

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Кафедра механічної інженерії

«На правах рукопису»

УДК 621.9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
механічної інженерії


(підпис)

Мельник О.Л.

(прізвище, ініціали)

**БАКАЛАВРСЬКА
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» (ОПП «Високотехнологічний
комп'ютерний інжиніринг»)

на тему: **Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі
"Черв'як» черв'ячного мотор-редуктора**

МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00 - ПЗ

Студент групи

ПМ-142

(шифр групи)

Кухар Валентин Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Керівник

д.т.н., проф. каф. МІ, Немировський Яків Борисович

(науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

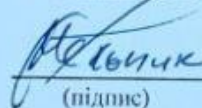

(підпис)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра механічної інженерії
Освітній ступінь: «Бакалавр»
Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри
механічної інженерії


(підпис)

Мельник О.Л.
(прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Кухара Валентина Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Черв'як» черв'ячного мотор-редуктора».

Керівник роботи: д.т.н., проф. каф. МІ, Немировський Яків Борисович

Затверджена наказом по університету від «20» 03 2025 р. № 102 /с

2. Строк подання студентом роботи: 20 червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: технічні дані базової конструкції черв'ячного мотор-редуктора, літературні джерела в напрямку виготовлення, ремонту та експлуатації черв'ячних редукторів, методичні вказівки.

4. Перелік завдань, які потрібно вирішити: аналітично дослідити функціональне призначення черв'ячних валів в вузлах черв'ячних редукторів та мотор-редукторів; виконати аналітичний огляд літературних джерел, патентів та стандартів щодо сучасних способів виготовлення деталей «Черв'як»; створити 2D документацію до деталі «Черв'як»; розробити комплект технологічної документації для оброблення деталі (маршрутні карти, ескізні карти, операційні карти); провести аналіз технологічності деталі; визначити програму випуску деталей; провести аналіз методів отримання заготовки та обрати найбільш ефективний для середньосерійного виробництва; розрахувати загальні та між

операційні припуски на обробку посадкових поверхонь деталі; обрати технологічне обладнання та засоби технологічного оснащення; розрахувати режими різання та технічні нормування технологічного процесу; розробити керуючі програми для верстатів з ЧПК, перевірити та відпрацювати їх на навчальній стійці HAAS.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Загальний вигляд вузла деталі «Черв'як» - 1 арк. презентації; 2. Вигляд на черв'ячну передачу – 1 арк. презентації; 3. Вигляд та опис деталі «Черв'як» - 1 арк. презентації; 4. Робоче креслення деталі – 1 арк. А3; 5. Аналітичний огляд у напрямку виготовлення, ремонту та експлуатації деталі «Черв'як» - 1-2 арк. презентації; 6. Матеріал заготовки та його параметри – 1 арк. презентації; 7. Поверхні деталі та їхні показники технологічності – 1-2 арк. презентації; 8. Опис способу виготовлення деталі – 1 арк. презентації; 9. Технологічний маршрут оброблення деталі – 1-3 арк. презентації; 10. Розрахунок між операційних припусків на обробку для поверхонь 1-3 арк. презентації; Технічні параметри використовуваних верстатів – 1-3 арк. презентації; Комплект технологічної документації – 1-6 арк. презентації;

6. Дата видачі завдання 12 03 2025 року.

Студент

Кухар
(підпис)

Кухар В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

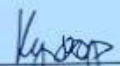
Немировський
(підпис)

Немировський Я.Б.
(прізвище та ініціали)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

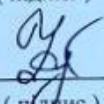
№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Виконання загально-технічного розділу	15.03.2025	
2.	Виконання технологічного розділу	31.03.2025	
3.	Виконання спеціального розділу	15.04.2025	
3.	Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини бакалаврської роботи	06.05.2025	
4.	Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації	23.05.2025	
5.	Передзахист кваліфікаційної роботи	30.05.2025	
6.	Подання бакалаврської роботи на кафедру	10.06.2025	
7.	Захист кваліфікаційної роботи в ЕК	згідно графіку захистів	

Студент

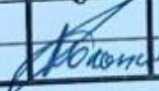

(підпис)

Кухар В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Немировський Я.Б.
(прізвище та ініціали)

Форм.	Зна	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>			
A4			МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Пояснювальна записка	84	
			<u>Конструкторська документація</u>			
A3			МІ 131.00.1/Б 102/с 012 01-КД	Черв'як	1	
A4			МІ 131.00.1/Б 102/с 012 02-КЗ	Заготовка (Прокат)	1	
			<u>Технологічна документація</u>			
A4			МІ 131.00.1/Б 102/с 012 03-МК	Маршрутні карти	2	
A4			МІ 131.00.1/Б 102/с 012 04-КЕ	Карта ескізів	1	
A4			МІ 131.00.1/Б 102/с 012 05-ОК	Операційні карти	3	
			<u>МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ВР</u>			
Зн	Арх	№ джм	Підп.	Дата	Лист	Лист
Разроб.	Кухар В.О.					
Перевір.	Немировський Я.Б.					
Нконтр.						
Затверд.	Мельник О.Л.					
Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи					Державний університет «Житомирська політехніка» Група ПМ-142	

АНОТАЦІЯ

Кухар В.О. **Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Черв'як» черв'ячного мотор-редуктора** – Рукопис.

