

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі
«Шатун» та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою
САПР технологій

Проектував ст.гр. ПМ-21

Демиденко К.К.

Керівник роботи

к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2025 р

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі
«Шатун» та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою
САПР технологій

Проектував ст.гр. ПМ-21

Демиденко К.К.

Керівник роботи

к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

/ к.т.н., доц. Нечаєв В.П. /

Завідувач кафедри

/ к.т.н., доц. Рязанцев А.О. /

Кривий Ріг

2025 р

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма «Прикладна механіка»

Затверджую
Зав. кафедри ТМ к.т.н. доц., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Студент гр. ПМ-21 Демиденко Кирило Костянтинович

Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шатун» та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою САПР технологій

1. Керівник проекту к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Тема затверджена наказом по КНУ № 45с від “16 ” 01 2025р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 12 червня 2025 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 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА
2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ШАТУНА
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
4. РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ І РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК У ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ FUTURE SAM
5. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення складального вузла. 2. Креслення заготовки 3. Креслення деталі. 4. Ескізи операцій 5. Креслення верстатно - інструментального налагодження. Креслення верстатного оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1Проектування технологічного процесу складання вузла 1.1Службове призначення вузла 1.2. Розробка технологічного процесу складального вузла» 1.3Розробка технологічного процесу складального вузла	До 28.01 2025р.
2Службове призначення деталі 2.1 Службове призначення деталі Аналіз якості поверхонь деталей Технічний контроль робочого креслення Аналіз технологічності деталі Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення 3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок 3.2 Вибір і обґрунтування баз 3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 3.4 Розробка маршруту обробки деталі 3.5 Розробка технологічних операцій 3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку щодо удосконалення	02.02 2025р.- 20.02.2025р.
4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	з 31.03.2025р
5 Розробка верстатно-інструментального налагодження	.
6 Проектування технологічного оснащення	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10 .06 2025р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2025р.

Студент _____ / Демиденко К.К./

Керівник роботи _____/Цивінда Н.І./

РЕФЕРАТ

Об'єктом проектування є конструкторсько-технологічна підготовка (КТП) виготовлення деталі шатун компресора.

Метою роботи є вибір такого варіанту технологічного процесу, щоб собівартість виготовлення деталі була мінімальною в умовах малосерійного типу виробництва, при цьому зниження собівартості не повинно вплинути на надійність процесу виготовлення деталі.

КТП була проведена згідно нормативних документів. Надійність конструкторської підготовки перевірялась аналізом процесу складання вузла

Використані САПР технології дозволили: САД системи провести моделювання об'єкту, САМ підготувати керуючу програму та здійснити візуалізацію обробки деталей

КОМПРЕСОР, ШАТУН КОМПРЕСОРА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, АНАЛІЗ, КОНТРОЛЬ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ НАЛАГОДЖЕННЯ, СОБІВАРТІСТЬ.

ABSTRACT

The object of the design is the design and technological preparation (DTP) of the manufacture of the compressor connecting rod part.

The purpose of the work is to choose such a variant of the technological process that the cost of manufacturing the part is minimal in the conditions of small-scale production, while the cost reduction should not affect the reliability of the part manufacturing process.

DTP was carried out in accordance with regulatory documents. The reliability of the design preparation was checked by analyzing the assembly process

The CAD technologies used allowed: CAD systems to model the object, SAM to prepare the control program and visualize the processing of parts

COMPRESSOR, COMPRESSOR CONNECTING ROD,
TECHNOLOGICAL PROCESS, ANALYSIS, CONTROL,
TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, INSTRUMENTAL ADJUSTMENT,
COST.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.3		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Демиденко				РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.
Перевір.	Пивінда						Аркушів
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, ПМ-21	
Затв.	Рязанцев						

Перш. приман			Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
							Документація					
			A4	1		КНУ.КБР.131.25.1-07.ПЗ	Пояснювальна записка					
			A4	2			Альбом тех.карт на ТП					
			A4				виготовлення деталі					
Стор. №												
							Креслення					
			A1	4		КНУ.КБР.131.25.1-07.КПТ	Компресор повітряного тиску	1				
			A2	5		КНУ.КБР.131.25.1-07.Ш	Шатун	1				
			A2	6		КНУ.КБР.131.25.1-07.Ш	Шатун поковка штамповна)	1				
			A1	7		КНУ.КБР.131.25.1-07.ЕОШ	Ескізи операцій шатуну	1				
			A1	8		КНУ.КБР.131.25.1-07.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1				
			A2	9		КНУ.КБР.131.25.1-07.СК	Спеціальний пристрій	1				
			A1	10		КНУ.КБР.131.25.1-07СК	Контрольний пристрій	1				
Підп. і дата												
Інв. № діля												
Взам. інв. №												
Підп. і дата												
Інв. № подл.												
			Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-07.ВОКБР Відомість об'єму КБР Копіював					
			Разраб.	Демиденко						Лит.	Лист	Листов
			Проб.	Цибінда						Н		1
			Н.контр.	Нечаєв						Кафедра ТМ, гр ПМ-21		
			Утв.	Рязанцев								

Копіював

Формат А4

ЗМІСТ

	Вступ	
1	Проектування технологічного процесу складання вузла	
1.1	Службове призначення вузла	
1.2	Розробка схеми складання вузла	
1.3	Розробка технологічного процесу складального вузла	
2	Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту	
2.1	Службове призначення деталі	
2.2	Аналіз якості поверхонь деталей	
2.3	Технічний контроль робочого креслення	
2.4	Аналіз технологічності деталі	
2.4	Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення	
3.	Проектування технологічного процесу	
	3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок	
	3.2 Вибір і обґрунтування баз	
	3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь	
	3.4 Розробка маршруту обробки деталі	
	3.5 Розробка технологічних операцій	
	3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку щодо удосконалення	
	3.7 Розрахунок і вибір режимів різання. Нормування технологічних операцій	
	3.8 Розрахунок складу та кількості обладнання	
4	Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	
5	Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК	
6	Проектування технологічного оснащення	
	6.1 Проектування контрольного пристрою	
	6.2 Проектування спеціального верстатного пристрою	
	Висновки	
	Список використаних джерел	
	Додатки	

					КНУ.КБР.131.25.1-07.3		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Демиденко				ЗМІСТ	Літ.	Арк.
Перевір.	Пивінда						Аркушів
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, ПМ-21	
Затв.	Рязанцев						

ВСТУП

Рівень розвитку машинобудування – один із самих значних факторів технічного прогресу, так як корінні перетворення в будь-якій сфері виробництва можливі лише в наслідок створення більш сучасних машин і розробки принципово нових технологій. Розвиток і удосконалення технології виробництва сьогодні тісно пов'язаний з автоматизацією, широким використанням обчислювальної техніки, використанням обладнання з числовим програмним керуванням. Все це складає базу, на якій створюються автоматизовані виробництва, стають можливими оптимізація технологічних процесів.

Сучасна конструкторсько-технологічна підготовка є тим інструментом, за допомогою вдосконалення якого можливе підвищення продуктивності виробництва.

Вихідними даними для проектування технологічних процесів служать складальні креслення машини та її вузлів, робочі креслення деталей, технічні умови на виріб, програма випуску, нові досягнення та передовий досвід в машинобудуванні, які використовуються відносно підприємства, де випускається чи ремонтується машина.

В даній роботі спроектовані технологічний процес виготовлення шатуна на сучасному обладнанні з ЧПК з проектуванням оснащення та складання вузла компресора. Дана робота є актуальною, тому що цей компресор застосовується в пневмосистемах екскаваторів ЕКГ, машин, що широко застосовуються в гірничо-металургійній галузі.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.В		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.	Демиленко						
Перевір.	Пивінда						
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ, ПМ-21		

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Службове призначення вузла

Деталь шатун компресора є частиною компресору ЕК-4 призначеного для подачі сжатого повітря в пневмосистему екскаваторів ЕКГ-4, ЕКГ-5, ЕКГ-5А, а також в тормозні системи і пневмоприлади електропоїздів і т.п.

Зовні будь-який компресор є корпусом (1), зазвичай чавунним, який всередині розділений на 2 порожнини:

- ліву, в якій розташований редуктор
- праву, що містить колінчастий вал (2)

Також корпус (1) має вікна, які закриваються кришками (22 та 25). Одна із кришок (25) має сапун.

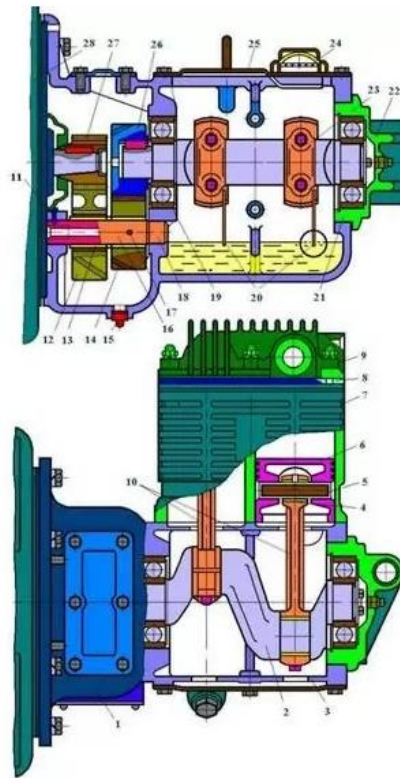


Рисунок 1.1-Зображення компресора

					КНУ.КБР.131.25.1-07.01.РТПВ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Демиденко				РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА	Літ.	Арк.
Перевір.	Пивінда						
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, ПМ-21	
Затв.	Рязанцев						

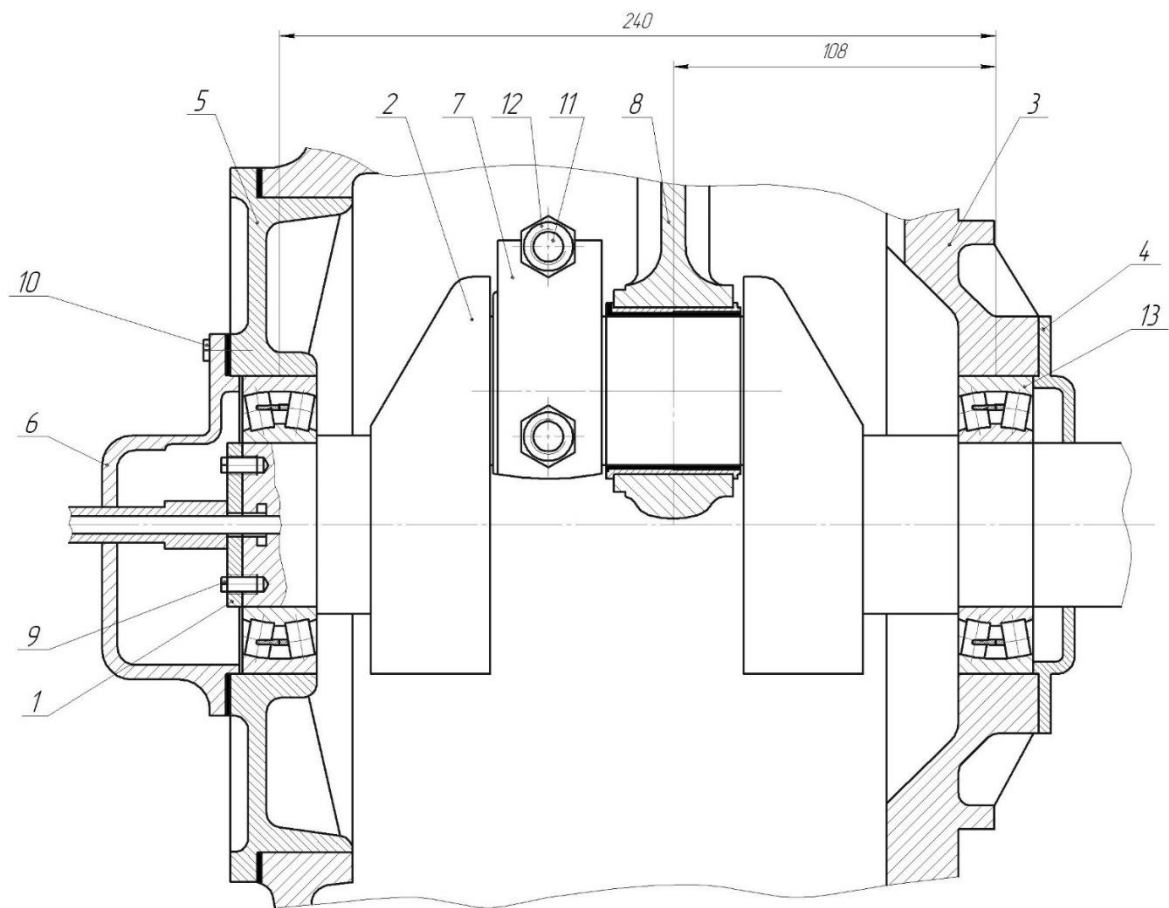


Рисунок 1.2 – Ескіз кривошипно-шатунного механізму:
2- колінчастий вал; 3-корпус; 4,6-кришки; 5- кришка; 8-шатун

В лівій порожнині корпусу (рис.1) розташований редуктор, який складають шестірні (26 і 27) та шестерні у складі блоку (12 і 14), в одну з яких запресована втулка (13). Віссю обертання є ексцентрикова вісь (16), що кріпиться гвинтом (11) і опорними шийками (18). Вісь є порожнистою і забезпечений чотирма наскрізними отворами для надходження оливи і, отже, кращого мащення деталей.

Отже, принцип роботи лівої частини компресора: момент, що крутить, передається з шестерні (27) валу електродвигуна через шестерні блоку (12 і 14) на шестерню (26) колінчастого валу.

До правої порожнини корпусу кріпиться блок циліндрів (7) за допомогою фланця, що має кришку (9). Дані деталі мають ребристу поверхню для більшої тепловіддачі. У проміжній частині між циліндрами знаходяться пластинчасті пружинні клапани.

Усередині циліндрів ходять поршні (6), що кріпляться до шатуна (10) поршневыми пальцями (5). Шатуни мають головки: передні - до них входять бронзові втулки (4) задні - містять роз'ємні підшипники (3) з відкидною кришкою (23).

Поршні мають струмки для встановлення компресійних кілець.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.01.РТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також тут розташовані розбризкувачі (20). Вони забезпечують змащування деталей шляхом розпилення на них оливи.

Для зміни олії в системі компресор забезпечений зливним отвором із пробкою (15), а для контролю рівня олії – спеціальним щупом.

Отже, при передачі крутного моменту, на шестірню (26) відбувається обертання колінчастого валу і рух поршневої групи. При кожному повному обороті колінвалу всередині циліндра відбувається по черзі повний цикл: всмоктування і нагрівання повітря [1].

1.2 Розробка схеми складання вузла

На основі складального креслення, яке представлено на рисунку 1.2 складаємо схему складального з'єднання, яка показує порядок комплектації окремих вузлів та деталей. Схема представлена на рисунку 1.3.

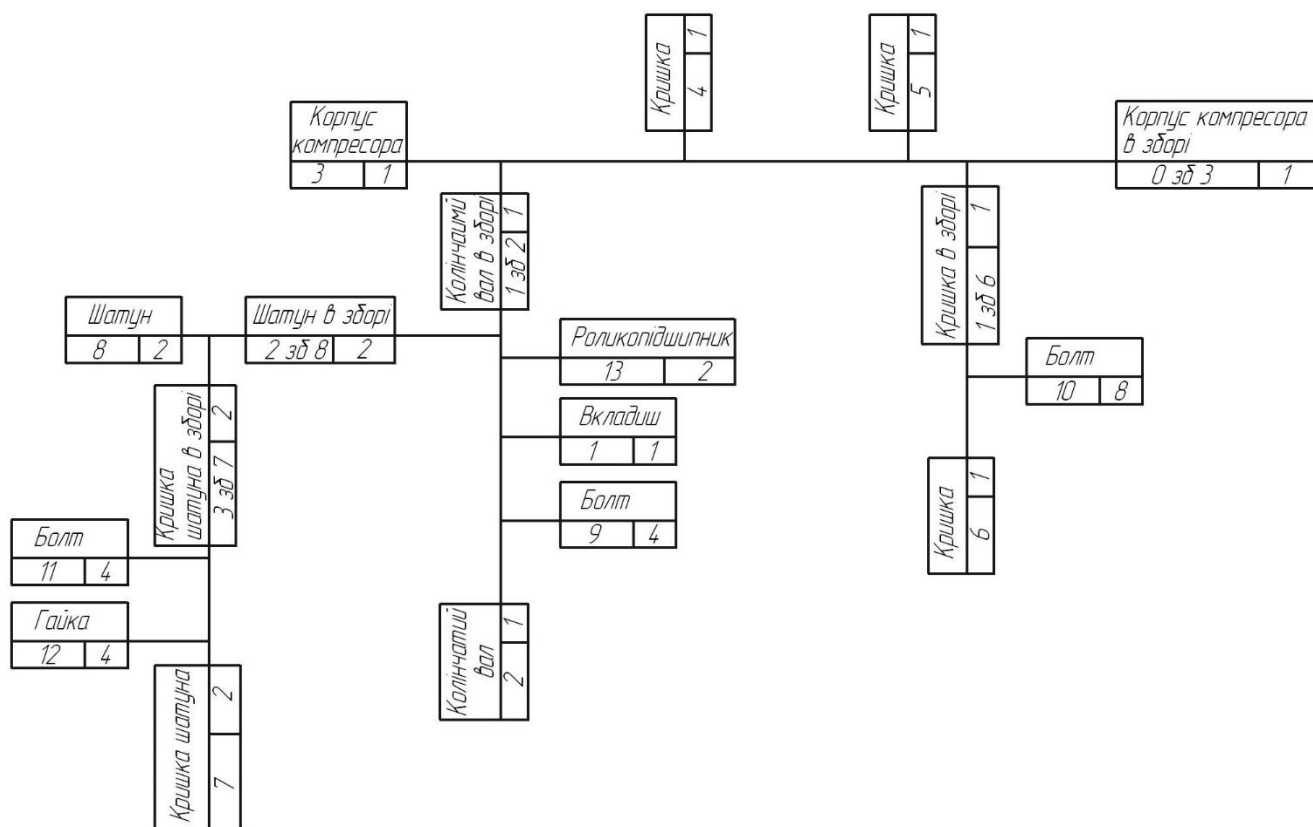


Рисунок 1.3 - Схема складання

Розробка технологічного процесу складання вузла

На основі схеми складання та складального креслення розробимо таблицю послідовності складання вузла компресора [4].

