

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалаврський

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка технологічного процесу виготовлення

(назва теми)

шестерні конічної

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи М-111ін

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ДЕМІРДЖІ Екрем

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник

ДЯДЯ С.І

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент

ФРОЛОВ

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний
 Кафедра Технологія машинобудування
 Ступінь вищої освіти бакалаврський
 Спеціальність 131 Прикладна маханіка
(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20 _____ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ДЕМІРДЖИ Екрем

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення шестерні конічної

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. Дядя Сергій Іванович

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «25» квітня 2025 року №199

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 13.06.25

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Креслення деталі «Шестерня конічна»
 річна програма випуску N=6000шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Технологічна частина: опис конструкції і службового призначення деталі; вибір типу виробництва і форми організації робіт; вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням; проєктування технологічного маршруту виготовлення деталі; вибір технологічних баз; проєктування маршруту обробки поверхонь; маршрут виготовлення деталі; розрахунок припусків і технологічних розмірів; розрахунок режимів різання; технічне нормування операцій; розробка керуючої програми на операцію з чпк. 2 Конструкторська частина. 3 Розробка планування ділянки. 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів. 5 Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) 1) креслення деталі; 2) креслення заготовки; 3) плакат 3D-моделей деталі та заготовок; 4) плакат МВД; 5) плакат з скріншотами послідовності підготовки керуючої програми в NX; 6) креслення робочого пристосування; 7) плакат з розрахунком на міцність деталі.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	ДЯДЯ С.І. завідувач кафедрою ТМБ		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В. доц. кафедри ТМБ		
5	ДЯДЯ С.І. завідувач кафедрою ТМБ		

7. Дата видачі завдання «28» квітня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	16.05.2025	
2	Конструкторська частина	23.05.2025	
3	Розробка планування ділянки	27.05.2025	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	30.05.2025	
5	Охорона праці	03.06.2025	
6	Пояснювальна записка	06.06.2025	
7	Креслення та плакати	10.06.2025	
8	Комплект технологічної документації	12.06.2025	
9	Номроконтроль	13.06.2025	

Студент(ка)

_____ **Екрем ДЕМІРДЖИ**
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ **Сергій ДЯДЯ**
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 99 с., 31 табл., 13 рис., 2 дод., 17 джерел.

КОНІЧНА ШЕСТЕРНЯ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – шестерня конічна.

Мета роботи – розробка технологічного процесу виготовлення шестерні конічної .

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті за рахунок об'єднання операцій на багатоцільовому верстаті з ЧПК і використання сучасного продуктивного обладнання та оснастки розроблено технологічний процес виготовлення шестерні конічної, передбачено економічні ризики виробництва, розраховано режими різання, норми часу, розроблено операцію з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцнісні характеристики деталі, виконано розрахунок щодо організаційних питань і кількості технологічного обладнання та робітників на ділянці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 Технологічна частина.....	11
1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі.....	11
1.2 Вибір типу і форми організації робіт.....	16
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з обґрунтуванням.....	19
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	24
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	24
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	25
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	28
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	30
1.6 Розрахунок режимів різання.....	37
1.7 Технічне нормування операцій.....	45
2 Конструкторська частина.....	48
2.1 Проектування робочого пристосування.....	48
2.1.1 Опис конструкції і принцип роботи пристосування.....	48
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення.....	49
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір типу приводу.....	50
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	52
2.2.1 Опис конструкції і принцип дії.....	52
2.2.2 Процедура налаштування і контролю.....	53
2.3 Розрахунок на міцність деталі шестерня конічна.....	53
3 Розробка планування ділянки	57
3.1 Розрахунок кількості обладнання на ділянці.....	57
3.2 Опис планування обладнання і робочих місць на ділянці.....	63
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів.....	66
5 Охорона праці.....	80
Висновок.....	82

Перелік джерел посилання.....	84
Додаток А – Специфікація робочого пристосування.....	86
Додаток Б – Альбом технологічної документації.....	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГКМ – горизонтальна кувальна машина

ГТД – газотурбінний двигун

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхонь

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КГШП – кривошипний гаряче-штампувальний прес

ТВАД – турбовальний авіаційний двигун

Т/О – термічна обробка

ВСТУП

Науково-технічний прогрес є об'єктивною та невід'ємною закономірністю розвитку виробництва машин, що безумовно неможливо без значного випереджаючого розвитку всіх галузей науки, і перш за все технології машинобудування, яка визначає основні принципи та методи виготовлення сучасної техніки.

Авіаційні двигуни за своїми характеристиками відносяться до середніх за габаритними розмірами і масою виробів, що створює певні переваги у виробництві. Ця особливість дозволяє ефективно використовувати при виготовленні деталей та вузлів досить високопродуктивні методи обробки, що суттєво підвищує ефективність виробництва. Важливо, що це виключає необхідність тривалого проектування та коштовного виготовлення спеціального великогабаритного обладнання, а також знімає потребу у додатковому оснащенні виробництва спеціальним вантажопідйомним обладнанням для транспортування деталей, вузлів та двигунів у процесі їх виготовлення.

Водночас виробництво авіаційних двигунів характеризується надзвичайно високою точністю виготовлення деталей, складання вузлів та двигунів у цілому. Це також стосується вимірювання величин, які характеризують їх роботу при випробуванні, що значно ускладнює виробничий процес. Підвищення точності механічної обробки неминуче вимагає введення в технологічний процес додаткових чистових та оздоблювальних операцій, що, відповідно, призводить до необхідності придбання додаткового спеціалізованого обладнання, збільшення кількості кваліфікованих робітників, суттєвих витрат на виготовлення спеціальної оснастки, додаткових витрат на електроенергію та інших експлуатаційних і виробничих витрат.

Особливістю виробництва авіаційних двигунів є те, що майже 100% сталевих деталей неодмінно піддаються різним видам термічної обробки, що суттєво впливає на збільшення трудомісткості технологічного процесу виготовлення деталі

та вимагає створення спеціалізованих термічних ділянок із відповідним обладнанням та кваліфікованим персоналом.

В даний час, у зв'язку з глобальним переходом до більш жорстких ринкових відносин в економіці, вимоги до якості та конкурентоспроможності авіаційних двигунів різко підвищуються на міжнародному ринку. Відповідно значно зростає роль технолога та технологічних служб у виробничому процесі як при детальній обробці технологічності виробів на етапі проектування та конструювання, так і при систематичному вдосконаленні існуючих технологічних процесів виготовлення деталей та розробки інноваційних підходів у процесі серійного виробництва авіаційних двигунів, що відповідають сучасним вимогам світового ринку.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Турбовальний авіаційний двигун (ТВАД) ТВ3-117 (рисунок 1.1) призначений для використання в цивільних вертольотах. За своєю паливною ефективністю і ваговими характеристиками цей двигун вважається одним з найкращих у світі. Високий рівень проектування та ефективна організація серійного виробництва забезпечили йому високі показники надійності і значний ресурс.

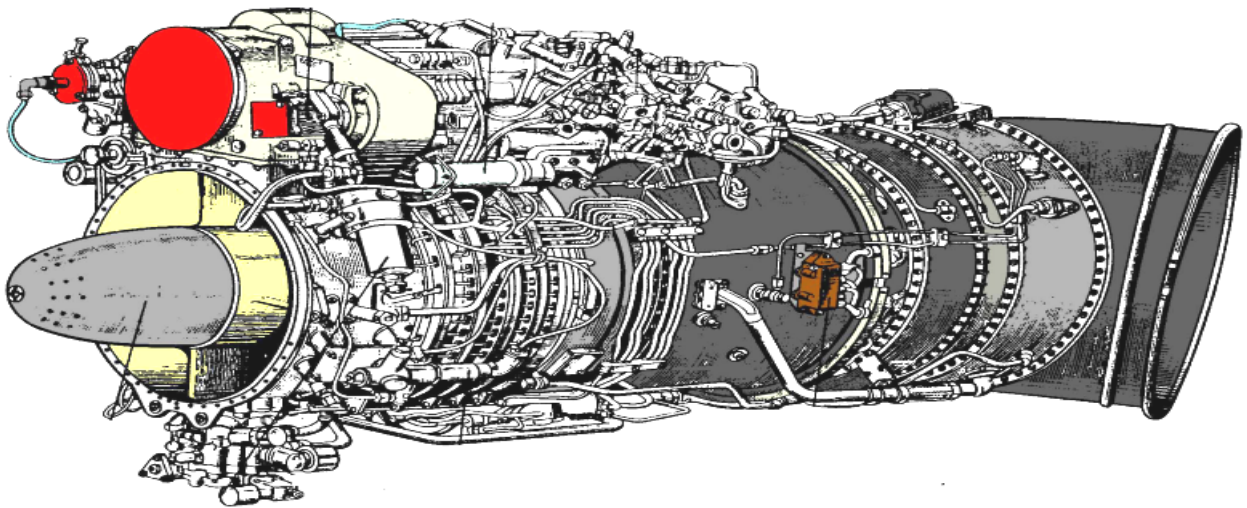


Рисунок 1.1 – Турбовальний двигун ТВ3-117

Конструктивно - компоновальна схема двигуна включає: вхідний пілозахисний пристрій; осьовий 12-ступінчастий компресор з регульованим вхідним напрямним апаратом і напрямними апаратами перших чотирьох ступенів; кільцеву прямоточну камеру згоряння; осьову 2-ступінчасту турбіну компресора; осьову 2-ступінчасту вільну турбіну для відбору потужності і вихідний пристрій.

Шестерня кінчна встановлюється в коробці приводів турбовального двигуна ТВ3-117 (рисунок 1.2).

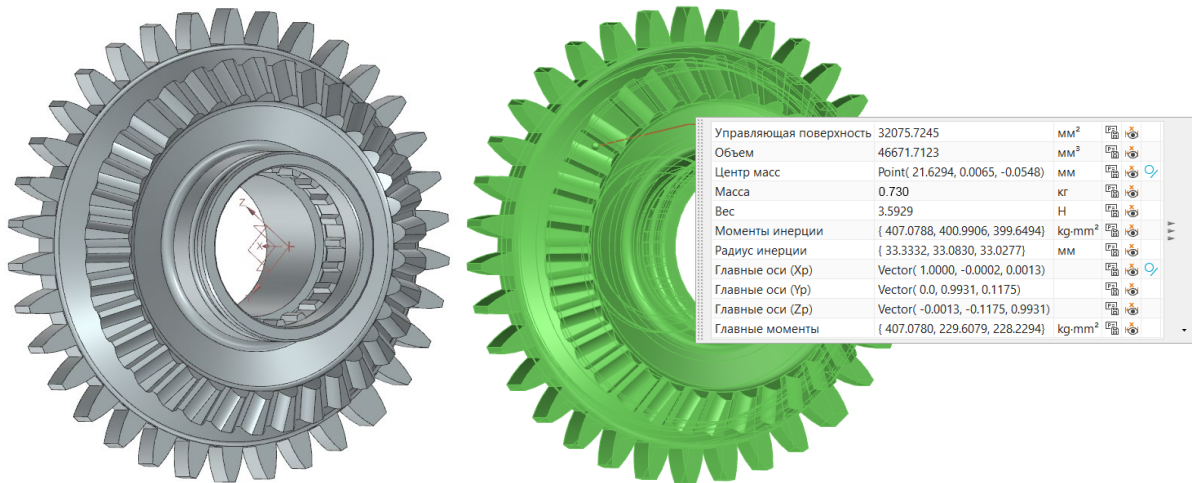


Рисунок 1.2 – Тривимірне зображення деталі – шестерня конічна

Коробка приводів призначена для забезпечення приводу агрегатів, встановлених на двигуні, вона кріпиться за допомогою шпильок до верхнього фланця корпусу першої опори двигуна і складається з корпусу коробки приводів; системи циліндричних та конічних шестерень змонтованих на шарикопідшипниках; перехідників для кріплення агрегатів.

Шестерні коробки приводів одержують обертальний рух від валу ротора турбокомпресора через центральний привід.

Коробка приводів забезпечує привід наступних агрегатів: повітряного стартера; насоса-регулятора; відцентрового паливного насоса; насоса, що відкачує масло з коробки приводів; датчика оборотів ротора турбокомпресора; приводу ручного прокручування ротора турбокомпресора.

Зважаючи на складні умови роботи – високі швидкості обертання, до зубчастого вінця пред'являються підвищені вимоги за всіма нормами, особливо за нормою плавності та нормами контакту з мінімальними зазорами між зубами. Шестерня конічна призначена для передачі моменту, що крутить, від ротора двигуна до агрегатів. Робоче середовище – масло з температурою 70-80°C. Швидкість обертання перевищує 70 м/с. Навантаження на зуби близько 700 кг/мм. Матеріал шестерні зазнає напруги від циклічних деформацій, а також деформацій

розтягування від вигину та кручення. Шестерня конічна відноситься до класу тіл обертання.

Таблиця 1.1 - Характеристика формотворчих поверхонь

Поверхня	Виконавчий розмір, мм	Допуск, мм	Квалітети	Шорсткість, Ra	Клас поверхні	Уніфікація
1	2	3	4	5	6	7
зов. цил. пов-ня	Ø132 _{-0,026}	0,026	12	1,6	7	-
зов. цил. пов-ня	Ø118 _{-0,35}	0,35	12	1,6	7	-
зов. цил. пов-ня	Ø117 _{-0,1}	0,1	12	1,6	7	-
зов. цил. пов-ня	Ø42	1,6	12	1,6	7	+
зов. цил. пов-ня	Ø39	1,6	12	1,6	7	+
зов. цил. пов-ня	Ø36	1,6	12	1,6	7	+
зов. цил. пов-ня	Ø33	1,6	12	1,6	7	+
внутр. цил. пов-ня	Ø110	1,4	12	1,6	7	+
внутр. цил. пов-ня	Ø106	1,4	12	1,6	7	+
внутр. цил. пов-ня	Ø37	1	12	1,6	7	+
внутр. цил. пов-ня	Ø36 _{+0.027}	0,027	12	1,6	7	-
внутр. цил. пов-ня	Ø35,9 _{+0.4}	0,4	12	1,6	7	-
внутр. цил. пов-ня	Ø32,5 _{+0.5 +0.2}	0,7	12	0,8	8	-
внутр. цил. пов-ня	Ø30 _{+0.020 +0.006}	0,025	12	0,8	8	-
довжиновий розмір	65,025	1	12	0,8	8	+
довжиновий розмір	62,724	1,2	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	52 _{-0,2}	0,2	12	0,8	8	-
довжиновий розмір	38 _{-0,25}	0,25	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	35,1	0,2	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	28	0,8	12	1,6	7	+

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
довжиновий розмір	13	0,35	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	12,5	0,4	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	12	0,2	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	10	0,2	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	8	1,6	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	5	0,2	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	$4,21_{-0,12}^{-0,06}$	0,06	12	0,8	8	-
довжиновий розмір	$4,712_{-0,12}^{-0,06}$	0,06	12	0,4	9	-
довжиновий розмір	1,5	0,4	12	1,6	7	+
довжиновий розмір	0,5	0,2	12	1,6	7	+

Матеріал деталі Сталь 14ХГСН2МА-Ш ГОСТ 4543-71. Сталь конструкційна легована. Застосування: покращувані або цементовані деталі відповідального призначення, від якої потрібна підвищена міцність і в'язкість серцевини, а також висока поверхнева твердість, що працюють під дією ударних навантажень.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад у % матеріалу 14ХГСН2МА-Ш ГОСТ 4543 – 71

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
0.17 – 0.23	0.17 - 0.37	0.8 - 1.1	до 0.3	до 0.035	до 0.035	1 - 1.3	0.03 - 0.09	до 0.3

Таблиця 1.3 – Механічні властивості при T=20°C матеріалі 14ХГСН2МА-Ш

Сортамент	Розмір	Напр.	s_B	s_T	d_5	y	КСУ
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²
Пруток, ГОСТ 4543-71			980	885	9	50	780
Сталь	5		1520	1320	12	50	720
Сталь	20		980	730	15	55	1130

Таблиця 1.4 – Твердість матеріалу

Твердість 14ХГСН2МА-Ш після віджогу , ГОСТ 4543-71	НВ $10^{-1} = 217$ МПа
Твердість 14ХГСН2МА-Ш нагартованного , ГОСТ 4543-71	НВ $10^{-1} = 229$ МПа

Таблиця 1.5 – Фізичні властивості матеріалу 14ХГСН2МА-Ш

Т Град	Е 10^{-5} МПа	а 10^6 1/Град	l Вт/(м·град)	г кг/м ³	С Дж/(кг·град)	R 10^9 Ом·м
20	2.11		37	7800		
100	2.05	10	38		495	
200	1.97	11.5	38		508	
300	1.91	12.3	37		525	
400	1.76	12.8	35		537	
500	1.68	13.3	34		567	
600	1.55	13.6	31		588	
700	1.36		30		626	
800	1.29		29		705	
Т	Е 10^{-5}	а 10^6	l	г	С	R 10^9

Застосовується термообробка заготовки до основних операцій механічної обробки поліпшення якості структури матеріалу деталі. Застосовуються термічна операція – термопокращення (загартування). Термічна обробка матеріалів, що полягає в їх нагріванні та подальшому швидкому охолодженні з метою фіксації високотемпературного стану матеріалу або запобігання (придушення) небажаних процесів, що відбуваються при його повільному охолодженні. Проводиться міднення деталі навколо. Сповільнення гальванічним способом застосовують для утворення проміжних пластів між основним металом та покриттям іншими металами. Міднення чорних металів застосовують у тих випадках, коли потрібно нанести струмопровідний поверхневий шар. Міднення виробів з чорних металів не проводять у кислих ваннах, тому що при цьому поверхня покривається шаром міді, яка погано контактує з основним металом, має тендітну та пористу поверхню. Тому чорні метали міднять в ціаністомідних електролітах, або спочатку покривають їх тонким шаром нікелю. Проводиться цементация, міднення, ціанування та загартування поверхонь. Цементация піддають низьковуглецеві (зазвичай до 0.2 % С) і леговані сталі, процес у разі використання твердого карбюратора

проводиться при температурах 900-950°C, при газовій цементації (газоподібний карбюратор) - при 850-900°C. Після цементації вироби піддають термообробці, що призводить до утворення мартенситної фази в поверхневому шарі виробу (загартування на мартенсит) з подальшою відпусткою для зняття внутрішніх напруг. Після цього проводиться міднення, поверхні. Згодом проводять ціанування поверхні. Ціанування це процес дифузійного насичення поверхневого шару сталі одночасно вуглецем і азотом при температурах 820-950°C в розплаві ціаніду натрію або інших солей з тим же аніоном. Після всього цього, проводиться загартування. Загартування - вид термічної обробки виробів з металів і сплавів, що полягає в їх нагріванні вище критичної температури (температури зміни типу кристалічної решітки, тобто поліморфного перетворення), з подальшим швидким охолодженням, як правило, в рідині (воді або олії). Матеріал, який було загартовано, набуває більшу твердість, але стає крихким, менш пластичним і в'язким, якщо зробити більшу кількість повторів нагрівання-охолодження. Для зниження крихкості та збільшення пластичності та в'язкості, після загартування з поліморфним перетворенням застосовують відпустку. Після загартування без поліморфного перетворення застосовують старіння. При відпустці має місце деяке зниження твердості та міцності матеріалу. Проводиться стабілізуючий відпуск. Після поліпшення деталі зі сталі 14ХГСН2МА-Ш обробляють на металорізальних верстатах, а потім шліфують їх робочі поверхні. Деталі складної конфігурації і високої точності рекомендується перед шліфуванням піддавати стабілізуючій відпустці при температурі 600-650°C зняття внутрішніх напруг, що виникають після обробки різанням.