Бакалаврська кваліфікаційна робота представлена на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр», галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальності 131 «Прикладна механіка» (ОПП “Високотехнологічний комп'ютерний інжиніринг”) – Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота містить 84 аркушів формату А4 пояснювальної записки, в тому числі 16 рисунків, 15 таблиць та список літератури з 30 джерел.

До конструкторської документації додано робоче креслення деталі «Черв'як» формату А3, креслення заготовки на форматі А4.

Виконано розрахунки: технологічності деталі, кількості деталей виготовлених в рік, режимів різання, між операційних припусків на обробку, технічного нормування технологічного процесу.

Проведено огляд: функціонального призначення експлуатаційних умов черв'ячних мотор-редукторів, сучасних підходів до ремонту та виготовлення черв'яка черв'ячного мотор-редуктора, патенту US6745640B2 Method for manufacturing a worm shaft for a gearbox and gearbox incorporating same.

Проаналізовано технологічність конструкції деталі, етапи створення та перевірки керуючих програм.

Розроблено робоче креслення деталі, технологічний маршрут виготовлення деталі, креслення заготовки, керуючу програму для навчальної стійки з ЧПК.

Зроблені висновки по роботі.

Ключові слова: Черв'як, черв'ячний вал, черв'ячний редуктор, черв'ячний мотор-редуктор, перетворювач, редуктор, деталь, заготовка.

ANNOTATION

Kukhar V.O. **Design and Technological Support for the Manufacturing of the "Worm" Part of a Worm Gear Motor** – Manuscript.

The bachelor's qualification work is submitted for obtaining the degree of higher education "Bachelor" in the field of knowledge 13 "Mechanical Engineering," specialty 131 "Applied Mechanics" (educational program "High-Tech Computer Engineering") – State University "Zhytomyr Polytechnic," Zhytomyr, 2025.

The qualification work contains 84 A4 pages of explanatory notes, including 16 figures, 15 tables, and a list of references consisting of 30 sources.

The design documentation includes a working drawing of the "Worm" part on A3 format, a blank (workpiece) drawing on A4 format.

The following calculations have been performed: part manufacturability, annual quantity of parts produced, cutting modes, inter-operational machining allowances, and technical standardization of the technological process.

A review was conducted on the functional purpose and operating conditions of worm gear motors, modern approaches to the repair and manufacturing of the worm for a worm gear motor, and patent US6745640B2 Method for manufacturing a worm shaft for a gearbox and gearbox incorporating same.

The manufacturability of the part design and the stages of development and verification of CNC programs were analyzed.

A working drawing of the part, the technological route for part manufacturing, the blank drawing, and a CNC program for the control system were developed.

Conclusions on the work were made.

Keywords: Worm, worm shaft, worm gear, worm gear motor, converter, part, blank (workpiece).

Зміст

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Літературний огляд функціонального призначення та експлуатаційних умов черв'ячних мотор-редукторів	8
1.2 Літературний огляд сучасних підходів до ремонту та виготовлення черв'яка черв'ячного мотор-редуктора.....	13
1.3 Виконання 3D моделі та 2D документації	17
1.4 Висновки до загально-технічного розділу	19
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Характеристика, хімічний склад та механічні властивості деталі «Черв'як».....	20
2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	21
2.3 Визначення програми випуску деталей та типу виробництва.....	25
2.4 Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення.....	26
2.5 Розробка технологічного маршруту деталі.....	32
2.6 Розрахунок загальних та між операційних припусків на обробку деталі.....	33
2.7 Вибір технологічного обладнання та засобів технологічного оснащення	42
2.8 Розрахунок режимів різання.....	50
2.9 Технічне нормування технологічного процесу	56
2.10 Висновки до технологічного розділу	59
3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	60
3.1 Аналіз етапів створення керуючої програми.....	60
3.2 Розробка та перевірка керуючої програми.....	62
3.3 Висновки до спеціального розділу	70
ВИСНОВОК ДО БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ	71
ЛІТЕРАТУРА.....	72
ДОДАТКИ.....	75

МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ				
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Кухар В.О.		
Перевір.		Немировський Я. Б.		
Н. Контр				
Затверд		Мельник О.Л.		

ЗМІСТ

Літ.	Арк.	Аркушів
	1	

Державний університет
 «Житомирська політехніка»
 Група ПМ-142

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Літературний огляд функціонального призначення та експлуатаційних умов черв'ячних мотор-редукторів

Черв'ячний мотор-редуктор – механізм, елемент різного виду вузлів (підйомники, транспортери, автоматизовані механізми тощо), який поєднує електродвигун і черв'ячний редуктор в одному корпусі для передавання обертового руху зі зменшеною частотою обертання і зі збільшеним крутним моментом [1]. На рисунку 1 показано складові черв'ячного мотор-редуктора. В таблиці 1 розписано кожну складову.