Таблиця 1.1 – Технологічний процес складання

№ з/п	Зміст переходу	Пристосування	Інструмент	$T_{очн}, хв$
1	2	3	4	5
1	Розташувати колінчатий вал 2 на стелажі	-	-	0,02
2	Монтувати підшипники 13 на колінчатий вал 2	Напрямні	-	0,66
3	Встановити колінчатий вал 2 з підшипниками 13 в корпус 3	Напрямні	-	0,1
4	Встановити шатуни 8 на колінчатий вал 2	Напрямні	-	1,08
5	Приєднати кришки 7 на шатуни 8	-	-	0,02
6	Закріпити кришки 7 на шатунах 8 болтами 11	-	-	0,4
7	Нагвинтити гайки 12 на болти 14	-	Гайковерт	0,2
8	Запресувати кришку 4 в корпус 3	Гідравлічний прес	-	0,76
9	Вкладиш 1 прикріпити болтами 9 до торця колінчатого валу 2	-	-	0,88
10	Запресувати кришку 5 в корпус 3	Гідравлічний прес	-	0,084
11	Встановити кришку 6 на кришку 5			0,11
12	Закріпити кришку 6 болтами 10	-	Гайковий ключ	2,24
				6,551

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ШАТУНА

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Шатун являється ланкою шатунно-кривошипного механізму, який є частиною компресора моделі ЕК-4М.

Шатуни змонтовані на шатунних шийках колінчастого валу і призначені для перетворення обертового руху валу у зворотно-поступовий рух поршня, який здійснює стиснення повітря для подачі його під тиском. Підшипниками ковзання в нижніх головках шатунів служить бабітова заливка, а у верхні головки запресовані бронзові втулки.

Конструктивна особливість шатуна обумовлена наявністю великої (кривошипної) головки і малої (поршневої) сполучених між собою тілом шатуна, який має двотавровий перетин з ребрами жорсткості по периферії. Кришку кривошипної головки закріплюють за допомогою болтів і гайок. Як направляючі елементи для з'єднання кришки з кривошипною головкою використовують два штифти Ø3мм.

Для забезпечення роботи шатуна в компресорі внутрішня поверхня вкладиша повинна прилягати до відповідних шатунних шийок колінчастого валу, а втулки поршневих головок до пальців поршнів. Для цього необхідно, щоб вісь отвору головки шатуна була паралельна до осі отвору кривошипної головки і крім того повинні бути забезпечені визначені точність діаметральних розмірів, форми і параметр жорсткості обох головок.

В шатуні отвір під запресовану втулку повинен бути виконаний по посадці Н7-Н8, а отвір в кривошипній головці по – Н6-Н7, отвори під штифти виконують по посадці h6.

При роботі шатун працює на згинання, стиснення та розтягнення, а спряжені поверхні на знос. Також він піддається дії значних знакозмінних навантажень і сил інерції. Для цього шатун повинен мати достатню міцність і жорсткість при самій меншій його масі.

Отже в якості матеріалу для виготовлення шатуна вибираємо конструкційну сталь 40 за ДСТУ 7809:2015. Задана сталь призначена для виготовлення колінчатих валів, шатунів, маховиків, зубчастих коліс та інших деталей.

Сталь 40 ДСТУ 7809:2015 можна замінити на сталі 35, 45 за ДСТУ 7809:2015.

Хімічний склад сталей приведений в таблиці 2.1, а механічні властивості – в таблиці 2.2. [3]

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Демиденко				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ	Літ.	Арк.
Перевір.	Пивінда						
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев					Кафедра ТМ, ПМ-21	

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталей по ДСТУ 7809:2015

Найменування сталей	Хімічний склад								
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	As	Cu
	не більше								
40	0,37-0,45	0,5-0,8	0,17-0,37	0,25	0,25	0,04	0,035	0,08	0,25
35	0,32-0,40	0,5-0,8	0,17-0,37	0,25	0,25	0,04	0,035	0,08	0,25
45	0,42-0,50	0,5-0,8	0,17-0,37	0,25	0,25	0,04	0,035	0,08	0,25

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталей по ДСТУ 7809:2015

Найменування сталей	Термо-обробка	Перетин	$\sigma_{0,2}$	σ_b	σ_5	ψ	КСИ	НВ
			МПа		%		Дж/см ²	
40	Нормалізація Закалка і відпуск	До 100	275	530	20	40	44	156-197
		До 100	345	590	18	45	59	174-217
35	Нормалізація Закалка і відпуск	До 100	245	470	22	48	49	143-179
		До 100	275	530	20	40	44	156-197
45	Нормалізація Закалка і відпуск	До 100	275	530	20	40	44	156-197
		До 100	315	570	17	38	39	167-207

Нормалізація сталі заключається в нагріванні її до температури 785°C, витримці при цій температурі і охолодження на повітрі до кімнатної температури. Нормалізація викликає повну перекристалізацію і усуває крупнозернисту структуру. Також нормалізація забезпечує більшу продуктивність при обробці різанням і отриманні більш чистої поверхні.

Закалку з наступним високим відпуском використовують для підвищення міцності, твердості, достатньо високої пластичності, в'язкості та зносостійкості. Також підвищується межа міцності і текучості, відносне звуження і ударна в'язкість. Закалку проводять при температурі 765°C і подальшому охолодженні при температурі нижче критичної. Високий відпуск проводять при температурі 600-620°C, витримка при цій температурі, охолодження в печі до 500°C і подальше охолодження на повітрі до кімнатної температури.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

На заданому кресленні пронумеруємо всі поверхні, зліва на право, і в подальшому використовуємо нумерацію поверхонь в тексті.

Основними поверхнями є поверхні, які є базовими і визначають положення деталі у вузлі. Такими поверхнями шатуна є поверхня 1, 17 і торці 15, 16.

Допоміжні поверхні – це поверхні деталі, відносно яких базуються інші деталі. Допоміжними поверхнями є торці 18, 19.

Спряженими поверхнями називають поверхні, на які установлюють чи приєднують не відповідальні деталі. Це поверхні 5 і 12.

Усі інші поверхні є вільними.

Основні поверхні виготовляться з наступними параметрами: діаметральний розмір за 7 квалітетом точності з шорсткістю поверхні Ra 0,8мкм, а лінійний розмір за 8 квалітетом точності і з шорсткістю поверхні Ra 1,6мкм.

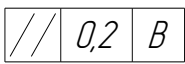
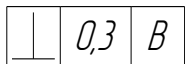
Допоміжна поверхні виготовлені за 14 квалітетом точності з шорсткістю поверхні Ra 12,5мкм.

Спряжена поверхня 12 виготовлена за 7 квалітетом точності, а поверхня 5 – за 8 квалітетом точності з шорсткістю поверхонь Ra 1,6мкм.

Квалітет точності вільних поверхонь – 14, а шорсткість Ra 12,5мкм.

Визначаємо норми точності для усіх поверхонь та їх взаємозв'язок. Дані заносимо до таблиці 2.3 [4,5].

Таблиця 2.3 – Аналіз якості поверхонь

№ пов.	Номінальний розмір, мм	Квалітет, ІТ	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	Ø50	H7	$^{+0,025}_0$	0,8	База Г
2	28	IT14	520	1,6	База В
4	28	IT14	520	12,5	
3	94	IT14	870	12,5	
5	Ø12	H8	$^{+0,027}_0$	1,6	
6, 8, 10	Ø6	H14	300	12,5	
7, 9, 11	2×30°	IT14	250	12,5	
12	Ø3	K7	10		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
13, 14	4×45°	IT14	300	12,5	
15, 16	40	h8	390	1,6	
17	Ø26,64	H7	$^{+0,021}_0$	12,5	
18, 19	40	IT14	620	12,5	
20	3×0,5	IT14	250	12,5	
21	Ø52	IT14	740	6,3	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі виконано на форматі A2. Відповідно з ДСТУ 3.1128:2014 графи основного напису заповнені вірно. Креслення деталі представлено головним видом, видом зверху, видом зліва, розрізом А-А і видом Б.

На кресленні проставлені усі діаметральні та лінійні розміри. Лінійні розміри проставлені ланцюговим методом. Деякі найбільш важливі лінійні та діаметральні розміри мають допуски і відхилення розмірів.

Шорсткість на відповідальних поверхнях зазначена, а так як у деталі більшість поверхонь не оброблюється, то в правому верхньому куті креслення ставимо знак, що означає не обробку.

На кресленні показані бази, які позначені, на внутрішньому отворі Ø50^{+0,025}, літерою Г і торець 28 мм, літерою В та затемненим трикутником. Також на кресленні проставлені перпендикулярність отвору та паралельність торцю відносно бази В і паралельність отвору відносно бази Г.

Точність незазначених допусків позначена у технічних вимогах на кресленні і відповідає 14 квалітету. Також у технічних вимогах вказана заміна матеріалу, твердість матеріалу у момент поставки, а також вимоги до забезпечення інструментом деяких геометричних форм на поверхнях деталі. В основному написі вказано назва, матеріал, маса і масштаб деталі.

Деталь не потребує ніяких спеціальних методів обробки та спеціальних покриттів, маркування.

Таким чином креслення дає повну інформацію про форму, розміри, шорсткість, відхилення форми і розташування поверхонь, а також вимоги до зовнішньої і внутрішньої поверхонь, тобто про якість деталі.

2.4 Аналіз технологічності

2.4.1 Якісний аналіз технологічності[8]

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь шатун компресора виготовлена з конструкційної сталі 40 ДСТУ 7809:2015.

Шатун компресора належить до класу важелів. Він виконує коливальний рух та передає деяке зусилля. При обробці деталей цього класу дуже важливо забезпечити перпендикулярність отвору і торцю, що прилягає до цього отвору, так як це попереджає заклинювання під час роботи. Для виключення дисбалансу та шуму під час роботи необхідно забезпечити рівностінність основної бобишки. Дуже важливим розміром у деталі шатун компресора є відстань між осями отворів.

Для виготовлення деталі в серійному виробництві найбільш продуктивними і економічними методами одержання заготовки є штампування на кривошипних гаряче штампувальних пресах та на штампувальних молотах.

Практично всі зовнішні і внутрішні поверхні зручні для обробки і вимірювань, також деталь має зручні поверхні для закріплення.

Не технологічними поверхнями є: отвори Ø12мм, які необхідно обробляти разом з кришкою шатуна, отвори Ø3мм, які розташовані під кутом 35° і призначені для змащення. Також нетехнологічною є канавка 26×3×0,5 яка розташована під кутом 35° до осі шатуна. Зміна форми чи розмірів нетехнологічних елементів є недоцільним, так як кожен елемент виконує свої функції і є незамінним для даної деталі.

Шатун компресора є нежорсткою деталлю і має необроблювані поверхні, які можна використовувати для установки на верстат, якщо обробка буде вестися з двох сторін одночасно.

Виходячи з вище названого робимо висновок, що деталь є досить технологічною за винятком внутрішніх отворів і канавки, що потребують використання спеціального оснащення для обробки.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Кількісну оцінку технологічності конструкції деталі виконуємо за наступними коефіцієнтами.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м} = \frac{Q_0}{Q_3}, \quad (2.1)$$

де Q_0 – маса деталі, $Q_0 = 3,32 \text{ кг}$;

Q_3 – маса заготовки, $Q_3 = 4,32 \text{ кг}$.

$$K_{в.м} = \frac{3,32}{4,32} = 0,77$$

Даний коефіцієнт знаходиться в межах норми.

Розраховуємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_{т.ч} = 1 - \frac{1}{T_{ср}}, \quad (2.2)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де T_{cp} – середній квалітет точності.

$$T_{cp} = \frac{\sum T \cdot \Pi i}{\sum \Pi i}, \quad (2.3)$$

де T – квалітет точності поверхні;

Πi – число поверхонь з відповідним квалітетом.

$$T_{cp} = \frac{7 \cdot 3 + 8 \cdot 3 + 14 \cdot 14}{20} = 12,05$$

$$K_{T,q} = 1 - \frac{1}{12,05} = 0,92$$

Так як $K_{T,q}$ більше 0,8, то за цим показником деталь являється технологічною.

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{сер}}, \quad (2.4)$$

де $Ш_{сер}$ - середня шорсткість поверхонь визначена у значеннях параметра R_a , мкм.

$$Ш_{сер} = \frac{\sum R_a \cdot \Pi i'}{\sum \Pi i'}, \quad (2.5)$$

де R_a – параметр шорсткості поверхні;

$\Pi i'$ – число поверхонь відповідної чистоти.

$$Ш_{сер} = \frac{0,8 \cdot 1 + 1,6 \cdot 5 + 12,5 \cdot 16}{20} = 10,4 \text{ мкм.}$$

Отже коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{10,4} = 0,1$$

Так як $K_{ш}$ менше 0,2, то за цим показником деталь є технологічна.

Розраховуємо коефіцієнт уніфікації конструкторських елементів:

$$K_{y,e} = \frac{Q_{y,e}}{Q_e}, \quad (2.6)$$

де $Q_{y,e}$ – кількість уніфікованих розмірів конструктивних елементів;

Q_e – кількість конструктивних елементів деталі.

$$K_{y,e} = \frac{26}{29} = 0,9$$

Так як $K_{y,e}$ більше 0,6, то за цим показником деталь технологічна.

Таким чином визначивши всі показники технологічності, робимо висновок, що деталь є технологічною.

2.5 Вибір типу виробництва

Спочатку розробки курсового проекту будемо вважати, що виробництво деталі буде середньосерійним і обробка буде виконуватися на технологічній лінії.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій за одним робочим місцем або одиницею обладнання. Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о} = \frac{O}{P}, \quad (2.7)$$

де O – кількість різних операцій;

P – кількість робочих місць.

Для попереднього визначення типу виробництва можна використовувати річний об'єм виробництва і маси деталі [3].

В нашому випадку при річному об'ємі виробництва рівному 1000шт і при масі деталі 3.32кг тип виробництва є середньосерійним.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються періодично партіями, котрі повторюються, а також відносно більшим об'ємом річного випуску в порівнянні з одиничним. При серійному виробництві використовують універсальні верстати, що оснащуються як спеціальними так і універсальними й збірно-універсальними верстатними пристроями, що дозволяє знизити трудомісткість і собівартість виготовлення виробів.

2.6 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування

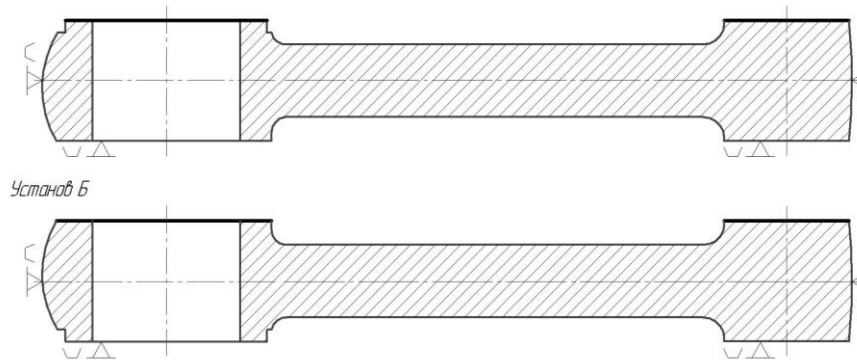
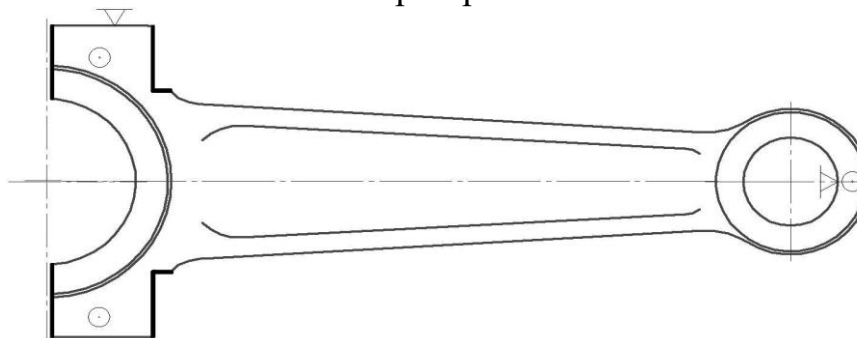
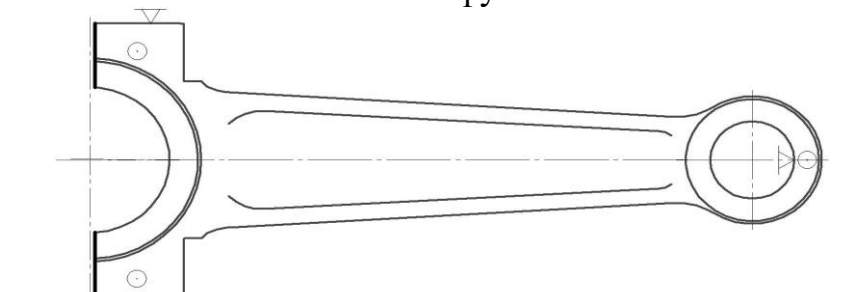
Задачею проектування є впровадження ефективного обладнання в технологію обробки деталі, щоб знизити час на її обробку, розробка технологічного процесу з використанням верстатів з ЧПК. Також задачею роботи є проектування заготовки, проектування технологічного процесу, аналітичний розрахунок припусків, розрахунок між операційних лінійних розмірів, режимів різання, вибір технологічного оснащення.

В якості типового маршруту обробки заданої деталі використовуємо заводський маршрут обробки шатуна.

