичного привода забезпечує інтенсифікацію виробничого процесу шляхом автоматизації циклу затискання-розтискання. Це дозволяє суттєво скоротити допоміжний час на установку заготовки та виключити необхідність ручної вивірки положення деталі.

Основою пристосування є корпус (1), у нижній частині якого виконано порожнину інтегрованого пневмоциліндра. Поршень (11) розділяє циліндр на дві робочі камери. Герметичність нижньої порожнини забезпечується за допомогою кришки (10) та прокладки (16).

На верхній площині корпусу змонтована плита (2), на якій встановлені дві V-подібні призми (3), що виконують роль настановних елементів. Для компенсації несиметричності конфігурації заготовки та запобігання її випадковому нахилу в процесі базування, конструкцією передбачено стійку (4) із підпружиненим допоміжним притискачем (13).

Функціонування пристосування здійснюється за наступним алгоритмом:

1. Робочий хід (затискання): Стиснене повітря з пневмомережі через штуцер (9) подається у верхню камеру пневмоциліндра. Під дією тиску поршень (11) разом зі штоком (6) здійснює вертикальне переміщення донизу. Зусилля через шток передається на основний затискний елемент (5), який жорстко фіксує напівмуфту на призмах.

2. Холостий хід (розтискання): Після завершення фрезерування потік повітря спрямовується в нижню камеру пневмоциліндра. Поршень зі штоком повертаються у вихідне верхнє положення, притискач (5) відходить від деталі, що дозволяє оператору здійснити її демонтаж.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ			
Змін	Архв	№	Підпис	Дат	КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА	Літ.	Арк.	Архвішів
Розроб.	Косенко							
Перевір.	Шивінда							
Н. контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ з ПМ-22		
Затверд.	Рязанцев							

3.2 Розрахунок похибок базування та закріплення у пристосуванні

Деталь встановлюється діаметрами $\varnothing 30_{-0,15}^{-0,10}$ на призми і підтискається прижимом для стійкішого положення деталі до прилягання сили затиску W . При такій установці деталь позбавлена всіх ступенів свободи.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.1)$$

1. Похибка базування при установці деталі в призму залежатиме від допуску на діаметр базуючої поверхні деталі, від кута призми α і розташування оброблюваної поверхні.

Відхилення діаметру деталі можуть вплинути на глибину оброблюваного паза.

Для даної схеми обробки, похибки базування визначається по формулі: [16, стр 32, табл. 4]

$$\varepsilon_{\delta} = \delta / 2 \left(1 + \frac{1}{\sin 45^{\circ}} \right), \quad (3.2)$$

де δ - допуск на діаметр циліндричної поверхні.

Діаметр циліндричної поверхні $\varnothing 30_{-0,15}^{-0,10}$, кут призми $\alpha = 90^{\circ}$, $\delta = 0,05$, тоді

$$\varepsilon_{\delta} = 0,05 / 2 \left(1 + \frac{1}{\sin 45^{\circ}} \right) = 0,06 \text{ мм}$$

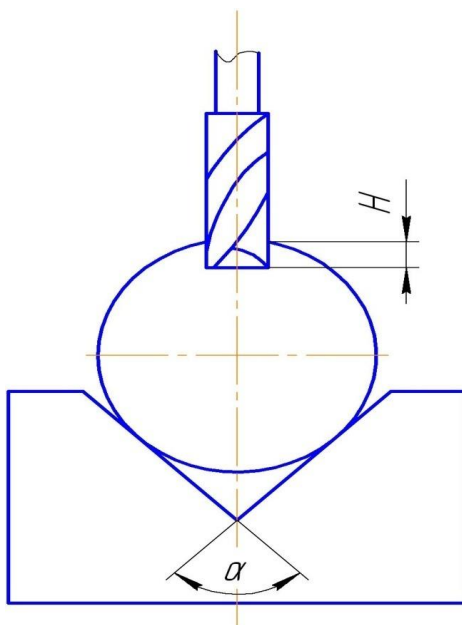


Рисунок 3.1 - Базування при установці деталі в призму

2. Похибка закріплення ε_z визначається як різниця між найбільшою та найменшою проекціями зсуву вимірювальної бази на напрямок виконаного розміру, що виникає під дією сили затиску W .

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ	Арк
Зм	Арк	Мо	Підри	До		

Основними вимогами до сили закріплення є забезпечення надійної фіксації заготовки на опорах пристосування та запобігання її зміщенню під дією сил різання. В обраній схемі базування (на V-подібні призми) положення деталі є статично визначеним та стійким. Оскільки вектор сили затиску W спрямований перпендикулярно до базових поверхонь, а жорсткість системи «заготовка–пристосування» є достатньою, суттєвих пружних деформацій або зміщень не спостерігається. Таким чином, для даного технологічного переходу приймаємо: $\varepsilon_z = 0$

3. Похибка положення заготовки ε_{np} . Похибка положення заготовки, зумовлена неточністю самого пристосування ε_{np} , є сумарним показником, що залежить від похибок виготовлення, складання, експлуатаційного зносу настановних елементів та точності встановлення самого пристосування на столі верстата.

Розрахунок проводиться за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2} = \sqrt{0,06^2 + 0,015^2} = 0,062 \text{ мм}$$

де: ε_{np} — похибка виготовлення та складання настановних елементів. Дана складова характеризує неточність геометричного розташування призм відносно корпусу та одна одної. Враховуючи технологічні можливості інструментального цеху, допуск на встановлення призм забезпечується в межах 15 мкм. Отже, приймаємо $\varepsilon_{np} = 0,015 \text{ мм}$.

ε_{zn} — похибка, викликана зносом настановних елементів. Враховуючи значну площу контакту між опорними поверхнями призм та шийками напівмуфти, питомий тиск у зоні контакту є невисоким. Це дозволяє прогнозувати мінімальний інтенсивний знос опор протягом міжремонтного циклу. Для спрощення розрахунків даною величиною можна знехтувати: $\varepsilon_{zn} = 0$

ε_{yc} — похибка встановлення пристосування на столі верстата. Забезпечується використанням направляючих шпонок та вивіркою пристосування за допомогою індикатора.

Для отримання придатних деталей, сумарна похибка при обробці деталі в даному пристосуванні повинна бути менше допуску на оброблюваний розмір деталі.

При обробці паза необхідно витримати розмір $18,8 \text{ h}12(-0,12)$.

Таким чином допуск на розмір 0,21 мм

$$\varepsilon_y < \delta$$

$$\varepsilon_y = 0,062; \delta = 0,21$$

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ	Арк
Зм	Арк	Но	Підпис	Лс		

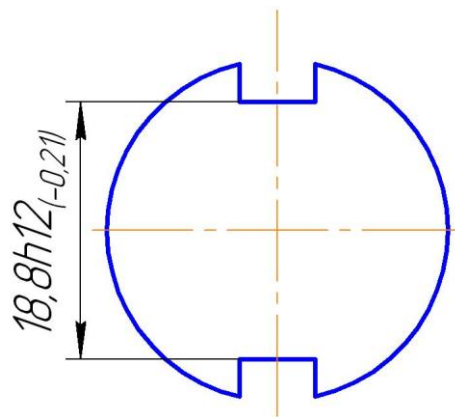


Рисунок 3.2 – Ескіз паза 18,8 h12(-0,12)

Оскільки паза два, то $\varepsilon_y = 0,124$

$0,124 < 0,21$

Пристосування придатне для експлуатації.