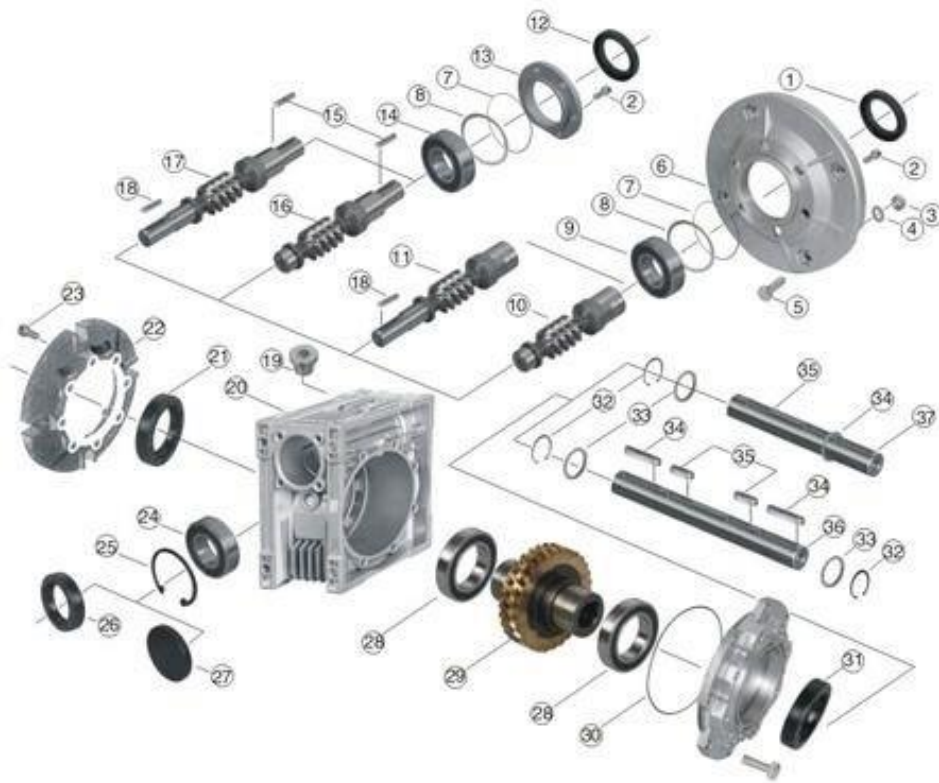


Рис. 1 Складова черв'ячного мотор-редуктора [2]

Складова черв'ячного мотор-редуктора (до рис. 1)

Номер на рисунку	Позиція
1,12,21,26,31	Манжета
2,5,23	Болт
3	Гайка
4	Гровер
6	Вхідний фланець
7,30	Гумова прокладка
8	Регулювальна шайба
9,14,24,28	Підшипник
10,11,16,17	Черв'як
13	Кришка
15,18,34,35	Шпонка
19	Пробка масляна
20	Корпус
22	Вихідний фланець
25,32	Стопорне кільце
27	Заглушка
29	Черв'ячне колесо
33	Шайба
36	Двосторонній вихідний вал
37	Односторонній вихідний вал

Джерело: узагальнено та побудовано автором на основі даних [2]

Черв'ячний мотор-редуктор як промисловий механізм, його головне призначення - передача обертання на різні механізми (верстати та інше обладнання) [3]. Область застосування цього вузла розширюється до меж виробничої, будівельної та харчової сфери. Завдяки такому механізму

працюють елеватори, конвеєри, вантажопідіймальні механізми, верстати, насоси тощо. Особливо актуальні такі редуктори в тандемі з фрезерними верстатами [3].

Передача «перетворювача» такого типу складена з двох елементів: ведучої ланки – черв'як і веденої, різновиду косозубих коліс – черв'ячне колесо. Така передача називається «черв'ячною» і входить в категорію зубчато-гвинтових. В основному кут перехрестя таких деталей дорівнює 90 градусам, але інколи значення градуса можуть різнитися. Коли черв'як обертається, його витки пересуваються уздовж осі, пересуваючи в тому ж напрямку зуби колеса. Черв'ячні передачі діляться на два види: циліндричний та глобоїдний [4]. На рисунку 2 наведено черв'ячну пару.