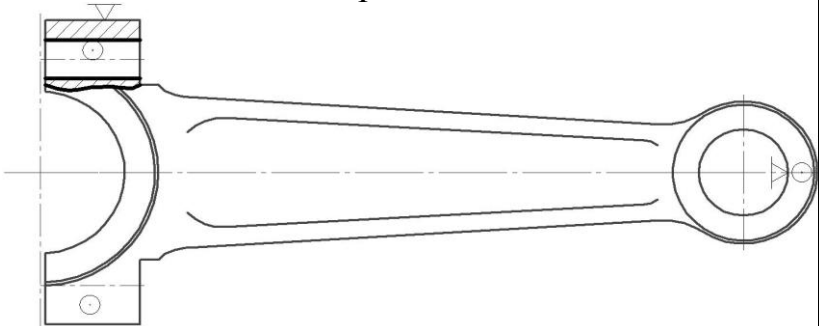
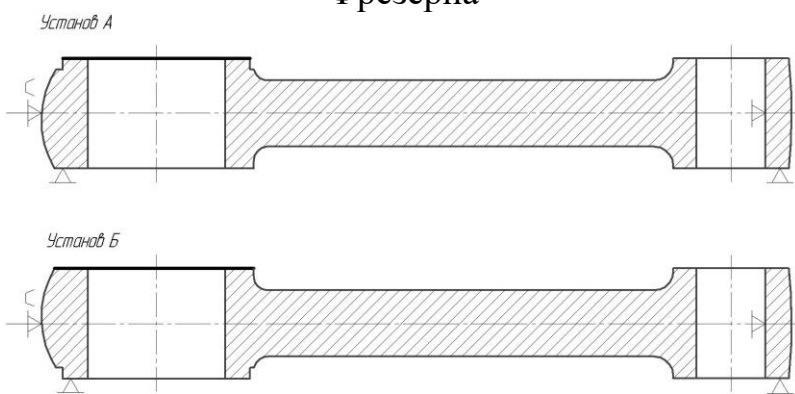
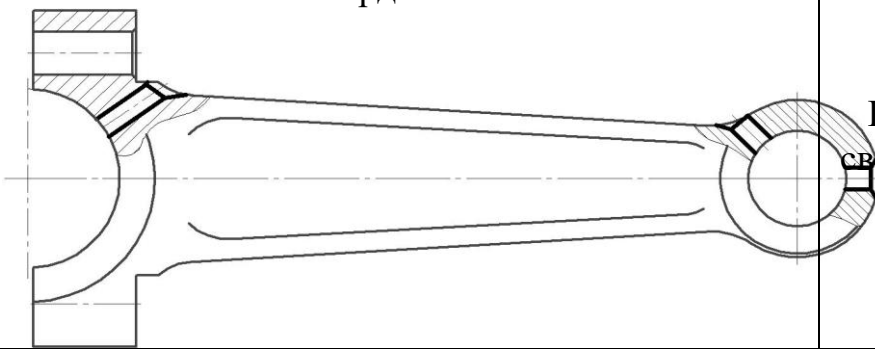
Заводський технологічний маршрут обробки деталі приведений у таблиці 2.4.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Типовий технологічний маршрут обробки

№з/ п	Найменування та ескіз операції	Тип верстату
	Фрезерна	
1	2	3
005	Установ А  Установ Б	Вертикально-фрезерний 6Р12
010	Свердлильна 	Радіально-свердлильний 2Ш55
015	Розрізна	Розрізний
	Фрезерна	
020		Горизонтально-фрезерний верстат 2Р82Г
025	Плоскошліфувальна 	Плоскошліфувальний верстат 3Д732

Продовження таблиці 2.4

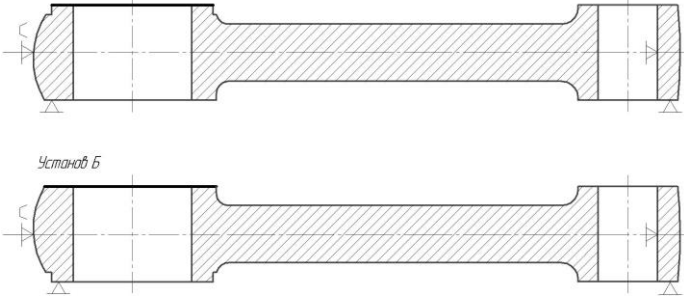
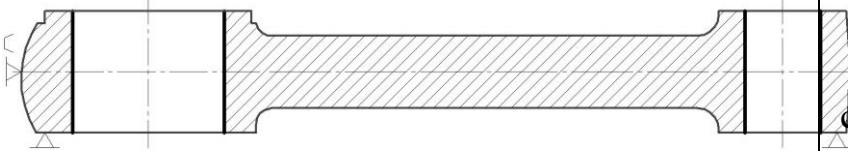
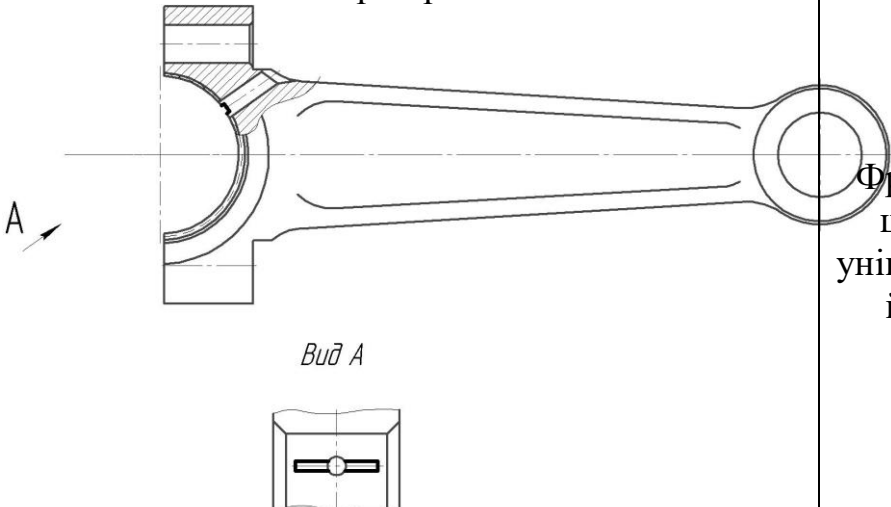
	2	3
30	Свердлильна 	Радіально-свердлильні й 2Ш55
35	Складальна	
40	Контрольна	
45	Фрезерна 	Вертикально-фрезерний 6Р12
50	Слюсарна	
55	Свердлильна 	Радіально-свердлильні й 2Ш55
60	Складальна	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ

Арк.

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
65	Плоскошліфувальна 	Плоскошліфувальний 3Д732
65	Свердлильна чистова 	Радіально-свердлильний 2Ш55
70	Фрезерна 	Фрезерний широкоуніверсальний 676П

Для вдосконалення заводського технологічного процесу виконуємо наступні зміни:

1. Використання більш дешевої заготовки, що за рахунок зменшення припусків на заготовці.
2. Вибір прогресивного верстатного устаткування, що дозволяє скоротити на декілька операцій технологічний процес.
3. Суміщення виконання операцій різної технологічної направленості на одному технологічному обладнанні.
4. Скорочення затрат допоміжного часу за рахунок використання автоматизованих систем затиску і закріплення заготовки на верстаті

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7 Проектування заготовки

2.7.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки

Отримати заготовку для деталі шатун можна штампуванням на молотах – за заводськими вимогами, або на кривошипних гарячештампувальних пресах. Для вибору більш економічного та оптимального варіанту отримання заготовки проводимо техніко-економічне обґрунтування.

Одним із основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. В цьому випадку суттєво скорочуються витрати металу, об'єм механічної обробки і виробничий цикл виготовлення деталі.

Для вибору більш економічного та оптимального варіанту отримання заготовки заповнимо матрицю впливу факторів.

Таблиця 2.5 - Матриця впливу факторів

Способи одержання заготовки	Фактори					Сума
	річна програма випуску	форма і розміри деталі	властивості матеріалу	точність, шорсткість поверхневого шару	виробничі можливості підприємства	
Штампування на молотах	+	-	+	+	+	4
Штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах	+	+	+	+	+	5

Пріоритетним є одержання заготовки шляхом штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах, але для повного обґрунтування доцільності вибору виконуємо техніко-економічне порівняння способів одержання заготовки.

Вихідні дані для розрахунку:

- маса деталі 3,32кг;
- вихідна оптова ціна 1кг заготовки 42,50 грн;
- ціна 1кг відходів 6,30 грн.

Розрахунок техніко-економічного обґрунтування заготовки проводимо за визначенням вартості заготовки по двом варіантам, оскільки заготовки відрізняються припусками і відповідно масою.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість заготовки штампованої на молоті та на кривошипних гарячештампувальних пресах визначаємо за формулою:

$$A = Q \cdot C \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_{OP} - (Q - q) \cdot Ц, \quad (2.8)$$

де Q – маса заготовки;

C – вихідна оптова ціна 1кг заготовки, грн.;

K_M – коефіцієнт, який враховує масу заготовки;

K_C – коефіцієнт, який враховує групу складності заготовки;

K_{OP} – коефіцієнт, який враховує групу серійності;

q – маса деталі, кг;

$Ц$ – ціна 1т відходів, грн.

Розраховуємо вартість заготовки штампованої на молотах.

Складові формули для штампування на молотах мають наступні величини: $Q=5,31\text{кг}$; $K_M=0,831$; $K_C=0,89$; $K_{OP}=1,0$; $Ц=0,063$; $C=6,7$.

Отже вартість заготовки по першому варіанту:

$$A = 5,31 \cdot 42,50 \cdot 0,831 \cdot 0,89 \cdot 1,0 - (5,31 - 3,32) \cdot 6,30 = 154,36\text{грн.}$$

Складові формули для штампування на горизонтально-кувальній машині мають наступні величини: $Q=4,32\text{кг}$; $K_M=0,831$; $K_C=0,89$; $K_{OP}=1,0$; $Ц=0,063$; $C=6,7$.

Вартість заготовки по другому варіанту:

$$A = 4,32 \cdot 42,50 \cdot 0,831 \cdot 0,89 \cdot 1,0 - (4,32 - 3,32) \cdot 6,3 = 129,48\text{грн.}$$

Як видно з розрахунків виготовлення заготовки на кривошипних гарячештампувальних пресах дешевше ніж на молотах. Отже приймаємо більш дешевий варіант, тобто заготовку штампуємо на кривошипних гарячештампувальних пресах.

2.7.2 Проектування поковки штампованої

Вихідні дані по деталі:

- матеріал – сталь 40 ДСТУ 7809:2015;
- хімічний склад, %: С 0,37–0,45; Мп 0,5–0,8; Si 0,17–0,37; Cr 0,25; Ni 0,25; S 0,04; P 0,035; As 0.08; Cu 0.25;
- маса деталі 3,32кг.

Розраховуємо розрахункову масу поковки:

$$G_{пок.} = K_p \cdot G_{дет.}, \quad (2.9)$$

де $G_{дет.}$ – маса деталі;

K_p – розрахунковий коефіцієнт, який встановлюється у відповідності з додаток 3 [6,7].

$$G_{пок.} = 1,3 \cdot 3,32 = 4,32\text{кг.}$$

За таблицею 19 [6,7] вибираємо обладнання – штампувальні молоти і клас точності – Т4.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо групу сталі [6,7, ст.7-8, табл.1], так як сталь 40 має 0,40% масової долі вуглецю і сумарну масову долю легованих елементів більше 2%, то група сталі – М2.

Ступінь складності поковки визначаємо за додатком 2 [6,7, ст.29] в залежності від відношення:

$$\frac{G_{пок}}{G_{\phi}}, \quad (2.10)$$

де G_{ϕ} – маса геометричної фігури в яку вписується форма поковки.

При визначенні розмірів геометричної фігури, яка описує поковку допустимо виходити із збільшення в 1,05 рази габаритних розмірів деталі. Геометрична фігура, яка описує поковку – паралелепіпед. Паралелепіпед має наступні габаритні розміри: висота $H=40\text{мм}$, довжина $L=209\text{мм}$, ширина $B=70$.

Визначаємо масу геометричної фігури, як масу паралелепіпеда:

$$G_{\phi} = H \cdot B \cdot L \cdot \rho, \quad (2.11)$$

де ρ – густина сталі.

$$G_{\phi} = (40 \cdot 1,05) \cdot (209 \cdot 1,05) \cdot (94 \cdot 1,05) \cdot 10^{-9} \cdot 7810 = 7,1 \text{ кг}.$$

Отже:

$$\frac{G_{пок}}{G_{\phi}} = \frac{4,32}{7,1} = 0,61.$$

Значення 0,61 відповідає ступеню складності С2.

За таблицею 2 [6,ст.10] призначаємо вихідний індекс: для поковки масою 3,32кг, групи сталі М2, ступеня складності С2 і класу точності Т4. Вихідний індекс 13.

По таблиці 3 призначаємо основні припуски на механічні обробку, на сторону, в залежності від шорсткості, вибраного вихідного індексу і номінального розміру. Призначаємо додаткові припуски, які враховують зміщення поверхні роз'ємну штампа [6, ст.14, табл.4] і плоскість та прямолінійність [6, ст.14, табл.5]. Призначені значення заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні і додаткові припуски на механічну обробку

№ з/п	Номінальний розмір, мм	Шорсткість, Ra	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм
1	Ø52	0,8	2×2	0,3
2	40	1,6/1,6	1,8/1,8	0,3

Розраховуємо номінальні розміри поковки:

на Ø52: $52 - 2(2 + 0,3) = 47,4\text{мм}$

приймаємо Ø47,5мм;

на 40: $40 + 2(1,8 + 0,3) = 44,2\text{мм}$

приймаємо 44мм;

Призначаємо допуски і граничні відхилення за таблицею 8 [6, ст.19]:

$$\phi 47,5^{+0,9}_{-1,6}; \quad 44^{+1,4}_{-0,8}.$$

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отвори Ø12, Ø3, Ø6 мм і канавка 3×0,5 пускаємо в напуск. Використовуючи таблицю 7 [6, ст.15] визначаємо величину мінімальних радіусів зовнішніх кутів заготовки $R_{min} = 2\text{мм}$.

Радіуси внутрішніх кутів приймаємо в 2,5 рази більше, тобто $R = 5\text{мм}$.

Допуски радіусів закруглення назначаємо за таблицею 17 [6, ст.26] в залежності від класу точності: $2 \pm 0,5$; $5 \pm 1,0$.

За таблицею 9 [6, ст.20] визначаємо допустиму величину зміщення по поверхні роз'ємну штампа, вона становить 0,7мм.

За таблицею 10 [6, ст.21] призначаємо величину залишкового облою: величина залишкового облою не повинна перевищувати 0,9мм.

Допустима величина заусенця визначається за таблицею 11 [6, ст.22]: допустима величина заусенця при максимальному розмірі поперечного перерізу поковки по поверхні роз'ємну штампа не повинна перевищувати 3,0мм.

За таблицею 12 визначаємо відхилення від концентричності, значення становить 2мм [6, ст.23].

Допустиме відхилення від вигнутості, від плоскостності і від прямолінійності визначаємо за таблицею 13 [6 ст.23]: допустиме відхилення становить 1,2мм.

Штампувальні ухили призначаємо за таблицею 18 [6 ст.26]: на зовнішні поверхні 3° , на внутрішні 5° .

Виконуємо креслення поковки штампованої на кривошипних гарячештампувальних пресах.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При обробці деталі можливе сполучення конструкторських, технологічних і вимірювальних баз.

Для встановлення шатуна можна прийняти теоретичну схему базування, яка зображена на рисунку 2.2. Таку схему використовуємо на перших механічних операціях, а схема зображена на рисунку 2.3 приймаємо при виконанні наступних механічних операціях.

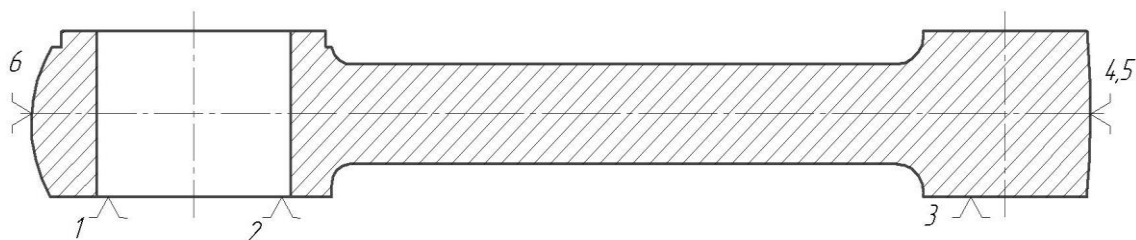


Рисунок 2.2 – Теоретична схема базування на перших операціях

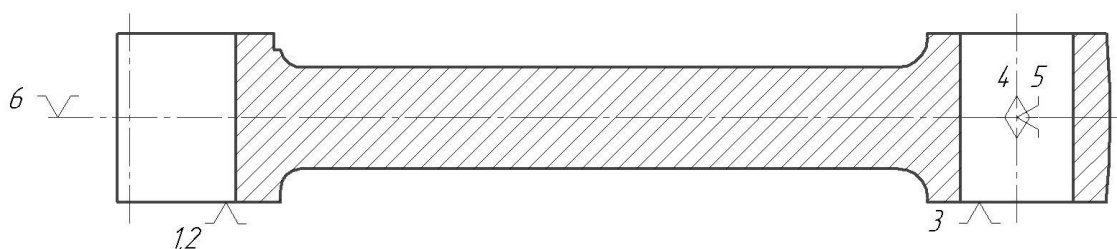


Рисунок 2.3 – Теоретична схема базування шатуна при механічній обробці

На першій операції оброблюємо торці головок шатуна з розмірами 42×40мм і 68×40мм, базуючи заготовку по протилежним торцям – установча база і зовнішнім поверхням, які використовуємо в якості направляючої бази та опорної. Практична схема закріплення на першій операції приведена на рисунку 2.4.

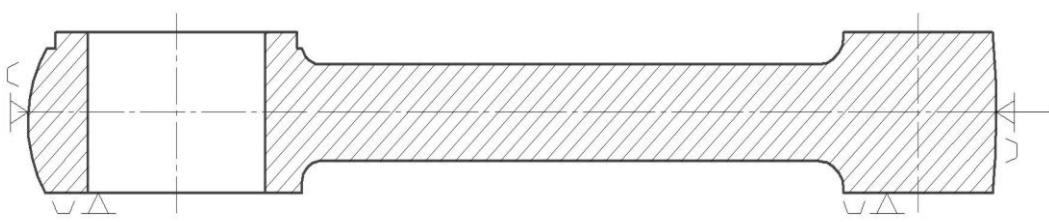


Рисунок 2.4 – Умовна схема закріплення шатуна на першій операції

При аналізі вибраних схем базування можна зробити висновок, що принцип єдності баз витримується, а принцип постійності баз виконується не повністю, так як при обробці деталь необхідно переустановлювати.

2.9 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні та торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Дані заносимо до таблиці 2.7. при складанні таблиці користуємось нумерацією поверхонь, яка використовувалась в пункті 2.2.

Таблиця 2.7 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість <i>Ra, мкм</i>	Точність IT	Допуск T, мм
1	2	3	4	5
21, Ø52	Заготовка Розточування чорнове	25 12,5	16 14	1,6 0,74
1, Ø50	Заливка бабітом Розточування попереднє Розточування чорнове розточування чистове Розгортання попереднє Розгортання чистове	12,5 6,3 3,2 1,6 0,8	14 12 10 8 7	0,62 0,25 0,1 0,039 0,025
17, Ø26,64	Свердлення Зенкерування Розгортання чорнове Розгортання чистове	12,5 6,3 3,2 1,6	14 12 9 7	0,52 0,21 0,052 0,021
6,8,10, Ø6	Свердлення	12,5	14	0,25
12, Ø3	Свердлення Розгортання	25 12,5	9 6	0,03 0,006
5, Ø12	Свердлення Зенкерування Розгортання чорнове Розгортання чистове	12,5 6,3 3,2 1,6	14 12 10 8	0,43 0,18 0,07 0,027
2, 4 28	Заготовка Фрезерування чорнове Фрезерування чистове Шліфування	25 12,5 3,2 1,6	16 14 14 14	1,3 0,52 0,52 0,52
15, 16, 40	Заготовка Фрезерування чорнове Фрезерування чистове Шліфування	25 12,5 3,2 1,5	16 14 14 14	1,6 0,62 0,62 0,62
18, 19, 40	Заготовка Фрезерування чорнове	25 12,5	16 14	1,6 0,62

2.10 Розробка маршруту обробки деталі

На основі типового заводського технологічного процесу розробимо технологічну послідовність обробки деталі і заповнимо таблицю 2.8. В якості обладнання вибираємо багатоцільовий верстат HAAS USC-500.

Номера поверхонь використовуємо згідно пункту 2.2.

Таблиця 2.8 – Розробка маршруту обробки шатуна

№ операції	Найменування операції	Поверхні, що оброблюються	Поверхні, що базуються	Тип, модель верстату
1	2	3	4	5
005	Багатоцільова	15, 18, 16, 19 21, 17, 2, 4, 12	15, 16, 17, 18	Багатоцільовий верстат HAAS USC-500
010	Фрезерно-розрізна			
015	Складальна			8A631
020	Багатоцільова	5	16, 19, 17	HAAS USC-500
025	Заливочна			
030	Багатоцільова	15, 16, 1, 17	16, 19, 15, 18, 17, 1	HAAS USC-500
035	Слюсарна			
040	Багатоцільова	6, 8, 10, 20		HAAS USC-500
045	Контрольна			

2.11 Розробка технологічної операції

Уточнюємо модель верстатного устаткування, вибираємо верстатне пристосування, ріжучий і допоміжний інструмент.