1.2 Вибір типу і форми організації робіт

Метод отримання тієї чи іншої заготовки залежить від службового призначення деталі та вимог, що пред'являються до неї, від її конфігурації та розмірів, виду конструкційного матеріалу, типу виробництва та інших факторів. Одну і ту ж деталь можна виготовити із заготовок, отриманих різними способами.

Одним із основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. У цьому випадку істотно скорочується витрата металу, обсяг механічної обробки та виробничий цикл виготовлення деталі.

Розробка технологічних процесів виготовлення заготовок повинна здійснюватися на основі технічних та економічних принципів. Відповідно до технічних принципів обраний технологічний процес повинен повністю забезпечити виконання всіх вимог креслення та технічних умов на заготовку. Відповідно до економічного принципу виготовлення заготовки має вестися з мінімальними виробничими витратами. Більшість заготовок зубчастих коліс проводиться штампуванням, яке дозволяє отримувати найбільш сприятливу макроструктуру.

У проекті необхідно спроектувати технологічний процес виготовлення шестерні конічної за умов серійного виробництва. Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним та масовим виробництвом. При серійному виробництві вироби виготовляють партіями, що складаються з однойменних, однотипних по конструкції і однакових за розмірами деталей, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком, як у обробці, так і в збірці. Поняття «партія» відноситься до кількості деталей, а поняття «серія» - до кількості машин, що запускаються у виробництво одночасно. Кількість деталей у партії та кількість машин у серії можуть бути різними.

У серійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за певними верстатами. Технологічний процес докладно розробляється. Верстати застосовуються різноманітних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, агрегатні, автоматизовані.

Верстатний парк повинен бути спеціалізований такою мірою, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до іншої, що трохи відрізняється від першої в конструктивному відношенні. При використанні

універсальних верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані та спеціальні пристрої, ріжучий інструмент та вимірювальний інструмент - у вигляді граничних (стандартних та спеціальних) калібрів та шаблонів, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Заготовка при серійному типі виробництва конфігурації повинна наближатися до готової деталі, коефіцієнт використання матеріалу дорівнює 0,6-0,88. Кваліфікація робітників невисока.

Серійне виробництво значно економічніше, ніж одиничне завдяки використанню обладнання, спеціалізації робітників, збільшення продуктивності праці. Усе це забезпечує зменшення собівартості продукції.

Деталь необхідно виготовити з мінімальними трудовими, тимчасовими та матеріальними витратами, а це залежить від: грамотного вибору варіанта технологічного процесу; оснащення технологічного процесу; застосування спеціальних верстатів, напівавтоматів та автоматів; рівня механізації та автоматизації виробництва; застосування оптимальних режимів різання.

Річна програма випуску шестерень 6000 шт. Деталь належить до легких, так як її маса заготовки 1,82 кг, що менш 10 кг, отже, матиме місце серійне виробництво. Оскільки вид виробництва визначено як серійне, розраховуємо величину партії деталей за формулою (1.1):

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi_d}, \quad (1.1)$$

де $a = 9$ - періодичність запуску деталей у виробництво;

Φ_d - кількість робочих днів у році ($\Phi_d = 253$).

$$n = \frac{6000 \cdot 9}{253} = 120 \text{ шт.}$$

Форму організації роботи ділянки механічної обробки вибираємо змінно-потокową (найбільш характерну для серійного виробництва).

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з обґрунтуванням

Вихідною заготовкою при штампуванні у відкритих штампах на молотах і штампуванні в закритих штампах на кривошипних гаряче штампувальних пресах, є прутки катаний. Розміри прутка приймають орієнтовно. Для цього розраховують обсяг штампованої заготовки з урахуванням відходу на чад при нагріванні. Або ж визначають масу штампованої заготовки і потім збільшують її на 20 ... 80%, приймаємо діаметром 36 мм, довжиною 73 мм ГОСТ 2590-88.

Для визначення розмірів штампованої заготовки необхідно визначити - основні припуски.

Перший метод – штампування у закритих штампах на КГШП. Враховуючи метод отримання заготовки, призначаємо припуски на сторону за таблицею 1.3 с.12 методичних вказівок [2]: для діаметра $\varnothing 135$ припуск $z = 2,1$ мм; для діаметра $\varnothing 42$ припуск $z = 2,0$ мм; для діаметра $\varnothing 37$ припуск $z = 2,0$ мм; для розміру 52 мм припуск $z = 2,0$ мм; Визначивши номінальні розміри штампування, визначаємо допуски на них [табл. 23, с.146, 3] для чого потрібно враховувати: групу сталі; ступінь складності; клас точності.

Враховуючи метод отримання заготовки призначаємо припуски на бік 0,11 – 0,17% вуглецю та до 2% легуючих елементів, за рекомендаціями група сталі М1 [с. 109, 4]. Тривимірне зображення заготовки отриманої на КГШП показано на рисунку 1.3.

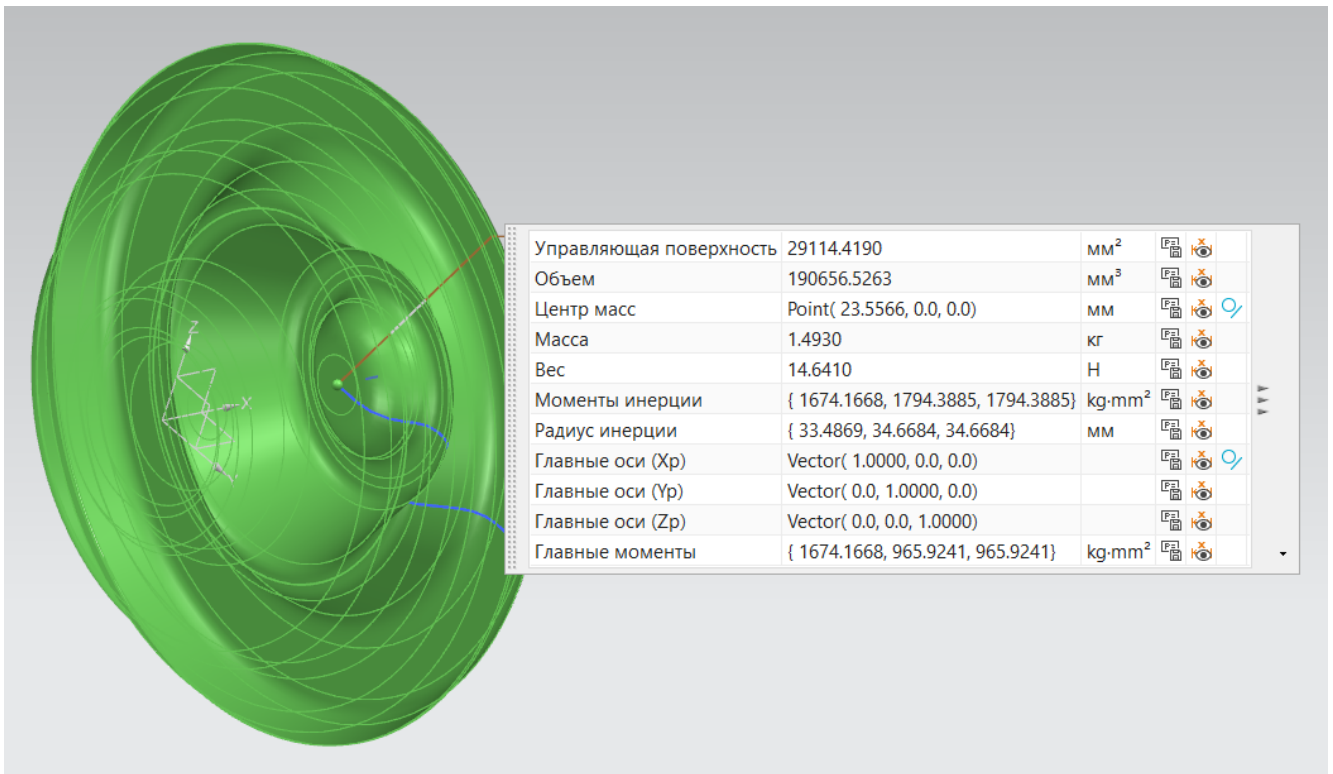


Рисунок 1.3 – Заготовка – штампування, отримане на КГШП

Другий метод – штампування у відкритих штампах на молотах.

Враховуючи метод отримання заготовки, призначаємо припуски на сторону [2, табл. 1.3 с.12]: для діаметра $\varnothing 135$ мм припуск $z = 1,5$ мм; для діаметра $\varnothing 42$ мм припуск $z = 1,4$ мм; для розміру $\varnothing 37$ мм припуск $z = 1,4$ мм; для розміру 52 мм припуск $z = 1,4$ мм. Тривимірне зображення заготовки отриманої у відкритих штампах на молотах показано на рисунку 1.4.

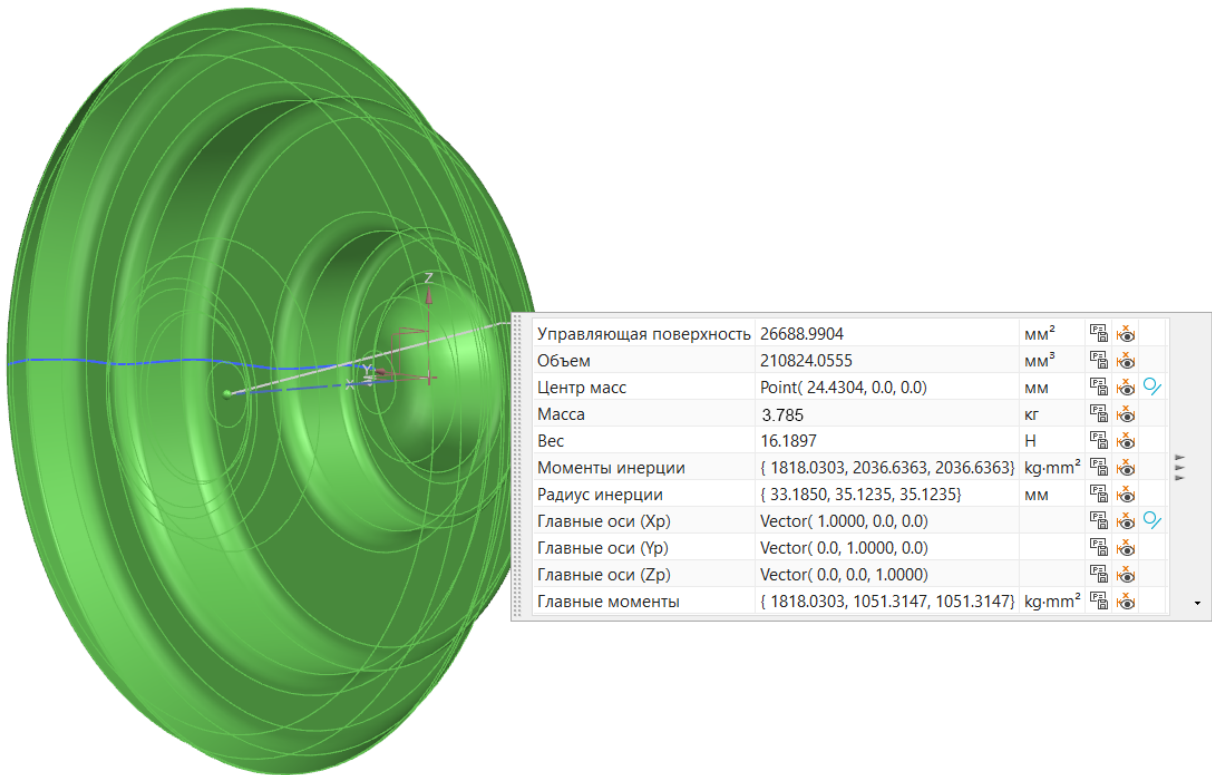


Рисунок 1.4 – Заготовка – штампування, отримане на молотах

Вартість заготовок, одержуваних методом штампування на молотах та пресах, можна визначити за формулою (1.2):

$$C = \frac{C_b}{1000} \times Q \times K_T \times K_M \times K_C \times K_B \times K_n - (Q - q) \times \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.2)$$

де $C_b = 3020$ грн – базова вартість 1т заготовки;

Q – маса заготовки, кг;

K_m - коефіцієнт, що враховує клас точності;

K_m - коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_c - коефіцієнт, що враховує групу складності;

K_b - коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

K_n - коефіцієнт, що враховує розмір річної програми випуску;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{отх} = 250$ грн - вартість 1т стружки.

Визначаємо коефіцієнти [2, табл. 1.24-1.25], дані заносимо до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Коефіцієнти вартості заготовки

Метод отримання	K_m	K_{μ}	K_c	K_e	K_n
На молотах	1	1,22	1	1,29	1
На кривошипному пресі	1,05	1,22	1	1,29	1

Штапування на молотах визначаємо за формулою 1.2:

$$C_1 = \frac{3020}{1000} \times 0,436 \times 1 \times 1,22 \times 1 \times 1,29 \times 1 - (3,785 - 0,73) \times \frac{250}{1000} = 1,99 \text{ грн}$$

Штапування на кривошипному пресі визначаємо за формулою 1.2:

$$C_2 = \frac{3020}{1000} \times 0,377 \times 1,05 \times 1,22 \times 1 \times 1,29 \times 1 - (3,274 - 0,73) \times \frac{250}{1000} = 1,82 \text{ грн}$$

Визначення коефіцієнта використання матеріалу за формулою:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.3)$$

При отриманні штапування на молоті за формулою (1.3):

$$\eta_1 = \frac{0,73}{3,785} = 0,28$$

При отриманні заготовки на кривошипному пресі за формулою (1.3):

$$\eta_2 = \frac{0,73}{3,274} = 0,32$$

При порівнянні двох методів отримання заготовки, отримані значення $C_1 > C_2$ і $\eta_1 < \eta_2$, отже приймаємо другий метод - штапування в закритих штампах,

отримане на кривошипному гаряче штампувальному пресі і розраховуємо річну економію за вартістю виготовлення заготовок і річну економію матеріалу.

Річна економія за вартістю виготовлення заготовок розраховується за такою формулою (1.4):

$$\mathcal{E}_c = (C_1 - C_2) \times N, \quad (1.4)$$

$$\mathcal{E}_c = (1,99 - 1,82) \times 10000 = 1700 \text{ грн.}$$

Річна економія матеріалу розраховується за такою формулою:

$$M = \frac{q \times (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_2 \times \eta_1} \times N, \quad (1.5)$$

$$M = \frac{0,73 \times (0,32 - 0,28)}{0,32 \times 0,28} \times 10000 = 535,7 \text{ грн.}$$

Усі результати розрахунків, виконаних вище, заносяться до порівняльної таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Порівняльні показники

Показники	Позначення	Одиниці виміру	Метод	
			молот	КГШП
Припуск на бік	z	мм	2,1	1,5
			2,0	1,4
Маса заготовки	Q	кг	3,785	3,274
Базова вартість 1т	C_0	грн	3020	3020
Коефіцієнти	K_m	---	1	1,05
	$K_{\text{м}}$	---	1,22	1,22
	$K_{\text{в}}$	---	1,29	1,29
	$K_{\text{с}}$	---	1	1
	$K_{\text{н}}$	---	1	1
Вартість 1т стружки	$S_{\text{отх}}$	грн	250	250
Вартість заготовки	C	грн	1,99	1,82
Коефіцієнт використання матеріалу	η	---	0,28	0,32

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

При виборі технологічних баз та схем базування заготовки на технологічних операціях виходимо з наступних принципів: на першій операції заготовка встановлюється по чорновим базам та обробляються ті поверхні, які надалі використовуються як технологічні бази; чорнову базу через її малу точності використовують лише один раз, оскільки повторне її використання порушує вже досягнуту точність взаємного розташування; суміщення по можливості технологічної, конструкторської та вимірювальної баз, тобто в якості технологічних базових поверхонь використовуються конструкторські та вимірювальні бази; принцип сталості технологічних баз різних операціях; бази для остаточної обробки повинні мати найбільшу точність розмірів та геометричну форму, найменшу шорсткість поверхні; прийняті технологічні бази повинні забезпечувати зручність установки та зняття деталі, надійність та зручність закріплення, необхідну жорсткість деталі в процесі обробки, зручне підведення інструменту. Схематичне зображення чоргової та чистої технологічної бази показано на рисунку 1.5.

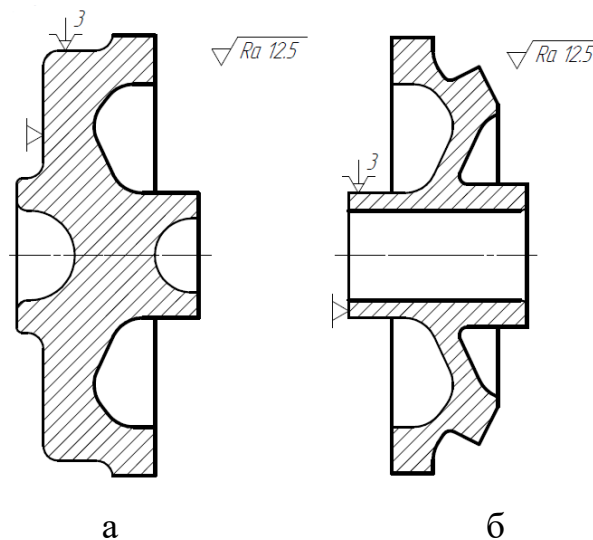


Рисунок 1.5 – Технологічні бази: а – чорнова; б – чистова

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

У дипломній роботі розглядається технологічний маршрут обробки поверхонь для конічної шестерні, який являє собою науково обґрунтовану послідовність виконання технологічних операцій та переходів. Цей маршрут спрямований на якісну обробку всіх функціональних поверхонь заготівлі шестерні з метою досягнення заданих у технічному завданні параметрів точності, шорсткості поверхні та геометричних характеристик готового виробу.

Для конічної шестерні маршрут обробки поверхонь буде основоположним технологічним документом, який визначить всю структуру механічної обробки деталі. Особливість обробки конічних шестерень полягає в необхідності забезпечення високої точності профілю зубців, правильності кутових розмірів конуса та якості робочих поверхонь зубчастого зачеплення. В межах розробленого маршруту на кожному технологічному переході застосовуються специфічні методи механічної обробки, включаючи точіння конічних поверхонь, фрезерування або нарізування зубців, шліфування робочих поверхонь.