3.1.2 Розрахунок зусилля затиску заготовки в пристосуванні

Оброблювана деталь «Напівмуфта», зовнішньою циліндричною поверхнею встановлюється в призми з кутом $\alpha = 90^\circ$ і затискається силою W . Повороту деталі навколо її осі протидіють сили тертя, що виникають на поверхнях контакту деталі на поверхнях контакту деталі з установчими і затискними елементами пристосування (рисунок 3.3).

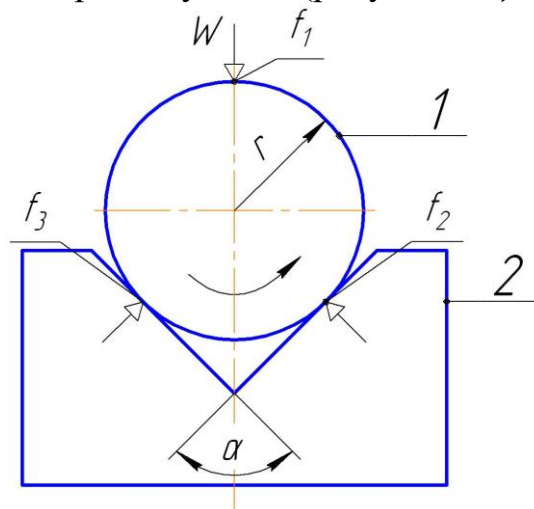


Рисунок 3.3 – Установка деталі в призмі з замимним елементом зверху

де 1–деталь;

2–призма.

Без урахування тертя на торці деталі: [16, стр 22]

$$KM = Wf_1r + Wf_2r \left[\frac{1}{\sin(\alpha/2)} \right] \quad (3.4)$$

звідки

$$W = \frac{KM}{\frac{f_1 r + f_2 r}{\sin(\alpha/2)}}, \quad (3.5)$$

де K – коефіцієнт запасу;

$K = 1,4 \dots 2,6$. Приймаємо $K = 1,5$

M – зрушуючий момент, прагнучий повернути оброблювану деталь навколо її осі.

Окружна сила різання P_z створює зрушуючий момент, який прагне повернути оброблювану деталь навколо її осі, тоді:

$$M = P_z r$$

Отже, формула для визначення сили затиску W , має вигляд:

$$W = \frac{K P_z r}{\frac{f_1 r + f_2 r}{\sin(\alpha/2)}}, \quad (3.6)$$

де $f_1 = f_2 = 0,15$ – коефіцієнти тертя між деталлю і установними і затискними елементами пневмоприспособлення.

Величину окружної сили різання при фрезеруванні шпоночного паза розраховують по формулі: [5, стр 444]

$$P_z = \frac{C_p t^{xp} S^{yp} B^{up} Z}{D^{dp} n^{wp}} K_p, \quad (3.7)$$

Фрезерування шпоночного паза виконуємо за допомогою кінцевої шпоночної фрези з швидкоріжучої сталі.

Відповідно до рисунка 6.4.

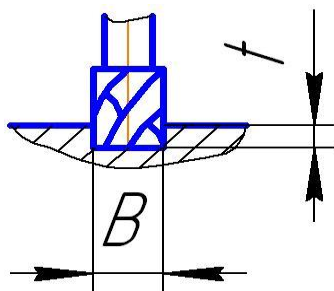


Рисунок 3.4 – Фрезерування шпоночного паза

$B = 5 \text{ мм}$ – ширина шпоночного паза;

$T = 2,6 \text{ мм}$ – глибина шпоночного паза;

$Z = 2$ – число зуб'їв фрези;

$D = 5 \text{ мм}$ – діаметр фрези.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ	Арк
Зм	Арк	Но	Підри	До		

Значення постійної C_p і показників ступеня приведені в [2, стр. 445, табл. 39].

$C_p = 68,2$; $X_p = 0,86$; $Y_p = 0,72$; $W_p = 0$; $q_p = 0,86$; $n^{wp} = n^0 = 1$; $I_p = 1$.

S_z – величина подачі на один зуб фрези. Відповідно до [5, стр. 439, табл. 34].

$S_z = 0,05 \dots 0,03$ мм. Вибираємо $S_z = 0,04$ мм.

K_p – загальний поправочний коефіцієнт на силу різання. Завдяки особливостям процесу різання при фрезеруванні, він залежить тільки від якості оброблюваного матеріалу, вираженого коефіцієнтом K_{mp} . Оброблюваний матеріал – сталь 18Х2Н4МА $\sigma_{\epsilon} - 85 \text{ кгс} / \text{мм}^2$

тоді [5, стр. 430, табл. 21]:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_{\epsilon}}{75} \right)^{np}, \quad (3.8)$$

$n_p = 0,3$ [5, стр. 430, табл. 22]

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{85}{75} \right)^{0,3} = 1,038$$

Обчислюємо окружну силу різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{68,2 \cdot 2,6^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 5^1 \cdot 2}{5^{0,86} \cdot 1} \cdot 1,038 = \frac{68,2 \cdot 2,27 \cdot 0,0985 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 1,038}{4} = 39,6 \text{ кГ}$$

Визначаємо силу затиску:

$$W = \frac{K P_z r}{\frac{f_1 r + f_2 r}{\sin(\alpha/2)}} = \frac{1,5 \cdot 39,6 \cdot 12}{\frac{0,15 \cdot 12 + 0,15 \cdot 12}{\sin 45^\circ}} = 140 \text{ кГ}$$

3.1.3 Розрахунок основних параметрів затискного механізму пневмопристосування

Оскільки затиск деталі проводиться без зусилля (без використання силових ланок), то зусилля затиску рівне зусиллю на штоку пневмопривіду:

$$W = iQ, \quad (3.9)$$

де $i = 1$ – передавальне відношення.

Зусилля на штоку для пневмоприводу двосторонньої дії, для штокової порожнини визначається по формулі (сила, що тягне): [5, стр. 430, табл. 21]

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P_{\epsilon} \eta, \quad (3.10)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ	Арк
ЗМ	ЛРК	МО	Підри	ЛС		

де $P_v = 4 \dots 6 \text{ кГ/см}^2$ – питомий тиск повітря в пневмосистемі. Приймаємо $P_v = 4 \text{ кГ/см}^2$

$\eta = 0,85$ – коефіцієнт корисної дії пневмопривода;

$d = (0,1 \dots 0,2)D$ – діаметр штока пневмоциліндра;

D – діаметр поршня.