Таблиця 2.9 – Послідовність технологічних операцій

№ з/п Операцій і переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	1. Багатоцільова 2. Багатоцільовий верстат HAAS USC-500 3. Установ А – встановити, закріпити, зняти; – фрезерувати поверхні 15, 18 Установ Б – переустановити, закріпити зняти; – фрезерувати поверхні 16, 19	Спеціальне	Фреза торцева RA245-254R63-18M Лінійка 0-500 ДСТУ ГОСТ 427-75 За каталогом SECO: Різець розточувальний Державка: S32S-CCLNR09

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	– розточити поверхню 21 – свердлити поверхню 17 – зенкерувати поверхню 17		Пластина: CNGN 090304S-01020 Свердло 326R08-B25100VM-TH за каталогом “Sandvik Coromant“, Свердло 495-012A16-4509L за каталогом “Sandvik Coromant“ Різець розточний S40V-PCLNR12 (CNMG-120408-NR) «SECO»
010	1. Фрезерно-розрізна 2. Розрізний 3. Відрізати кришку від головки шатуна		
015	1. Багатоцільова 2. Багатоцільовий верстат HAAS USC-5003. Установ А – встановити, закріпити, зняти; – фрезерувати начорно пов.2,4 – фрезерувати начисто пов.2 Установ Б – переустановити, закріпити зняти; – свердлити поверхню 12 – розгорнути поверхню 12	Спеціальне	Фреза кінцева 035-2220-0108 ОСТ 2И62-2-75 За каталогом SECO: Свердло Ø 2,9 SD203-5.0-20-6R1 Розгортка Ø3 2363-1023 ДСТУГОСТ 16086-70 Оправка 6222-0132 ДСТУГОСТ 26538-85
020	Складальна Вставити штифти і приєднати кришку до головки шатуна		
025	1. Багатоцільова 2. Багатоцільовий верстат HAAS USC-500 3. Установ А – встановити, закріпити, зняти; – свердлити поверхню 5 – зенкерувати поверхню 5 – розгорнути начорно пов.5 – розгорнути начисто пов.5	Спеціальне	Свердло Ø 11 SD203-5.0-20-6R1 Зенкер Ø11,79 ОСТ 2И22-1-80 Розгортка Ø11,95 2363-1023 ДСТУГОСТ 16086-70 Розгортка Ø12 2363-1023 ДСТУГОСТ 16086-70
030	1. Заливочна Залити бабітом простір між стержнем пристрою і внутрішньою площиною головки (поверхня 1)		
035	1. Багатоцільова 2. Багатоцільовий верстат HAAS USC-500	Спеціальне	

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
	3. Установ А – встановити, закріпити, зняти; – фрезерувати начисто пов.15 Установ Б – переустановити, закріпити зняти; Перехід 1 – фрезерувати начисто пов.16 Перехід 2 – розточити начорно пов.1 – розточити начисто пов.1 – розгорнути попередньо пов.1 – розгорнути начисто пов.1 – розгорнути начорно пов.17 – розгорнути начисто пов.17		Фреза торцева SECO R220.53 -8315-09-18C Пластини: SEEX 09T3AFN-M05 За каталогом SECO: Різець розточувальний Державка: S32S-CCLNR09 Пластина: CNGN 090304S-01020 Розгортка машина Ø26,58 тип 1 ДСТУГОСТ 1672-80 Розгортка машина Ø26,64тип 1 ДСТУГОСТ 1672-80
040	1.Слюсарна 2. Верстак 3. Розпилити бабітовий шар. Зняти кришку шатуна		
045	1.Багатоцільова 2. Багатоцільовий верстат HAAS USC-5003. Установ А – встановити, закріпити, зняти; – свердлити поверхню 6 Установ Б – переустановити, закріпити зняти; – свердлити поверхню 8 Установ В – переустановити, закріпити зняти; – свердлити поверхню 10	Спеціальне	За каталогом SECO: Свердло Ø 6 SD205A-10.0-48-10R1 Зенковка 2357-0009 ДСТУГОСТ 14953-80 Фреза пазова Ø50мм 2250-0143 Оправка 6222-0132 ДСТУГОСТ 26538-85

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
	Установ Г – переустановити, закріпити зняти; – фрезерувати канавку 20		

2.11 Розрахунок між операційних розмірів і припусків на обробку

2.11.1 Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню

Дані про поверхню:

Поверхня – внутрішня циліндрична Ø26,64H7

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Точність – 7 квалітет
 Поле допуску – Н
 Параметр шорсткості – $R_a = 1,6\text{мкм}$

Послідовність обробки поверхні приводимо в таблиці 2.10

Таблиця 2.10 – Послідовність обробки

Номер переходу	Послідовність обробки поверхні	Квалітет і позначення поля допуску	Величина допуску Т, мм	Параметр шорсткості R_a , мкм
1	Свердлення	14 (Н14)	0,52	12,5
2	Зенкерування	12 (Н12)	0,21	6,3
3	Розгортання	9 (Н9)	0,052	3,2
4	чорнове	7 (Н7)	0,021	1,6
	Розгортання чистове			

Розрахунок припусків ведемо по методу максимум - мінімум.

Розраховуємо мінімальні припуски на діаметральні розміри для кожного переходу за формулою [5, ст.175]:

$$2Z_{imin} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (3.5)$$

де $R_{z i-1}$ – висота мікро нерівностей і профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності) на попередньому переході;

ε_i – похибка установки заготовки на переході, що виконується.

$$\varepsilon = 30 \cdot 0,05 = 1,5\text{мкм}.$$

Величину сумарних відхилень Δ_{Σ} після свердлення отвору отримуємо з формули:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_y \cdot l)^2 + C_0^2}, \quad (2.12)$$

де C_0 - зміщення осі отвору, дорівнює 25мкм,

Δ_y - значення уводу вісі свердла, дорівнює 0,9мкм на 1мм довжини отвору;

l – довжина отвору, дорівнює 40мм.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(0,9 \cdot 40)^2 + 250^2} = 253\text{мкм}.$$

Похибка установки заготовки при встановленні на чисто оброблені поверхні складає 100мкм.

Величину залишкових просторових відхилень Δ при зенкеруванні визначаємо по рівнянню:

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_\Sigma, \quad (2.13)$$

де $K_y = 0,05$ - коефіцієнт уточнення.

$$\Delta = 0,05 \cdot 253 = 12,63 \text{ мкм},$$

Похибка установки при свердленні розраховується:

$$\varepsilon_{i+1} = \varepsilon_i \cdot K_y, \quad (2.14)$$

Похибку закріплення заготовки приймаємо з урахуванням стр.77, табл. 4.11 [5] $\varepsilon_1 = 110 \text{ мкм}$.

Значення R_{zi-1} і h_{i-1} вибираємо з довідника [5, ст.185-188, табл.11,24] і підставляємо одразу у формулу (5.1).

Розраховуємо мінімальні припуски на діаметральні розміри для кожного переходу:

- свердління:

$$2Z_{min} = 2 \left[(50 + 70) + \sqrt{253^2 + 140^2} \right] = 818 \text{ мкм};$$

- зенкерування:

$$2Z_{min} = 2(32 + 40) = 144 \text{ мкм};$$

- розгортання чорнове:

$$2Z_{min} = 2(10 + 20) = 60 \text{ мкм};$$

- розгортання чистове:

$$2Z_{min} = 2(5 + 10) = 30 \text{ мкм}.$$

Розрахунок найбільших розрахункових розмірів по технологічних переходах робимо, віднімаючи величину припуску на виконаний перехід від значення найменших граничних розмірів, що відповідають попередньому технологічному переходу:

$$d_{p \max} = d_p - 2Z_{min}; \quad (2.15)$$

$$d_{p \max 1} = 26,661 - 0,03 = 26,631 \text{ мм};$$

$$d_{p \max 2} = 26,631 - 0,06 = 26,571 \text{ мм};$$

$$d_{p \max 3} = 26,571 - 0,144 = 26,427 \text{ мм}.$$

Визначаємо найменші розміри по переходах:

$$d_{min 1} = 26,661 - 0,021 = 26,64 \text{ мм};$$

$$d_{min 2} = 26,631 - 0,052 = 26,58 \text{ мм};$$

$$d_{min 3} = 26,571 - 0,21 = 26,36 \text{ мм};$$

$$d_{min 4} = 26,427 - 0,52 = 25,91 \text{ мм}.$$

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків по переходах робимо, віднімаючи відповідно значення найбільших і найменших граничних розмірів, що відповідають виконаному і попередньому технологічним переходам.

Максимальний припуск:

$$2Z_{max 1} = 26,64 - 26,58 = 0,06 \text{ мм};$$

$$2Z_{max 2} = 26,58 - 26,36 = 0,22 \text{ мм};$$

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{\max 3} = 26,36 - 25,91 = 0,45 \text{ мм.}$$

Мінімальні припуски:

$$2Z_{\min 1} = 26,661 - 26,63 = 0,031 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min 2} = 26,63 - 26,57 = 0,06 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min 3} = 26,57 - 26,43 = 0,14 \text{ мм.}$$

Розрахунок загальних припусків виконуємо за рівнянням:

– для максимальних припусків

$$Z_{0\max} = \sum Z_{\max} = 0,06 + 0,22 + 0,45 = 0,73 \text{ мм};$$

– для мінімальних припусків

$$Z_{0\min} = \sum Z_{\min} = 0,031 + 0,06 + 0,14 = 0,231 \text{ мм.}$$

Перевірку правильності розрахунків виконуємо за рівнянням:

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = T_z - T_{\partial},$$

$$0,73 - 0,231 = 0,52 - 0,021 = 0,499 \text{ мм}$$

Так як перевірка виконується, то робимо висновок, що розрахунок вірний.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

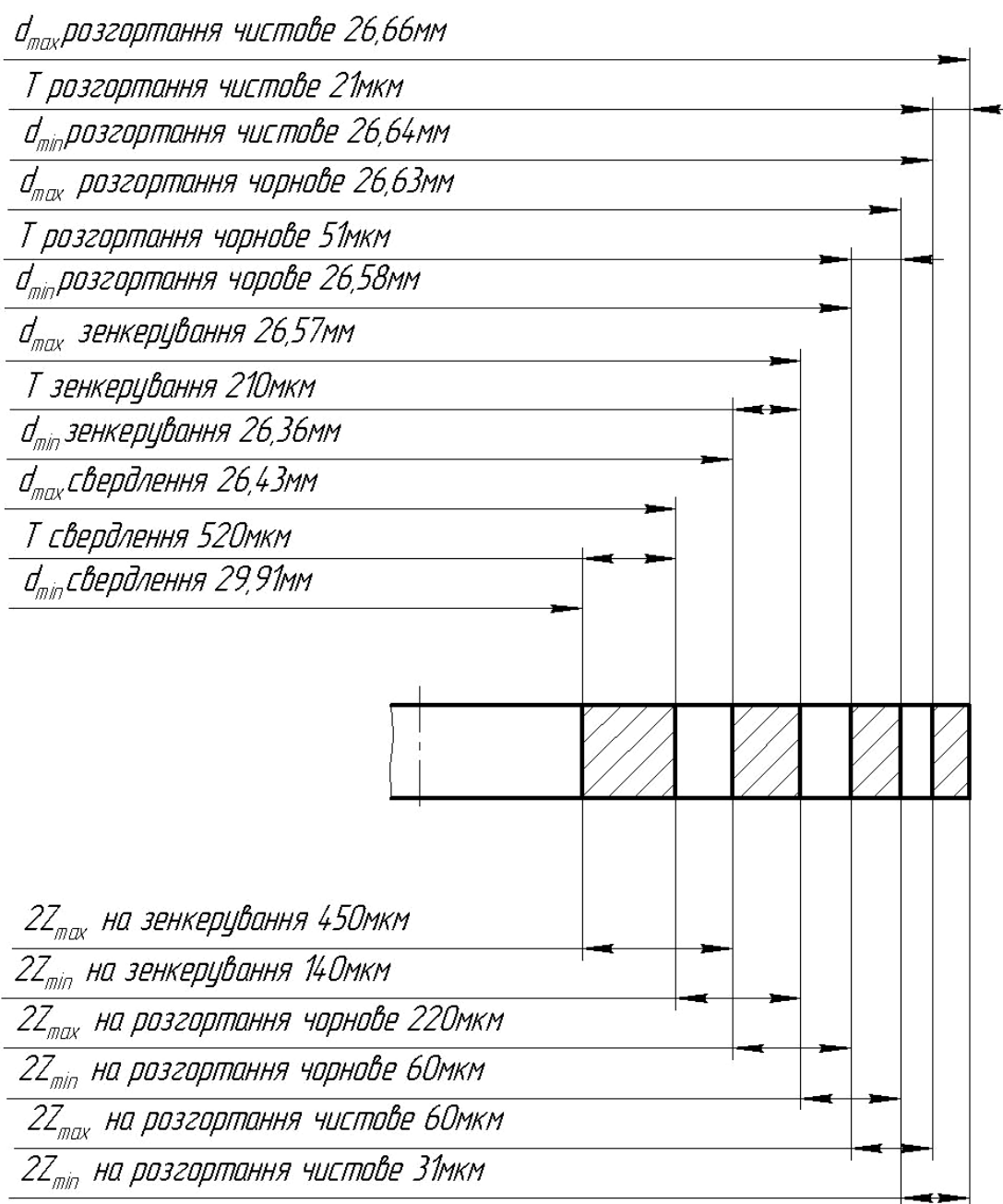


Рисунок 2.5– Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору Ø26,64H7

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ

Арк.

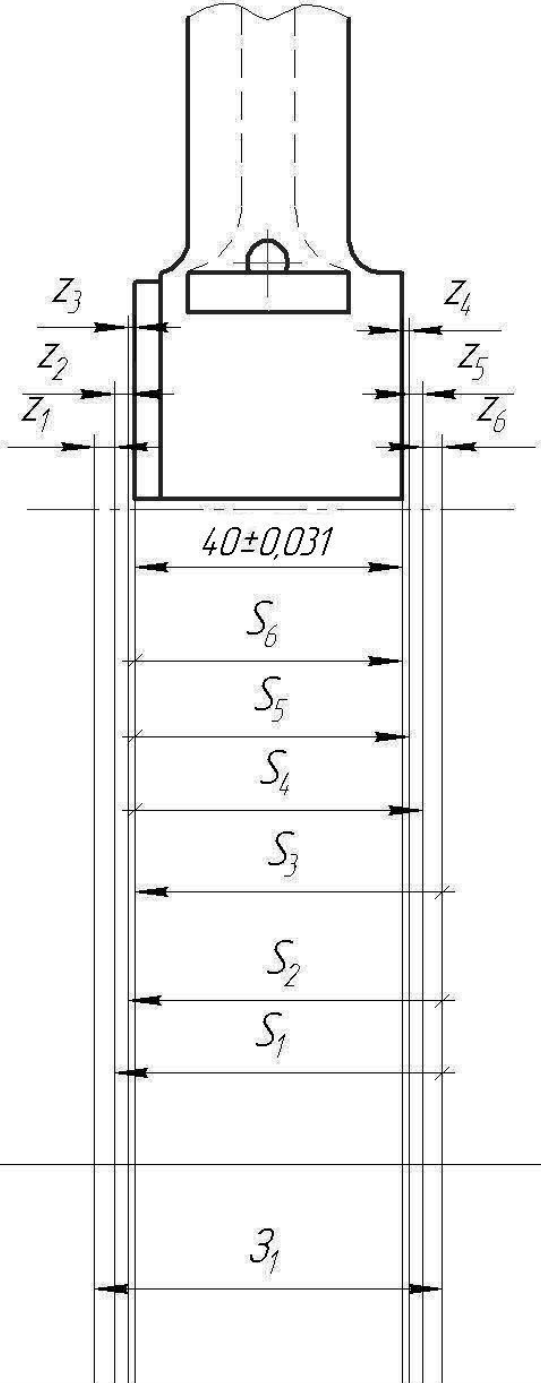
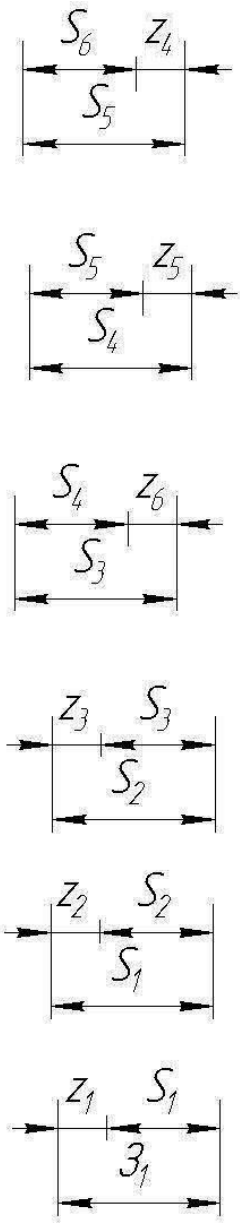
2.12 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Проводимо розрахунки міжопераційних лінійних розмірів. Будуємо схему технологічного процесу обробки торців шатуна у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Послідовність обробки торцевих поверхонь

№ з/п	Послідовність обробки	Шорсткість, Ra	Точність	Допуск	Припуск	Позначення припуску
15	Заготовка	25	16	1,6	2	—
	Фрезерування чорнове	6,3	14	0,62	1,3	z ₁
	Фрезерування чистове	3,2	14	0,62	0,5	z ₂
	Шліфування	1,6	14	0,62	0,2	z ₃
16	Заготовка	25	16	1,6	2	—
	Фрезерування чорнове	6,3	14	0,62	1,3	z ₆
	Фрезерування чистове	3,2	14	0,62	0,5	z ₅
	Шліфування	1,6	14	0,62	0,2	z ₄

Таблиця 2.12 – Схема технологічного процесу обробки торців

№ операції	Розмірна схема технологічного процесу	Схеми розмірних ланцюгів
005		

2.12 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Таблиця 2.13 – Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість, Ra	Точність IT	Допуск T	Припуск t	Між операційний розмір з допуском
1	2	3	4	5	6	7
21, Ø52H14	Заготовка Розточування чорнове	25 12,5	16 14	1,6 0,74	3,25×2	Ø45,5 ^{+0,8} _{-1,6} Ø52±0,37
1, Ø50H7	Заливка бабітом	12,5	14	0,62	2,5×2	Ø45±0,31
	Розточування попереднє	6,3	12	0,25	1,5×2	Ø48±0,125
	Розточування чорнове	1,6	9	0,1	0,85×2	Ø49,7±0,05
	Розточування чистове	0,8	7	0,025	0,15×2	Ø50 ^{+0,025}
6,8,10, Ø6H14	Свердлення	12,5	14	0,25	3×2	Ø6 ^{+0,3}
12, Ø3H7	Свердлення	25	9	0,03	1,45×2	Ø2,9 ^{+0,03}
	Розгортання	12,5	6	0,006	0,05×2	Ø3 ^{+0,01}
5, Ø12H8	Свердлення	12,5	14	0,43	0,5×2	Ø11±0,215
	Зенкерування	6,3	12	0,18	0,395×2	Ø11,79±0,09
	Розгортання чорнове	3,2	10	0,07	0,08×2	Ø11,95 ^{+0,07}
	Розгортання чистове	1,6	8	0,027	0,025×2	Ø12 ^{+0,027}
18,19, 40	Заготовка	25	16	1,6	2×2	44 ^{+1,4} _{-0,8}
	Фрезерування чорнове	12,5	14	0,62	2×2	40±0,31
15,16, 40	Заготовка	25	16	1,6	2×2	44 ^{+1,4} _{-0,8}
	Фрезерування чорнове	12,5	14	0,62	0,65×2	42,7±0,31
	Фрезерування чистове	3,2	14	0,62	0,25×2	42,2±0,31
	Шліфування	1,5	14	0,62	0,1×2	40±0,31

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4	5	6	7
17, Ø26,64H7	Свердлення	12,5	14	0,52	12,955	Ø25,91±0,26
	Зенкерування	6,3	12	0,21	0,225×2	Ø26,36 ^{+0,21}
	Розгортання чорнове	3,2	9	0,052	0,11×2	Ø26,58 ^{+0,052}
	Розгортання чистове	1,6	7	0,21	0,03×2	Ø26,64 ^{+0,021}

2.13 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

2.13.1 Розрахунок і вибір режимів різання і нормування технологічних операцій аналітичним методом

Для розрахунку режимів різання і нормування технологічних операцій вибираємо операцію багатоцільову.