При розробці маршруту обробки поверхонь конічної шестерні враховані можливі термічні операції, такі як загартування зубців для підвищення їх зносостійкості. Створений маршрут обробки поверхонь використовується як базовий документ для компонування послідовності технологічних операцій у загальному технологічному процесі виготовлення конічної шестерні. На його основі розробляються схеми налаштування металорізального обладнання, визначаються режими різання та послідовність закріплення заготівлі в різних пристосуваннях. Маршрут також є підґрунтям для створення системи технологічних налаштувань, що забезпечують стабільне отримання якісних конічних шестерень із заданими технічними характеристиками в умовах серійного виробництва.

Для поверхні Ø36H7

Для деталі $R_a = 0.8$ мкм, [1, табл.3.7, стор.19], допуск $Td_\phi = 0.027$ мм.

Для заготовки $R_a = 50$ мкм, допуск $Td = 1.2$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності і шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_s}{Td_\phi} \quad (1.7)$$

$$\varepsilon_d = \frac{1.2}{0.027} = 44.44$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_0} \quad (1.8)$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{50}{0.8} = 62.5$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні буде показник якості, оскільки він вимагає найбільшого уточнення. За переважаючим показником розраховуємо k переходів:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot \lg 62.5 = 3.59 \quad (1.13)$$

Приймаємо $k = 4$

Різниця квалитетов точності і їх розподіл $IT = IT16 - IT7 = 9 = 3 + 3 + 2 + 1$

Встановлюємо послідовність показника точності: $IT16 - IT13 - IT10 - IT8 - IT7$

Призначаємо методи обробки по переходах.

Заготівельна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове.

По [1, таблиця.3.7, стор.19] призначаємо допуски і шорсткість по переходах, див. таблицю .1.4.

Визначаємо уточнення за показниками точності і шорсткості для точіння напівчистового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{1.2}{0.63} = 1.9$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{50}{12.5} = 4$$

Для інших переходів уточнення розраховується аналогічно.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.8. На інші поверхні виконуємо прискорений розрахунок МОП та результати заносимо в таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 – Прискорений розрахунок МОП

Таблиця 1.5 — Прискорений розрахунок МОП Назва переходу	Розмір	Точність	Шорсткість
Поверхня $\varnothing 132_{-0.026}$		h6	Ra 1.6
Заготівельна		IT16	Ra 50
Точіння чорнове		h12	Ra 12.5
Точіння напів. чистове		h10	Ra 6.3
Точіння чистове		h 8	Ra 3.2
Шліфування однократне		h6	Ra 1.6
Поверхня $\varnothing 118_{-0.35}$		h12	Ra 3.2
Заготівельна		IT15	Ra 50
Точіння чорнове		h13	Ra 12,5
Точіння чистове		h12	Ra 3.2
Поверхня $\varnothing 117_{-0.1}$		h12	Ra 3.2
Заготівельна		IT15	Ra 50
Точіння чорнове		h13	Ra 12,5
Точіння чистове		h12	Ra 3.2
Поверхня $\varnothing 42_{-0,25}$		h12	Ra 3.2
Заготівельна		IT15	Ra 50
Точіння чорнове		h13	Ra 12,5
Точіння чистове		h12	Ra 3.2
Поверхня $\varnothing 39_{-0,25}$		h12	Ra 3.2
Заготівельна		IT15	Ra 50
Точіння чорнове		h13	Ra 12,5
Точіння чистове		h12	Ra 3.2

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Вивчивши креслення та технічні умови, проаналізувавши та прийнявши за основу раніше розроблений МОП (основних поверхонь) складається етапна схема виготовлення деталі:

1-й етап – заготовочний (штампування на КДШП).

2-й етап – термічна обробка (нормалізація).

3-й етап – механічна обробка:

- токарна з ЧПК;
- токарна з ЧПК
- протяжна;
- шліфувальна;
- шліфувальна;
- токарна з ЧПК;

- токарна з ЧПК;
- зубофрезерна (попереднє фрезерування зубів $m=3.13$, $z=35$);
- зубостругальна
- контрольна
- зубодолбильна (внутрішні зуби);
- зубодолбильна (зовнішні зуби);

4-й етап – слюсарна, промивання та контроль параметрів зубів.

5-й етап – гальванічна обробка (збіднення), термічна (нітроцементация, відпал).

6-й етап – механічна обробка:

- токарна з ЧПК;
- токарна з ЧПК;
- шліфувальна;
- шліфувальна;
- шліфувальна;
- зубошліфувальна

7-етап – контроль.

8-етап - термічна (стабілізація, відпал).

9-етап - промивання;

10-етап – механічна обробка:

- зубошліфувальна.

11-й етап – контроль параметрів зубів, контроль травлення, промивка, стабілізуючий відпуск, промивка, слюсарна, промивка.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Припуск - шар металу, що видаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданої форми, точності та якості поверхні. Для двох поверхонь визначаємо їх розрахунково-аналітичним методом; для решти – табличним.

Поверхня зовнішня, розмір $\varnothing 118 \times 12$ ($-0,35$). Згідно з методикою, подвійний операційний припуск для зовнішньої поверхні обертання розраховується за формулою (1.14):

$$2Z \left[R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\varepsilon_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right]_{imin}, \quad (1.14)$$

де Z_{imin} - Мінімальне значення операційного припуску;

$R_{Z_{i-1}}$ - середня висота нерівностей, отримана від попередньої обробки;

h – глибина дефектного шару від попередньої обробки;

$\Delta_{\varepsilon_{i-1}}^2$ - сумарне значення похибки просторових відхилень та форми від попередньої обробки;

ε_i^2 - похибка установки заготовки під час переходу.

Елементи мінімальних припусків для кожного переходу та допуски на операційні розміри та розміри заготовки приймаємо за нормативними даними та розраховуємо за методикою.

Характеристики якості поверхні - $R_{Z_{i-1}}$ і h в мкм., [1, табл. 4.12, 4.24, 4.25].

Для заготовки – штампування: $R_{Z_{i-1}} = 150$, $h_{i-1} = 200$;

Після чорнового точіння: $R_{Z_{i-1}} = 100$, $h_{i-1} = 50$;

Після напівчистового точіння: $R_{Z_{i-1}} = 80$, $h_{i-1} = 50$;

Після чистового точіння: $R_{Z_{i-1}} = 30$, $h_{i-1} = 25$;

Сумарне значення похибок від просторових відхилень та форми заготовки – штампування розраховується за формулою (1.15):

$$\Delta_{\Sigma_{заг}} = \sqrt{\Delta_{см.ш}^2 + \Delta_{\text{экс}}^2 + \Delta_{\text{кор}}^2}, \quad (1.15)$$

де $\Delta_{см.ш}$ – відхилення від зміщення штампів [1, табл. 4.18]; $\Delta_{смш} = 500 \text{ мкм}$

$\Delta_{\text{экс}}$ - відхилення від концентричності [1, табл. 4.18] розраховується за формулою (1.16);

$\Delta_{\text{кор}} = 0,5 \text{ мм}$ - коефіцієнт короблення після гарту [1, табл. 4.17],

$$\Delta_{\text{экс}} = 0,25 \sqrt{T^2 + 1000}, \quad (1.16)$$

де T - допуск на діаметральний розмір бази заготовки, що використовується під час центрування, мм, табл. 3.16 [1] мкм $T = 3500$, тоді:

$$\Delta_u = 0,25 \sqrt{3500^2 + 1000} = 875 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\Sigma_{заг}} = \sqrt{500^2 + 875^2 + 500^2} = 1125 \text{ мкм}$$

Просторові відхилення для наступних обробок:

Після точіння чорнового:

$$\Delta = 1125 \cdot 0,06 = 67,5 \text{ мкм}$$

Після напівчистового точіння:

$$\Delta = 1125 \cdot 0,05 = 56,25 \text{ мкм}$$

Після чистового точіння:

$$\Delta = 1125 \cdot 0,04 = 45 \text{ мкм}$$

Після шліфування:

$$\Delta = 1007 \cdot 0,02 = 20 \text{ мкм}$$

Похибка установки визначається за такою формулою (1.17):

$$\varepsilon_{iy} = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (1.17)$$

де ε_o - похибка базування при виконанні i -го переходу, мкм;

ε_3 - похибка закріплення, мкм.

Похибка установки при чорновому точінні:

$$\begin{aligned}\varepsilon_6 &= 100 \text{ мкм}; & \varepsilon_3 &= 370 \text{ мкм} \\ \varepsilon_y &= \sqrt{100^2 + 370^2} = 383 \text{ мкм}\end{aligned}$$

Похибка установки при чистовому точінні:

$$\begin{aligned}\varepsilon_6 &= 80 \text{ мкм}; & \varepsilon_3 &= 320 \text{ мкм} \\ \varepsilon_y &= \sqrt{80^2 + 320^2} = 330 \text{ мкм}\end{aligned}$$

На чорнове точіння:

$$2Z = 2(160 + 200 + \sqrt{1125^2 + 383^2}) = 2 \cdot 1548 \text{ мкм}$$

На п/ч точіння:

$$2Z = 2(100 + 50 + \sqrt{67,5^2 + 330^2}) = 2 \cdot 486 \text{ мкм}$$

На чистове точіння:

$$2Z = 2(80 + 50 + 50) = 2 \cdot 180 \text{ мкм}$$

Розрахункові операційні розміри, визначаємо за такою формулою (1.18):

$$d_{i-1} = d_i + T_i + 2Z_{imin}, \quad (1.18)$$

де $d_{i \min}$ – мінімальне значення розміру виконуваному переході.

$d_{i-1 \min}$ - те саме на попередньому.

T_i - допустиме відхилення розміру на переході.

T_i – призначаємо залежно від квалітету точності, одержуваного після кожного методу обробки та величини виконавчого розміру [1, табл.3].

Для точіння п/ч: $d = 118 + 0,12 + 0,36 = 118,13$ мм

Для точіння чорнового: $d = 118,13 + 0,3 + 0,97 = 119,4$ мм

Для точіння чистового:

$$Z_{i \min} = 118 - 118,13 = 0,40 \text{ мм}$$

$$Z_{i \max} = 117,65 - 118,13 = 0,53 \text{ мм}$$

Для точіння п/ч:

$$Z_{i \min} = 119,4 - 118,13 = 1,27 \text{ мм}$$

$$Z_{i \max} = 120 - 118,25 = 1,7 \text{ мм}$$

Для точіння чорнового:

$$Z_{i \min} = 123 - 120 = 3,8 \text{ мм}$$

$$Z_{i \max} = 124,3 - 119 = 6,6 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір заготовки за формулою (1.19):

$$\sum_{i=1}^n T_i \sum_{i=1}^n Z_{i \min} \partial_{\max} d_{\max}^{\max} z_{\max}, \quad (1.19)$$

де d_{\max} - максимальне граничне значення розміру деталі, мм;

T_i - допуск на розмір, що отримується після i -го переходу, мм;

$Z_{i \min}$ - мінімальне значення припуску виконання i -го переходу, мм.

$$d_{z \max} = 118 + (0,1 + 0,12 + 0,3 + 0,74) + (0,19 + 0,36 + 0,97 + 2,88) = 123,23 \text{ мм.}$$

Округлюємо до найближчого більшого значення: $d_{z \max} = 124$ мм

$$d_{z \text{ ном.}} = d_{z \text{ min.}} + 2/3 T_z = 121,5 + 2,3 = 123,8 \text{ мм}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 - Розрахунок припусків та технологічних розмірів $\varnothing 118 \text{ h } 12(-0,35)$

Переходи	Елементи мінімального припуску, мкм				Min припуск $2Z_{imin}$	До-пуск T_i , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм		Виконав. розмір, мм
	$R_{Z_{i-1}}$	h	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	ϵ_i				min	max	Z_{imin}	Z_{imax}	
Заготовка	150	200	1125	-	-	3500	123,23	123,2	126,7	-	-	$123,23^{+2,8}_{-0,7}$
Точіння чорнове	100	50	67,5	383	$2 \cdot 1548$	740	119,402	119,4	120,1	3800	6600	$119,45^{+0,74}$
Точіння п/ч	80	50	50	330	$2 \cdot 486$	300	118,13	118,13	118,4	1270	1700	$118,1^{+0,3}$
Точіння чистове	30	25	40	-	$2 \cdot 180$	350	117,65	117,6	118	400	530	$118^{-0,35}$

Таблиця 1.11 - Розрахунок припусків та технологічних розмірів 38h12(-0,25)

Переходи	Елементи припуску,				Розраху нковий припуск Z_{min} , мкм	Допуск, $T_{i,}$, мкм	Розрах. мінімаль ний. розмір, мм	Граничні значення				Виконавчий розмір, мм
	R_z	h	$\Delta_{\Sigma i-1}$	ε_i				L_{min} , мм	L_{max} , мм	Z_{min} , мкм	Z_{max} , мкм	
Заготовка					-	1000	42,36	42	43	-	-	$42,3^{+0,7}_{-0,3}$
Точіння чорнове т.1	20				950	390	41,02	41	41,39	0,61	2,0	$42,39_{-0,39}$
Точіння чорнове т.2	20	60	30	50	950	390	39,68	39,7	40,09	0,91	1,69	$40,09_{-0,39}$
Точіння п/чистове т.1	10	20	20	50	160	390	39,13	39	39,39	0,31	1,09	$39,39_{-0,39}$
Шліфування попереднє т.2	10	20	15	50	160	250	38,72	38,7	38,95	0,05	0,69	$38,95_{-0,25}$
Шліфування попереднє т.1	10	20	15	0	50	250	38,42	38,4	38,65	0,05	0,55	$38,65_{-0,25}$
Термічна	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Шліфування чистове т.1	5	5	10	0	85	250	38,085	38,1	38,35	0,05	0,55	$38,35_{-0,25}$
Шліфування чистове т.2	10	10	10	0	85	250	37,75	37,75	38	0,1	0,4	$38_{-0,25}$

Таблиця 1.12 - Припуски, операційні розміри та розміри заготовки, отримані табличним методом.

Технологічні переходи	Мінімальне значення	Допуск	Розрахункові розміри _	Граничні розміри		Граничні значення		Виконавчі розміри
	Z _{min} , мкм	T _i , мм	мм	min	max	Z _{imin}	Z _{imax}	мм
Торець 10								
Заготовка	-	2,1	11,4	11,4	13,5	-	-	12 ^{+1,5} _{-0,6}
Чорнове точіння т 1	1,2	0,15	10,07	10,07	10,22	1,18	3,43	10,22 _{-0,15}
Чистове точіння т 2	0,7	0,09	9,91	9,91	10	0,07	0,31	10 _{-0,09}

1.6 Розрахунок режимів різання

Операція 35 – шліфувальна.

Верстат - плоскошліфувальний "МС3" 37-56.

Шорсткість $Ra = 1,6$ мкм.

$\sqrt{Ra\ 1,6}$

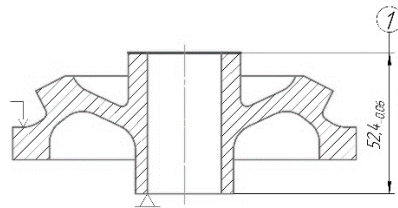


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз до операції №35

Шліфування поверхні відповідно до ескизу.

Інструмент: шліфувальне круг 1 600х40х305 14АОСМ16 ГОСТ 2424-83

Визначаємо глибину різання: $t = 0,08$ мм;

Визначаємо швидкість кругу: $V_{кр.} = 30$ м/с; стор.301, [1, таб.55].

Визначаємо число оборотів кругу за формулою (1.20):

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \times 60 \quad (1.20)$$

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 600} \times 60 = 1500 \text{ об/хв}$$

Коригуючи за паспортом верстата приймаємо $n_{кр} = 1500$ об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість обертання кругу за формулою (1.21):

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1.21)$$

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1500}{1000} = 30 \text{ м/с.}$$

Визначаємо поперечну подачу [2, стор.628, карта 6,]: При $d = 42$ мм; $V_{кр} = 30$ м/с: $S = 0,08$ мм/хід.

З урахуванням поправочних коефіцієнтів:

$K_{до 1} = 0,5$ - коефіцієнт, що враховує припуск та точність обробки;

$K_{до 2} = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал та діаметр круга:

$$S = 0,08 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,032 \text{ мм/хід}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.22):

$$N = C_N \cdot V_0^r \cdot S^y \cdot d^q \cdot t^x, \quad (1.22)$$

де d – діаметр шліфування, мм;

t – глибина шліфування, мм;

S - поздовжня подача, мм/об;

C_N – коефіцієнт;

r, y, q – показники ступенів;

$S = 0,004$ мм/хід;

$N = 1,3$; $r = 0,75$; $y = 0,7$; $x = 0,85$ стор.303, таб.56, [1]

$$N = 1,3 \cdot 29,1^{0,75} \cdot 0,004^{0,85} \cdot 53^{0,7} \cdot 0,08^{0,4} = 0,9 \text{ кВт}$$

Визначаємо технологічний час за формулою (1.23):

$$T_0 = \frac{l \cdot k}{S \cdot n} \quad (1.23)$$

де $l = 10,87$ мм- довжина оброблюваної поверхні;

$k = 1,4$ - коефіцієнт виходжування;

S – поперечна подача;

n – частота обертання круга.

$$T_0 = \frac{10,87 \cdot 1,4}{0,032 \cdot 180} = 2,65 \text{ хв}$$

Операція 55 – зубофрезерна.

Верстат - зубофрезерний ЕЗ-40.

Шорсткість $Ra = 3,2$ мкм

Інструмент: дискова модульна фреза 125x25x32, $z = 45$ P18Ф4К5 ГОСТ 16226-81.

Визначаємо робочий хід фрези: $L_{р.х.} = l_{рез} + y + l_{доп} = 15 + 5 + 1 = 21$ мм

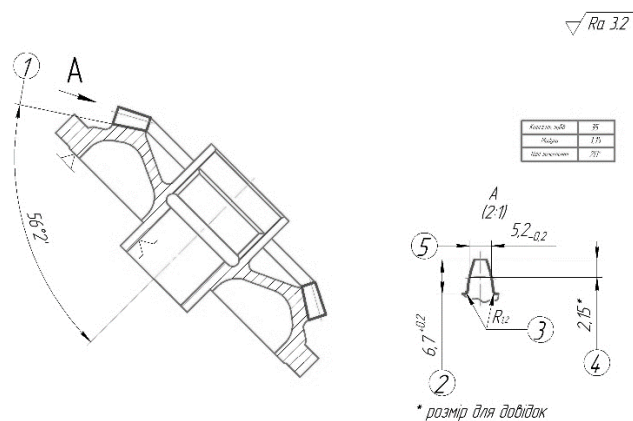


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз до операції № 55

2. Визначаємо глибину фрезерування: $t = 16$ мм

3. Визначаємо подачу:

$S_z = 0,1$ мм/зуб, табл. 35. стор.284 [1]

4. Визначаємо швидкість різання за формулою (1.24):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \quad (1.24)$$

де D – діаметр фрези, мм;

T – період стійкості, хв;

t – глибина фрезерування, мм;

S – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерування, мм;

z – число зубів фрези;

$C_v = 12$; $q = 0.3$; $x = 0.3$; $y = 0.25$; $u = 0$; $p = 0$; $m = 0.26$ стор .287, т .39 [1]

$$V = \frac{12 \cdot 125^{0.3}}{80^{0.26} \cdot 16^{0.3} \cdot 0.1^{0.25} \cdot 25^{0.45}} = 12,7 \text{ м/хв}$$

Визначаємо кількість оборотів за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot 12,7}{3,14 \cdot 122} = 33 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата приймаємо $n = 35$ об/хв.