Вибираємо $d = 0,2D$. Тоді:

$$D^2 - d^2 = \frac{4Q}{\pi P_v \eta}, \quad (3.11)$$

$$D^2 - 0,04D^2 = \frac{4Q}{\pi P_v \eta},$$

$$D^2(1 - 0,04) = 0,96D^2 = \frac{4Q}{\pi P_v \eta} \text{ или}$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi P_v \eta}}, \quad (3.12)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 140}{0,96 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 0,85}} = 7,39 \text{ см}$$

Вибираємо діаметр поршня пневмоциліндра (найближчий) із стандартного ряду діаметрів [15, стр. 232]:

$D = 80 \text{ мм}$

Визначуваний діаметр штока пневмоциліндра:

$d = 0,2 \cdot 80 = 16 \text{ мм}$

Згідно стандартного ряду діаметрів штоків (при діаметрі поршня $D = 80 \text{ мм}$):

$d = 25 \text{ мм}$

Таким чином при діаметрі поршня пневмоциліндра $D = 80 \text{ мм}$, устатковується (вибирається) діаметр штока 25 мм.

Визначимо максимальне зусилля на штоку циліндра пневмопривода з урахуванням вже відомих геометричних розмірів:

$$Q_{\max} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P_v \eta = \frac{3,14}{4} (8^2 - 2,5^2) 4 \cdot 0,85 = 0,785 \cdot 57,75 \cdot 4 \cdot 0,85 = 154 \text{ кГ}$$

3.1.4 Розрахунок на міцність деталей пневмоприспособлення

Розрахунок товщини стінки пневмоциліндра проводиться по формулі: [22, стр. 85]

$$S \geq \frac{P_v D}{2[\sigma_p]}, \quad (3.13)$$

де P_v – тиск повітря в пневмосистемі

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ	Арк
Зм	Лнк	МО	Підпис	Пс		

$$P_b = 4 \text{ кГ/см}^2;$$

D – діаметр поршня пневмоциліндра

$$D = 8 \text{ см};$$

$[\sigma_p]$ – допустима напруга, з урахуванням запасу міцності.

Для сталі, з якої виготовлений пневмоциліндр (точніше кажучи, в якій розточений циліндр)

$$[\sigma_p] = 500 \dots 600 \text{ кГ/см}^2, \text{ тоді}$$

$$S \geq \frac{4 \cdot 8}{2 \cdot 500} = 0,032 \text{ см}$$

Зазвичай розрахунок на міцність товщини стінок циліндра дає дуже незначні розміри. Циліндри з такими стінками не володіють достатньою жорсткістю, необхідною для виготовлення і експлуатації. Беручи до уваги [22, стор. 79, табл. 26] товщина стінки пневмоциліндра повинна бути не менше 6 мм.

6.1.5 Перевірка штока пневмоциліндру на розрив в опасну перетині – по внутрішньому діаметру різьби на його кінці (в місці кріплення поршня)

$$\sigma_p = \frac{\Theta_{\max}}{F_{\min}} \leq [\sigma_p] \quad (3.14)$$

де $\Theta_{\max}$ – максимальне зусилля, розвинене пневмоциліндром.

$F_{\min}$ - площа небезпечного перерізу.

$$F_{\min} = \frac{\pi d_1^2}{4} \quad (3.15)$$

де d_1 - 14,666 мм – внутрішній діаметр різьби [3. том 1. стр. 422].

$$F_{\min} = \frac{3,14 \cdot 14,666^2}{4} = 168,8 \text{ мм}^2.$$

Беручи до уваги, що $\Theta_{\max} = 154 \text{ кГ}$, $[\sigma_p]$ - допустима напруга на розтяг.

Для сталі 45 нормалізованої (саме з неї виготовлен шток пневмоциліндра):

$$[\sigma_p] = 200 \text{ МПа} [3. том 1. стр. 86].$$

$$\sigma_p = \frac{154}{168,8} = 0,9 \text{ МПа}, \text{ таким чином виконується умова: } \sigma_p \leq [\sigma_p] = 200 \text{ МПа}.$$

Це означає, що шток пневмоциліндра витримає на розрив в небезпечному розрізі.

3.2 Проектування контрольного пристосування

Проектоване контрольне пристосування призначене для контролю биття на деталі «Напівмуфта». Необхідно контролювати радіальне биття на діаметрі $\varnothing 30_{-0,15}^{-0,10}$. Такий контроль можна здійснити спеціальним пристосуванням, в якому використовується індикаторні засоби вимірювання.

Деталь необхідно встановити в певному положенні, щоб забезпечити контроль по всій поверхні, що перевіряється. Биття задається щодо осі.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ	Арк
Зм	Лист	Лист	Підпис	Лист		

Обробка базової поверхні проводиться при встановленій в центрах деталі (див. тех. процес), тобто базою можна вважати вісь деталі, то і контроль можна проводити щодо осі деталі. Таким чином, кращим варіантом є установка в центрах, що забезпечує вільне обертання деталі і контроль по всій поверхні.

3.2.1 Опис конструкції і принципу роботи пристосування

Основою контрольно-вимірального пристосування є корпус (1), який нижньою площиною базується на перевірочній плиті. На корпусі змонтовані дві бабки: нерухома (передня) та рухома (задня). Можливість переміщення рухомої бабки по спеціальних напрямних пазах дозволяє адаптувати пристрій для контролю деталей різної довжини.

Для встановлення засобів вимірювання на корпусі передбачені дві індикаторні стійки з регульованими тримачами. Функціонально пристрій розподілений наступним чином:

Контроль радіального биття: здійснюється за допомогою індикаторної стійки (4) та тримача (6).

Контроль торцевого биття: забезпечується стійкою (5) із тримачем (7).

Універсальність пристосування досягається завдяки можливості регулювання положення індикаторів за висотою та вильотом, що дозволяє налаштовувати їх під різні типорозміри виробів.

Процес контролю розпочинається зі встановлення деталі в центри. Для цього за допомогою рукоятки відводять центр рухомої бабки, розміщують деталь і фіксують її.

Наступним етапом є налаштування виміральної системи:

1. Індикаторні головки підводять до відповідних поверхонь напівмуфти (торцевої та циліндричної).

2. За допомогою тримачів встановлюють вимірвальні наконечники в робоче положення, забезпечуючи попередній натяг стрілки індикатора на 2–3 поділки шкали.

3. Шкали індикаторів виставляють на нульову позначку.

4. Здійснюють плавне повертання деталі в центрах на 360°.

Результатом контролю є максимальна амплітуда коливань стрілки індикатора (різниця між найбільшим і найменшим значеннями), що відповідає фактичному биттю поверхні.