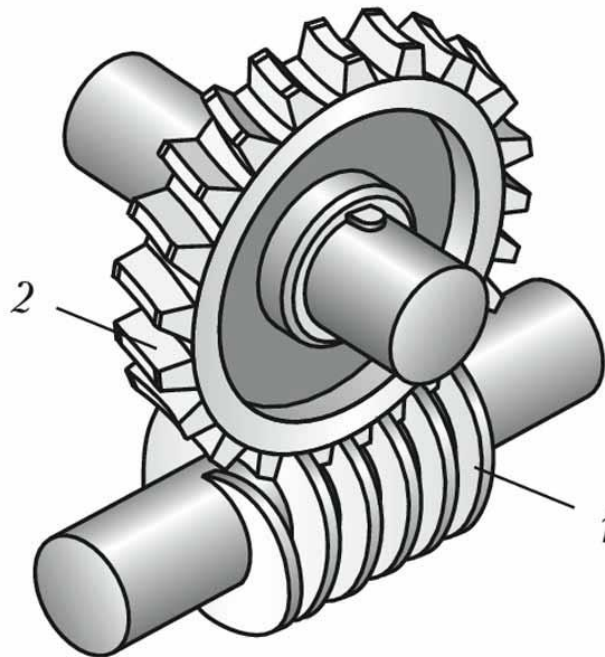


Рис. 2 Черв'ячна пара [5]. 1 – черв'як, 2 – черв'ячне колесо

Контакт ланок лінійний – це одна з переваг черв'ячної передачі перед гвинтовою зубчастою. У ободу колеса утворена увігнута форма, що відрізняє його від косозубого колеса. Така форма сприяє облягання валу, що збільшує площу поверхні контакту [4]. Різьба черв'ячного гвинта може різнитись на: однозахідну або багатозахідну, ліву або праву. Сам черв'як має три класифікації за формою профілю [4]:

- архімедовий: прямолінійний трапецеїдальний
- конволютний: прямолінійний у перерізі
- евольвентний: у формі евольвенти.

Черв'ячні редуктори не можна монтувати в приводи обладнання, якщо це обладнання зазнає вплив ударних навантажень, механізм через це буде нагріватися а його робочий ресурс зменшуватися [4].

Рекомендовано встановлювати редуктор за базовою схемою: вісь черв'яка знизу а вісь колеса – зверху, що забезпечить ефективність приводу [4].

При виборі редуктора варто враховувати наявність самогальмування і можливість негативних наслідків цього елементу. Наприклад якщо встановити мотор-редуктор на пересувний елемент тоді пересування буде утруднено [4].

Самогальмування, відсутність оборотності – відмінна властивість черв'ячної пари. Якщо ведучий вал зупинений, ведений загальмовується що значить що його буде неможливо повернути вручну. Ця властивість проявляється якщо передавальне число перевищує 35. Особливість може бути як перевагою так і недоліком. Наприклад якщо мотор-редуктор буде використовуватись в підйомнику то це дозволить заощадити на встановленні додаткового гальма, якщо використовувати його в верстатах наприклад заочувального типу, це стане помилкою [4].

Перед запуском приводу потрібна обкатка без використання навантаження з метою підробітки тертьових поверхонь. Для нормальної роботи редуктора потрібне більш густе мастило, порівняно з іншими механізмами даного типу [4]. Заміна мастила для черв'ячних редукторів має бути кожні 800-1200 год [6].

Для ефективної роботи редуктора потрібно створити певні експлуатаційні умови [4]:

- встановити швидкість обертання не вище 1500 об\хв.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- максимальний ступінь забруднення атмосфери пилом – 10 мг\м³.
- не рекомендується використання пристрою в агресивному та вибухонебезпечному середовищі.
- уникати різких коливань температури і вологості. Зберігатися має при температурі в межах від 0 до +40°C.
- при випадку встановлення редуктора на відкритому повітрі потрібна наявність навісу, що захищає механізм від впливу опадів.

Переваги редукторів з черв'ячною передачею [4]:

- більш компактні габарити порівняно з іншими редукторами завдяки схрещеним валам.
- великий потенціал зниження частоти обертання і збільшення моменту крутіння.
- низька гучність, вища плавність ходу порівняно з іншими редукторами.
- самогальмування, або «відсутність оборотності».

Недоліки редукторів з черв'ячною передачею [4]:

- малий коефіцієнт корисної дії (КДД), який може зменшуватися якщо передавальне число збільшується.
- сильне нагрівання пристрою за рахунок низької ефективності роботи. Рішенням даного недоліку є ребра на корпусі редуктора, що покращує циркуляцію повітря.
- працює з потужністю менше 60 кВт.
- малий експлуатаційний ресурс через високе тертя в зачепленні що тягне за собою зношування деталей.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Літературний огляд сучасних підходів до ремонту та виготовлення черв'яка черв'ячного мотор-редуктора

В нафтогазових, хімічних та інших галузях для черв'ячного редуктор-мотора проводять регулярну діагностику, необхідні заходи проводяться через певну кількість годин напрацювання механізмів, яку можна знайти в паспорті з яким вузол надходить у продаж [7].

Для перевірки знімається кришка, фахівець здійснює мікрометричні вимірювання зазорів, тому що незначна похибка від стандартів є підставою для заміни всього агрегату. Виміри дозволяють визначити зношуваність перетворювача і встановити на скільки залишився експлуатаційний ресурс. Завдяки діагностиці фахівці встановлюють причини, визначають терміни і вартість на ремонті роботи [7].