Фактична швидкість різання за формулою (1.21):

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 122 \cdot 35}{1000} = 13,4 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилину подачу: $S_m = S_z \cdot n \cdot z = 0,1 \cdot 35 \cdot 45 = 157,5 \text{ мм / хв}$

Визначаємо потужність різання [2 стор.312, табл. 1] за формулою (1.25): $C_p = 261$; $q = 0,73$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $u = 0$; $w = -0,13$

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{1020 \cdot 60 \cdot D^q \cdot n^w} \quad (1.25)$$

$$N = \frac{10 \cdot 261 \cdot 16^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 25^{0,45}}{1020 \cdot 60 \cdot 125^{0,73} \cdot 33^{-0,13}} = 0,2 \text{ кВт}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.26):

$$T_0 = \frac{L_{px} + l_1}{S_m} \cdot i \quad (1.26)$$

де l_1 - Довжина врізання та переходу фрези;

i – число проходів.

$$T_0 = \frac{21 + 6}{157,5} \cdot 35 = 6 \text{ хв.}$$

Операція 25 – протяжна

Верстат – горизонтально-протяжний «Е. Верке».

Шорсткість $R_a = 1,6$ мкм.

Протягнути отвір відповідно до ескізу.

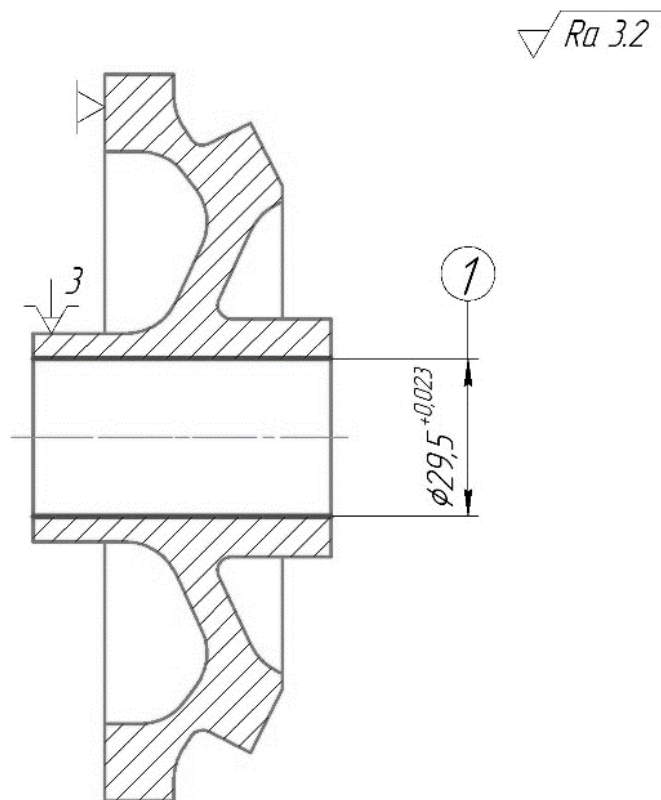


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз до операції №25

Інструмент: протяжка круга $\phi 29,5 \times 54 \times 86$, ХВГ ГОСТ 28442-90.

Довжина ріжучої частини 970 мм, крок $t = 13$ мм, $z = 43$, $\alpha = 10^\circ$, $\gamma = 0^\circ$.

Призначення швидкості різання (робочого ходу): $V_{р.х.} = 10 \text{ м / хв}$

Подача на зуб: $S_z = 0,06$ мм/зуб – виходячи з конструкції протяжки.

Визначаємо силу різання за формулою (1.27):

$$P_z = 1,15 \times l \times (C_1 \times S_z^x + C_2 \times K + C_3 \times V - C_4 \times \gamma - C_5 \times \alpha), \quad (1.27)$$

де l - сумарна довжина лез усіх одночасно ріжучих зубів: $l = B \cdot Z_i = 9 \cdot 4 = 36$ (мм)

B – периметр різання;

Z_i – найбільше число одночасно ріжучих зубів.

$$Z_1 = 300 \text{ [3, табл.75, стор 260];}$$

$$Z_2 = 0,158 \text{ [3, табл.75, стор 260];}$$

$$Z_3 = 0,57 \text{ [3, табл.75, стор 260];}$$

$$Z_4 = 0,46 \text{ [3, табл.75, стор 260];}$$

$$Z_5 = 0,16 \text{ [3, табл.75, стор 260];}$$

Показник ступеня $x = 0,85$;

$K = 3$ - кількість стружкоділительних канавок.

$$P_z = 1,15 \times 36 \times (300 \times 0,06^{0,85} + 0,158 \times 3 + 0,57 \times 10 - 0,46 \times 0 - 0,16 \times 4) = 1366 \text{ Н.}$$

Визначаємо силу віджимання ріжучих кромок зубів, що діє на 1 мм ріжучого леза за формулою (1.28):

$$P_y = (C_6 \cdot S_z^y + C_7 \cdot V - C_8 \cdot \gamma - C_9 \cdot \alpha), \quad (1.28)$$

де $C_6 = 215$ [3], табл.76, стор 261;

$C_7 = 0,065$ [3 , табл.76, стор 261];

$C_8 = 0,081$ [3 , табл.76, стор 261];

$C_9 = 0,117$ [3 , табл.76, стор 261];

Показник ступеня $y = 1,2$;

$$P_y = (215 \cdot 0,06^{1,2} + 0,065 \cdot 10 - 0,081 \cdot 0 - 0,117 \cdot 4) = 7,5 \text{ Н.}$$

Сила віджимання діюча на весь периметр різання дорівнюватиме: $P_{y1} = P_y \cdot l = 7,5 \cdot 4367,2 = 270 \text{ Н}$

Визначаємо основний час за формулою (1.29):

$$T_O = \frac{L_{px} \cdot k}{1000 \cdot V} \cdot n_n \quad (1.29)$$

$$T_O = \frac{970 \cdot 1,3}{1000 \cdot 10} \cdot 35 = 4,41 \text{ хв}$$

Операція 075 - токарна з ЧПК.

Верстат - токарний з ЧПК АТПР2М12СН.

Шорсткість $R_a = 1,6$ мкм.

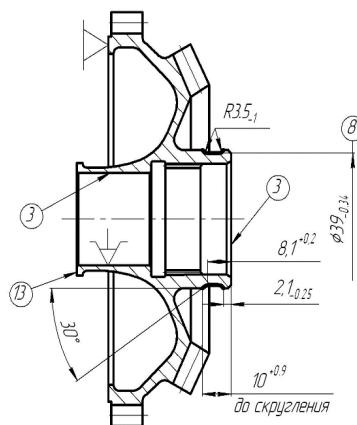


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз до операції № 075

Точіння поверхні відповідно до ескізу.

Інструмент: різець прохідний відігнутий $\phi = 60^\circ$; 20x20x125 ; $r = 1,5$ мм; ВК8 ГОСТ 18868-73.

Визначаємо глибину різання для точіння: $t = 1,8$ мм

Довжина робочого ходу супорта: $L_{р.х.} = l_{рез} + y + l_{дод}$,

де y - підведення, врізання та перебіг інструменту;

$l_{дод}$ - додаткова довжина ходу, викликана особливостями налагодження та конфігурацією верстата. $L_{р.х.} = l_{рез} + y = 7,9 + 2,5 = 10,4$ мм.

Визначаємо подачі супорта: $S_{пр} = 0,7$ мм/прох [2, табл.11, стор.266,].

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.30):

$$V = \frac{C_v \cdot k_v}{t^x \cdot S_y \cdot T_{ЭК}^m} \quad (1.30)$$

де $T_{ЭК} = T_{у. эк} \cdot \lambda$,

де $\lambda = 1$;

$T_{у. эк}$ – умовно-економічна стійкість: $T_{у. эк} = T \cdot k_{Ti}$,

$T = 60$ хв. - період стійкості інструменту при одноінструментальній обробці;

k_{Ti} - коефіцієнт залежності стійкості від числа інструментів, що одночасно працюють, $k_{Ti} = 1,5$

$$T_{ЭК} = 60 \cdot 1,5 = 90 \text{ хв};$$

S - подача поздовжнього супорта;

t - глибина різання лімітуючого різця;

C_v, x, y, m - коеф. та показники ступеня, стр.269, т.17 [1];

k_v – поправочний коефіцієнт

$$C_v = 350 \quad m = 0,2 \quad x = 0,15 \quad y = 0,35$$

$$k_{nv} = 0,8 \quad k_{mv} = 0,6 \quad k_{nv} = 1$$

$$V = \frac{350 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{1,8^{0,15} \cdot 0,7^{0,35} \cdot 90^{0,2}} = 72,1 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot 72,1}{3,14 \cdot 39} = 588,8 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n_{ст} = 500$ об/хв.

Фактична швидкість різання за формулою (1.21):

$$V_\phi = 1000 \frac{3,14 \cdot 39 \cdot 500}{1000} \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання за формулою (1.31):

$$P_z = 10 \cdot C_p t^x S^y V^n K_p, \quad (1.31)$$

де $C_p = \text{const}$;

x, y, n – показники ступеня;

S, V, t – режим різання;

$K_p = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$ - коефіцієнт, що враховує форму різальної частини інструмента;

$$K_p = 1,25 \cdot 0,75 = 0,94. \quad C_p = 300; \quad x = 1; \quad y = 0,75; \quad n = -0,15$$

$$P_z = 10300 \cdot 1,8 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 61,2^{-0,15} \cdot 0,94 = 1818 \text{ Н.}$$

Потужність різання за формулою (1.32):

$$N = \frac{Pz \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.32)$$

$$N = \frac{1818 \cdot 61,2}{1020 \cdot 60} = 1,8 \text{ кВт.}$$

Основний час за формулою (1.33):

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S_{np} \cdot n} \quad (1.33)$$

$$T_0 = \frac{10,4}{0,7 \cdot 500} = 0,03 \text{ хв.}$$

1.7 Технічне нормування операцій

Під технічною нормою часу розуміють тривалість часу, необхідного для виконання операції. Нормою часу за умов серійного виробництва є калькуляційний час за формулою (1.34).

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \quad (1.34)$$

де n - Число деталей в партії, шт;

$T_{п.з.}$ - підготовчо-заключний час, хв;

$T_{шт}$ - штучний час (норма часу на одну деталь) за формулою (1.35), хв:

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{об} + t_{п}, \quad (1.35)$$

де t_o - Основний (машинний) час, хв;

$t_{об}$ - час обслуговування робочого місця, хв;

$t_{п}$ - час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв;

t_b - допоміжний час за формулою (1.36), хв:

$$t_b = t_{y.c.} + t_{з.о.} + t_{уп.} + t_{изм} \quad (1.36)$$

де $t_{y.c.}$ - час на встановлення та зняття деталі, хв;

$t_{з.о.}$ – час на закріплення та відкріплення деталі, хв;

$t_{уп.}$ – час прийоми управління, хв;

$t_{изм}$ - час вимірювання деталі, хв.

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби визначається за формулами (1.37, 1.38):

$$T_{об} = T_0 \cdot \frac{a_{обс}}{100}, \text{ хв,} \quad (1.37)$$

$$T_{отд} = T_0 \cdot \frac{a_{отд}}{100}, \text{ хв,} \quad (1.38)$$

де $a_{обс}$, $a_{отд}$ – час обслуговування робочого місця, перерву відпочинок і природні потреби, у відсотках від оперативного часу.

Для застосування у серійному виробництві норм часу масового виробництва використовуємо коефіцієнт 1,85 (стор. 101 [2]). Результати розрахунків зводимо до таблиці 1.12.

Таблиця 1.13 - Норми часу механічних операцій

№ опер.	Назва операції	Основний час, хв T_0	Допоміжний час, хв $T_в$	Оперативне час, хв оп	Штучне час, хв Тшт	Підготовчий час хв Тп.з.	Штучно-калькуляційний час, хв Тш.к
1	2	3	4	5	6	7	8
15	Токарна з ЧПК	3,03	2,6	5,63	5,99	15	6,7
20	Токарна з ЧПК	1,81	2	3,81	4,46	15	4,5
25	Протяжна	4,41	1,05	5,46	5,61	10	6,31
30	Шліфувальна	1,61	2,1	3,71	3,74	13	3,8
35	Шліфувальна	2,65	0,5	3,15	3,49	24	3,94
40	Токарна з ЧПК	1,50	3,7	5,20	5,72	15	5,8
45	Токарна з ЧПК	2,52	2,1	4,62	4,88	15	5,47
50	Зубофрезерна	6,0	2,6	8,6	8,86	21	9,52
55	Зубостругальна	4,15	3,8	7,95	8,57	21	6,7
60	Зубодовбильна	2,16	3,4	5,56	6,12	17	6,2
65	Зубодовбильна	1,58	2,1	3,68	4,29	17	4,53
70	Токарна з ЧПК	3,57	4,5	8,07	8,61	15	8,7

Продовження таблиці 1.13

1	2	3	4	5	6	7	8
075	Токарна з ЧПК	0,03	0,5	0,53	0,94	15	1,36
080	Шліфувальна	0,64	2,4	3,04	3,24	13	3,3
085	Шліфувальна	5,37	4,2	9,57	10,18	15	10,8
090	Шліфувальна	0,28	1,6	1,88	1,95	13	2,0
095	Зубошліфувальна	10,44	5,34	15,78	16,81	21	17,895
100	Зубошліфувальна	8,43	4,23	12,66	13,05	21	13,92
Всього:							121,44

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Опис конструкції і принцип роботи пристосування

Пристосування використовується на операції 060 зубодовбальній на верстаті SV 100 і призначене для довбання зубів (рис. 2.1).

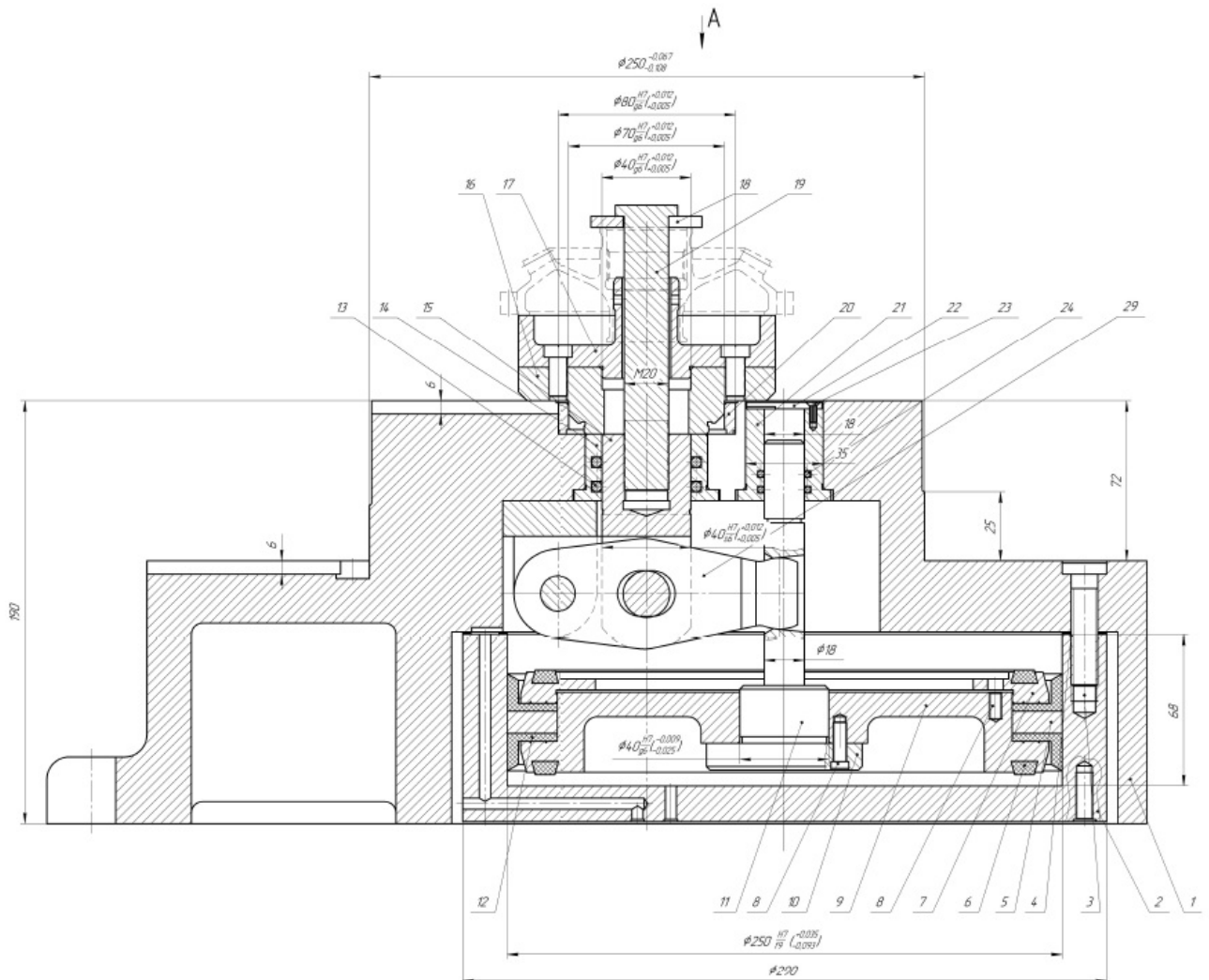


Рисунок 2.1 – Пристосування для довбання зубів

Складається з корпусу (поз.1), в якому розміщується пневмоциліндр, прикручений болтами до корпусу. Корпус цільнолитий. На завязаній поверхні корпусу запресована втулка (поз.20), щоб зменшити мінімальні розрахункові

зазори і тим самим підвищити точність базування. У втулку (поз.20) встановлюється опора, до якої гвинтами кріпиться центратор (поз.17). Центратор служить для орієнтації та точності базування деталі на пристосуванні.

У нижній частині корпусу оброблена циліндрична порожнина, у якій встановлений циліндр (поз.2). У порожнині циліндра переміщується поршень (поз.9). До поршня прикріплений шток (поз.11), який через важіль (поз.29) переміщує шток (поз.19), і дозволяє зафіксувати деталь.

Ущільнення кільцевого зазору у поєднанні поршня з циліндром корпусу виконано кільцем (поз.12) круглого перерізу та маслостійкої гуми, а штока та корпусу – манжетою (поз.13, 24). Ці елементи є найвідповідальнішими конструктивними елементами. Ущільнення циліндра корпусу виконано прокладкою (поз.4) з маслостійкої гуми під кришкою (поз.22).

Стиснене повітря з мережі надходить через штуцера і підводиться до робочих порожнин по каналах у корпусі.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення

Розрахунок похибки установки розраховується за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.1)$$

де ε_6 - Похибка базування;

ε_3 - Похибка закріплення.