3.2.2 Призначення точності контролю і розрахунок похибки пристосування

Радіальне биття, що допускається, на деталі «Напівмуфта» складає 0,02мм, а допустиме торцеве биття – 0,03мм. Для проведення таких вимірювань використовується індикатор багатооборотний 2МІГ ДСТУ EN ISO 13385-1:2022 з ціною ділення 0,002мм і межею вимірювання 1мм.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ	Арк
Зм	Лист	Лист	Підпис	Лист		

Похибка вимірювання даним контрольним пристосуванням має великий вплив на результат вимірювання. Тому, похибки, що вимірюються, необхідно нормувати. Для нашого випадку похибка повинна складати 30% від значення биття, що допускається. Таким чином похибка вимірювання торцевого биття:

$$0,03/100 \times 30 = 0,009 \approx 0,01 \text{ мм}$$

$$0,02/100 \times 30 = 0,006 \approx 0,01 \text{ мм}$$

Сумарна похибка вимірювання визначається рядом її складових:

а) похибка базування – ε_{δ} ,

б) похибка установки – ε_y

в) похибка настройки – ε_n

г) похибка засобів вимірювання – $\varepsilon_{из}$

Основні складові похибки підкоряються закону нормального розподілу Гауса, тому і сумарна похибка підкоряється тому ж закону.

Визначення сумарної похибки вимірювання σ_{Σ} слід проводити по правилах квадратичного підсумовування похибок, що становлять:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{\delta}^2 + \sigma_y^2 + \sigma_n^2 + \sigma_{из}^2} \quad (3.16)$$

Похибка базування залежатиме від точності базування деталі при контролі.

При установці деталі в центрах повністю вибираються зазори в місці контакту конусних поверхонь центрових отворів деталі і конусних поверхонь центрів. Тому похибка базування можна вважати рівною 0, якщо немає зсуву осей центрів щодо один одного.

У проектуваному контрольному пристосуванні допустимий зсув осей не більш 0,01 мм. Виникає перекис деталі. Кут перекосу можна знайти із співвідношення:

$$\operatorname{tg} \alpha = C / l \quad (3.17)$$

де C – зсув осей центрів;

l – довжина деталі

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,01 / 245 = 0,00004$$

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ	Арк
Зм	Арк	Но	Підпи	Па		

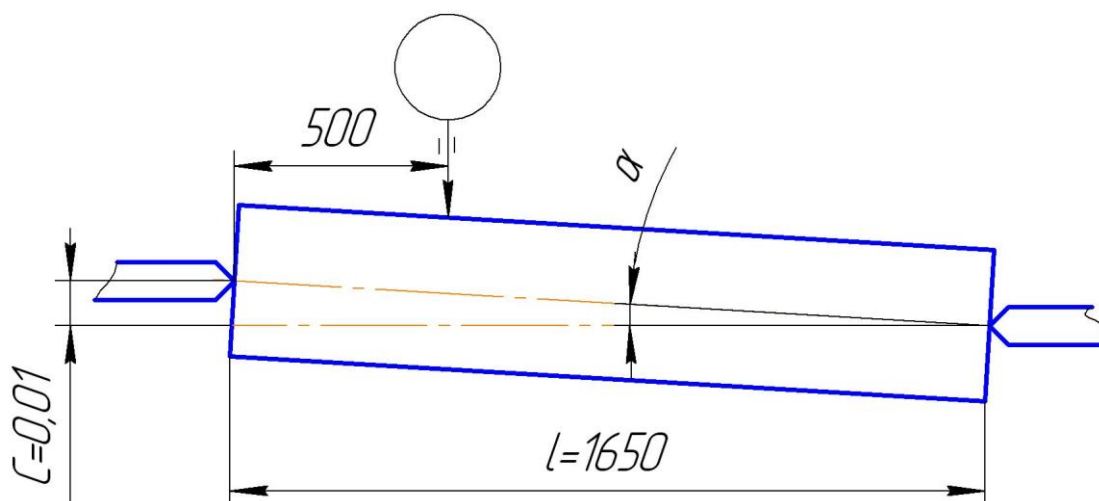


Рисунок 3.5 – Схема контролю деталі

Величина похибки залежить від місця контролю.

Радіальне биття контролюється на відстані 70 мм від лівого торця деталі.

Можлива похибка базування:

$$\sigma_{\text{бп}} = 70 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3.18)$$

$$\sigma_{\text{бп}} = 70 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,0028 \text{ мм}$$

Торцеве биття вимірюється на відстані 22 мм від осі деталі.

$$\sigma_{\text{бт}} = 22 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3.19)$$

$$\sigma_{\text{бт}} = 22 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,0009 \text{ мм}$$

Похибка установки залежить від точності установки індикаторних стійок. При виготовленні контрольних пристосувань пред'являються високі вимоги до точності виготовлення деталей пристосування. Тому можна рахувати можливу похибку – за перекосу стійкий $\sigma_y = 0,005 \text{ мм}$.

Похибка настройки виникає при настройці пристосувань по еталону. В даному випадку ми проводимо пряме вимірювання контрольованої величини, і похибка настройки відсутня $E_n = 0$.

Похибка індикатора 1МІГ составляет 0,002 мм

Сумарну похибку пристосування знаходимо по формулі:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{из}^2} \quad (3.20)$$

Для контролю торцевого биття отримуємо похибку:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{0,0028^2 + 0,005^2 + 0,002^2} = 0,006$$

Допустима похибка $\varepsilon_y = 0,006$

Необхідна умова: $\Sigma \varepsilon \leq \varepsilon_\delta$

$$\Sigma \varepsilon = \varepsilon_\delta$$

Для контролю радіального биття отримуємо похибку:

$$\varepsilon_\Sigma = \sqrt{0,0009^2 + 0,005^2 + 0,002^2} = 0,005$$

Допустимая похибка $\varepsilon_y = 0,01$

Необхідна умова: $\Sigma \varepsilon \leq \varepsilon_\delta$

$$\Sigma \varepsilon = 0,005 < \varepsilon_\delta = 0,01$$

Таким чином, спроектоване пристосування можна використовувати для контролю.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.03.КПВ	Арк
Зм	Лист	Но	Підпис	Дат		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

Порівняння варіантів обробки на універсальному верстаті 6P13 і верстаті з Вертикальний обооблюючий центр MCV100 RAPID Kovosvit MAS,a.s. , при однакових заготовках, представляємо в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Порівняння варіантів обробки

№ з/п	Найменування показників	Базовий	з ЧПК
1	2	3	4
1	Модель верстата	6P13	Вертикальний обооблюючий центр MCV100 RAPID Kovosvit MAS,a.s.
2	Оптова ціна верстата, грн, $C_{ст}$	225000	250000
3	Маса верстата, кг	4200	5600
4	Габарити верстата, LxB, мм	2500x2260	3620x4150
5	Площа верстата в плані f, м ²	5,78	15
6	Встановлена потужність електродвигунів, кВт	11	7,5
7	Категорія ремонтної складності од. РМ РЕ	15 16	15 28

					КНУ.КБР.131.26.1-14.04.ОЕП			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА			
Розроб.	Косенко							
Перевір.	Пивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ з ПМ-22			