Основні признаки поломки і методи їх усунення [7]:

- переривчастий, нерівномірний шум під час роботи, супроводжується або зносом зубів або попаданням в масло механічних домішок, виправити це можна заміною валу, колеса або заміною, відфільтровуванням мастила.
- постійний шум з високою гучністю супроводжується порушенням зазором підшипників або недостатчею мастила, усувається регулюванням зазору й додаванням мастила.
- теча мастила супроводжується: засміченим дренажним отвором, зносом ущільнювача або ослабленням болтів корпусу, виправляється промиванням дренажного отвору, заміною прокладки і підтягуванням болтів.
- нагрівання в районі підшипника, причиною чого може бути в'язкість мастила, сильно затиснута кришка підшипника, наднормативна швидкість валу, що виправляється підбиранням правильного мастила, послабленням затиску кришки і налаштуванням обертів.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вали не обертаються, значить що мала потужність двигуна, висока в'язкість мастила або відсутність шпонки на валах, усувається заміною мастила, підбором правильного двигуна і установкою шпонки на вал або заміна валу.
- висока вібрація при роботі, означає що вал перекошило або жорсткість фундаментальної підставки занижена, для виправлення потрібно усунути неспіввісність, при проблемі з фундаментом – провести повну реконструкцію або додатково зміцнити підставку.

Люфт валу виникає через зміщення зубчастого колеса або черв'яка від посадочних точок. Першопричина – усадка підшипників яка усувається підбором відповідних прокладок. У випадку розбалансування колеса потрібна повна заміна деталі. Ігнорування такої проблеми призводить до збільшення люфту та необхідності капітального ремонту. Як було вказано вище, ремонт черв'ячного редуктора включає в себе діагностику, розбирання, заміну зношених частин, очищення від корозії тощо. Після ремонту потрібно провести випробування редуктора в різних робочих режимах [7].

Ремонт черв'ячного мотор-редуктора ускладнений через щільне розміщення деталей, специфікою несправностей є знос приводної шестерні, монтованої на вал електродвигуна. В мотор-редукторі зношені підшипники та шестерні не підлягають реставрації, а лише замінюються на нові.

Для виготовлення черв'ячних валів використовуються вуглецеві і леговані сталі марок 45, 20Х, 40Х, 40Н тощо [8]. Заготовки для черв'яків у багатосерійному і масовому виробництві – штамповані, у дрібносерійному і одиничному – прутками. Заготовки, щоб отримати різь черв'яка, обробляють на різьбофрезерному або універсальному верстаті [9]. Вже готові черв'яки гартують до твердості 45-55 HRC, після чого шліфують, полірують для забезпечення твердості робочої поверхні. В випадку

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відсутності обладнання і інструментів для шліфування – використовується поліпшення або нормалізація [8].

Черв'ячне колесо виготовляється з зубами дугоподібної форми, які охоплюють частину черв'ячного валу. Виготовлення обох елементів передачі з твердих матеріалів не є хорошим рішенням через особливості конструкції передачі. Тому для виробництва черв'ячних коліс використовуються антифрикційні матеріали. В цілях економії, колеса роблять складовими. Маточина виготовляється зі сталі або чавуну, вінець з бронзи [8] (фосфориста, алюмінієва).

Корпус виготовляється з чавуну або з алюмінієвих сплавів. Великогабаритні редуктори виготовляється з роз'ємним корпусом і складається з основи й кришки [8]. Середньогабаритні редуктори виготовляються зазвичай нероз'ємними, в таких перетворювачах передбачені два вікна в бічних стінках, через які при складанні вводиться тихохідний вал з колесом і підшипниками. Вікна закриваються кришками, які кріпляться до корпусу за допомогою гвинтів. З'єднання додатково підлягає ущільненню гумовими кільцями [8]. Для малогабаритних корпус виготовляється нероз'ємним, а для введення черв'ячного колеса призначений отвір у верхній частині [8].

Патентний огляд на виготовлення черв'яків (Patent US6745640B2 Method for manufacturing a worm shaft for a gearbox and gearbox incorporating same) [10]:

Розглядається патент US6745640B2, що належить компанії ABB Motors and Mechanical Inc. Патент присвячений способу виготовлення черв'ячного валу для редукторів. Основною метою цього патенту є створення технології, яка дозволяє з однієї стандартної заготовки виготовляти черв'ячні вали для різних передавальних чисел без необхідності зміни зовнішніх габаритів виробу.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Патент US6745640B2 описує методику виробництва черв'ячних валів, яка базується на використанні єдиного типу заготовки. Метод передбачає виготовлення валів із різними передавальними числами, зберігаючи при цьому однаковий зовнішній діаметр і центр відстані. Це дозволяє стандартизувати виробництво, знизити витрати на виготовлення та спростити логістику.