Вихідні дані для обробки:

деталь – шатун;

матеріал – сталь 40 ДСТУ7809:2015

шорсткість поверхні – Ra 1,6мкм;

маса деталі – 3,32кг;

стан поверхні – попередньо оброблена.

Зміст операції приведений у таблиці 3.6.

Для проведення багатоцільової операції використовуємо багатоцільовий верстат моделі HAAS US-500.

а) число обертів шпинделя у хвилину: максимальна 8100 об/хв

б) по довжині подачі мм: 406

в) потужність електродвигуна $N = 22,4 \text{ кВт}$, $\eta_{\text{ер}} = 0,75$.

Тип інструменту та його розміри вибираються в залежності від верстату на якому виконується обробка, характеру обробки, форми та потрібної жорсткості оброблюваної поверхні.

Для фрезерування плоскої поверхні вибираємо торцеву фрезу Фреза торцева RA245-254R63-18M

Для розточування вибираємо каталогом SECO: Різець розточувальний, Державка: S32S-CCLNR09, Пластина: CNGN 090304S-01020

Свердло Ø 26 SD203-5.0-20-6R1

Для зенкерування вибираємо зенкер цільний зенкер Ø26,36мм

Визначаємо режими різання [6, стр.282-292]:

Глибина фрезерування $t=2\text{мм}$;

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подача на зуб $s_{z3}=0,15-0,2\text{мм/зуб}$, приймаємо $s_{z3}=0,15\text{мм/зуб}$;
Визначаємо швидкість різання – окружна швидкість

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (2.15)$$

де C_v - коефіцієнт, $C_v = 332$;

q, x, y, u, p, m – показники степенів, $q=0,2$; $x=0,1$ $y=0,4$; $u=0,2$; $p=0$; $m=0,2$;

T – період стійкості інструмента, $T=180\text{хв}$;

t – глибина різання;

s_z – подача на зуб;

B – ширина фрезерування;

Z – кількість зубів фрези;

K_v – поправочний коефіцієнт, який визначається з виразу:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv}, \quad (2.16)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу, що оброблюється;

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\delta}} \right)^{n_v}, \quad (2.17)$$

де n_v – показник степені, $n_v = 1,3$;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^{0,9} = 1,14$$

K_{nv} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 1,0$;

K_{iv} – коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту, $K_{iv} = 0,8$

$$K_v = 1,14 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,912.$$

Отже:

$$v = \frac{332 \cdot 60^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 16^{0,2} \cdot 14^0} \cdot 0,912 = 30 \text{ м / хв}$$

Розрахункове число обертів шпинделя:

$$n_{розр} = \frac{1000V}{\pi \cdot D}, \quad (2.18)$$

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 60} = 159 \text{ мм / об}$$

Фактичне число обертів шпинделя: $n_{\phi} = 200 \text{ об / хв}$;

Фактична швидкість різання:

$$V_{\text{факт}} = \frac{n_{\phi} \cdot \pi \cdot D}{1000}, \quad (2.19)$$

$$V_{\text{факт}} = \frac{200 \cdot 3,14 \cdot 60}{1000} = 38 \text{ мм / хв}.$$

Хвилинна подача: $s_m = s_z Z n = 0,15 \cdot 14 \cdot 200 = 420 \text{ мм / хв}$

Визначаємо силу різання:

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^z \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (2.20)$$

де C_p – коефіцієнт, $C_p=825$

q, x, y, z, w – показники степенів, $q=1,3$; $x=1$; $y=0,75$; $u=1,1$; $w=0,2$;

K_p – коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки, $K_p = K_{MP}$.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.21)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,96$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 16^{1,1} \cdot 14}{60^{1,3} \cdot 200^{0,2}} \cdot 0,96 = 1908,5 \text{ Н}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (2.22)$$

$$M_{кр} = \frac{1908,5 \cdot 60}{2 \cdot 100} = 572,55 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (2.23)$$

$$N_e = \frac{572,55 \cdot 38}{1020 \cdot 60} = 0,35 \text{ кВт}.$$

Так як потужність верстата $N=11,2$ кВт, а потужність різання $N_e=0,35$ кВт. Робимо висновок, що обробка при фрезеруванні можлива.

Визначаємо режими різання при розточуванні.

Глибина різання при розточуванні $\varnothing 47$ мм $t_1=2$ мм;

Подача при розгортанні: $s_1=0,08$ мм/об;

Швидкість різання визначаємо за формулою [6, стр.265]:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (2.24)$$

де C_v - коефіцієнт, $C_v = 420$;

x, y, m – показники степенів, $x=0,15$; $y=0,2$; $m=0,2$;

T – період стійкості інструмента, $T=60$ хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, який визначається з виразу:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv}, \quad (2.25)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу, що оброблюється;

$$K_{MV} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_\epsilon} \right)^{n_v}, \quad (2.26)$$

де n_v – показник степені, $n_v = 1,0$;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^{1,0} = 1,15$$

K_{nv} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 1,0$;

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту, $K_{uv} = 0,8$

$$K_v = 1,15 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,92.$$

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,8^{0,2}} \cdot 0,92 = 160 \text{ м / хв.}$$

Визначаємо число обертів шпинделя верстату за хвилину.

Число обертів верстату визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \quad (2.27)$$

де V_p - розрахункова швидкість різання;

D - діаметр заготовки в мм.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 160}{3,14 \cdot 47} = 1084 \text{ об / хв.}$$

Приймаємо фактичне число обертів шпинделя верстата
 $n_\phi = 1000 \text{ об / хв.}$

Визначення фактичної швидкості різання за формулою:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000}, \quad (2.28)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 1000}{1000} = 150 \text{ м / хв.}$$

Силу різання визначаємо за формулою [6, стр.265]:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (2.29)$$

де C_p – коефіцієнт, $C_p = 300$

x, y, n – показники степенів, $x=1; y=0,75; n = -0,15$;

K_p – коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки,

$$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{rp} K_{\lambda p} K_{rp}, \quad (2.30)$$

де K_{mp} – коефіцієнт, який враховує матеріал деталі, $K_{mp} = 0,96$;

$K_{\phi p}, K_{rp}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коефіцієнти, які враховують геометричні параметри ріжучої частини інструменту,

$$K_{\phi p} = 1,0, K_{rp} = 1,0, K_{\lambda p} = 1,0, K_{rp} = 0,93;$$

$$K_p = 0,96 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,89$$

Отже:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 150^{-0,15} \cdot 0,8 = 1896 \text{ Н}$$

Визначаємо необхідну потужність верстату.

Необхідна потужність яка витрачається на різання, визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020}, \quad (2.31)$$

$$N_e = \frac{1896 \cdot 150}{60 \cdot 1020} = 4,6 \text{ кВт.}$$

Так як потужність верстата $N=11,2 \text{ кВт}$, а потужність різання $N_e=4,6 \text{ кВт}$. Робимо висновок, що обробка при фрезеруванні можлива.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо режими різання при свердленні і зенкеруванні [6, стр.276-280].

Глибина різання при свердленні: $\varnothing 26\text{мм}$ $t_1=12,5\text{мм}$

Глибина різання при зенкеруванні: $\varnothing 26,36\text{мм}$ $t_1=0,68\text{мм}$.

Подача при свердленні: $\varnothing 26\text{мм}$ $s_1=0,48\text{мм/об}$

Подача при зенкеруванні: $\varnothing 26,36\text{мм}$ $s_1=0,8\text{мм}$.

Швидкість різання визначаємо за формулою [6, стр.276]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (2.32)$$

де C_v - коефіцієнт, $C_v = 9,8$;

q, y, m – показники степенів, $q=0,4$; $y=0,7$; $m=0,2$;

D – діаметр свердла;

T – період стійкості інструмента, $T=90\text{хв}$;

s – подача;

K_v – поправочний коефіцієнт, який визначається з виразу:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{lv}, \quad (2.33)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу, що оброблюється;

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{n_v}, \quad (2.34)$$

де n_v – показник степені, $n_v = 1,3$;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^{0,9} = 1,14$$

K_{nv} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 1,0$;

K_{lv} – коефіцієнт, який враховує глибину свердлення, $K_{lv} = 1,0$

$$K_v = 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,14.$$

Швидкість різання при свердленні:

$$v = \frac{9,8 \cdot 26^{0,4}}{90^{0,2} \cdot 0,48^{0,7}} \cdot 1,14 = 27,5 \text{ мм / хв}.$$

Швидкість різання при зенкеруванні:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (2.35)$$

де C_v - коефіцієнт, $C_v = 18$;

q, y, m, x – показники степенів, $q=0,6$; $y=0,3$; $m=0,25$; $x=0,2$

t – глибина різання.

$$v = \frac{18 \cdot 26,36^{0,6}}{60^{0,25} \cdot 0,68^{0,20} \cdot 0,8^{0,3}} \cdot 1,14 = 56,7 \text{ мм / хв}.$$

Визначаємо крутний момент і осьову силу при свердленні за формулою [6, стр.276]:

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, (2.36)$$

$$P_0 = 10C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p,$$

де C_m, C_p - коефіцієнт, $C_m = 0,0345, C_p = 68$;

q, y, m , – показники степенів, $q=2,0; y=0,8; y=0,7$,

K_p – коефіцієнт який залежить від матеріалу оброблюваної заготовки,

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, (2.37)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,75} = 0,9.$$

Отже:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 26^2 \cdot 0,48^{0,8} \cdot 0,9 = 108H \cdot m,$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 26 \cdot 0,48^{0,7} \cdot 0,9 = 11439H.$$

Визначаємо крутний момент і осьову силу при зенкеруванні за формулою [6, стр.276]:

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p, (2.38)$$

$$P_0 = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p, (2.39)$$

де C_m, C_p - коефіцієнт, $C_m = 0,09, C_p = 67$;

q, y, m, x – показники степенів, $q=1,0; y=0,8; x=0,9; x=1,2; y=0,65$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 26,36^{1,0} \cdot 0,68^{0,9} \cdot 0,8^{0,8} \cdot 0,9 = 15H \cdot m,$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 0,68^{1,2} \cdot 0,8^{0,65} \cdot 0,9 = 380H$$

Визначаємо частоту обертання інструменту за формулою [6, стр.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}. (2.40)$$

Визначаємо частоту обертання інструменту при свердленні:

$$n = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 26} = 350 \text{ мм/хв}.$$

Визначаємо частоту обертання інструменту при зенкеруванні:

$$n = \frac{1000 \cdot 56,7}{3,14 \cdot 26,36} = 685 \text{ мм/хв},$$

Приймаємо $n=680 \text{ мм/хв}$.

Потужність різання визначаємо по найбільшому крутному моменту за формулою [6, стр.280]:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, (2.41)$$

де n – частота обертання інструменту.

Отже:

$$N_e = \frac{490 \cdot 108}{9750} = 5,4 \text{ кВт}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як потужність верстата $N=11,2\text{кВт}$, а потужність різання $N_e=5,4\text{кВт}$. Робимо висновок, що обробка при свердленні можлива.

Визначення часу циклу автоматичної роботи верстата за програмою.
Штучний час обробки деталі визначаємо за формулою [7]:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_e + T_{\text{обс}} + T_n, (2.42)$$

де T_o – основний час на операцію, хв.;

$$T_o = \sum T_{oj}, (2.43)$$

де T_{oj} – основний час на виконання j - го переходу обробки елементарної поверхні.

Для фрезерування T_o визначаємо за формулою:

$$T_{o1} = \frac{l_0 + l_1 + l_2 + l_3}{S_m}, (2.44)$$

де l_0 – довжина фрезерування;

l_1 – довжина підводу інструменту;

l_2, l_3 – відповідно довжина врізання і перебігу.

Для двох переходів

$$T_{o1} = \left(\frac{94+5+13}{480} + \frac{42+5+10}{420} \right) \cdot 4 = 1,47 \text{хв}.$$

Для розточування T_o :

$$T_{o2} = \frac{(L+l) \cdot i}{S_m}, (2.45)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні;

l – довжина врізання і перебігу,

i – число робочих ходів;

S_m – хвилинна подача.

$$T_{o2} = \frac{(40+5) \cdot 2}{800} = 0,11 \text{хв}.$$

Для свердлення і зенкерування:

$$T_{o3} = \frac{l_0 + l_1 + l_2 + l_3}{S_m}, (2.46)$$

Отже для двох стадій обробки:

$$T_{o3} = \frac{40+5+5+5}{168} + \frac{40+2+3+2}{544} = 0,41 \text{хв}.$$

Сумарний час для операції:

$$T_o = 1,47 + 0,11 + 0,41 = 1,99 \text{хв}.$$

Машинно-допоміжний час визначаємо за формулою:

$$T_{mv} = T_{mvi} + T_{mvx}, (2.47)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $T_{мви}$ – час на автоматичну зміну інструменту, для зміни п'яти інструментів $T_{мви}=0,45хв$

$T_{мвх}$ – час на виконання автоматичних холостих ходів верстату, $T_{мвх}=0,9хв$.

$$T_{мв} = 0,45 + 0,9 = 1,35хв$$

Час автоматичної роботи верстата за програмою визначаємо за формулою:

$$T_{ц.а} = T_o + T_{мв}, (2.48)$$

$$T_{ц.а} = 1,99 + 1,35 = 3,34хв$$

Норму штучного часу визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = (T_{ц.а} + T_v) \cdot \left(1 + \frac{a_{мех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right), (2.49)$$

де T_v – допоміжний час, який визначається за виразом:

$$T_v = T_{уст} + T_{в.оп} + T_{изм}, (2.50)$$

де $T_{уст}$ – час на установку і зняття деталі, $T_{уст}=0,13хв$;

$T_{в.оп}$ – час, який пов'язаний з операцією, $T_{в.оп}=0,84хв$;

$T_{изм}$ – час на вимірювання, $T_{изм}=0,2хв$.

$$T_v = 0,13 + 0,84 + 0,2 = 1,17хв.$$

$$a_{мех} + a_{орг} + a_{отл} = 14\% \cdot T_o$$

$$T_{шт} = (3,34 + 1,17) \cdot \left(1 + \frac{0,28}{100} \right) = 4,53хв.$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою [7, ст.604]:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{n-3}}{n_3}, (2.51)$$

де T_{n-3} – підготовчо-заключний час на партію, хв.;

n_3 – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво.

Підготовчо-заключний час розраховуємо за формулою:

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} + T_{n-33}, (2.52)$$

де $T_{n-31}=18хв$ – норма часу на організаційну підготовку [7];

$T_{n-32}=9хв$ – норма часу на додаткові прийоми, які не ввійшли до T_{n-31} [7];

$T_{n-33}=2,7хв$ – час пробної обробки деталі [7].

$$T_{n-3} = 18 + 9 + 2,7 = 29,7хв.$$

$$T_{шт-к} = 4,53 + \frac{29,7}{100} = 4,83хв.$$

Режими різання і норми часу на інші операції визначаємо табличним методом і значення заносимо до таблиці 2.14

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.ПТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

В розрахунках не враховуємо капітальні вкладення у верстатне устаткування, вважаючи, що воно придбано для інших деталей-операцій.

Розрахунок виконуємо для варіанту однакові заготовки та різне верстатне обладнання, а саме порівняння багатоцільового верстату з сукупністю верстатів без ЧПК за типовим техпроцесом.