1	2	3	4
8	Разряди роботи: станочника наладчика	5 -	4 5
9	Кількість обслуговуваних верстатів в зміну: верстатник наладчик	1 -	1 1,5
10	Річна програма випуску деталей N, шт	200	200
11	Штучний час, оп. 035 $T_{шт}, хв$	2,12	0,98
12	Штучно – калькуляційний час опер. 035, $T_{шт}, мин$	2,17	1,03
13	Штучно – калькуляційний час на попередній і виконуваний опер. $\sum T_{шт}, мин,$ н/г	6,06 0,1	4,92 0,082
14	Годинна тарифна ставка: верстатника $З_о$, грв наладчика $З_о$, грв	3,26 -	3,09 3,02
15	Вартість заготовки, грв	40,2	40,2

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
16	Дійсний річний фонд часу роботи устаткування $F_{дс}$, год в 2 зміни	4015	4015
17	Коефіцієнт завантаження верстатів η	0,82	0,6
18	Коефіцієнт виконання норм $K_{в.м.}$	1,1	1,1
19	Дійсний річний фонд часу роботи робочого в 1 зміну $F_{др}$, год	1860	1860

Розрахунок показників приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Розрахунок показників

№ п/п	Найменування показників	Базовий	з ЧПК
1	2	3	4
1	Трудомісткість приведеної річної програми випуску для верстата з ЧПК $T_{шт\kappa} = \eta \cdot F_{\partial} \cdot \kappa_{в.м.}$, год		$0,6 \cdot 4015 \cdot 1,1 = 2650$

1	2	3	4
2	Приведена річна програма випуску $N_{шт} = \frac{T_{шт} \cdot 60}{T_{шт}}, \text{ шт}$		$\frac{2650 \cdot 60}{0,98} = 162245$
3	Трудомісткість приведеної програми випуску для верстатів базового варіанту $T_{шт} = \frac{T_{шт} \cdot N_{пр}}{60}, \text{ н/год}$	$\frac{2,12 \cdot 162245}{60} = 5733$	
4	Розрахункове число верстатів $n_p = \frac{T_{шт}}{F_o \cdot \kappa_{в.н.}}, \text{ шт}$	$\frac{5733}{4015 \cdot 1,2} = 1,3$ приймаємо 2 верстата	$\frac{2650}{4015 \cdot 1,1} = 1,6$ приймаємо 1 верстат
5	Розрахункове число основних робочих $P_o = \frac{T_{шт}}{F_{до} \cdot \kappa_{в.н.} \cdot t}, \text{ чел}$	$\frac{5733}{1860 \cdot 1,1 \cdot 2} = 1,4$ приймаємо 2 чол.	$\frac{2650}{1860 \cdot 1,1 \cdot 2} = 0,65$ приймаємо 1 чол.
6	Кількість наладчиків	-	приймаємо 1 чол.

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
7	Кількість найменувань однотипних деталей, що обробляються на верстатах з ЧПК	-	$\frac{162245}{2000} = 81,1$
8	Балансова вартість 1 верстата $\Sigma C = 1,122 \cdot S_{ст}, \text{ грн}$	$1,122 \cdot 225000 = 274500$	$1,122 \cdot 250000 = 305000$
9	Балансова вартість верстата на приведену програму випуску $\Sigma C = C \cdot n_p, \text{ грн}$	$274500 \cdot 2 = 549000$	$305000 \cdot 1 = 305000$
10	Розрахунок заробітної плати основних робочих $Z_o = 1,167 \cdot T_{шт} \cdot c \cdot P_o$	$1,167 \cdot 5733 \cdot 2 \cdot 3,26 = 43621$	$1,167 \cdot 2650 \cdot 1 \cdot 3,09 = 9555$
11	Заробітна плата наладчика $Z_n = \frac{Z'_n \cdot n_n \cdot \kappa_{см} \cdot F_p}{t}$	-	$\frac{3,021 \cdot 1,2 \cdot 1860}{2} = 3371$
12	Річний фонд зар. плати $C_z = Z_o + Z_n$	43621	$9555 + 3371 = 12926$

Розрахунок експлуатаційних витрат в зміну

1	2	3	4
13	Розрахунок на експлуатацію спец. пристосувань $A_p = \frac{S_{np} \cdot D \cdot B}{n_p}, \text{ грв}$	$\frac{520 \cdot 10 \cdot 1,3}{2} = 3380$	$\frac{520 \cdot 5 \cdot 1,6}{1} = 4160$
14	Амортизація устаткування $A_o = \frac{\sum C \cdot \alpha}{100}, \text{ грв}$	$\frac{549000 \cdot 12}{100} = 65880$	$\frac{305000 \cdot 12}{100} = 36600$
15	Амортизація будівель і споруд $A_z = H_{nn} \cdot K_{cd} \cdot K_{ff} \cdot n_n, \text{ грв}$	29000	29000
16	Витрати на підготовку і експлуатацію керуючих програм $n_y = \frac{K_{yn} \cdot K_z \cdot D}{n}$	-	$\frac{3 \cdot 1,1 \cdot 5}{1} = 17$
17	Витрати на поточний ремонт і обслуговування устаткування $P_o = (H_n \cdot P_n + H_z \cdot P_z) \cdot n, \text{ грв}$ або 8% от $S_{ст}$	$6500 \cdot 0,08 = 520$	$40500 \cdot 0,08 = 3240$
27	Вартість спец. пристосувань $K_{np} = S_{np} \cdot D \cdot n_{np}, \text{ грв}$	$\frac{520 \cdot 10 \cdot 2}{0} = 10400$	$520 \cdot 5 \cdot 1 = 2600$

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
28	Економічні витрати у зв'язку з вивільненням працівників $K_{нк} = \Delta Z \cdot 1000, \text{ грв}$	-	$(2-1) \cdot 1000 = 1000$
29	Разом капітальних витрат $K = (\sum C + K_{an} + K_{zd}) + (K_{nt} + K_{np} - K_{нк})$	$549000 + 555 + 20928 + 10400 = 580883$	$305000 + 840 + 20433 + 2600 + 360 = 329233$
30	Приведені витрати $C = C_m + \mathcal{E}_p + E_n \cdot K, \text{ грв}$	$43621 + 98780 + 0,15 \times 46463 = 580883$	$12926 + 113777 + 0,15 \times 69673 = 67153$
31	Річний економічний ефект від застосування верстата з ЧПК $\mathcal{E}_z = C_1 - C_2, \text{ грв}$	$580883 - 67153 = 82216$	31

Як видно з розрахунку від застосування верстата Вертикальний обооблюючий центр MCV100 RAPID Kovosvit MAS,a.s. річний економічний ефект складе 82216грв.

4.2 Аналіз небезпечних чинників та заходи безпеки при виконанні шліфувальних операцій

На заключних етапах механічної обробки деталі «Напівмуфта», для досягнення заданих параметрів шорсткості та точності поверхонь, передбачено виконання шліфувальних операцій. Враховуючи високу кутову швидкість інструменту та специфіку абразивної обробки, даний процес належить до робіт із підвищеною небезпекою.