Етапи виготовлення які розглядаються в патенті:

1. Підготовка заготовки перший етап передбачає підготовку стандартної металевої заготовки, яка має оптимізований зовнішній діаметр, що підходить для широкого діапазону передавальних чисел.
2. Визначення параметрів різьби для кожного необхідного передавального числа розраховується осьовий крок різьби. При цьому важливо зберегти зовнішній діаметр вала незмінним, щоб забезпечити сумісність із іншими деталями редуктора.
3. Обробка на верстатах на наступному етапі заготовка встановлюється на різьбофрезерний або шліцефрезерний верстат, де формується профіль черв'ячної різьби. Для досягнення високої точності використовується контроль кроку та глибини різьби.
4. Термообробка Після формування профілю вал піддається термічній обробці (гартування, відпуск), що забезпечує підвищення міцності та зносостійкості.
5. Фінішна обробка на завершальному етапі виконується шліфування поверхні черв'ячного вала для досягнення потрібної точності та гладкості поверхні.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Виконання 3D моделі та 2D документації

Мета даного розділу - розробка 3D збірки та 2D креслення деталі «Черв'як» черв'ячного мотор-редуктора.

На рисунку 3 взято збірку черв'ячного мотор-редуктора з інформаційного ресурсу GrabCad [25] а на рисунку 4 деталь «Черв'як», на рисунку 5 створене власноруч креслення для деталі.

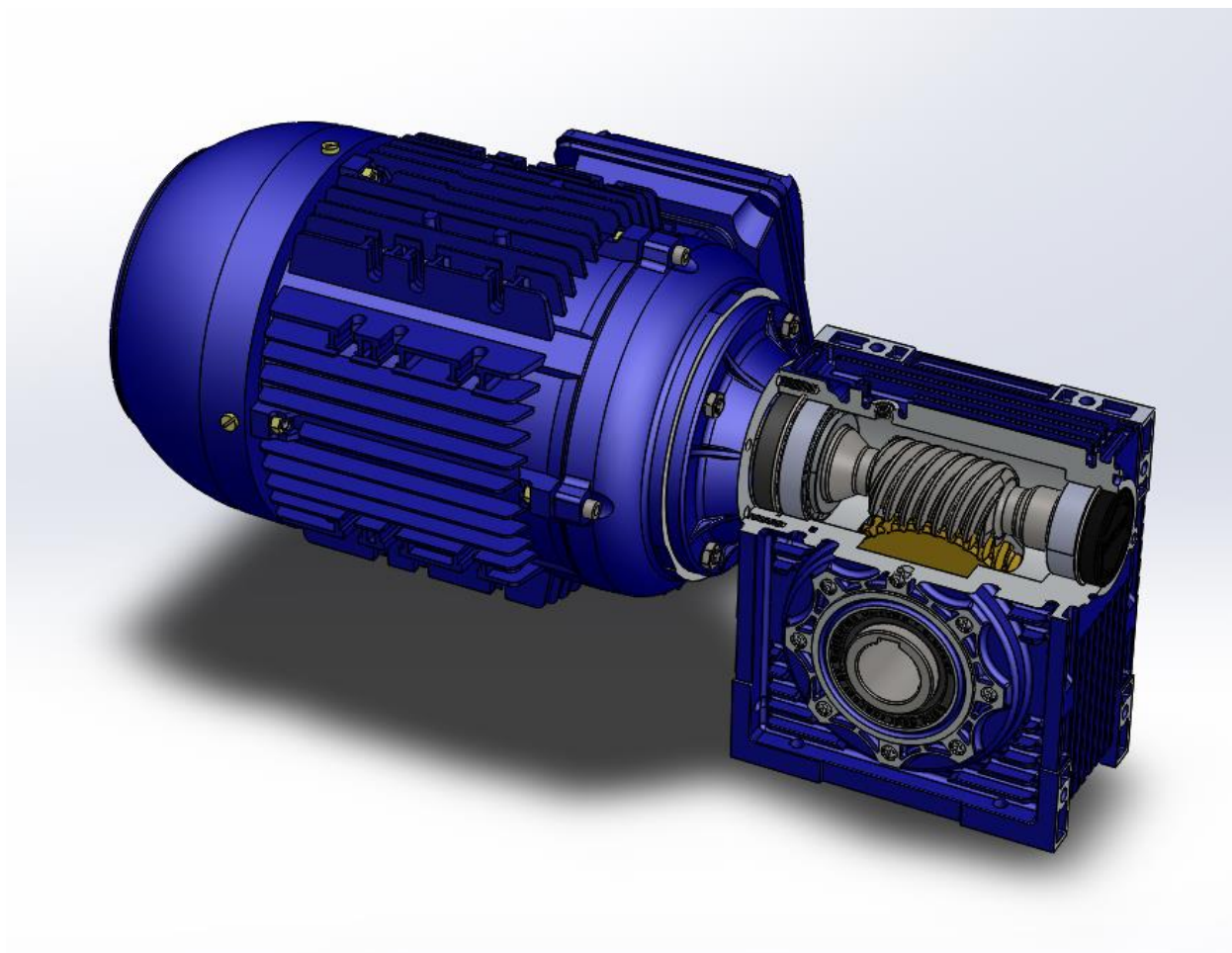


Рис. 3 Збірка вузла «Черв'ячний мотор-редуктор» з розрізом на вид черв'яка змодельована в програмі SolidWorks взята з інформаційного ресурсу GrabCad