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	6P12	2П155	3Д732	676П	HAAS UMC-50
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	100				1000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	26,5	23,47	28,53	28,05	64,002
Час наладки верстата, хв.	33	32,5	29	13	7,02
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5				2
	4	5	5	4	3
	3	3	3	3	3
	3	3	3	3	3
Кількість кадрів програми, шт.					200
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	129,48				129,48
Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	124	124	124	124	250

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.3.ТЕО		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Демиденко				ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Літ.	Арк.
Перевір.	Пивінда						Аркуші
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, ПМ-21	
Затв.	Рязанцев						

Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	1	1	1	2
Оптова ціна верстата Π , грн.	27000	28000	22000	27000	22000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,28	0,08	0,32	0,1	0,52
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	25,0	48,7	51,4	45,0	60,0
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_m	401	329	401	240	272
електротехнічної частини H_e	86	71	86	65	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	Прямолінійний фрагмент				1195
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	1	1	1	1	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	1	2

Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	1850	1850	1850	1850	4015
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{пл.зд.}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $\Pi_{сл. поб.}$, грн	500				500
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{пл.}$, грн.	100	100	100	100	2000

					КНУ.КБР.131.25.1-07.03.ТЕО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	6Р12	2Ш55	3Д732	676П	HAAS UMC-500
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	44,1667	39,11667	47,55	46,75	1066,7
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	6,6	6,5	5,8	2,6	1,404
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	12,24889	6,78	14,28613	8,103333	4,30
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	2,65	3,129333	23,775	9,35	2,1
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,29
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0035	0,0035	0,0031	0,0014	0,0008
(дійсна)	1	1	1	1	1

Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0,00659	0,0036	0,007681	0,004357	0,00231
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,00	0,00	0,013	0,01	0,00
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	13				1
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,10	0,31	0,0901	0,267	0,51

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$C = I_n + I_{ш} + I_{ин} + I_{лк} + I_{ар} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_p + I_y + I_k$,

де I_n – зарплатня верстатника;

$I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;

$I_{ш}$ – зарплатня за наладку верстата;

$I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;

$I_{ин}$ – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом I_p – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

$I_{лк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

$I_{ар}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань I_k – зарплатня контролера

$I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-зорних пристосувань при їх використанні;

I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

C_1 на деталь = 712,92

C_2 на деталь = 189,60

I_n	880	+	$I_{ш}$	105,79	+	$I_{ин}$	143,07	+	$I_{лк}$	0,00	+	$I_{ар}$	185,1733	+	$I_{усп}$	0	+	I_a	1192,90	+	$I_{пл}$	3409,94	+	$I_{сл}$	45500	+	I_p	19687,8	+	I_y	0,0	+	I_k	186,74	=	71291,64
C_2	3103	+		5,52	+		9,03	+		833,33333	+		93,33333	+		0	+		495,22	+		123293,93	+		17500	+		43178,5	+		611,4	+		480,015	=	189602,91

					КНУ.КБР.131.25.1-07.03.ТЕО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_v

$$I_v = H_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$$

де $H_{ст.зг}$ – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$H_{ст.зг} = H_{ст} + Z_d + C_{відр} + C_{спрем}$$

де $H_{ст}$ – тарифна ставка верстатника, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{спрем}$ – преміальні доплати, 35%

Базовий варіант					Новий варіант				
	$I_v = H_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$				HAAS UMC-500	$I_v = H_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$			
6P12	247	5,58	44,1667	1	3103	5,82	1067	2	
2Ш55	206	5,27	39,1167	1	Всього I_{v2}	3103			
3Д732	176	3,71	47,55	1					
676П	251	5,3686476	46,75	1					
Всього I_{v1}	880								

2. Зарплатня за наладку верстата I_n

$$I_n = H_{нал.зг} \cdot T_n$$

де $H_{нал.зг}$ – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$H_{нал.зг} = H_{нал} + Z_d + C_{відр} + C_{спрем}$$

де $H_{нал}$ – тарифна ставка наладчика, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{спрем}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_n = t_n \cdot j_p / 60$$

де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
	$I_n = H_{нал.зг} \cdot T_n$			HAAS UMC-500	$I_n = H_{нал.зг} \cdot T_n$		
6P12	34,87	5,28	6,6	5,52	3,93	1,404	
2Ш55	28,82	4,43	6,5	Всього I_{n2}	5,52		
3Д732	30,64	5,28	5,8				
676П	11,45	4,40	2,6				
Всього I_{n1}	105,79						

3. Зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом, I_{in}

$$I_{in} = H_{in} \cdot T_{in.ін}$$

де H_{in} – середньочасова зарплатня наладчика, грн;

$T_{in.ін}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв

$$T_{in.ін} = 1,3 \cdot t_{in} \cdot T_{шт} \cdot k_T / (T \cdot n_T)$$

де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;

t_{in} – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;

k_T – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;

T – середній період стійкості інструменту, хв.;

n_T – кількість граней пластинки, що не переточується

Базовий варіант				Новий варіант			
	$I_{in} = H_{in} \cdot T_{in.ін}$			HAAS UMC-500	$I_{in} = H_{in} \cdot T_{in.ін}$		
6P12	39,196444	3,2	12,2489	9,03	2,1	4,30	
2Ш55	21,70	3,2	6,78	Всього I_{in2}	9,03		
3Д732	45,72	3,2	14,2861				
676П	36,47	4,5	8,10333				
Всього I_{in1}	143,07						

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

3Д732	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		
	0	0	100
676П	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		
	0	0	100

Базовий варіант				Новий варіант			
	$I_{пк} = K_{пк} / Z$			HAAS UMC-500	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		
6P12	0	0	3	833,3333	2500	3	
2Ш55	0,00	0	3	Всього $I_{пк2}$	833,333333		
Всього $I_{пк1}$	0,00						

								Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КНУ.КБР.131.25.1-07.03.ТЕО

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a

$$I_a = K_6 \cdot A$$

де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається:

- для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0,053 та 0,056;
- для верстатів масою вище 10 т – 0,04 та 0,042 відповідно

Примістовий фрагмент

Базовий варіант				Новий варіант			
6P12	$I_a = K_6 \cdot A$			HAAS UMC-500	$I_a = K_6 \cdot A$		
	154,27	2911	0,053		495,22	12381	0,04
2Ш55	$I_a = K_6 \cdot A$			Всього I_{a2}	495,22		
	503,14	9493	0,053				
3Д732	$I_a = K_6 \cdot A$						
	115,59	2181	0,053				
676П	$I_a = K_6 \cdot A$						
	419,90	7923	0,053				
Всього I_{a1}	1192,90						

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат I_{um}

$$I_{um} = H_{um} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де H_{um} – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху

- для верстатів класів точності Н та П – 180 грн
- для верстатів класів точності В та ОВ – 200 грн

Примістовий фрагмент

Базовий варіант							Новий варіант						
6P12	$I_{um} = H_{um} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$						HAAS UMC-500	$I_{um} = H_{um} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$					
	245,03	100	25,002	0	1	0,10		IE-05	2000	60	0,25	2	0,51
2Ш55	$I_{um} = H_{um} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$						Всього I_{um2}	123293,93					
	1501,65	100	48,72	0	1	0,31							
6610	$I_{um} = H_{um} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	462,85	100	51,36	0	1	0,09							
4-ий верстат	$I_{um} = H_{um} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	1200,41	100	45	0	1	0,27							
Всього I_{um1}	3409,94												

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень I_{cs}

$$I_{cs} = H_{cs} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_{п} + P_{хол} + P_{к})$$

Базовий варіант

$K_{cs} = C_{пл.б} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_{п} + P_{хол} + P_{к})$						
45500	500	7	4	8	0	1
Всього K_{cs1}	45500					

Новий варіант

$K_{cs} = C_{пл.б} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_{п} + P_{хол} + P_{к})$						
17500	500	7	1	2	1	1
Всього K_{cs2}	17500					

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання I_r

$$I_r = (H_r \cdot R_m + H_r \cdot R_c) \cdot \mu \cdot \beta$$

де H_r, H_c – витрати на одинокі ремонтні складові відповідного механічної та електротехнічної частин, грн.;
 R_m, R_c – ремонтна складовість відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2

Примістовий фрагмент

Базовий варіант								Новий варіант							
6P12	$I_r = (H_r \cdot R_m + H_r \cdot R_c) \cdot \mu \cdot \beta$							HAAS UMC-500	$I_r = (H_r \cdot R_m + H_r \cdot R_c) \cdot \mu \cdot \beta$						
	2366,7	401	51	86	43	1	0,10		272	100	60	250	2	0,51	
2Ш55	$I_r = (H_r \cdot R_m + H_r \cdot R_c) \cdot \mu \cdot \beta$							Всього I_{r2}	43178,5						
	11477,5	329	97	71	75	1	0,31								
6610	$I_r = (H_r \cdot R_m + H_r \cdot R_c) \cdot \mu \cdot \beta$														
	1796,9	401	39	86	50	1	0,09								
4-ий верстат	$I_r = (H_r \cdot R_m + H_r \cdot R_c) \cdot \mu \cdot \beta$														
	4046,7	240	54	65	34	1	0,27								
Всього I_{r1}	19687,8														

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК I_y

$$I_y = Q \cdot \beta$$

де Q – річні витрати при експлуатаванні у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
6P12	$I_y = Q \cdot \beta$		FOUR-STAR FD	$I_y = Q \cdot \beta$	
	0	0,10	611,4	1195	0,51
2Ш55	$I_y = Q \cdot \beta$		Всього I_{y2}	611,4	
	0	0,31			
6610	$I_y = Q \cdot \beta$				
	0	0,09			
4-ий верстат	$I_y = Q \cdot \beta$				
	0	0,27			
Всього I_{y1}	0,0				

12. Зарплатня контролера I_k

$$I_k = H_k \cdot T_k$$

де H_k – середньочасова заробітна плата контролера 5-го розряду, грн.;

T_k – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{k1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{k1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Прямкутний ф

Базовий варіант				Новий варіант			
6P12	$I_k = H_k \cdot T_k$	12,72	4,8	2,65	HAAS UMC-500	$I_k = H_k \cdot T_k$	480,015
2Ш55	$I_k = H_k \cdot T_k$	15,02	4,8	3,13	Всього I_{k1}		480,015
6610	$I_k = H_k \cdot T_k$	114,12	4,8	23,78			
4-ий верстат	$I_k = H_k \cdot T_k$	44,88	4,8	9,35			
Всього I_{k1}		186,74					

1. Балансова вартість верстата K_v

$$K_v = C \cdot \alpha \cdot \beta$$

де C – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;

β – частка авантаження верстата

$$\beta = T_{шт} + T_n / (\Phi_{ос} \cdot \eta_p)$$

Прямкутний ф

Базовий варіант					Новий варіант				
6P12	$K_v = C \cdot \alpha \cdot \beta$	2911	27000,00	1,1	0,10	HAAS UMC-500	$K_v = C \cdot \alpha \cdot \beta$	12381	22000,00
2Ш55	$K_v = C \cdot \alpha \cdot \beta$	9493	28000,00	1,1	0,31	Всього K_{v1}		12381	
3Д732	$K_v = C \cdot \alpha \cdot \beta$	2181	22000	1,1	0,09				
4-ий верстат	$K_v = C \cdot \alpha \cdot \beta$	7923	27000	1,1	0,27				
Всього K_{v1}		22507							

2. Вартість приміщення, яке займає верстат $K_{пл}$

$$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $C_{пл.пл}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

A – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.;

A_y – площа, яку займають виміси, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант							Новий варіант						
6P12	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	1225	500	25,00225	0	1	0,10	HAAS UMC-500	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	30823,482	500	60	0,25
2Ш55	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	7508	500	48,72	0	1	0,31	Всього $K_{пл2}$		30823,48			
3Д732	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	2314	500	51,3604	0	1	0,09						
4-ий верстат	$K_{пл} = C_{пл.пл} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	6002	500	45	0	1	0,27						
Всього $K_{пл1}$		17050											

3. Вартість службово-побутових приміщень $K_{сл}$

$$K_{сл} = C_{пл.б} \cdot A_b \cdot (P_{ст} + P_n + P_{доп} + P_k)$$

де $C_{пл.б}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

A_b – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{ст}$, P_n , $P_{доп}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант							
$K_{сл} = C_{пл.б} \cdot A_b \cdot (P_{ст} + P_n + P_{доп} + P_k)$							
45500	500	7	4	8	0	1	
Всього $K_{сл1}$							45500

Новий варіант							
$K_{сл} = C_{пл.б} \cdot A_b \cdot (P_{ст} + P_n + P_{доп} + P_k)$							
17500	500	7	1	2	1	1	
Всього $K_{сл2}$							17500

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-07.03.ТЕО

Арк.

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві $K_{нез}$

$$K_{нез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де 3 – число партій деталей, які приходяться всередньому на одне робоче місце;

n'' – розмір налагодочної партії деталей (партії запуску), шт.

$$n'' = N_{річн} / j_p$$

$S_{заг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант

$K_{нез} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} +$	$C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$	
9270,50	8,3333	129,48	71291,64	100	0,76
Всього $K_{скл1}$	9270				

Новий варіант

$K_{нез} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} +$	$C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$	
28685,21	83,333	129,48	189602,91	1000	0,51
Всього $K_{скл1}$	28685				

Приведені витрати

$З_1 =$	$C_1 + E_n \cdot K_1$	
85515,2	71292 0,15 94824	
$З_2 =$	$C_2 + E_n \cdot K_2$	
203424	189603 0,15 92139	

Строк окупності

$T_{ок} =$	$(K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$	
0,023	92139,24 94824 71291,64 189602,91	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-07.03.ТЕО

Арк.

4 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК У ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ FUTURE CAM

Операція виконується на багатоцільовому верстаті моделі HAAS UMS-500 з пристроєм ЧПК. Кількість заповнених позицій на поворотному різцетримачі складає 6. Всього 30 гнізд. Для виконання заданої операції використовуємо наступні інструменти: фрези циліндричні, різець розточний державочний, свердло спіральне, зенкер.

Верстатним пристроєм є установочні пластини і призма. Інструментальним пристроєм є шпиндельна оправка з конічним хвостовиком для багатоцільових верстатів.

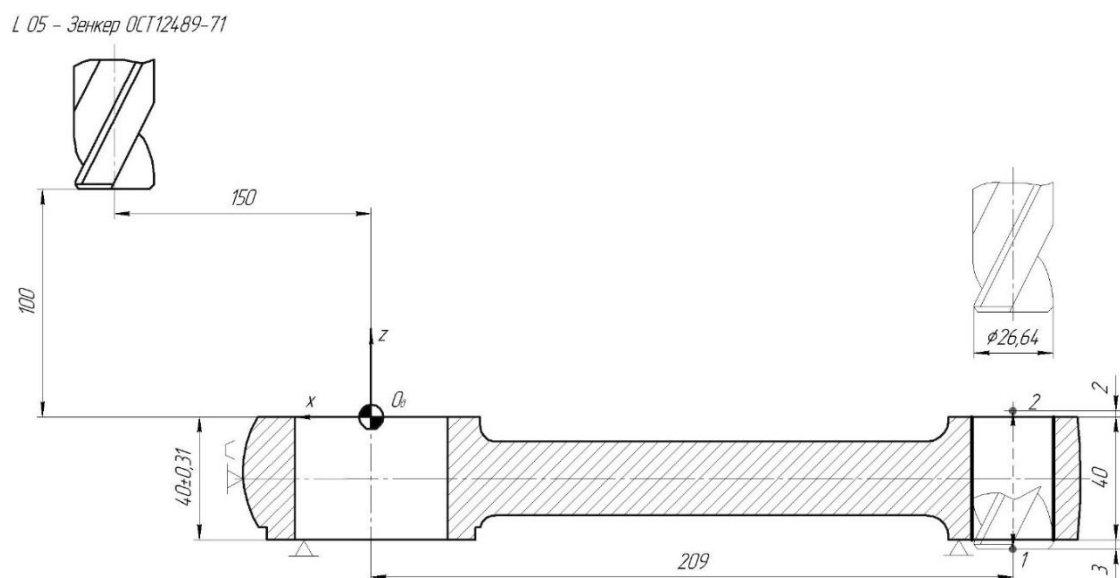


Рисунок 4.1 – Початок координат верстату і траєкторія руху
інструменту

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.04.РВІН		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Демиденко				РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ	Лім.	Арк.
Перевір.	Пивінда						Аркуші
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, ПМ-21	
Затв.	Рязанцев						

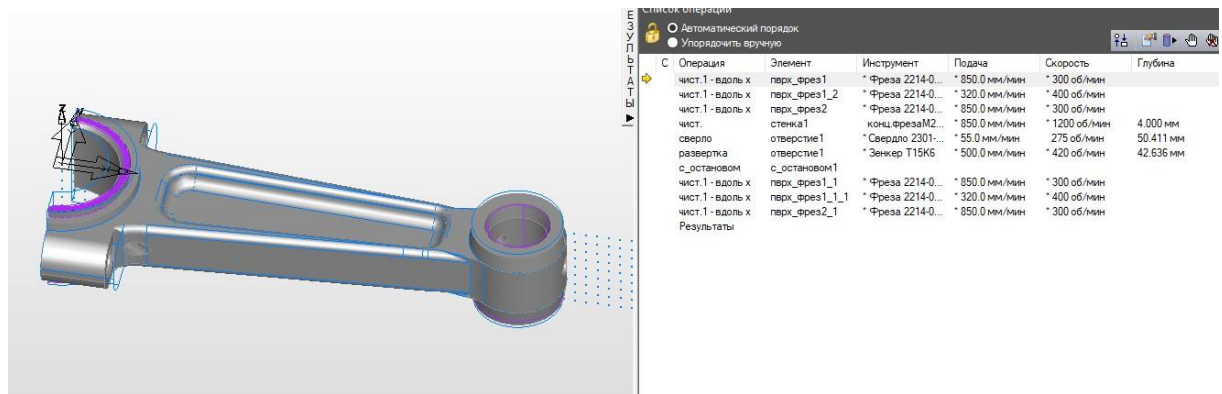


Рисунок 4.2 - Вибір початку координат та послідовність переходів

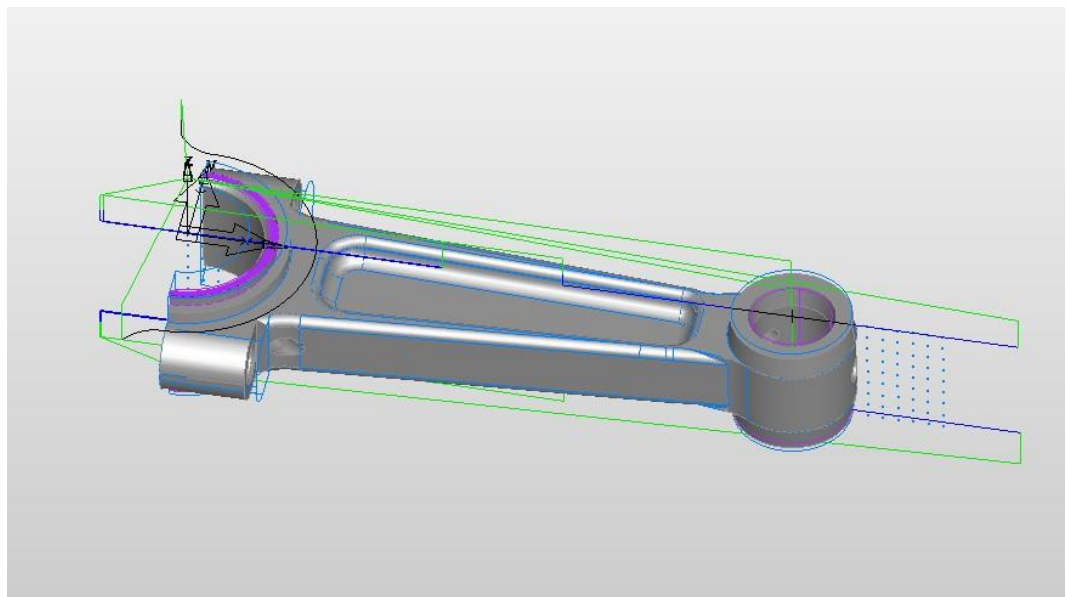


Рисунок 4.3- Траекторія переміщення інструменту

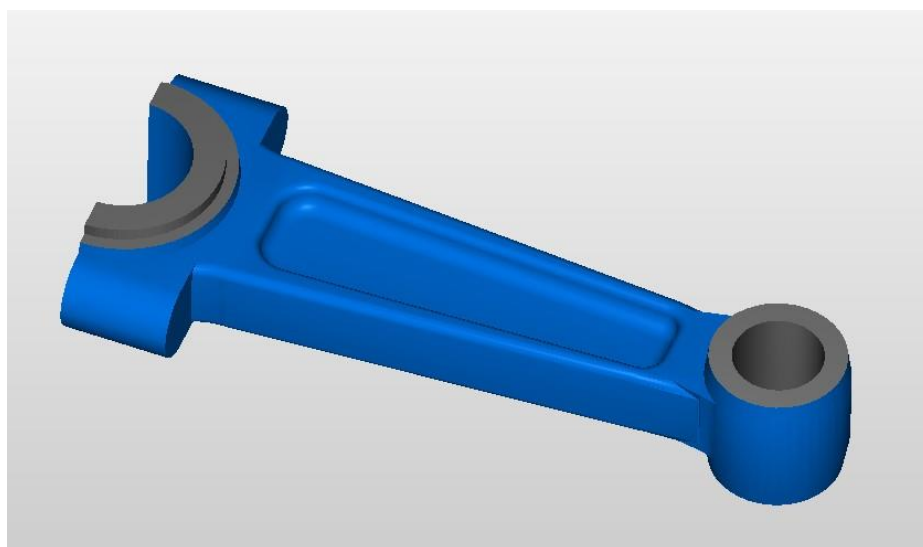


Рисунок 4.4- Обробка на першому установі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-07.04.РВІН

Арк.