4.2.2 Ідентифікація небезпечних та шкідливих виробничих чинників:

При експлуатації шліфувального обладнання основними джерелами ризику є:

1. Механічне травмування: прямий контакт із робочою поверхнею інструменту на робочих швидкостях.
2. Руйнування інструменту: ризик відльоту уламків шліфувального круга внаслідок його пошкодження, порушення режимів різання або дефектів кріплення.
3. Аерозольне забруднення: утворення дрібнодисперсного абразивного пилу, металевих частинок та газів.
4. Фізичні чинники: іскроутворення, високий рівень шуму та вібрації.

4.2.2 Вимоги до шліфувального інструменту та обладнання

Відповідно до нормативних вимог, у процесі виробництва дозволяється використовувати лише той інструмент, що пройшов сертифікацію за відповідними стандартами:

ДСТУ EN 12413 — для абразивних інструментів на зв'язці.

ДСТУ EN 13236 — для алмазних та ельборових шліфувальних інструментів.

4.2.3 Технічний контроль перед експлуатацією:

- 1) Перед початком роботи обов'язковим є візуальний огляд круга на наявність тріщин та сколів.
- 2) Перевірка терміну придатності (згідно з DIN EN 12413): маркування місяця та року виготовлення на армуючому кільці є критичним, оскільки з часом міцність зв'язки може знижуватися.
- 3) Відповідність паспортних характеристик верстата та інструменту (максимальна робоча швидкість обертання V_{max}).

4.2.3 Організаційно-технічні заходи безпеки

Для мінімізації ризиків заклинювання або поломки інструменту при обробці напівмуфти необхідно дотримуватися наступного регламенту:

					КНУ.КБР.131.26.1-14.04.ОЕП	Арк
Зм	Лри	Но	Підпи	Лд		

1. Монтаж та затискання: Використовувати лише справні затискні фланці. Слід уникати надмірного зусилля при зтягуванні кондуктора, щоб не створити внутрішніх напружень у тілі круга.

2. Пробний пуск: Після кожної зміни інструменту необхідно проводити пробний пуск на робочій швидкості протягом щонайменше 30 секунд із встановленим захисним кожухом. Оператор повинен перебувати поза зоною можливого вильоту уламків.

3. Режими обробки: Запуск головного руху різання здійснюється виключно за умови відсутності контакту між кругом та заготовкою. Подача повинна бути пальною, без різких ударних навантажень.

4.2.4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) та санітарні норми

Для захисту персоналу в зоні обробки впроваджуються такі засоби:

1. Захист органів зору: Окуляри або щитки за стандартом EN 166 (клас В).

2. Захист шкірних покривів: Спецодяг та рукавички з рівнем захисту не нижче EN 388 (категорія 2)

3. Захист органів дихання: Обов'язкове використання систем витяжної вентиляції. При сухому шліфуванні рекомендується застосування респіраторів класу EN 149.

Експлуатація шліфувального верстата зі знятими або пошкодженими захисними кожухами категорично заборонена. Повна зупинка шпинделя повинна бути зафіксована візуально перед залишенням робочого місця або зміною заготовки

.

4.3 Планування цеху

З урахуванням усіх факторів, що впливають на вибір типу конструкції та розмірів виробничої будівлі, приймаємо таку схему будівлі:

Приймаємо рекомендовану сітку колон для середнього машинобудування $L \times l = 18 \times 6$ м.

Висота будівлі $H = 108$ м;

Довжина будівлі – 54 м; крок колон по периметру будівлі дорівнює 6 м-коду.

Уточнена площа цеху становить 972 м^2 з урахуванням розвитку.

Будівля одноповерхова з добудовою для побутових та адміністративних приміщень (на плані цеху не показуємо).

Рисуємо план цеху в масштабі 1:100.

Виконуємо компунувальний план цеху. Розставляємо обладнання.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.04.ОЕП	Арк
Зм	Лри	ЛО	Підри	Ла		

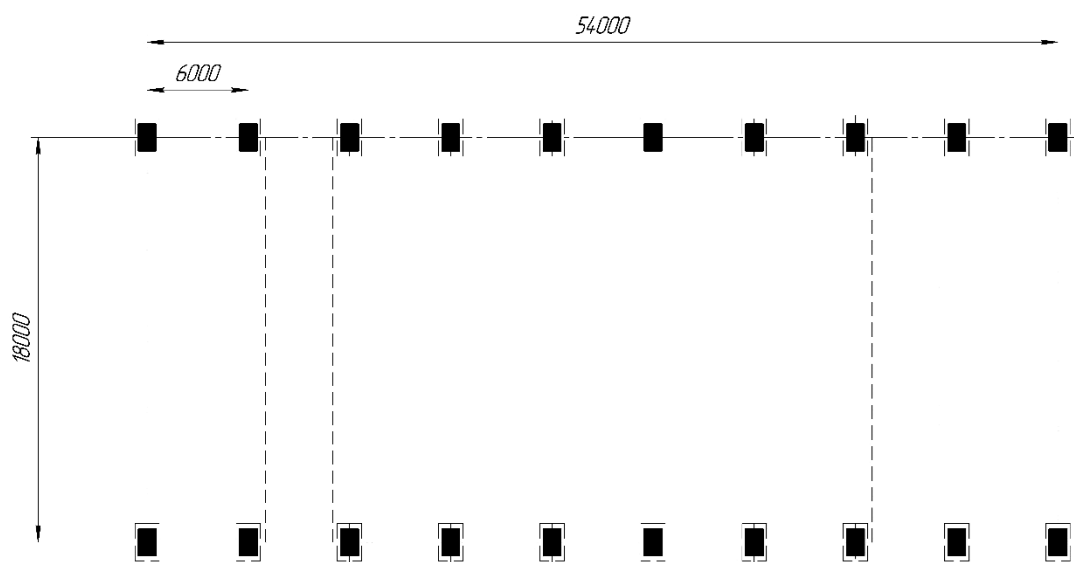


Рисунок 4.1 - Сітка колон проектуємого цеха

ВИСНОВОК

Дана робота представляє собою конструкторсько-технологічну підготовку виробництва деталі напівмуфта в умовах середньо серійного виробництва.

Газоперекачуючий агрегат – машина задіяна у виробництві, може вдосконалюватись, тому розробка більш досконалих технологічних процесів на базі верстатів з ЧПК, сучасної технологічної підготовки виробництва призведе до зниження собівартості виготовлення деталі напівмуфти та складання вузлів, підвищення якості поверхонь, продуктивності праці.

В проекті вся послідовність від конструкторського аналізу складального вузла приводу стартера ГПА-10 до економічних розрахунків супроводжувалась технічними рішеннями, висновками та техніко-економічними розрахунками.

Були проведені техніко – економічні обґрунтування вибору методів отримання заготовки враховуючи заміну матеріала і вибору обладнання з ЧПК.