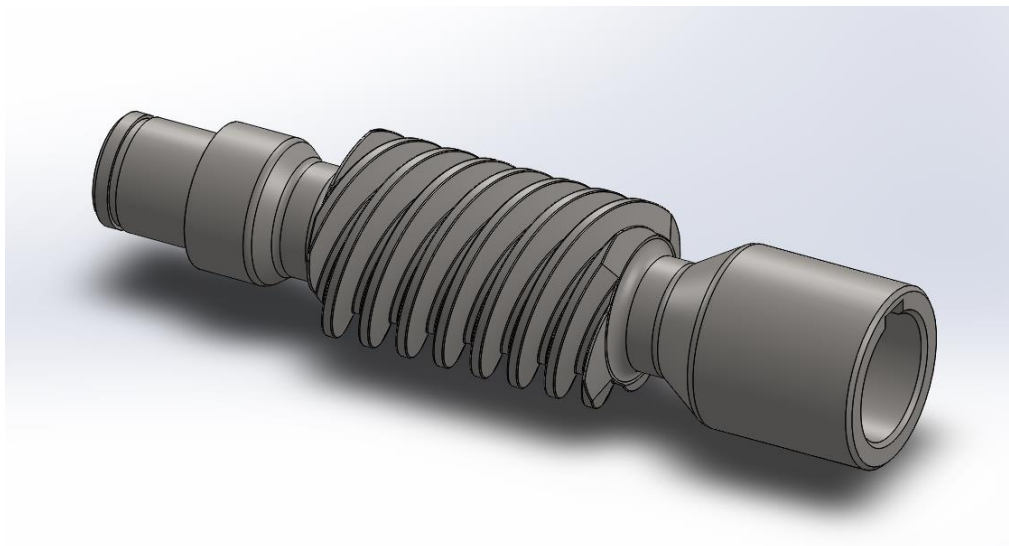


Рис 4. Черв'ячний вал змодельований в програмі SolidWorks

Зовнішній діаметр черв'яка – 45мм, довжина валу – 184мм, кількість заходів різьби – 4, форма профілю – архімедова, форма поверхні – циліндрична.