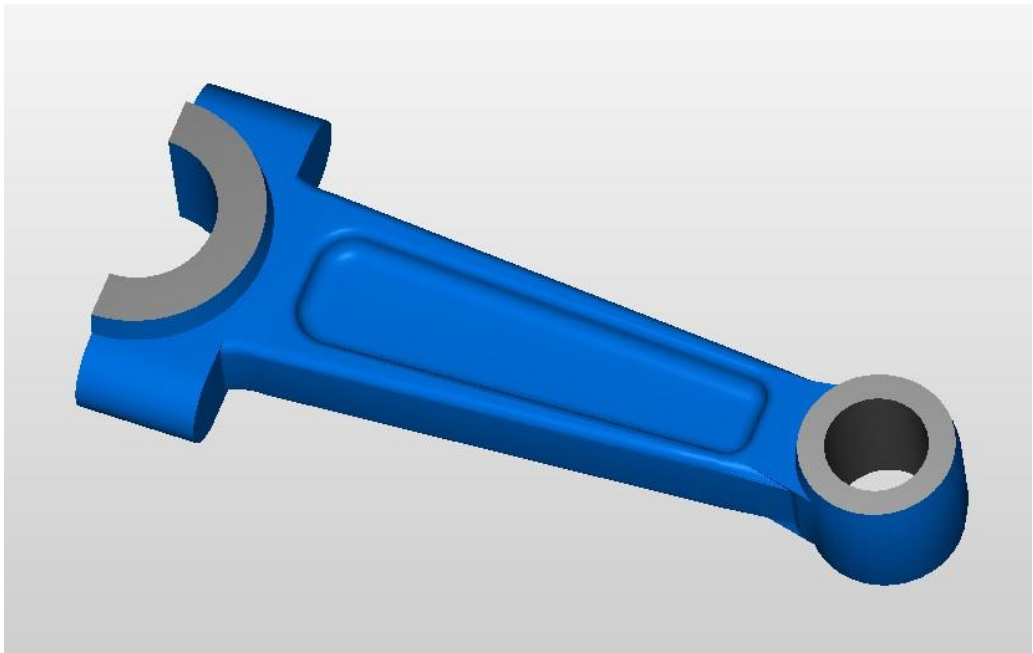


Рисунок 4.5-Обробка на другому установі

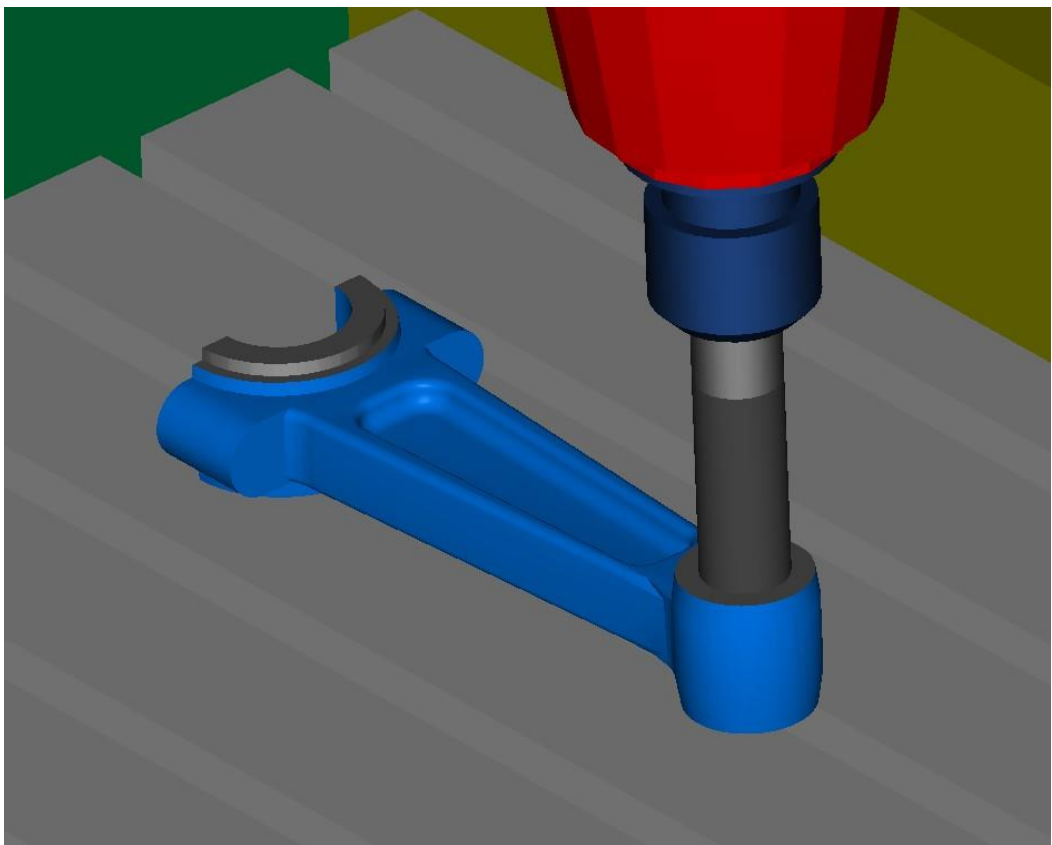


Рисунок 4.6-Візуалізація обробки

Керуюча програма обробки

%

O0001(Shatun)

N25 G00 G21 G17 G40 G49 G80 G94

N30 G91 G28 Z0

N35 (1UST FACE ROUGH MILLING D100)

N40 T1 M6

N45 G00 G54 G90 X-28.972 Y0. S300 M03

N50 G43 H1 Z12.0 M08

N55 Z5.0

N60 G01 Z0.5 F425.

N65 X26.028 F850.

N70 X29.272

N75 X84.272

N80 G00 Z12.0

N85 (FACE FINISH MILLING D100)

N90 X-28.09 Y0.227 S400

N95 Z5.0

N100 G01 Z0. F160.

N105 X26.91 F320.

N110 X29.274

N115 X84.274

N120 G00 Z12.0

N125 (FACE ROUGH MILLING D100)

N130 X124.335 Y0.005 S300

N135 Z5.0

N140 G01 Z0. F850.

N145 X179.335

N150 X219.878

N155 X274.878

N160 G00 Z12.0

N165 M5

N170 G91 G28 Z0 M09

N175 G49 G90 X0. Y0.

N180 M01

N185 (SIDE MILLING D63)

N190 T2 M06

N195 G94

N200 G00 G54 X-11.908 Y48.705 S1200 M03

N205 G43 H2 Z12.0 M08

N210 Z3.0

N215 G01 Z-4.0 F850.

N220 G03 X0. Y41.83 I11.908 J6.875

N225 G02 X0. Y-41.83 I0. J-41.83

					КНУ.КБР.131.25.1-07.04.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N230 G03 X-11.908 Y-48.705 I0. J-13.75
 N235 G00 Z12.0
 N240 M5
 N245 G91 G28 Z0 M09
 N250 G49 G90 X0. Y0.
 N255 M01
 N260 (DRILL D26)
 N265 T3 M06
 N270 G94
 N275 G00 G54 X200.0 Y0. S275 M03
 N280 G43 H3 Z12.0 M08
 N285 G83 G98 Z-50.411 R3.0 Q26.0 F55.
 N290 G80
 N295 M5
 N300 G91 G28 Z0 M09
 N305 G49 G90 X0. Y0.
 N310 M01
 N315 (ZENKER D26.64)
 N320 T4 M06
 N325 G94
 N330 G00 G54 X200.0 Y0. S420 M03
 N335 G43 H4 Z12.0 M08
 N340 Z3.0
 N345 G85 R3.0 Z-42.636 F500.
 N350 G80
 N355 Z12.0
 N360 M5
 N365 G91 G28 Z0 M09
 N370 G49 G90 X0. Y0.
 N375 M01
 N380 (2UST FACE ROUGH MILLING D100)
 N385 T1 M06
 N390 G94
 N395 G00 G55 X-29.441 Y0.001 S300 M03
 N400 G43 H1 Z14.0 M08
 N405 Z7.0
 N410 G01 Z2.5 F850.
 N415 X25.559
 N420 X34.021
 N425 X89.021
 N430 G00 Z14.0
 N435 (FACE FINISH MILLING D100)
 N440 X-29.07 S400
 N445 Z7.0
 N450 G01 Z2.0 F160.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.04.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N455 X25.93 F320.
 N460 X34.098
 N465 X89.098
 N470 G00 Z14.0
 N475 (FACE ROUGH MILLING D100)
 N480 X124.471 Y0.4 S300
 N485 Z7.0
 N490 G01 Z0. F425.
 N495 X179.471 F850.
 N500 X220.549
 N505 X275.549
 N510 G00 Z14.0
 N515 M5
 N520 G0 G91 G28 Z0 M09
 N525 G49 G90 X0. Y0.
 N530 M30

					КНУ.КБР.131.25.1-07.04.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

5.1 Проектування верстатного пристосування

Аналізуємо верстатне оснащення, необхідне для виконання технологічного процесу і приходимо до висновку, що для здійснення всіх технологічних операцій потрібно використати спеціальне та універсально - переналагоджувальне верстатне оснащення.

Для виконання багатоцільової операції необхідно спеціальне технологічне оснащення, що забезпечить базування, встановлення і закріплення деталі в процесі обробки.

Розробку технічного завдання для проектування верстатного технологічного оснащення виконуємо на перший установ багатоцільової операції.

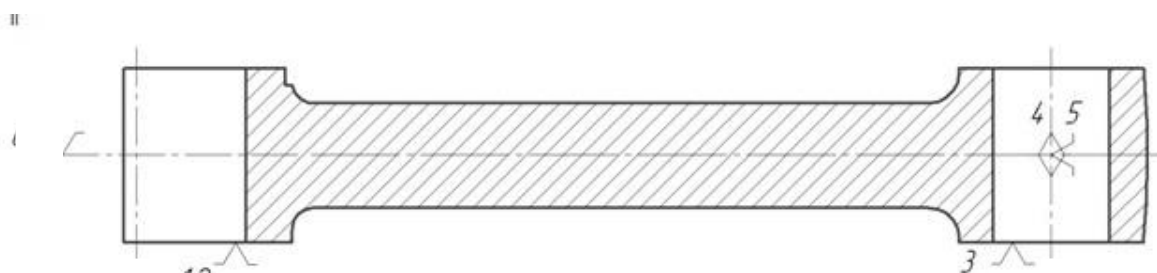


Рисунок 5.1 – Схема базування

Операція виконується на багатоцільовому верстаті свердлильно – фрезерно – розточному вертикальному високої точності моделі HAAS UMC-500.

Деталь встановлюється на опорні пластини, упором слугує призма, закріплення здійснюється за допомогою рухомої призми. Установочною базою слугує площина А, направляючою базою поверхня Б, таким чином деталь позбавляють п'яти ступенів вільності.

Пристосування використовується при фрезеруванні площини і свердління отворів в заготовці шатуна і призначено для базування заготовки площиною (установна база 1,2,3), циліндричною внутрішньою

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.05.ПВКП			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Деми́денко						
Перевір.		Пиві́нда						
Т.контр								
Н. Контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ, ПМ-21		
Затв.		Рязанцев						

поверхнею(подвійною опорною базою, опорні точки 4 і 5) і другою циліндричною поверхнею(опорна база, опорна точка 6) і для закріплення силами P1,P2,P3, одночасно направленими до нормалі установної бази.

В пристосуванні заготовка установною базою опирається на опорні пластини 1,2 і 3, змонтовані в корпусі 2, та два циліндричних пальця: установний палець і зрізаний установний палець 6 , що складається з двох напівпальців Прижим здійснюється прижимом заготовки за допомогою прихватів 7,8,9 один з яких з'єднаний зі штоком 10 пневмоциліндром 11

5.2 Розробка контрольного пристосування

Контрольні пристосування - це спеціальні стаціонарні вимірювальні пристрої, призначені для виробничого високопродуктивного контролю точності геометричних параметрів деталей.

У конструкцію контрольного пристосування входять установчі, затискні, передавальні, вимірювальні пристрої. Вибір типу і конструкції пристосування залежить від виду параметра, що перевіряється, розмірної характеристики деталі, необхідної точності вимірювань, схеми простановки розмірів.

Конструкція всього контрольного пристосування в цілому і всіх вхідних в нього пристроїв, а також вимірювальних засобів повинна бути прийнята такою, щоб з одного боку повністю задовольнити умовам виконання контрольної операції, з іншого боку, робити його застосування доцільним.

Потрібно спроектувати контрольне пристосування для контролю непаралельності осей головок шатуна.

Основними початковими даними для цієї роботи є креслення деталі, параметри вимірюваного відхилення.

Схема вимірювання полягає в наступному: у отвір шатуна щільно вставляється контрольний вал. Як установчі елементи прийнято дві опорні призми, закріплені болтами до плити. Також на плиті закріплений косинець. При контролі шатуна вал, вставлений в отвір шатуна, встановлюється на призми. У вертикальному положенні шатун за допомогою установка і штифта. Непаралельність осей отворів головок шатуна визначають за допомогою індикаторів .

					КНУ.КБР.131.25.1-07.05.ПВКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

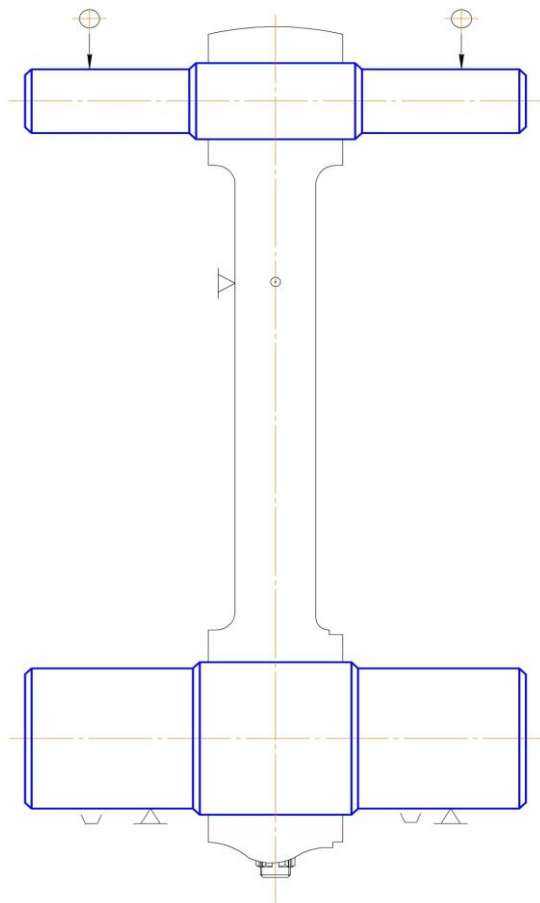


Рисунок 5.2- Схема базування деталі

Правильність розробки конструкції контрольного пристосування значною мірою залежить від правильності вибору бази вимірювання, що забезпечує найменшу похибку. В контрольних пристосуваннях, призначених для вимірювання остаточно оброблених деталей, як база вимірювання використовуються в основному конструкторські бази деталі. Це забезпечує правильність контролю деталі, згідно до умов її роботи у вузлі.

Велике значення має аналіз похибки вимірювання при існуючій конструкції пристосування. Це похибка залежить від правильності вибору баз вимірювання, точності базуючих елементів, наладки і способів її спряження з базовою частиною пристосування, похибки вимірювання.

Вимірювання відхилень від паралельності осей двох отворів виконується за наступною схемою: контрольні валики 1 і 2 щільно вставляють в отвір нижньої і верхньої головок шатуна. Вільні кінці валика 1 спираються на дві опорні призми. Відхилення від паралельності осей деталей 3 можна визначити за

допомогою індикаторів вимірюваннями показників з контрольних валиків. Між різницею розмірів встановлюють відхилення, що перевіряється, на заданій довжині.

Для зменшення похибок вимірювання в сучасних контрольних пристосуваннях широко застосовуються безазорні з'єднання рухомих ланок вимірювальних систем. Для виключення впливу вимірювання в

					КНУ.КБР.131.25.1-07.05.ПВКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

межах встановлених допусків на діаметри отворів застосовують східчасті оправки.

Для наскрізних і коротких отворів зазвичай застосовуються контрольні валики з мірними поясочками на обох кінцях, розташовані на заданій довжині.

Так само зазор між оправкою і отвором шатуна виключається тому, що деталь встановлена вертикально і під дією сил тяжіння виключає вплив зазорів.

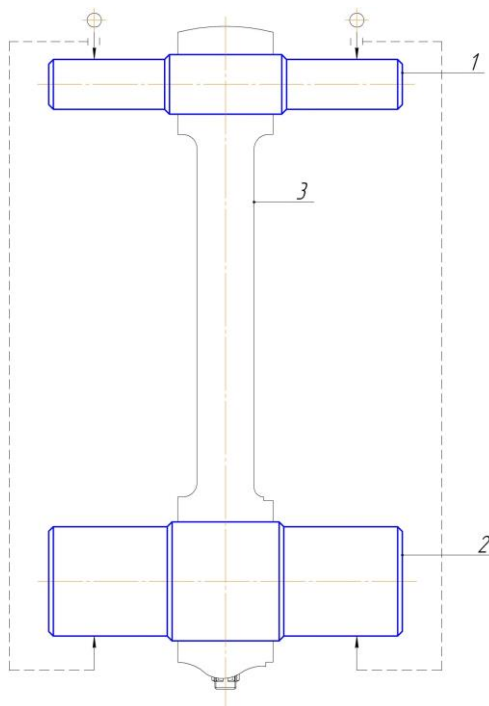


Рисунок 5.3 - Схема вимірювання деталі

Базування деталі проводиться шляхом установки її на внутрішні циліндричні поверхні (отвори кривошипної і шатунної головок шатуна). Опорні шийки валу встановлюються в призму. При використанні призми може виникнути похибка вимірювання, що викликається переміщенням центру базової поверхні у напрямі бісектриси призми залежно від дійсного значення діаметру валу. Величина цієї похибки визначається по формулі:

$$\Delta\delta = \frac{\delta}{2 \sin \alpha}, \quad (5.1)$$

де δ - допуск на виготовлення базової поверхні шийки валу;

α - кут нахилу призми;

$2\alpha=90^\circ$.