Похибка базування розраховується за формулою (2.2):

$$\varepsilon_{\text{баз.}} = \frac{T_{\text{ц}} + T_{\text{о}} + 2\Delta}{2}, \quad (2.2)$$

де $\Delta = 0,01$ – величина радіального гарантованого зазору для вільного встановлення заготовки.

$$\varepsilon_{\text{баз.}} = \frac{0,023 + 0,01 + 2 \cdot 0,01}{2} = 0,053 \text{ мм.}$$

Для нашого випадку маємо $\varepsilon_{закр} = 0$, оскільки напрямки сили затиску та розміру обробки взаємно перпендикулярні.

Таким чином, похибка установки дорівнює:

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{0,053^2 + 0} = 0,053 \text{ мм} .$$

Схема вважається придатною для використання, якщо виконується умова за формулою (2.3):

$$\varepsilon_{уст} \leq \frac{1}{3} TA_{обр} , \quad (2.3)$$

де $TA_{обр}$ - допуск на розмір обробки, мм.

$$0,053 \text{ мм} < \frac{1}{3} \cdot 0,23 = 0,076 \text{ мм}$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір типу приводу

Необхідна сила затиску визначається за такою формулою (2.4):

$$W = \frac{3 \times k \times P_z}{f \times \left(\frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right)} \quad (2.4)$$

де k - коефіцієнт запасу;

f - коефіцієнт тертя спокою ($f=0,16$ [11, табл. 6.2, стор 105]);

P_z - сила різання.

Величину коефіцієнта запасу визначаємо за такою формулою (2.5):

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (2.5)$$

де $k_1 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

k_2 - Коефіцієнт, що враховує вид обробки, оброблюваний матеріал, нерівномірність зносу ріжучого інструменту ($k_2 = 1,2$ [11, табл. 6.1, стор.101]);

k_3 - Коефіцієнт, що враховує сталість сил затиску ($k_3 = 1,2$ [11, табл.6.1, стор.101]);

k_4 - Коефіцієнт, що враховує зміну сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовки ($k_4 = 1,2$ [11, табл.6.1, стор.101]).

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 2,592$$

Підставляючи числові значення, отримуємо:

$$W = \frac{3 \cdot 2,259 \cdot 859,73}{0,16 \cdot \left(\frac{66^3 - 29,5^3}{66^2 - 29,5^2} \right)} = 484 \text{ Н.}$$

Діаметр пневмоциліндра для забезпечення необхідного значення сили W розраховуємо за такою формулою (2.6):

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi \times p \times \eta}}, \quad (2.6)$$

де $p = 0,5 \text{ Мпа}$ – тиск у пневмоциліндрі;

$\eta = 0,9$ - Коефіцієнт корисної дії, що враховує втрати на тертя.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 484}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 37,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення діаметра циліндра: $D = 40 \text{ мм.}$

За [11, табл. 7.4, с. 141] вибираємо параметри пневмопристрою:

- товщина стінки пневмоциліндра - 4 мм;
- діаметр штока - 12 мм;
- діаметр різьблення на штоку – М8.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Опис конструкції і принцип дії

Пристрій призначений для перевірки биття (рис. 2.2).

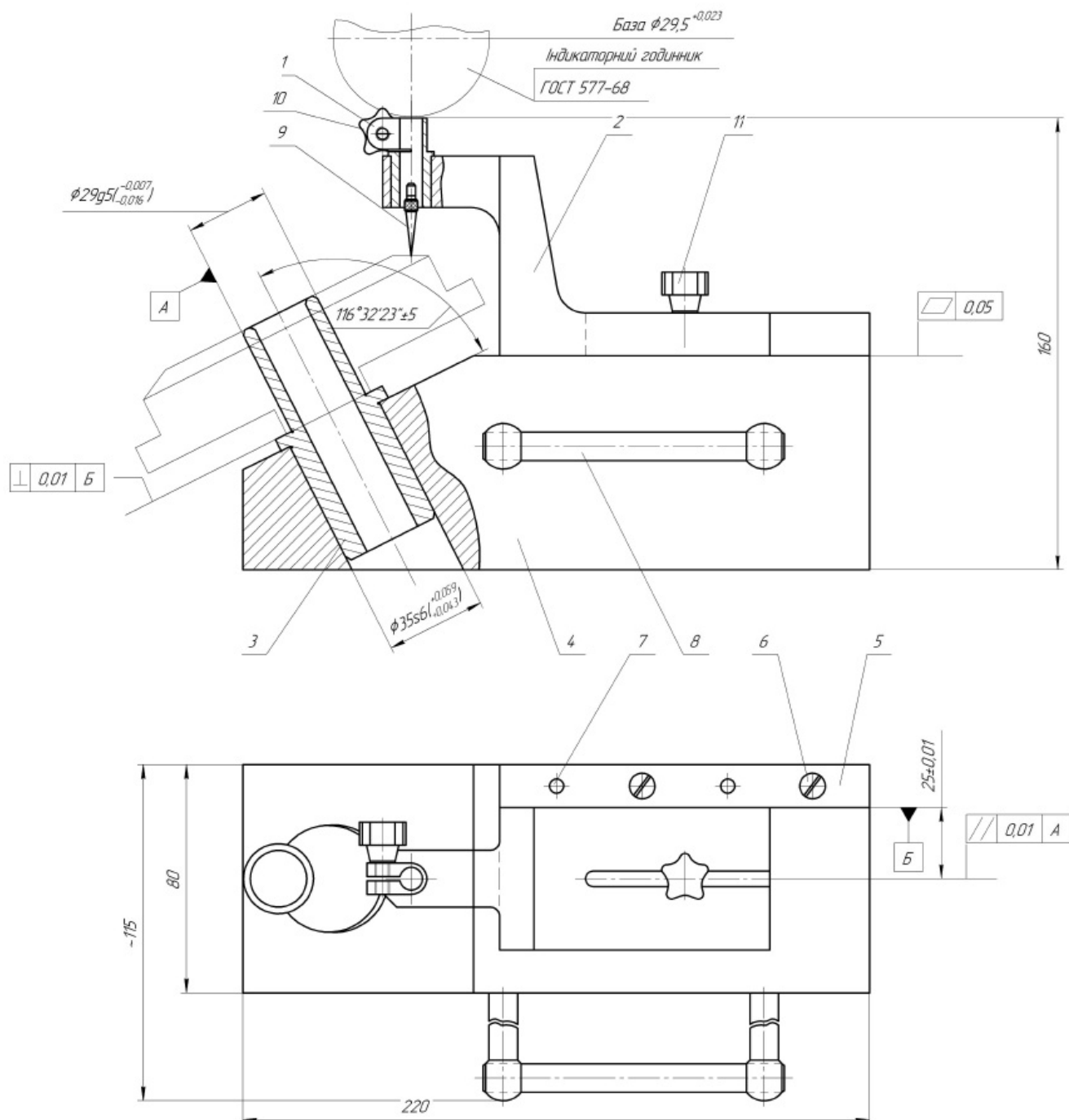


Рисунок 2.2 – Пристрій для перевірки биття

Складається з корпусу (поз.4), в якому розташовується втулка (поз.3), для розташування деталі, і колодка (поз.2). На колодці розміщений індикаторний годинник, який через наконечник (поз.9) вимірюється рівень биття деталі.

2.2.2 Процедура налаштування і контролю

Налаштування контрольного пристрою здійснюється по одній атестованій деталі.

Атестована деталь повинна мати дійсні розміри та допустиме контролером биття поверхні в межах допуску.

Для налаштування пристрою, на місце деталі, встановлюється еталон. Наконечник орієнтується на поверхню еталона. При переміщенні зразка, показання індикатора повинні дорівнювати нулю.

2.3 Розрахунок на міцність деталі шестерня конічна

Конічні шестерні є критично важливими елементами приводних механізмів, що працюють в умовах складного напружено-деформованого стану під дією динамічних навантажень. Забезпечення їх надійності та довговічності вимагає ретельного аналізу міцнісних характеристик з урахуванням реальних умов експлуатації. У даному розділі проводиться комплексний розрахунок на міцність конічної шестерні з використанням методу скінченних елементів в програмному комплексі Siemens NX. Цей підхід дозволяє отримати детальну картину розподілу напружень та деформацій в об'ємі деталі, визначити концентратори напружень та критичні зони, що неможливо при використанні традиційних аналітичних методів розрахунку. Основними завданнями даного розрахунку є визначення максимальних еквівалентних напружень за критерієм Мізеса, аналіз розподілу напружень по профілю зуба та в зоні перехідної кривої, оцінка коефіцієнта запасу міцності відносно границі текучості матеріалу, а також виявлення потенційних зон руйнування та оптимізація геометричних параметрів. Використання Siemens NX

забезпечує високу точність моделювання завдяки можливості створення детальної тривимірної моделі з урахуванням всіх конструктивних особливостей, застосування адаптивної сітки скінченних елементів та врахування нелінійних ефектів. Результати розрахунку будуть використані для підтвердження працездатності конструкції та розробки рекомендацій щодо її вдосконалення.

Тривимірна модель деталі шестерня конічна показана на рисунку 2.3.

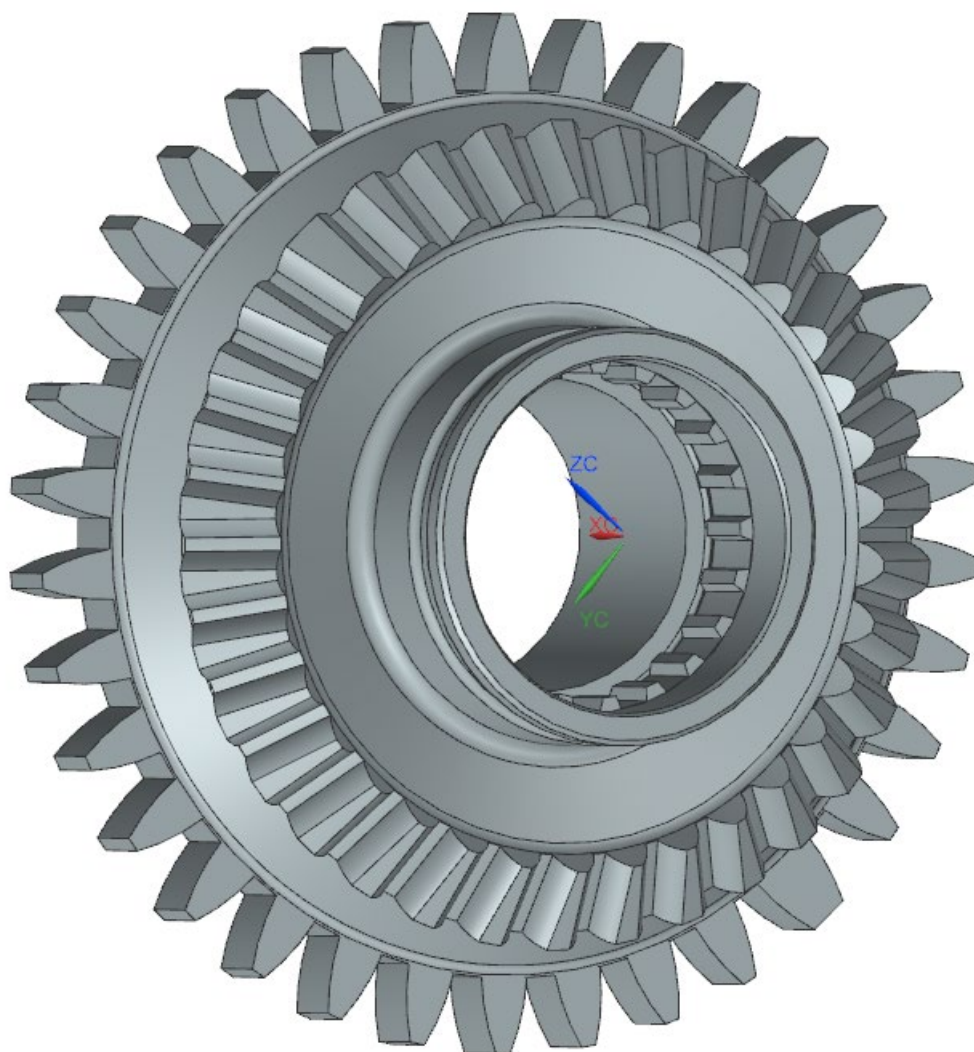


Рисунок 2.3 – Тривимірна модель деталі шестерня конічна

Розбивка на сітку кінцевих елементів показана на рисунку 2.4.

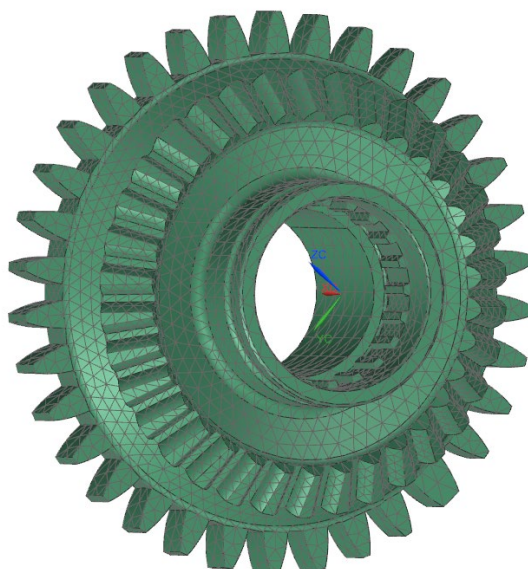


Рисунок 2.4 – Розбивка на сітку кінцевих елементів деталі шестерня конічна

На рисунку 2.5 показані прикладені обмеження для розрахунку.

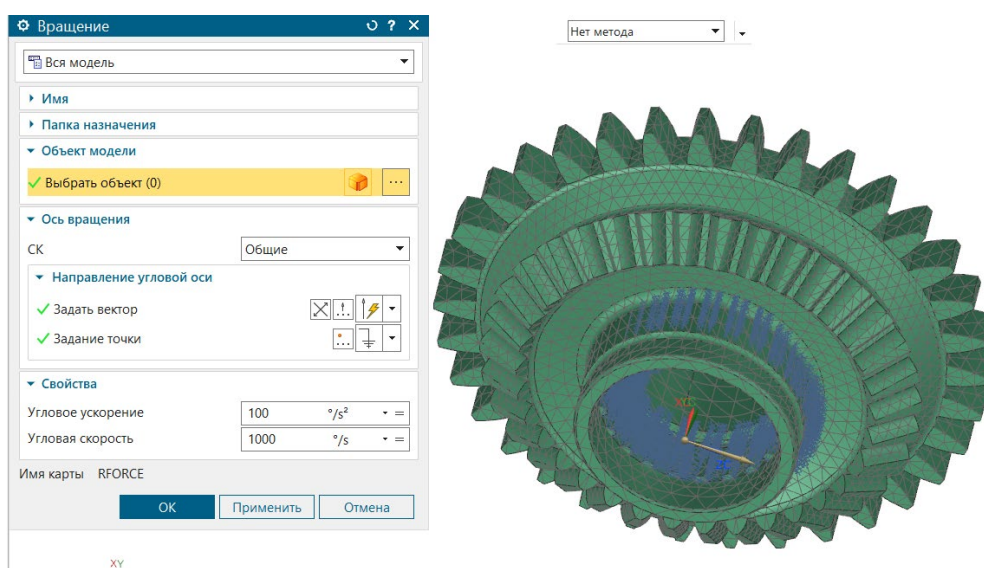


Рисунок 2.5 – Прикладення обмежень для деталі шестерня конічна

Результат розрахунку напружень, які виникають при крутінні деталі шестерня конічна показано на рисунку 2.6.

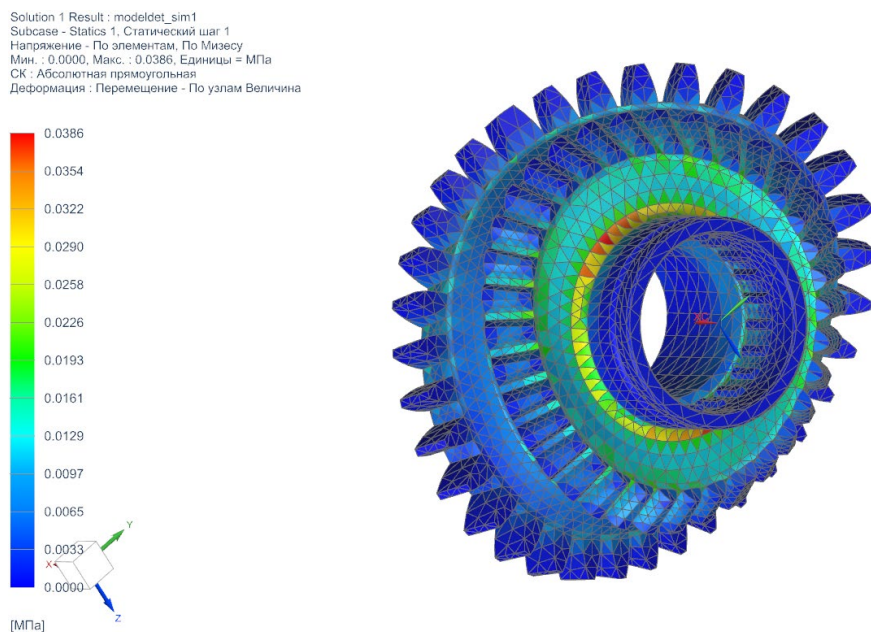


Рисунок 2.6 – Результат визначення напружено-деформованого стану деталі шестерня конічна

За результатами проведеного розрахунку на міцність конічної шестерні методом скінченних елементів в програмному комплексі Siemens NX встановлено розподіл напружень у деталі під дією експлуатаційних навантажень. Аналіз напружено-деформованого стану показав, що найбільш напруженою зоною деталі є радіусне закруглення ступічної частини, де спостерігається концентрація напружень внаслідок зміни геометрії перерізу. У цій критичній зоні зафіксовані максимальні значення еквівалентних напружень за критерієм Мізеса, що пов'язано з особливостями передачі навантаження від зубчастого вінця до ступиці та наявністю геометричного концентратора напружень у вигляді галтелі. Отримані результати підтверджують необхідність особливої уваги до конструювання перехідних ділянок між основними елементами шестерні та обґрунтовують доцільність оптимізації радіуса закруглення для зниження рівня напружень. Проведений аналіз дозволяє стверджувати про працездатність конструкції за умови дотримання розрахункових параметрів навантаження та рекомендувати подальше вдосконалення геометрії ступічної частини з метою підвищення довговічності деталі.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

3.1 Розрахунок кількості обладнання на дільниці

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі $N = 6000$ шт, попередньо призначаємо тип виробництва – серійне зі змінно-потоковою формою організації робіт.

Для остаточного встановлення типу та форми організації виробництва необхідно розрахувати необхідну кількість верстатів для ділянки, визначити коефіцієнти завантаження обладнання та середній коефіцієнт завантаження ділянки.

Розрахунок кількості верстатів зробимо за формулою (3.1):

$$C_{pi} = \frac{t_{ш-к.i} \cdot N}{F_d \cdot 60}, \quad (3.1)$$

де $t_{ш-к}$ - штучно-калькуляційний час i -ї операції, хв;

N – річна програма випуску, прим;

$F_d = 3815$ годин – дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

Коефіцієнт завантаження обладнання розрахуємо за формулою (3.2):

$$K_{3.o.i} = \frac{C_{p.i}}{C_{п.i}}. \quad (3.2)$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання дільниці визначаємо за формулою (3.3):

$$\bar{K}_{3.o.} = \frac{\sum C_p}{\sum C_n}. \quad (3.3)$$

Вихідні дані для розрахунку кількості обладнання приймаємо із нормування операцій технологічного процесу виготовлення шестерні приводу.