Технологічні процес виготовлення деталі напівмуфта може бути використаний як типовий. При збільшенні програми випуску за рахунок кооперації ефективність проекту можна підвищити.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.В					
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат						
Розроб.		Косенко			ВИСНОВОК			Літ.	Арк.	Арквшів
Перевір		Півніда								
Н. контр.		Нечаєв						Кафедра ТМ зп ПМ-22		
Затверд		Рязанцев								

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-860 с.
3. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с. URL: <http://surl.li/fmeiv>
4. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
5. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
- 6.ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
- 7.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 8.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
9. Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування“ до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024.
- 10.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
11. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ, 1996.
- 12.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
13. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
14. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
- 15.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
- 16.Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
- 17.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.

					КНУ.КБР.131.26.1-14.СВД					
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			Лім.	Арк.	Арквшів
Розроб.	Косенко									
Перевір	Цивінда									
Н. контр.	Нечаєв									
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ з ПМ-22					

18.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстаті з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2025.

19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник. – Львів: Афіша, 2005.

20.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).

21.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).

22.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготування виробництва. Основні терміни та визначення.

23.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.

24.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).

25.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення

26.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).

27.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013

28.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

ДОДАТКИ

Взам.														
Подл.									Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
								Листов				Лист		
Разраб.														
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.														
Н. Контр.														
«Затверджую» Зав. кафедрою технології машинобудування _____ (Рязанцев А.О.) «__» _____ 2026г. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі напівмуфта Виріб привід стартера СОГЛАСОВАНО: Керівник _____ (Цивінда Н.І.) Розробник _____ (_Косенко М.І..) Н.контроль _____ (Нечаєв В.П.) .														
ТП		ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС												

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Напівмуфта приводу стартера» з використанням
CAD/CAM технологій

Проектував ст.гр. ПМ-22

Микола КОСЕНКО

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

Василь НЕЧАСЬ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

м.Кривий Ріг
2026 р.

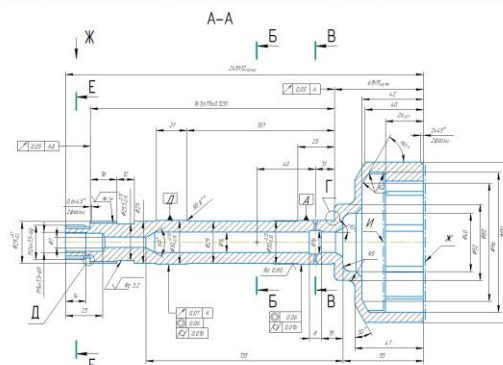
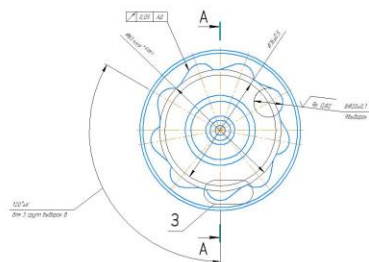
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Графична частина			
	A1			КНУ.КБР.131.26.1-14.КН	Креслення напівмуфти	1		
	A1			КНУ.КБР.131.26.1-14.КЭН	Креслення заготовки напівмуфти	1		
	A1			КНУ.КБР.131.26.1-14.КЕО	Креслення ескізів операцій	1		
	A1			КНУ.КБР.131.26.1-14.КВІН	Креслення верстатно-інструментальних налагоджень	1		
	A1			КНУ.КБР.131.26.1-14.КВП	Креслення верстатного пристосування	1		
	A1			КНУ.КБР.131.26.1-14.ККП	Креслення контрольного пристосування	1		
Подп. и дата								
Инв. № дубл.	A1							
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.26.1-14.ВО		
	Разраб.	Косенко				Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Цибінда					1	2
	Н.контр.	Нечасов				каф.ТМ		
	Утв.	Рязанцев				ПМ-22		

Відомість електронних документів КБР

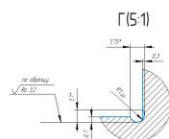
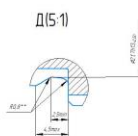
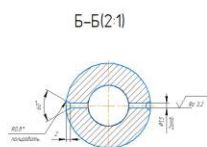
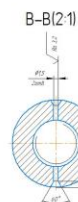
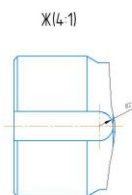
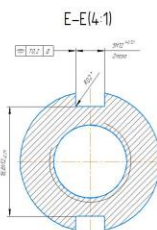
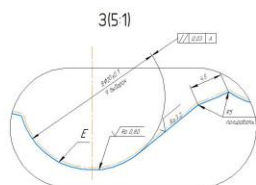
Копіравал

Формат А4

✓ Ra 6.3 (✓)



Назва	n	?
Кое е злато	z	28
Високият свят	-	ГЕР 8333-40
Светият свят	-	2
Дом на света	h	1133.43
Дом на света	h	0.08
Дом на света	h	0.025
Всичко	-	4.2
Всичко	n	10 ⁴

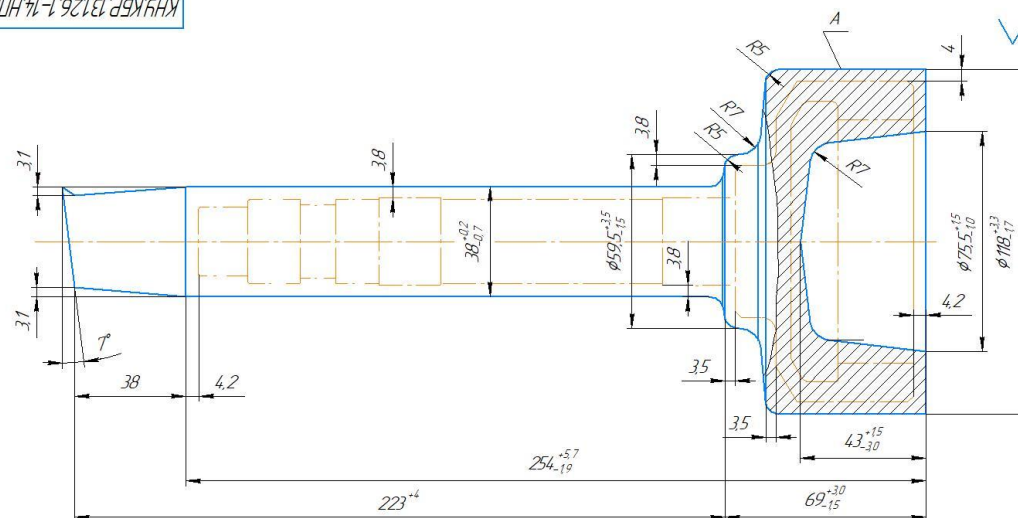


1. 277,321 HB
2. Подпись Е. К. И. (инженеру) в 06.07.99г. младший № 57
HRC
3. *Пропуск для детей:
4. *Пропуск железнодорожному транспорту
5. HRC, HRC ± 17%
75
6. Пропуск на транспорт

[illegible]