Погрішність базування буде:

$$\Delta\delta = \frac{0,011}{2 \sin 45} = 0,0077 \text{ мм} = 7,7 \text{ мкм.}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-07.05.ПВКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка вимірювання визначаємо по формулі:

(5.2)

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{у.э.} + \sqrt{\Delta_6^2 + \Delta_{сл}^2 + \Delta_{ин}^2},$$

Δ_{Σ} - сумарна похибка вимірювання;

Δ_6^2 - похибка базування;

$\Delta_{сл}^2$ - випадкові похибки;

$\Delta_{ин}^2$ - похибка вимірювання інструменту.

Сумарна похибка вимірювання Δ_{Σ} визначається по величині допуску на вимірюваний розмір, і залежно від характеру виробництва і величини допуску приймається рівною 10-35%:

$$\Delta_{\Sigma} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ мм} = 15 \text{ мкм};$$

$\Delta_{сл}$ - випадкові похибки існують завжди і приймаються рівними 3-5% від допуску на вимірюваний розмір:

$$\Delta_{сл} = 0,04 \cdot 0,05 = 0,0020 \text{ мм} = 2 \text{ мкм};$$

Похибка інструменту залежить від ціни ділення індикатора і приймається рівною $0,25C$, де C - ціна ділення індикатора. У індикатора ИЧ10 ГОСТ 577-68 $C=0,01$ мм.

$$\Delta_{ин} = 0,25 \cdot 0,001 = 0,0025 \text{ мм} = 2,5 \text{ мкм}.$$

Проаналізувавши формулу (5.1) невідомою у нас опинилася величина установчих елементів, рівна:

$$15 = \Delta_{у.э.} + \sqrt{7,7^2 + 2^2 + 2,5^2};$$

$$15 = \Delta_{у.э.} + 8,34;$$

$$\Delta_{у.э.} = 6,66 \text{ мкм}.$$

Таким чином на полі креслення контрольного пристосування вказуємо, що відхилення від паралельності призм не повинне перевищувати 6,6 мкм, тобто 0,0067 мм.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.05.ПВКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

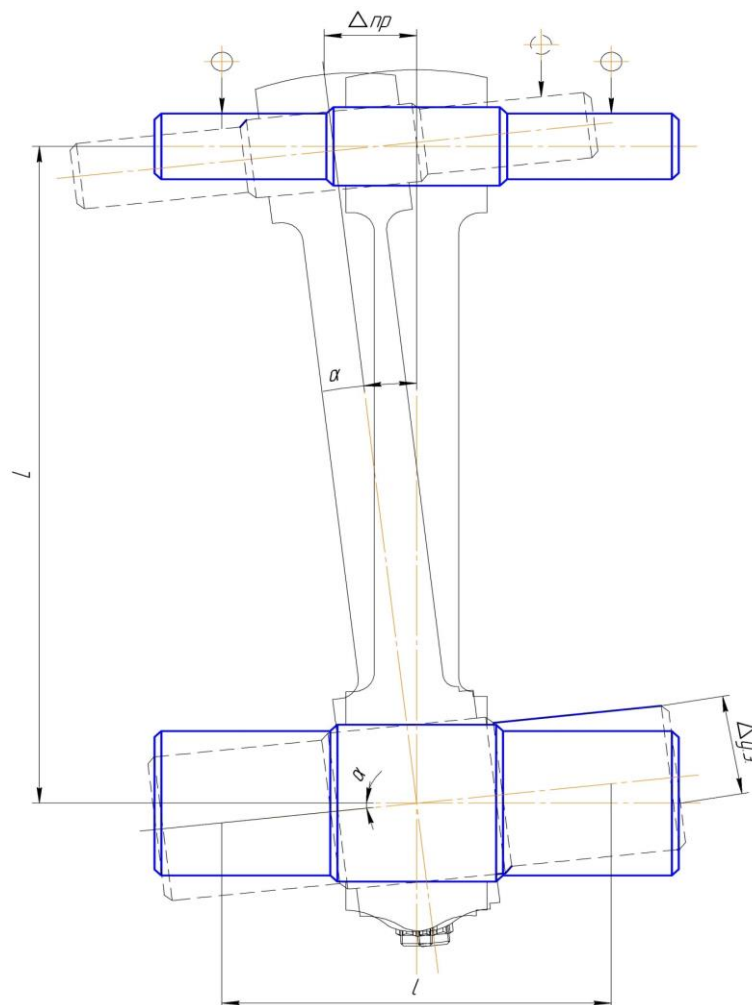


Рисунок 5.3 –Схема вимірювання

З геометричних побудов установчих елементів визначаємо похибку вимірювання.

де $L=209$ мм; $l=100$ мм.

Точність вимірювання визначається по виразу:

$$\tan \alpha = \frac{\Delta_{у.з.}}{l} = \frac{\Delta_{np}}{L};$$

$$\Delta_{np} = \frac{\Delta_{у.з.} \cdot L}{l};$$

$$\Delta_{np} = \frac{0,0067 \cdot 209}{100} = 0,014 \text{ мм} < \Delta_{\Sigma} = 0,015 \text{ мм.}$$

Тоді на полі креслення контрольного пристосування вказуємо розмір точності вимірювання 0,014 мм.

Для контролю вибираємо електронний індикатор TESA DIGICO 10. Зазначений пристрій TESA RUGOSURF 10 є універсальним промисловим пристроєм, призначеним для вимірювання лінійних переміщень.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.05.ПВКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виконанні вимірювання: підводимо вимірювальну голівку до поверхні, що контролюється, виконуємо контроль, знімаємо показання з екрану приладу.

Конструкція приладу зображена на рисунку 5.3



Рисунок 5.3 – Індикатор TESA DIGICO 10

Таблиця 6.1.–Характеристика контрольного приладу

Тип	Діапазон вимірювання мм/дюйм	Дискретність цифрової шкали, мм / дюйм	Найбільша похибка, мкм	Габаритні розміри, мм	
				A	B
19.30112	50 / 2	0,01 / 0,0005	20	150,5	90,5

					КНУ.КБР.131.25.1-07.05.ПВКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра, для вдосконалення заводського технологічного процесу шатун компресора були виконані наступні зміни:

1. Заміна заготовки на штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах, призначення припусків та обрахування її собівартості.
2. Вибір прогресивного верстатного устаткування з ЧПК, що дозволяє скоротити на декілька операцій технологічний процес.
3. Суміщення виконання переходів на одному технологічному обладнанні.
4. Підбір сучасного інструмента зі змінними пластинами, що дозволить скоротити час налагодження.
5. Обрахована економічна ефективність впровадження верстатів з ЧПК та собівартість технологічної операції.
6. Проектування верстатного та контрольного оснащення, що дозволить витримати точність та якість обробки.

В цілому робота побудована на реальному виробничому завданні, вдосконалений технологічний процес буде окуплений на виробництві за рік, обладнання можливо використовувати і для обробки інших деталей, воно багатоцільове, тому можна вважати, що роботу можна впровадити у виробництво.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.02.В					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Демищенко			ВИСНОВКИ			Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Пивінда								
Т.контр										
Н. Контр.		Нечаєв						Кафедра ТМ, ПМ-21		
Затв.		Рязанцев								

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://compressory.com.ua/ru/category/zapchasti-kompressora-ek-7-ek-4-vv088-720/1.3>
2. Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-860 с.
3. <https://metinvest-smc.com/ru/steel/stal-40/?srsrtid=AfmBOorx5P5wcx5e4I4Xe0cwaC0XLc-ytYdccL9vy6nlHwTsp9Hb1RjC>
- ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
6. ДСТУ 7505-89 Поковки сталеві штамповані
7. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
8. 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
9. ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні
10. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
11. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
12. Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстати з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2019.
13. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.СВД			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Демиденко			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Цивінда						
Т.контр						Кафедра ТМ, ПМ-21		
Н. Контр.		Нечаєв						
Затв.		Рязанцев						

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.Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.- К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
17. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ. вищ. закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
- 18.А.І.Грабченко, М.В.Верезуб, Ю.М.Внуков, П.П.Мельничук, Г.М.Виговський Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні /Під ред. Грабченко А.І.- Житомир: ЖДТУ, 2004.-451с.
- 19.Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 1 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 288 с.
20. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 2 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 480 с.
- 21.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- 412с.
- 22.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).
- 23.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).
- 24.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.
- 25.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.
- 26.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).
- 27.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення
- 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, 2024.

					КНУ.КБР.131.25.1-07.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Дубл.														
Взам.														
Подл.									Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
												Листов	Лист 1	
Д				КНУ		Компресор ЕК-7В								
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				Шатун										
Н. Контр.														
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі ШАТУН Виріб: Компресор УЗГОДЖЕНО Керівник_____ (Цивінда Н.І.) Розробив: _____ (Демиденко К.К.) Н.контроль_____ (Нечасв В.П.)														
ТП		ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС												

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Шатун» та обґрунтування параметрів надійності процесу
за допомогою САПР технологій

Проектував ст.гр. ПМ-21

Демиденко К.К.

Керівник роботи

к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

(підпис)

Нормоконтроль

/ к.т.н., доц. Нечаєв В.П. /

(підпис)

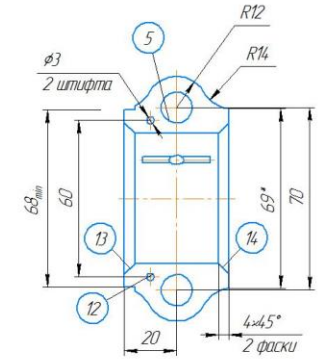
Завідувач кафедри
А.О./

/ к.т.н., доц. Рязанцев

(підпис)

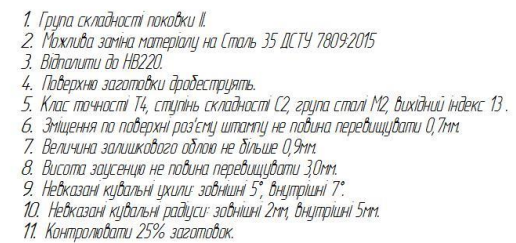
Кривий Ріг
2025 р

[illegible]



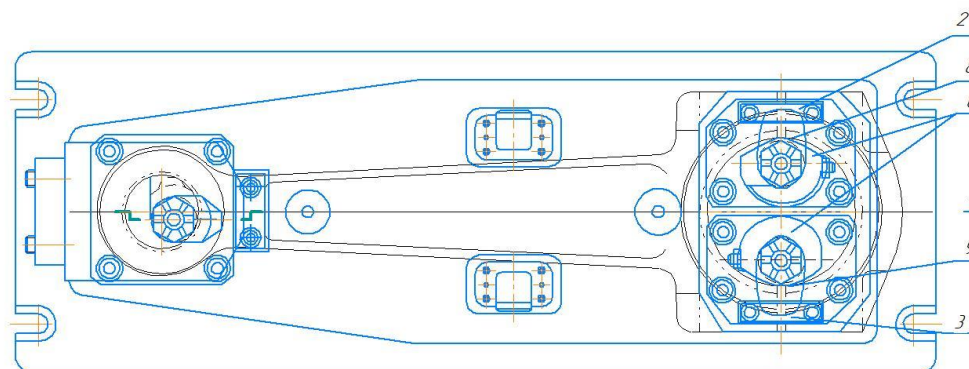
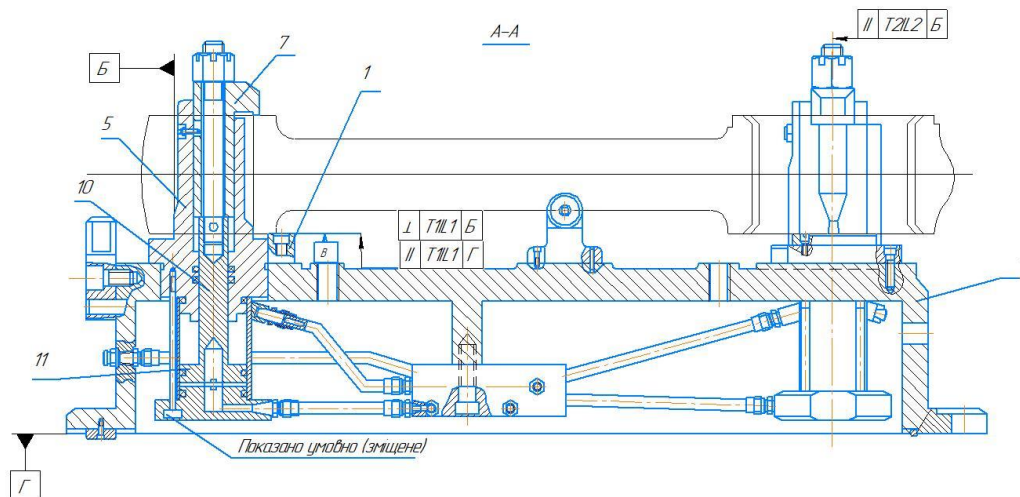
1. Твердість 207-24 НВ.
2. * Розмір для дводок.
3. ** Обробити в створі з кришкою шатуна.
4. Незназначені ерцани відхилення розмірів отворів-Н4, валів-Н4, решти- IT7/2.
5. На всіх поверхнях шатуна пріципи, зубці, окалина і корозія не допускається.
6. На виходах масляного каналу запусені відхилення.
7. Гострі кромки затупити (фаска 0,3-0,5°)

					КНУКБР.131.25.1-07.Ш		
					Шатун		
Мат.лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист	Масса	Масштаб
Рисунки	Листов				И	3,32	1:1
Проб.					Лист	Листов	1
Компр.							
Исполн.	Начальн.				Сталь 40 ДСТУ 7809:2015		
Смет.	Рисующий				Кардередр ТМ, гр. ПМ-21		
					Копировал		
					Формат А2		



				КНУ.КБР.131.25.1-07.ШПШ			
				Шатун			
				(поковка штампована)			
				Лист		Масса	Масштаб
				4,32		1:1	
				Лист		Листов	
				1		1	
Изм. Лист				№ докум.			
Разработ				Лексиченко			
Проект				Шибанова			
Техническ.							
Исполнит.				Нечасов			
Утверд.				Рябенцев			
				Сталь 40 ГОСТ 47809-2015			
				Кафедра ТМ, ПМ-21			
				Копирован			
				Формат А2			





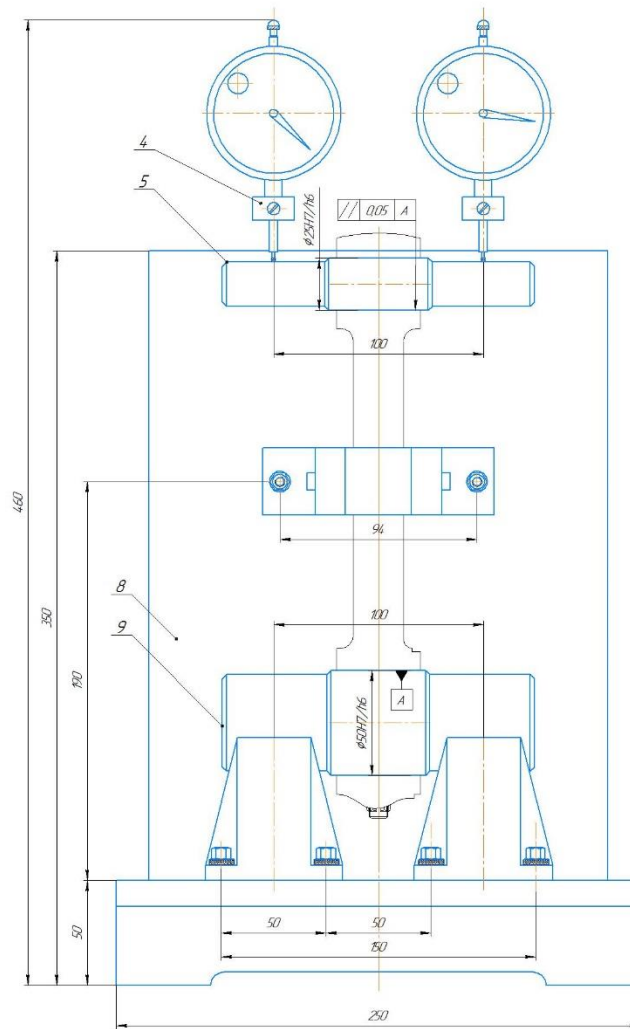
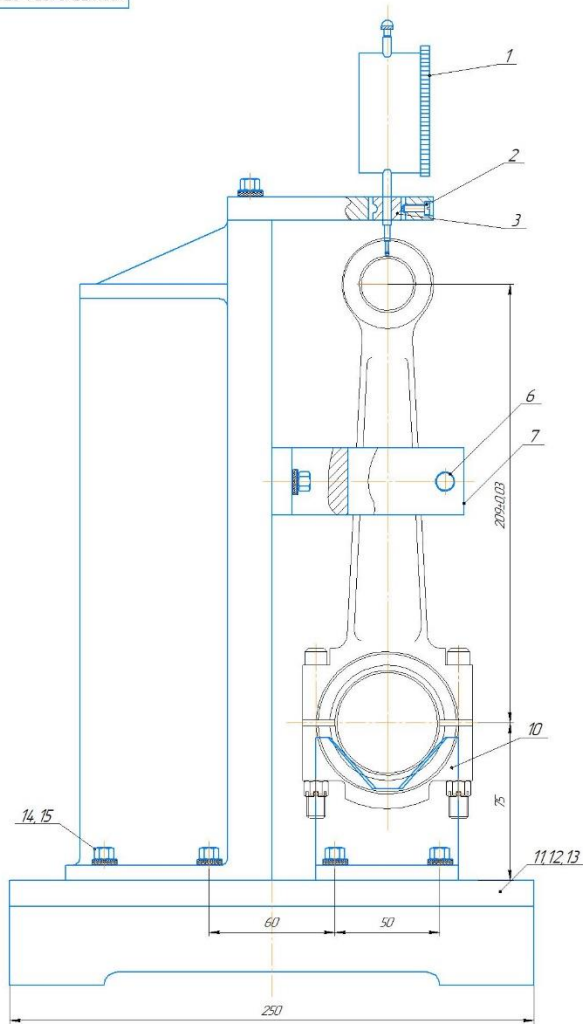
1. Відхилення від перпендикулярності
В відносно поверхні Б
не більше T_1 на довжині L_1

2. Відхилення від паралельності вісі на
якій росташовані прихвати 8 і 9,
відносно поверхні Б не більше
 T_2 на довжині L_2

Відхилення від паралельності
поверхні В відносно поверхні Г
не більше T_3 на довжині L_3

					КНУКБР.131.25.1-07.КП			
					ВЕРСТАТИИИ ПРИСТРІИ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дато	Лист	Масса	Масштаб	
Разработ.		Дачишэнка			Н		1:1	
Проект.		Шибидэка						
Контр.					Лист	Листов 1		
Контр.		Начаев			Каф.ТМ			
Утв.		Резанцев			гр. ПП-21			
Копировал					Формат А2			

КНУ.КБР.13125.1-07.КП



1. Погрешность изготовления - 0,01 мм.
2. Цена деления индикатора - 0,01 мм.
3. Выделение от параллельности осей привала не больше 0,0005 мм.

				КНУ.КБР.13125.1-07.КП		
Изм.	Дет.	ИР	Дет.	Лист	Всего	
Контр.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
				Контрольный прибор		
				Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		
				Формат А1		