Результати розрахунків зводимо до таблиці 3.1.

Слід врахувати, що наведений середній коефіцієнт завантаження обладнання ділянки механічного цеху при серійному типі виробництва може бути $K_{з.о.ср.} = 0,7...0,85$, з кількістю обладнання щонайменше 18 одиниць, т.к. базова деталь не забезпечує даної умови, то дозавантажуємо ділянку 3 подібними деталями: шестерня гідроприводу, шестерня приводу маслоагрегату, шестерня відцентрового суфлера. Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження з урахуванням дозавантаження ділянки наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Кількість верстатів та коефіцієнти завантаження обладнання

№ оп.	Найменування операції	Модель верстата	$t_{шт-к},$ хв.	Ср., шт.	Спр, шт.	Кз.о.
10	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	6,7	0,014	1	0,014
15	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	4,5	0,0094	1	0,0094
20	Протяжна	"Е.Верке"	6,31	0,0121	1	0,0121
25	Шліфувальна	"Рейнекер"	3,8	0,0079	1	0,0079
30	Шліфувальна	"МС3" 37-56	3,94	0,0082	1	0,0082
35	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	5,8	0,0121	1	0,0121
40	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	5,47	0,0106	1	0,0106
45	Зубофрезерна	ЕЗ-40	9,52	0,108	1	0,108
50	Зубострогальна	526	6,7	0,0198	1	0,0198
60	Зубодовбіжна	SV00	6,2	0,0129	1	0,0129
65	Зубодовбіжна	SV00	4,53	0,0094	1	0,0094
95	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	8,7	0,0181	1	0,0181
100	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	1,36	0,0002	1	0,0002
105	Шліфувальна	3А151	3,3	0,0069	1	0,0069
110	Шліфувальна	Н150	10,8	0,215	1	0,215
115	Шліфувальна	3А151	2,0	0,0004	1	0,0004
120	Зубошліфувальна	5А250П	17,895	0,373	1	0,373
140	Зубошліфувальна	HSS-10	13,92	0,29	1	0,29
Всього:			121,44	1,128	20	1,128

Таблиця 3.2 - Зведена таблиця розрахунків кількості обладнання та коефіцієнта завантаження для всіх деталей ділянки

№ оп.	Найменування операції	Модель верстата	$t_{шт-к}$, хв	Ср., шт	Спр, шт	Кз.о.
10	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	24,65	0,7	1	0,7
15	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	17,68	0,67	1	0,67
20	Протяжна	"Е.Верке"	26,86	0,7	1	0,7
25	Шліфувальна	"Рейнекер"	34,17	0,72	1	0,72
30	Шліфувальна	"МС3" 37-56	47,94	0,81	1	0,81
35	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	102,68	0,9	1	0,9
40	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	211,31	1,8	2	0,9
45	Зубофрезерна	Е3-40	26,18	0,72	1	0,72
50	Зубострогальна	526	29,58	0,73	1	0,73
60	Зубодовбіжна	SV00	26,69	0,66	1	0,66
65	Зубодовбіжна	SV00	10,03	0,64	1	0,64
95	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	19,72	0,78	1	0,78
100	Токарна з ЧПК	АТПР2М12СН	15,13	0,76	1	0,76
105	Шліфувальна	3А151	16,32	0,77	1	0,77
110	Шліфувальна	Н150	108,63	0,91	1	0,91
115	Шліфувальна	3А151	162,18	0,93	1	0,93
120	Зубошліфувальна	5А250П	28,56	0,71	1	0,71
140	Зубошліфувальна	HSS-10	271,49	1,9	2	0,95
Всього:			1179,8	15,81	20	0,79

При розрахунку чисельності виробничих робітників слід врахувати можливість багатOVERстатного обслуговування.

БагатOVERстатне обслуговування застосовується на верстатах автоматах, напівавтоматах, верстатах з ЧПК в тому випадку, коли основний (машинно-автоматичний час на операцію) більший за суму допоміжного часу на інших операціях і часу, що витрачається на переходи робітника від верстата до верстата,

що дозволяє робітникові під час машинної роботи одного верстата обслуговувати інші верстати, якщо їх число на ділянці, що проектується, дорівнює або більше двох.

Ідеальна умова багатостаночного обслуговування розраховуємо за формулою (3.4):

$$T_{\text{омах}} \geq \Sigma t_{\text{всп}} + \Sigma t_{\text{пер}}. \quad (3.4)$$

Кількість верстатів, які може обслужити один робітник у попередньо прийнятій зоні обслуговування, розраховується за такою формулою (3.5):

$$m_s = \frac{t_{\text{омах}}}{t_{\text{всп}} + t_{\text{пер}}}, \quad (3.5)$$

де $t_{\text{омах}}$ - максимальний оперативний час на верстатах, намічених до об'єднання в зону обслуговування

$t_{\text{всп}}$ - час обслуговування робітником-оператором верстата - час, що витрачається робітником на встановлення, закріплення та зняття заготовки, керування верстатом, контроль якості обробки та інші ручні та машинно-ручні прийоми

$t_{\text{пер}}$ - час, що витрачається на перехід від верстата до верстата.

Число операторів у зоні обслуговування, розраховується за такою формулою (3.6):

$$R_v = \frac{S_v}{m_{sv}}, \quad (3.6)$$

де v - номер зони обслуговування.

Операція 10: $3,03 \geq 2,6 + 0,15$.

$$m_s = \frac{t_{\text{омах}}}{t_{\text{всп}} + t_{\text{пер}}} = \frac{3,03}{2,6 + 0,15}$$

Число операторів у зоні обслуговування:

$$R_{10} = \frac{S_{10}}{m_{S10}} = \frac{1}{1,1} = 0,91 \text{чол.}$$

Таким чином, для обслуговування 1 верстата потрібний 1 оператор.

Операція 15: $1,81 < 2,0 + 0,15$ – умова не виконується.

Операція 35: $1,5 < 3,7 + 0,15$ – умова не виконується.

Операція 40: $2,52 \geq 2,1 + 0,15$.

$$m_S = \frac{t_{o_{max}}}{t_{всн} + t_{неп} \frac{2,52}{2,1 + 0,15}}$$

Число операторів у зоні обслуговування:

$$R_{40} = \frac{S_{40}}{m_{S40}} = \frac{2}{1,12} = 1,79 \text{чол.}$$

Таким чином, для обслуговування 2 верстатів необхідно 2 оператори.

Операція 45: $6,0 \geq 2,6 + 0,15$.

$$m_S = \frac{t_{o_{max}}}{t_{всн} + t_{неп} \frac{6,0}{2,6 + 0,15}}$$

Число операторів у зоні обслуговування:

$$R_{45} = \frac{S_{45}}{m_{S45}} = \frac{1}{2,18} = 0,46 \text{чол.}$$

Таким чином, для обслуговування 1 верстата потрібний 1 оператор.

Операція 50: $4,15 \geq 3,8 + 0,15$.

$$m_S = \frac{t_{o_{max}}}{t_{всн} + t_{неп} \frac{4,15}{3,8 + 0,15}}$$

Число операторів у зоні обслуговування:

$$R_{50} = \frac{S_{50}}{m_{S50}} = \frac{1}{1,05} = 0,95 \text{чол.}$$

Таким чином, для обслуговування 1 верстата потрібний 1 оператор.

Операція 60: $2,16 < 3,4+0,15$ – умова не виконується.

Операція 65: $1,58 < 2,1+0,15$ – умова не виконується.

Операція 95: $3,57 < 4,5+0,15$ – умова не виконується.

Операція 100: $0,03 < 0,5+0,15$ – умова не виконується.

Операція 120 : $10,44 \geq 5,34 + 0,15$.

$$m_S = \frac{t_{o_{max}}}{t_{всн} + t_{неп} \frac{10,44}{5,34 + 0,15}}$$

Число операторів у зоні обслуговування:

$$R_{120} = \frac{S_{120}}{m_{S120}} = \frac{1}{1,9} = 0,53 \text{чол.}$$

Таким чином, для обслуговування 1 верстата потрібний 1 оператор.

Операція 140: $8,43 \geq 4,23 + 0,15$.

$$m_S = \frac{t_{o_{max}}}{t_{всн} + t_{неп} \frac{8,43}{4,23 + 0,15}}$$

Число операторів у зоні обслуговування:

$$R_{140} = \frac{S_{140}}{m_{S140}} = \frac{2}{1,93} = 1,01 \text{чол.}$$

Таким чином, для обслуговування 2 верстатів потрібен 1 оператор.

На інші операції кількість основних виробничих робітників визначається за формулою (3.7):

$$R_{сд} = \frac{\sum N_i \cdot t_{шт-к}}{F_{эф.} \cdot 60}, \quad (3.7)$$

де $F_{эф}$ - фонд роботи працюючих, $F_{эф.} = 1860$ годин.

На підставі проведених розрахунків будуюмо циклограму багатOVERSTATного обслуговування для зубошліфувальної операції.

3.2 Опис планування обладнання і робочих місць на ділянці

Площа ділянки та цеху загалом визначається плануванням його обладнання з урахуванням санітарно-технічних, протипожежних та інших норм.

Виробнича площа ділянки, що розробляється за детальною технологією, визначається на підставі планування обладнання, робочих місць, транспортних пристроїв, проїздів, проходів.

Виробнича площа ділянки визначається укрупнено, за величиною питомої площі на один верстат і кількістю прийнятих верстатів. Орієнтовно підраховуємо довжину ділянки, якщо верстати розташовувати в дві лінії, отримаємо, що потокова лінія обробки шестерень має довжину = 71,4 м і ширину = 14 м .

Як бачимо, довжина лінії знаходиться в межах 72 метрів, тому розміщуватимемо технологічне обладнання та транспорт за схемою дворядної змінно-потокової лінії.

Розміри будівлі, в якій розташовується цех – 72 × 72 метри, при ширині прольоту 18 метрів та кроці колони всередині будівлі – 12 метрів. Перетин колон прямокутний 400x600 мм. Для розподілу внутрішніх обсягів будівлі застосовуються перегородки. Підлога викладена плитами.

Освітлення будівлі у світлий час природне – через віконні отвори, у темний час доби – штучне.

Планування виробничої ділянки являє собою розташоване на плані в масштабі 1:100 обладнання, проїзди та переходи.

За виконання планувань устаткування керуються нормами розташування, тобто. відстань між верстатами, верстаками, елементами будівлі, ширина проходів та проїздів, що регламентуються правилами техніки безпеки та виробничої санітарії.

Площа виробничої ділянки забезпечує виконання вимог мінімального обсягу 15 м^3 на одного робітника та мінімальні норми виробничої площі $4,5 \text{ м}^2$ на одного робітника.

На початку та в кінці технологічної лінії розташований завантажувальний майданчик для розміщення заготовок.

Для того щоб забезпечити можливість механізації процесів транспортування та прибирання стружки, необхідно виконувати планування обладнання таким чином, щоб у даній лінії верстатів оброблялися деталі з матеріалу однієї марки. На ділянці, що проектується, основна частина напусків і припусків знімається на чорнових токарних верстатах. Стружка, що утворюється при цьому, переміщається спочатку від групи верстатів у приймальні люки. У люк стружку скидає прибиральник стружки. Люки закриті ґратами відповідно до техніки безпеки. Далі стружка попадає на магістральний транспортер, який обслуговує весь цех. З магістрального транспортера вона потрапляє у відділення з переробки стружки, де проводиться дроблення стружки та брикетування.

Легко транспортується дрібна, сипуча стружка, найважче - довга, кручена, тому в технологічних процесах обробки деталей необхідно застосовувати інструмент та види обробки, що забезпечують дроблення стружки безпосередньо в зоні різання.

Основним принципом при розробці плану розміщення обладнання є принцип забезпечення прямоочності руху деталей у процесі їх обробки, а також встановлення оптимальних відстаней між обладнанням і конструкторськими елементами. При цьому необхідно врахувати такі правила:

- відстані беруть між зовнішніми габаритними розмірами верстата;
- при встановленні верстата на фундамент відстані приймають з урахуванням конструкції та глибини фундаменту;
- відстані повинні враховувати промислові проводки, майданчики для зберігання деталей.

При розробці планування передбачається організація проходів, забезпечуючи вільний доступ до всіх робочих місць та є шляхами евакуації

особового складу на випадок надзвичайної ситуації. Ширина проходу – 2500 мм, ширина проїзду – 4500 мм.

Відстань між верстатами відповідає нормам технологічного проектування машинобудівних заводів та забезпечує безпечну роботу на верстатах та обслуговування обладнання. Відстань між верстатами виконано відповідно до нормативних даних – 0,9...1,5 м.

Металорізальні верстати ділянки розташовуються в порядку технологічних операцій - послідовно. При розміщенні верстатів на ділянці передбачені найкоротші шляхи руху кожної деталі, в процесі обробки не допускаються зворотні, кільцеві або петлеподібні рухи, що створюють зустрічні потоки і утруднюють транспортування деталей, що обробляються.

Робочі місця розташовані із боку проходів, що полегшує обслуговування робочого місця. При обробці виробу переходять із одного ряду до іншого. Послідовний перехід деталі від верстата до верстата утворює технологічну лінію руху деталей. Цей рух зазначено на плані розташування обладнання.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів становить фундаментальний та невід'ємний компонент у складному процесі прийняття стратегічних рішень щодо доцільності інвестування фінансових ресурсів та практичної реалізації різноманітних проектів і програм розвитку. Ця комплексна оцінка відіграє ключову роль у визначенні та обґрунтуванні того, наскільки економічно вигідним та рентабельним буде конкретний проект з фінансово-економічної точки зору, а також чи доцільно вкладати значні кошти, матеріальні та людські ресурси у його повноцінну реалізацію на практиці.

Детальний аналіз економічної ефективності дозволяє підприємствам та організаціям приймати обґрунтовані та виважені управлінські рішення, базуючись на точних розрахунках та прогнозах. Такий підхід мінімізує ризики невдалих інвестицій та максимізує потенційну віддачу від вкладених коштів. Процес оцінки включає в себе аналіз множини факторів, включаючи початкові капіталовкладення, поточні операційні витрати, очікувані доходи, період окупності проекту та інші критично важливі показники.

Технологічний процес модернізації виробництва передбачає заміну традиційних операцій, які раніше виконувались на універсальному обладнанні, сучасними високотехнологічними верстатами з числовим програмним керуванням (ЧПК). Ця інноваційна трансформація виробничого процесу спрямована на підвищення точності обробки, збільшення продуктивності праці, покращення якості готової продукції та зниження загальних виробничих витрат.

У базовому технологічному процесі, який діяв до впровадження модернізації, було передбачено виконання трьох основних технологічних операцій, детальна характеристика яких представлена у відповідних аналітичних таблицях 4.1 та 4.2. Кожна з цих операцій мала свої специфічні особливості, вимоги до кваліфікації персоналу, часові нормативи виконання та економічні показники ефективності.

Модернізація виробничого процесу шляхом впровадження верстатів з ЧПК дозволяє не лише автоматизувати виконання складних технологічних операцій, але й значно підвищити їх повторюваність та стабільність якості. Такі верстати забезпечують високу точність обробки деталей, можливість швидкого переналадження на різні види продукції та суттєве зменшення залежності від кваліфікації операторів.

Усі розрахунки та аналітичні дані, отримані в результаті проведеного дослідження, систематизовано та детально занесено до спеціально розроблених аналітичних таблиць під номерами 4.1–4.17. Ці таблиці містять вичерпну інформацію про всі аспекти економічної ефективності запропонованих заходів та дозволяють провести всебічний аналіз доцільності їх впровадження.

Розрахунок заробітної плати основних виробничих робітників, виражений у гривнях, проводиться відповідно до встановлених методологічних підходів та нормативних вимог, детально описаних у відповідній літературі [8, с.13]. Цей розрахунок є критично важливим компонентом загальної оцінки економічної ефективності проекту, оскільки витрати на оплату праці становлять значну частку загальних операційних витрат підприємства.

Структура фонду заробітної плати характеризується комплексним підходом та складається з декількох основних компонентів, серед яких пряма оплата праці займає провідне місце. Пряма оплата праці включає в себе два основні елементи: оплату роботи відрядників, яка здійснюється на основі встановлених розцінок за фактично виконаний обсяг робіт, та оплату роботи почасових працівників, яка розраховується відповідно до встановленого погодинного тарифу та фактично відпрацьованого часу [8, с.13] розраховується за формулою (4.1):

$$Z_o = \sum_{i=1}^{m_{op}} t_{шт_i} \cdot C_{тар} \cdot K_b \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}, \quad (4.1)$$

де m_{op} – кількість операцій у технологічному процесі (таблиця 6.1 та 6.2);

$t_{шт_i}$ – норма штучного часу виконання i -ої операції, год (таблиця 6.1 та 6.2);

$C_{тар}$ – годинна тарифна ставка виробничого робітника верстатника на операції, грн. [8, т.А.1, с.33];

K_{δ} – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника верстатника при багатOVERстатному обслуговуванні [8, т.2.1, с.13];

$k_{доп.}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату [8, с. 13];

$k_{соц}$ – коефіцієнт, що враховує страхові внески, [8, с. 13].

Заробітна плата допоміжних робітників, грн [8, с.14].

Основна та додаткова заробітна плата всіх інших робітників (наладчиків, електронників, транспортних робітників) за формулою (4.2):

$$Z_H = \frac{C_{тар.н} \cdot \Phi_p \cdot \chi_n \cdot k_{доп.} \cdot k_{соц}}{N}, \quad (4.2)$$

де $C_{тар.н}$ - годинна тарифна ставка, грн. [8, т.А.1, с.33];

Φ_p - річний фонд часу одного, год [8, с. 13];

χ_n - чисельність робітників відповідної категорії, чол.

Амортизаційні відрахування на обладнання та дороге оснащення з тривалим терміном служби, грн [8, с.14] за формулою (4.3):

$$A_{від} = \sum_{i=1}^{m_{оп}} \frac{K_i \cdot H_{ai} \cdot t_{oi}}{100 \cdot F_d \cdot 60}, \quad (4.3)$$

де K_i – первісна вартість обладнання (оснащення) на i -ої операції, грн. (таблиця 6.1 та 6.2);

H_{ai} – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання (оснащення) на i -ої операції (таблиця 6.1 та 6.2);

t_{oi} – основний (машинний) час на i -ої операції, хв (таблиця 6.1 та 6.2);

F_d – дійсний (ефективний) фонд часу роботи устаткування (3 розділ), год.