KHY.KBP.13126.1-14.H111

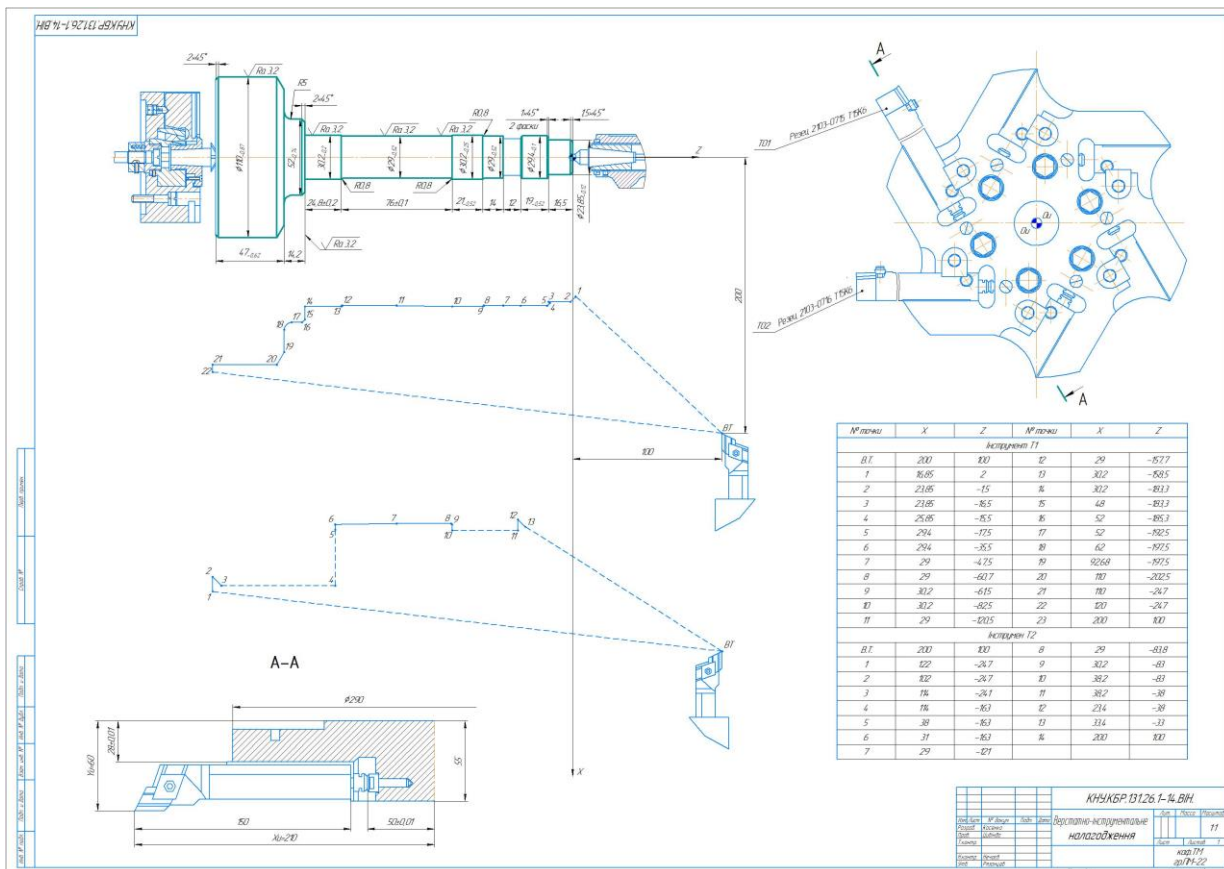
$\sqrt{Ra_{25}}$

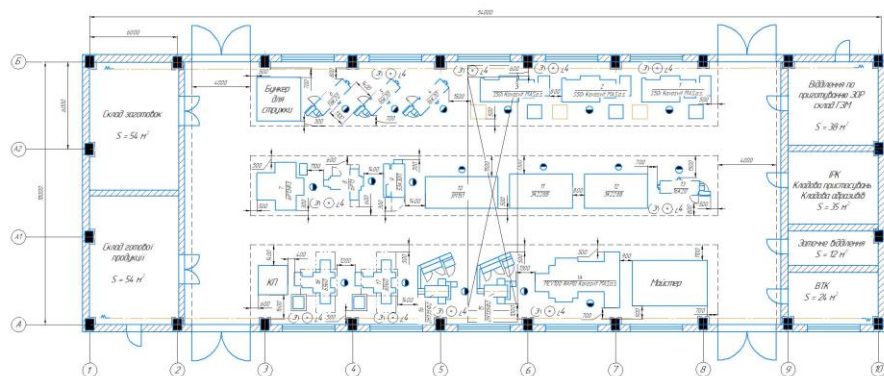


4. Зміщення по поверхні розієму штампалу 0,3 мм
5. Клас точності Т, група сталі М-3, ступінь складності С4, вихідний індекс 18 по ГОСТ 7505-89.
6. Допускається відхилення від прямолінійності осі не більш 0,5мм.
6. Величина висоти торцевого заусуєця на поківці не повинна перевищувати 4мм.
7. На висадженій частині забезпечити радіальне розташування волокон.
8. Відпалити до 210НВ.
9. Поверхня заготовки дробеструїти.
10. Твердість виміряти на поверхні А.
11. Контролювати 20% заготовок.

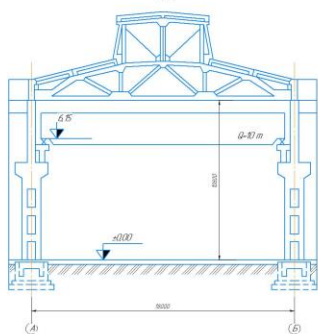
1. Можлива заміна матеріалу на сталь 15Х2ГН2ТР А ДСТУ 7806:2015
2. Штамповочні ухили на зовнішній поверхні 5° на внутрішній поверхні 7°.
3. Невказані радіуси закруглень 4,5 мм

						КНУ.КБР.13.126.1-14.НПШ			
							Ашт	Масса	Мощность
Мат. Ашт	№ Вокум	Подоб	Ашт					4,08	11
Паро	Касина								
Гробо	Цибинда								
Гконтр									
							Ашт	Ашт	т
Иконтр	Неченов								
Ушт	Рязанцев								
						Сталь 18Х2Н4МА ДСТУ7806:2015			
						Кооператор			
						КОФ. ПМ ПМ-22			
						Формат А3			

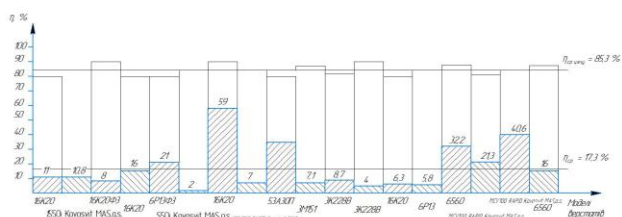




A-A



Графік завантаження обладнання

[illegible]