Витрати на інструмент, грн [8, с.15] за формулою (4.4):

$$S_{ин} = \sum_{i=1}^{m_{оп}} \sum_{j=1}^{n_{ин}} \frac{Ц_{инij} \cdot t_{штij} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)}, \quad (4.4)$$

де C_{inij} – ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, що визначається за каталогами підприємств, фірм-постачальників інструменту чи сайтах мережі інтернет, грн./шт.;

t_{umij} – штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв (таблиця 6.1 та 6.2);

η_m – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{маш}/t_{шт}$;

T_{ij} – період стійкості інструменту j -го виду на i -ої операції, хв [8, т.3.8, с.22];

n_{in} – номенклатура інструментів на i -ої операції [8, т.3.8, с.22];

n_j – число переточок інструменту j -го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту [8, т.3.8, с.22].

Витрати на технологічну електроенергію, грн [8, с.16] за формулою (4.5):

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_q \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t_{штк}}{\eta \cdot k_B} \cdot C_e, \quad (4.5)$$

де N_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт (таблиця 6.1 та 6.2);

k_N – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю [8, с.16];

k_q – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом [8, с.16];

$k_{од}$ – середній коефіцієнт одночасної роботи всіх електродвигунів верстата [8, с. 16];

k_w – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу [8, с. 16];

C_e – вартість 1 кВт · год електроенергії (тариф для підприємств становить 3,45 грн. за 1 кВт · год).

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання, грн [8, с.16] за формулою (4.6):

$$S_p = \frac{Ц_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N}, \quad (4.6)$$

де $Ц_{то}$ – залишкова вартість обладнання, грн.

K_p – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду [8, с. 16];

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом [8, с.16] за формулою (4.7):

$$S_n = \frac{\varphi \cdot C_{гн} \cdot t_{ін} \cdot t_o \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60}, \quad (4.7)$$

де φ – коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту [8, с.16];

$C_{гн}$ – середньогодинна заробітня плата наладчиків, грн./год [8, т.А.1, с.32];

$t_{ін}$ – середній час налаштування одного інструменту, хв [8, с. 17];

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв. (таблиця 6.1 та 6.2);

K_m – коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі [8, с.17];

T_M – середня стійкість інструменту, хв. [8, т. 3.15, с. 32];

m – число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт. [8, с. 17].

Інші загальновиробничі витрати, грн [8, с.17] за формулою (4.8):

$$I_n = 3_o \cdot k_{заг}, \quad (4.8)$$

де $k_{заг}$ – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати [8, с.17].

Таблиця 4.1 – Вихідні дані базового ТП

Розрахункові параметри	Варіанти технологічного процесу		
	Базовий ТП		
Річна програма випуску деталей N_p	6000		
Модель верстата	16K20	16K20	16K20
Штучний час $T_{шт}$, хв.	2.1	3.2	4.3
Розряд верстатника	5		
Розряд наладчика	4		
Основний час t_{oi} , хв	1.52	2.01	2.57
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	65.1	65.1	65.1
Число змін m	2		
Оптова ціна верстата F , грн	350000	350000	350000
Число верстатів, шт	1	1	1
Сервісний термін обслуговування верстата n , років	10	10	10
Норма амортизаційних відрахувань N_a %	12.2	12.2	12.2
Встановлена потужність електродвигунів, N	11	11	11

Таблиця 4.2 – Вихідні дані операції з ЧПК

Розрахункові параметри	Варіанти технологічного процесу
	Комплексна операція
1	1
Річна програма випуску деталей N_p	5000
Модель верстата	АТПр 2М12СМ
Штучний час $T_{шт}$, хв.	6.7
Розряд верстатника	5
Розряд наладчика	4

Продовження таблиці 4.2

1	1
Основний час t_{oi} , хв	3.1
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	65.1
Число змін m	2
Оптова ціна верстата F , грн	743000
Число верстатів, шт	1
Сервісний термін обслуговування верстата n , років	15
Норма амортизаційних відрахувань N_a %	12.2
Встановлена потужність електродвигунів, N	15

Розраховуємо технологічну собівартість по елементним методом для базового та комплексного ТП:

- а) тип виробництва базового та комплексного технологічного процесу, скориставшись даними щодо трудомісткості операцій;
- б) кількість верстатів на кожну операцію C_p за формулою (4.1);
- в) прийнята кількість робочих місць P за формулою (4.4);
- г) фактичний коефіцієнт завантаження верстата η_{zn} за формулою (4.8).

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P}; \quad (4.8)$$

Кількість операцій O , що виконуються на робочому місці за формулою (4.9):

$$O = \frac{\eta_{zn}}{\eta_{зф}}. \quad (4.9)$$

Таблиця 4.3 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій базового ТП

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	C_p	P	$\eta_{зф}$	O	$K_{зoi}$
025	Токарна	2.1	0.18	1	0.18	1.05	1.05
030	Токарна	3.2	0.14	1	0.14	1.23	1.23
035	Токарна	4.3	0.1	1	0.1	1.14	1.14

$$\sum O = 3.44$$

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{зoi}=3,44/4=0,86$. Отже, тип виробництва – багатосерійний.

Таблиця 4.4 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій комплексної операції

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	C_p	P	$\eta_{зф}$	O	$K_{зoi}$
025	Токарна з ЧПК	6,7	0,32	1	0,32	1,47	1,47

Заробітну плату основних виробничих робітників розраховуємо за формулою (4.1).

Таблиця 4.5 – Заробітна плата верстатника базового ТП

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	$C_{тар, грн}$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	K_b	$Z_o, грн$
025	Токарна	2.1	65.1	1.2	1.4	1	0.04
030	Токарна	3.2	65.1	1.2	1.4	1	0.06
035	Токарна	4.3	65.1	1.2	1.4	1	0.08

$$\sum Z_o = 0.18$$

Таблиця 4.6 – Заробітна плата верстатника комплексної операції

№ опер	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	$C_{стар, грн}$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$K_{б}$	$Z_{о, грн}$
025	Токарна з ЧПК	6.7	65.1	1.2	1.4	1	0.12

Заробітна плата допоміжних робітників (наладчиків) – за формулою (4.2).

Таблиця 4.7 – Заробітна плата наладчиків за базовим ТП

№ опер	Найменування операції	$C_{стар.н, грн}$	$\Phi_p, год$	$Ч_n$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$Z_n, грн$
015	Токарна	50.9	2028	1	1.2	1.4	28.9
020	Токарна	50.9	2028	1	1.2	1.4	28.9
025	Токарна	50.9	2028	1	1.2	1.4	28.9

$$\Sigma = 86.7$$

Таблиця 4.8 – Заробітна плата наладчика комплексної операції

№ опер	Найменування операції	$C_{стар.н, грн}$	$\Phi_p, год$	$Ч_n$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$Z_n, грн$
015	Токарна з ЧПК	50.9	2028	1	1.2	1.4	28.9

Амортизаційні відрахування на обладнання – за формулою (4.3).

Таблиця 4.9 – Відрахування на амортизацію обладнання базового ТП

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	$K, грн$	$H_a, \%$	F_d	$A_{від, грн.}$
025	Токарна	2.1	350000	12.2	2056	0.73
030	Токарна	3.2	350000	12.2	2056	1.11
035	Токарна	4.3	350000	12.2	2056	1.49

$$\Sigma A_{від} = 3.33$$

Таблиця 4.10 – Відрахування на амортизацію обладнання комплексної операції

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	К, грн	$H_a, \%$	F_d	$A_{від, грн.}$
025	Токарна з ЧПК	6.7	743000	12.2	2056	4.92

Витрати на інструмент розраховуємо за формулою (4.4).

Таблиця 4.11 – Витрати на інструмент базового ТП

№	Операція	$T_{шт, хв.}$	$C_i, грн$	Інструменти	$n_i, \text{кількість інстр.}$	Стійкість $T, хв$	Число переточок, n	$\eta_{мі}$	$S_{ін, грн}$
015	Токарна	2.1	144	Різець	1	60	40	0,6	0,07
020	Токарна	3.2	185	Різець	1	60	40	0,57	0,05
025	Токарна	4.3	154	Різець	1	60	40	0,8	0,01
$\Sigma = 3$								$\Sigma = 0,13$	

Таблиця 4.12 – Витрати на інструмент комплексної операції

№	Операція	$T_{шт, хв.}$	Вартість			Стійкість $T, хв$	$\eta_{мі}$	Число ріж. гра-ней n	$S_{ін, грн}$
			Інструментальний блок*, у.о.	Інструмент*, у.о.	Пластина у.о.				
025	Токарна з ЧПК	6.7	300	143	13.5	60	0.48	4	0.04

* – Витрати, включені в договір про постачання обладнання

$\Sigma = 0.04$

За формулою 4.7 знайдемо витрати на налаштування інструментів поза верстатом за базовим та новим варіантом:

$$S_{\text{баз}} = \frac{1.3 \cdot 520.26 \cdot 12 \cdot 9.6 \cdot 0.16}{60 \cdot 4 \cdot 60} = 0.86$$

$$S_{\text{нов}} = \frac{1.3 \cdot 173.42 \cdot 4 \cdot 6.7 \cdot 0.2}{60 \cdot 4 \cdot 60} = 0.08$$

Витрати на технологічну електроенергію розраховуємо за формулою (4.5).

Таблиця 4.13 – Витрати на силову електроенергію базового ТП

№	Найменування операції	T _{шт, хв.}	Ц _{е, грн./кВт·год}	N _{е, кВт}	k _N	k _ч	k _{од}	k _w	η _е	k _в	S _е
015	Токарна	2.1	3.45	11	0.9	0.7	1	1.08	0.85	1.1	0.96
020	Токарна	3.2	3.45	11	0.9	0.7	1	1.08	0.85	1.1	1.47
025	Токарна	4.3	3.45	11	0.9	0.7	1	1.08	0.85	1.1	1.97

$$\sum = 4.4$$

Таблиця 4.14 – Витрати на силову електроенергію комплексної операції

№ опер	Найменування операції	T _{шт, хв.}	Ц _{е, грн./кВт·год}	N _{е, кВт}	k _N	k _ч	k _{од}	k _w	η _е	k _в	S _е
015	Токарна з ЧПК	6.7	3.45	15	0.9	0.7	1	1.08	0.85	1.1	4.2

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання розраховуємо за формулою (4.6).

Таблиця 4.15 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання базового ТП

№ опер.	Найменування операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
015	Токарна	0.02	0.041	0.82
020	Токарна	0.02	0.041	0.82
025	Токарна	0.02	0.041	0.82

$$\sum = 3.28$$

Таблиця 4.16 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання комплексної операції

№ опер.	Найменування операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
025	Токарна з ЧПК	0.02	0.085	4.1

Інші загальновиробничі витрати, грн [8, с.17] розраховуємо за формулою (4.8):

$$I_{\text{баз}} = 0.18 \cdot 0.2 = 0.04$$

$$I_{\text{комп}} = 0.12 \cdot 0.2 = 0.02$$

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за варіантами наведено у табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти	
		Базовий ТП	Комплексна операція
Заробітна плата верстатника	Z_o	0.18	0.12
Заробітна плата наладчика	Z_n	86.7	28.9
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	3.33	4.92
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	0.13	0.04
Витрати на налаштування інструменту поза верстатом	S_n	0.86	0.08
Витрати на різальний інструмент	$S_{ін}$	4.4	4.2
Витрати на електроенергію	S_e	3.28	4.1
Витрати інші	I_n	0.04	0.02
Технологічна собівартість	C_T	98.92	42.38

Розрахуємо умовний економічний ефект, грн [15, с.6]:

$$E_{yp} = (C_1 - C_2) \cdot N, \quad (4.9)$$

де C_1 та C_2 – собівартість одиниці продукції базового ТП та комплексної операції, грн.;

N – річний випуск продукції, шт.

$$E_{ур} = (98.92 - 42.38) \cdot 6000 = 3392400 \text{ грн.}$$

Отже, впровадження комплексної операції в ТП знижує витрати на 3392400 грн. щорічно, що свідчить про успішність та ефективність запропонованих технологічних заходів.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

На основі аналізу роботи існуючого обладнання та технологічного процесу механічного цеху при виготовленні деталі "шестерня конічна", згідно з ДСТУ 2272-2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять» та Законом України «Про охорону праці», виявлено такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні призвести до травм або пошкодження здоров'я працівників та завдати шкоди навколишньому середовищу: рухомі машини та механізми, рухомі частини виробничого обладнання, пересувні вироби та заготівлі, підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони, підвищена або знижена температура поверхонь обладнання і деталей, підвищена або знижена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці.

Механічні травми можуть виникати внаслідок організаційних причин: нерациональне планування робочого місця, захаращення заготовками та деталями робочого місця, травми та пошкодження шкірного покриву при розвантаженні та завантаженні заготовок і деталей, що відбувається внаслідок недотримання правил обробки (деталі повинні бути добре оброблені, без задирок), пошкодження поверхні шкірного покриву рук гострими кромками та шорсткістю поверхні заготовки, пошкодження стружкою при прибиранні робочого місця без рукавиць. Психофізіологічні причини травм включають неуважність та недбалість персоналу.

Деталь "шестерня конічна" є складовою частиною редукторних механізмів та приводів. Відповідно до «Правил улаштування електроустановок» (ПУЕ) металорізальні верстати експлуатуються в приміщеннях без підвищеної небезпеки (сухе, добре опалюване, з струмонепровідними підлогами, з температурою 18-20°C, вологістю 40-60%). Для живлення даного обладнання використовують електричні мережі з напругою 380/220В. Для електроустановок, що живляться напругою до 1000В від мереж малої довжини з малими струмами замикання на землю (не більше 5А), опір захисного заземлення обладнання згідно з ПУЕ становить не більше 4 Ом.

У процесі виробництва робітник наражається на такі небезпеки: ураження електричним струмом, опіки від нагрітих деталей, потрапляння стружки в обличчя, травматизм від механізмів, що обертаються з високими швидкостями, порізи гострими кромками деталей, а також специфічні ризики при обробці конічних шестерень, пов'язані зі складною геометрією деталі та необхідністю точного позиціонування заготовки.

Для забезпечення безпеки роботи на металорізальних та інших видах верстатів робітники забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту: спецодяг та спецвзуття, захисні рукавички, окуляри. На верстатах встановлені захисні щитки. Гальмування двигунів після зупинки приводу здійснюється за допомогою кінематичного тертя. На всіх металорізальних верстатах ділянки є блокування силового обладнання із системами пуску. На кожному робочому місці на всю довжину робочої зони встановлені дерев'яні решітки шириною 0,6 м від виступаючої частини верстата, що забезпечує безпеку пересування робітників та електробезпеку.

Електробезпека установок забезпечується надійною ізоляцією струмопровідних частин обладнання, застосуванням низьких напруг (до 42 В) для освітлення та живлення електроінструментів, заземленням та зануленням струмопровідних елементів обладнання. Для захисту від ураження електричним струмом передбачені гумові діелектричні рукавички, ізолюючі електровимірвальні кліщі, слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими рукоятками. Відповідно до ДСТУ 3798-98 «Електротехнічні вироби. Загальні вимоги безпеки» проєктована ділянка належить до II класу електротехнічних виробів як небезпечне приміщення, оскільки має залізобетонну підлогу, відносну вологість не більше 60%, металеву арматуру та температуру менше 30°C.

Відповідно до вимог ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» спроектований механічний цех належить до IV санітарного класу машинобудівних та металообробних підприємств та виробництв, санітарно-захисна зона становить 100 м.

ВИСНОВОК

У результаті виконання бакалаврської роботи було проведено комплексне дослідження та розробку технологічного процесу виготовлення конічної шестерні з повним обґрунтуванням усіх технічних рішень. У технологічній частині роботи здійснено детальний аналіз конструкції та службового призначення деталі, що дозволило встановити основні технічні вимоги до точності геометричних параметрів, якості поверхонь та фізико-механічних властивостей матеріалу. На основі аналізу програми випуску та особливостей конструкції деталі обрано серійний тип виробництва з відповідною формою організації робіт, що забезпечує оптимальне співвідношення продуктивності та економічної ефективності. Проведено техніко-економічне обґрунтування вибору виду та способу отримання заготовки, що дозволило мінімізувати припуски на механічну обробку та забезпечити необхідні механічні властивості матеріалу. При проектуванні технологічного маршруту виготовлення деталі здійснено обґрунтований вибір технологічних баз, що забезпечує точність взаємного розташування поверхонь та стабільність технологічного процесу, розроблено раціональний маршрут обробки поверхонь з урахуванням технологічних можливостей обладнання та вимог до якості. Виконано точний розрахунок припусків і технологічних розмірів на основі статистичного методу, що дозволило оптимізувати матеріаломісткість виробництва та забезпечити стабільність розмірів на всіх етапах обробки. Проведено детальний розрахунок режимів різання для всіх операцій з урахуванням властивостей оброблюваного матеріалу, характеристик різального інструменту та вимог до якості поверхні, що забезпечує максимальну продуктивність при дотриманні технологічних обмежень. Здійснено технічне нормування операцій з розрахунком науково обґрунтованих норм часу, що створює основу для планування виробництва та розрахунку собівартості продукції. У конструкторській частині розроблено спеціальне робоче пристосування для базування та закріплення деталі під час обробки, проведено розрахунки похибки базування та закріплення, визначено необхідну силу затиску та обрано оптимальний тип приводу, що

забезпечує надійність закріплення та точність обробки. Спроектовано контрольне пристосування для швидкого та точного контролю геометричних параметрів деталі, розроблено процедуру налаштування і контролю, що дозволяє забезпечити стабільну якість продукції та скоротити час на контрольні операції. Виконано розрахунок на міцність конічної шестерні, що підтверджує відповідність конструкції експлуатаційним навантаженням та забезпечує необхідний ресурс роботи. При розробці планування дільниці проведено розрахунок кількості необхідного обладнання на основі програми випуску та норм часу, що дозволило оптимізувати завантаження устаткування та забезпечити ритмічність виробництва, розроблено раціональне планування обладнання і робочих місць на дільниці з урахуванням вимог технологічного процесу, техніки безпеки та ергономіки. Проведена оцінка очікуваної економічної ефективності розробленого технологічного процесу показала значне зниження собівартості виготовлення деталі за рахунок оптимізації маршруту обробки, використання сучасного обладнання та оснащення, скорочення допоміжного часу та підвищення коефіцієнта використання матеріалу. Розроблено комплекс заходів з охорони праці, що включає аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, заходи з їх усунення або зменшення впливу, вимоги до організації робочих місць та засоби індивідуального захисту, що забезпечує безпечні умови праці на всіх етапах технологічного процесу. Розроблений технологічний процес характеризується високою продуктивністю, економічною ефективністю та забезпечує стабільну якість продукції, відповідає сучасним вимогам машинобудівного виробництва та може бути рекомендований для впровадження на підприємствах, що займаються виготовленням зубчастих передач. Поставлені завдання повністю виконані, мета дослідження досягнута, результати роботи мають практичну цінність та можуть служити основою для подальшого вдосконалення технологічних процесів виготовлення аналогічних деталей.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування та машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів» (7.100102) усіх форм навчання./ Склали: Яценко В.К., Кореневський, Ципак В.І. та ін – Запоріжжя, ЗДТУ, 2000. 245 с.
2. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки та припуски в машиностроении. Справочник технолога М: Машиностроение, 1976 - 288 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. / Под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроения, 1985. - Т.1.
4. Справочник технолога-машиностроителя. / Под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. - Т.2.
5. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговий В.Ф., Коренівський Є.Я. Технологія виробництва авіаційних двигунів. - Запоріжжя, вид. ВАТ "Мотор Січ", 2000 - 945 с.
6. Справочник нормировщика-машиностроителя. Техническое нормирование станочных работ. Том 2. / Под редакцией Е.И. Стружестраха. - М.: Государственное научное-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961. - 892 с.
7. В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов Станочные приспособления, монография. - Запорожье, вид. АО «Мотор Сич», 2000. - 461 с.
8. Богуслаев В.А., Мозговий В.Ф., Качан А.Я., Дудников А.С., Ярошенко А.М., Смирнов А.С. Конструкції пристроїв. Довідковий посібник. За загальною редакцією В.А. Богуслаєва. - Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2004. - 203 с.
9. Горбачевич О.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Минск: Висш. шк., 1983. - 256 с.
10. Горошкин А. К. Приспособление для металлорежущих станков: Справочник. - 7-е вид., Перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 303 с.

11. Ансер М.А. Приспособление для металлорежущих станков. - М . : Машиностроение, 1964. - 652 с.
12. Краткий справочник металлиста. / Под общ. ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова - М.: Машиностроение, 1987. - 960 с.
13. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. / Под ред. Горошкина О.К. - М.: Машиностроения, 1979. - 303 с.
14. Электромагнитная дефектоскопия / Под ред. Дорофеев А.Л., Казаманов Ю.Г. - М.: Машиностроение, 1980. - 232 с.
15. Організація та планування машинобудівного виробництва. / М.І. Іпатова та ін - М.: Вища школа, 1988 - 367 с.
16. Охрана праці. / За ред. Б.А. Князевського - М.: Вища школа, 1982 - 311 с.
17. www.masters.donntu.edu.ua

ДОДАТОК А СПЕЦИФІКАЦІЯ РОБОЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																									
<i>Сборочные единицы</i>																															
A1				Складальне креслення	1																										
<i>Детали</i>																															
		1		Пневмоциліндр	1																										
		2		Муфта	1																										
		3		Підставка	1																										
		4		Втулка	1																										
		5		Вісь	1																										
		6		Шток	1																										
		7		Шайба	1																										
<i>Стандартные изделия</i>																															
		8		Гвинт М5 х 10 ГОСТ 1491-80	4																										
		9		Гайка М10 ГОСТ 5915-70	3																										
		10		Шайба 12 ГОСТ 11371-72	3																										
		11		Штифт 6Г × 40 ГОСТ 10774-80	3																										
НУЗП 291311.004																															
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Демерджи Е.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td>Дядя С.І</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>Дядя С.І</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		Демерджи Е.			Пров.		Дядя С.І			Н.контр.					Утв.		Дядя С.І		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																											
Разраб.		Демерджи Е.																													
Пров.		Дядя С.І																													
Н.контр.																															
Утв.		Дядя С.І																													
Приспосовання для довдання зубів					<table border="1"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td>у</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>		Лит.	Лист	Листов	у		1																			
Лит.	Лист	Листов																													
у		1																													
					НУ «Запорізька політехніка» гр. М-111н																										
Копирова					Формат А4																										

ДОДАТОК Б КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

*Міністерство освіти та науки України
Національний університет "Запорізька політехніка"*

*АЛЬБОМ
технологічної документації
деталь НУЗП 714.218.004
"Шестерня конічна"*

Виконав студент групи М-111ін

Перевірив, доцент

Нормоконтроль, доцент

Екрем ДЕМІРДЖИ

Сергію ДЯДЯ

Сергію ДЯДЯ

Дубл.			
Зам.			
Ориг.			

Гл. технолог

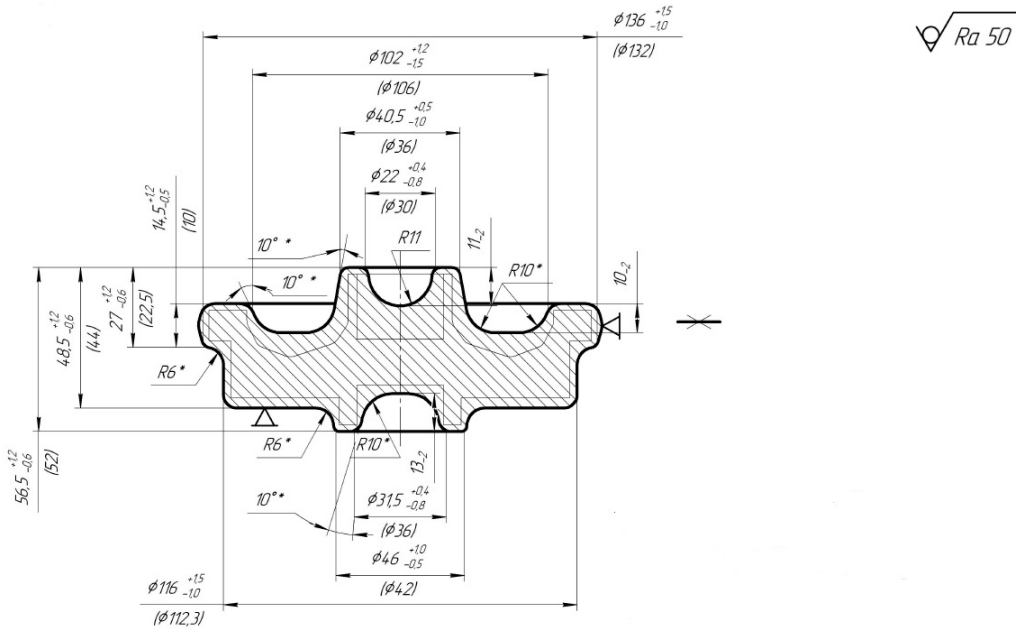
Форма 170-162

Нач. БПМ

				НУЗП 0214.1.25004		1	1
Розроб.	Демірджі Е.			НУЗП	НУЗП 714.218.004		
Перевір.	Дядія С.І.			Шестерня конічна			
Н. контр.	Дядія С.І.						005

Технічні умови на заготовку

Матеріал		Заготовка		
Найменування і марка	Код	Код та вид	Профіль та розміри	
14ХГСН2МА		Поковка	φ136×56,5	
Технічні умови		Маркування	Твердість	Маса деталі
ГОСТ 4543 - 71			235...255 НВ	0,73
Сортамент		Допускаемая кривизна		КИМ
		2 мм на довжині 1 м		0,32
Розмір вихідного матеріалу	Кол. дет. из заг.	Норма витрат		
		Розм. листа, прутка	Масса	
φ140×60	1		3,274	



1. Штампування - за ГОСТ 7507-89.
2. Неказані штампувальні схили: зовнішні 5-7°; внутрішні 7-10°.
3. Неказані радіуси: зовнішні 3,0 мм; внутрішні 6,0 мм.
4. Твердість 250...300 НВ.
5. Зміщення штампів до 0,6 мм.

Дод. Взам. Підп.											НУЗП 0214.1.25004		4						
											НУЗП 714.218.004		М-111н.10231.00001						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції				Позначення документа										
Б					Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тл.з	Тшт
К/М	Найменування деталі, сд. одиниці або матеріала								Позначення код			ОПП	ЕВ	ОН	КІ	Красх.			
А 01				090	4132 Шліфувальна				ЮП №0009										
Б 02		38	1312		Шліфувальний ЗА151				2	19630	6	1	1	1	1	40	1	13	20
03																			
А 04				095	4141 Зубошліфувальна				ЮП № 0005										
Б 05		38	1562		Зубошліфувальний HSS-10				2	12277	6	1	1	1	1	40	1	21	17.89
06																			
А 07				100	4141 Зубошліфувальна				ЮП № 0005										
Б 08		38	1562		Зубошліфувальний 5А250П				2	12277	6	1	1	1	1	40	1	21	13,92
09																			
А 10				105	5030 Термічна обробка (мідніння)				ЮП №0002										
Б 11		XXXXXX			Спеціальна установка				2	1900	5	2	1	1	1	40	1	5	
12																			
А 13				110	5030 Термічна обробка (цементация)				ЮП №0002										
Б 14		XXXXXX			Спеціальна установка				2	1900	5	2	1	1	1	40	1	5	
15																			
А 16				115	0180 Маркування				ЮП №0013										
Б 17		XXXXXX			Відроолівець				2	18466	5	1	1	1	1	40	1		
МК																			

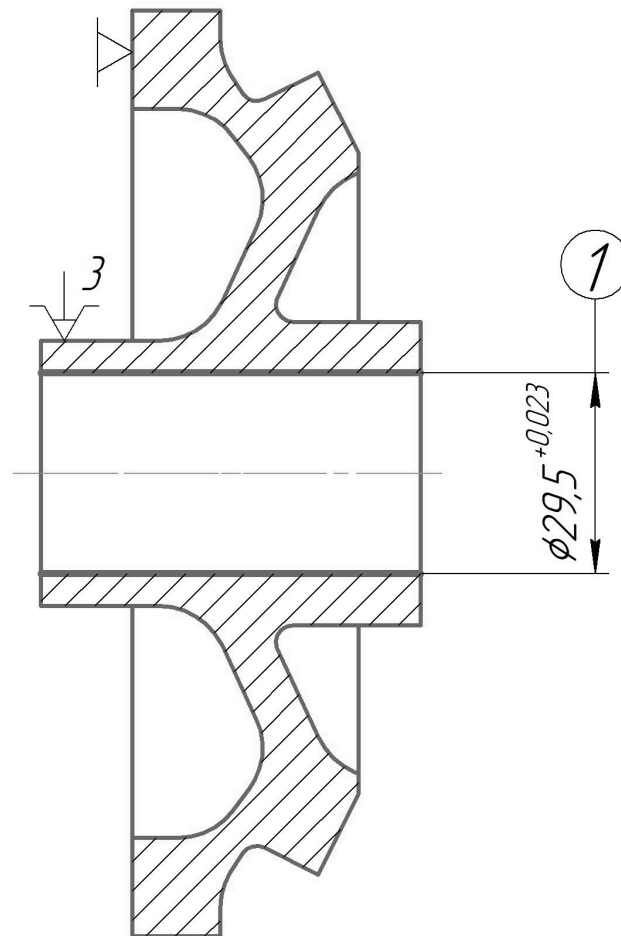
Дубл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 0214.1.25004	1	1
-------------------	---	---

Розроб.	Демірджи Е.			НУЗП	НУЗП 714.218.004		М-111пн.2014.1.0025
Перевір.	Дядя С.І.						
Н. контр.	Дядя С.І.			Шестерня конічна			025

$\sqrt{Ra\ 3.2}$



Дубл.			
Взам.			
Подп.			

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

НУЗП 0214.1.25004 1 1

Розроб.	Демирджи Е.			НУЗП	НУЗП 714.218.004		М-111ч.6014.1.00025
Перевір.	Дядя С.І.						

Н. контр.	Дядя С.І.			Шестерня конічна						025
-----------	-----------	--	--	------------------	--	--	--	--	--	-----

Найменування операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	КОВД
Протяжна	14ХГСН2МА-Ш ГОСТ 4543-71	210...220 НВ	К2	0,73	φ140×60	3,274	1
Устаткування, пристрій з ЧПУ	Позначення програми	T ₀	T ₀	T _{п.з.}	T _{шт.}	СОЖ	
Протяжний "Е. Верке"	-	4,41	1,05	10	6,31	5% розчин Аквол-10М ГОСТ 1975-75	

Р	П	D або B	L	f	i	s	n	v
0 01	1. Встановити і закріпити, зняти деталь							t _{вст} = 0,6 хв
Т 02	ПР Патрони швидкозмінні з пружинними кулачками							
03								
0 04	2. Протягнути отвор витримуючі розмір 1, відповідно ескізу							
Т 05	ВІ Втулка перехідна							
06	РІ Протяжка кругла 2400-0245 ГОСТ 20365-74							
	СІ Шаблон спеціальний							
10		01	29,5	53		0,06мм/зуб		10м/хв
	3. Зняти деталь							

ОК

Дубл.			
Взам.			
Підп.			

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

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

НУЗП 0214.1.25004

1

1

Розроб. Демірджи Е.

НУЗП

НУЗП 714.218.004

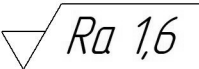
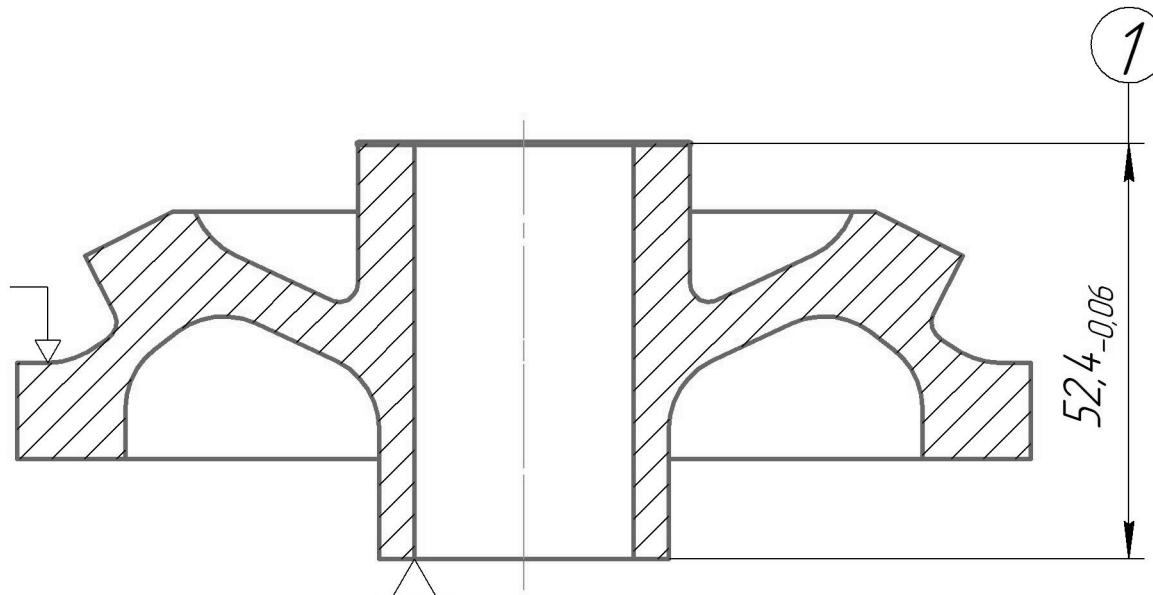
М-111п.2014.1.0035

Перевір. Дядя С.І.

Н. контр. Дядя С.І.

Шестерня конічна

035


 Ra 1,6


Дубл.			
Взам.			
Підп.			

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

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

НУЗП 0214.1.25004

1

1

Розроб. Демірджи Е.

НУЗП

НУЗП 714.218.004

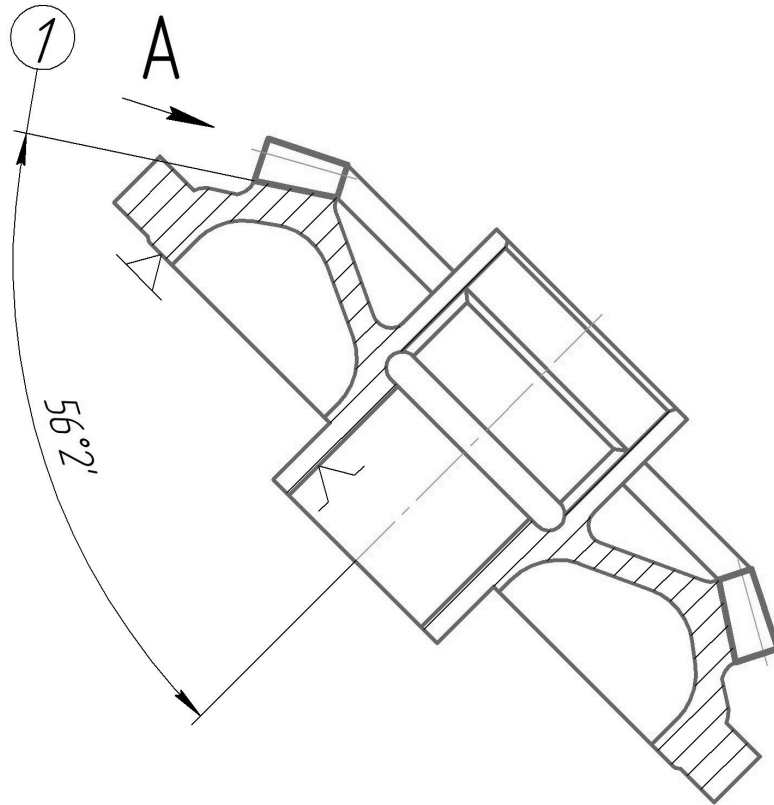
М-111н.2014.1.0055

Перевір. Дядя С.І.

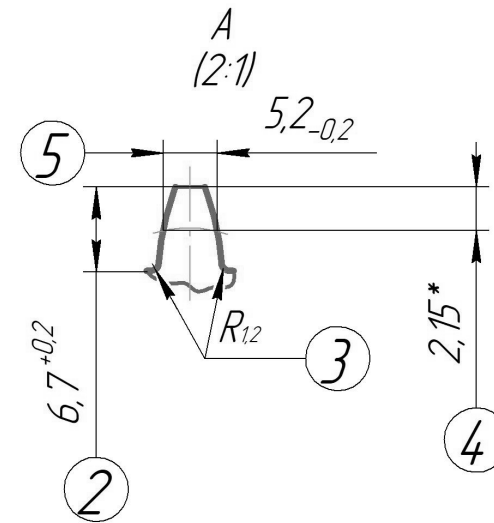
Н. контр. Дядя С.І.

Шестерня конічна

055

 $\sqrt{Ra\ 3.2}$


Кількість зубів	35
Модуль	3,15
Кут зачеплення	20°



* розмір для довідок

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.25004

1

1

Розроб. Демірджі Е.

НУЗП

НУЗП 714.218.004

М-111Н.6014.1.00055

Перевір. Дядя С.І.

Н. контр. Дядя С.І.

Шестерня конічна

055

Найменування операції

Матеріал

Твердість

ОВ

МД

Профіль і розміри

МЗ

КОВД

Зубофрезерна

14ХГСН2МА-Ш ГОСТ 4543-71

210...220 НВ

К2

0,73

φ140×60

3,274

1

Устаткування, пристрій з ЧПУ

Позначення програми

T₀T₀T_{п.з.}T_{шт.}

СОЖ

Зубофрезерний ЕЗ-40

-

2,65

0,5

24

3,94

5% розчин Аквол-10М
ГОСТ 1975-75

Р

П

D або B

L

f

i

s

n

v

0 01 1. Встановити і закріпити, зняти деталь

t_{вст} = 0,32 хв

Т 02 ПР Пристосування спеціальне

03

0 04 2. Фрезерувати 35 зубів витримуючі розмір 1-5, відповідно ескізу

Т 05 ВІ Втулка перехідна

06 РІ Фреза дискова модульна 2500-0050 ГОСТ 13838-68

СІ Шаблон спеціальний

10

01

5,2

21

16

35

0,1мм/зуб

33

13,4

3. Зняти деталь

OK