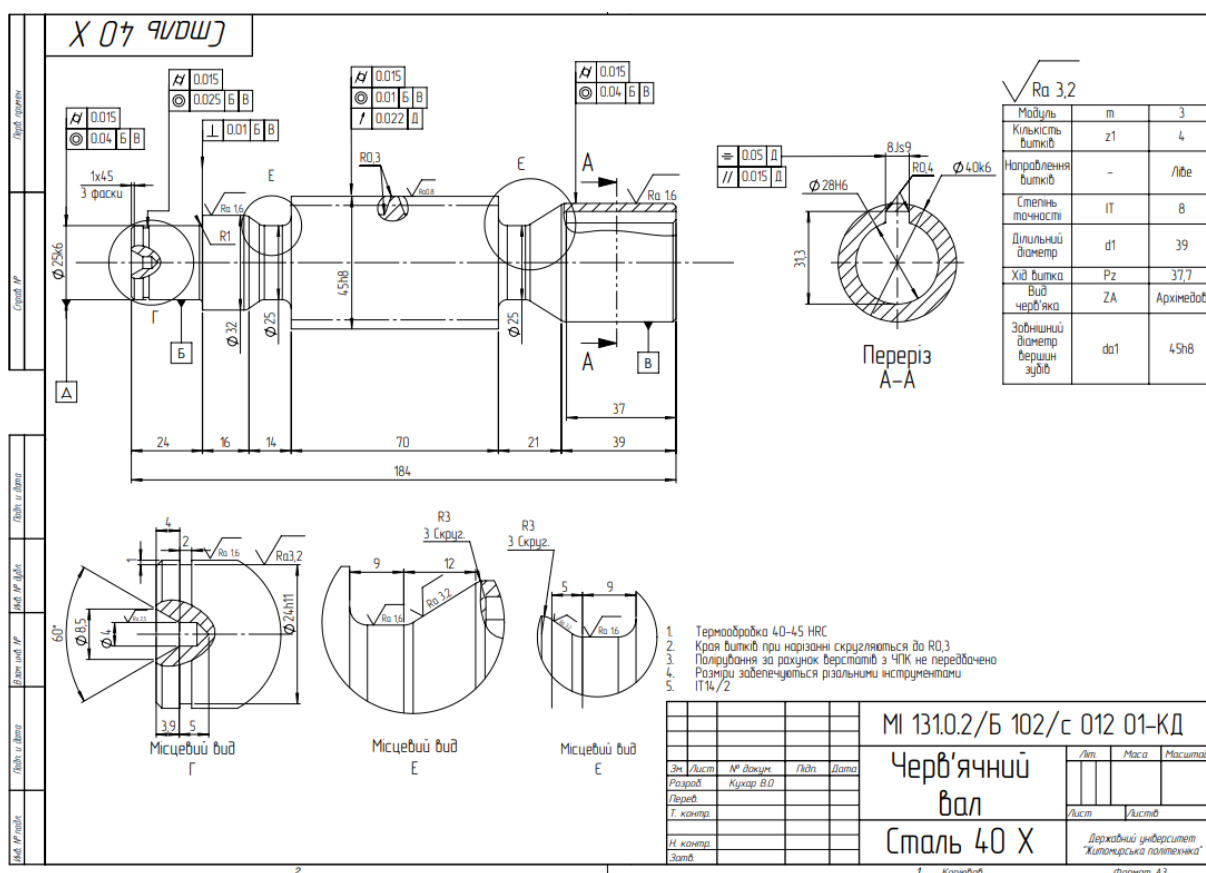


Рис 5. Креслення деталі «Черв'як» розроблений в програмі SolidWorks

1.4 Висновки до загально-технічного розділу

В цьому розділі було розглянуто конструкцію черв'ячного мотор-редуктора в який входить обрана деталь «Черв'як». З літературних джерел з'ясували що черв'ячний мотор-редуктор має перевірятися фахівцями на експлуатаційний ресурс і своєчасно полагоджений в конкретних випадках пошкоджень.

Літературний огляд в новітніх способах експлуатації, ремонту та виготовлення показав, що деталь «Черв'ячний вал» і його вузол «Черв'ячний мотор-редуктор» не зазнав нових способів вище трьох перерахованих пунктів, але і без цього перетворювач і черв'як зі старими методами експлуатації, ремонту та виготовлення мають достатню ефективність в сферах їх використання. В основному все залежить від конструкції вузла і матеріалу, але конкретних недоліків не було виявлено.

Було знайдено 3D збірку вузла деталі «Черв'як», який використовується в багатьох галузях промисловості, та створено власноруч 2D креслення деталі.

Було розглянуто патент US6745640B2 американської компанії ABB Motors and Mechanical Inc. винахідником якого є Chuong H. Nguyen, щодо виготовлення черв'яків та складання черв'ячних редукторів.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Характеристика, хімічний склад та механічні властивості деталі «Черв'як»

Сталь 40Х – популярна легована конструкційна сталь, яка широко використовується для виготовлення деталей з підвищеною міцністю та зносостійкістю. Особливостями цієї сталі є: високі механічні властивості, добре піддавання термічній обробці, гартуванню, відпуску і порівняно з іншими легованими сталями – невисоку вартість [11].

Сталь 40Х має високий вміст хрому від 0,80 до 1,10% що забезпечує їх підвищену зносостійкість, твердість і корозійну стійкість. Основна перевага сталі є здатність витримувати значні динамічні навантаження, що робить її ідеальною для виробництва черв'яків. Також ця сталь відзначається високою стійкістю до тертя, що важливо для такого типу деталей які працюють у вузлах з високим обертальним моментом [11].

Тому деталь буде виготовлятися з легової сталі 40Х згідно стандарту ДСТУ 7806 [13]. Хімічний склад і механічні властивості наведені в таблицях 2 і 3.

Таблиця 2

Хімічний склад сталі

Вуглець	Кремній	Марганець	Хром	Фосфор, не більше	Сірка, не більше
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	0,036	0,040

Джерело: узагальнено та побудовано автором на основі даних [11,12]

Таблиця 3

Механічні властивості сталі

HRC	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %, не більше	ψ , %, не більше
40-45	780 - 980	490	10	45

Джерело: узагальнено та побудовано автором на основі даних [12]

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Мета даного аналізу – це виявлення технологічних і конструкторських недоліків конструкції деталі за її вихідними даними, що містяться в кресленнях і технічних вимогах, а також розробка технічних пропозицій щодо поліпшення технологічності деталі, яку ми розглядаємо.

Аналіз конструкції черв'яка показав, що застосування сталі 40Х має задовільну оброблюваність, і не спричинить застосуванню оптимальних режимів різання при її оброблені.

Далі будуть проведені розрахунки на параметри технологічності:

Визначаємо коефіцієнт точності K_{IT} за формулою:

$$K_{IT} = 1 - \frac{1}{K_{IT\text{ ср.}}}$$

де $K_{IT\text{ ср.}}$ – середній квалітет точності.

$$K_{IT\text{ ср.}} = \frac{\sum K_i * n_i}{\sum n_i}$$

де K_i – квалітет i -го номера;

обираємо 6 квалітет точності для посадкових поверхонь черв'яка для забезпечення достатньої точності, швидкості та навантаження.

n_i – кількість поверхонь з квалітетом i -го номера;

$\sum n_i$ – загальна кількість поверхонь.

$$K_{IT\text{ ср.}} = \frac{6 * 3 + 8 * 29 + 9 * 3 + 11 * 1}{35} = 8,22$$

$$K_{IT} = 1 - \frac{1}{8,22} = 0,87$$

Визначаємо коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$ за формулою:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{\text{ср.}}}$$

Де $Ш_{\text{ср.}}$ – середній показник шорсткості.

$$Ш_{\text{ср.}} = \frac{\sum Ш_i * n_i}{\sum n_i}$$

де $Ш_i$ – i -та шорсткість;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ni – кількість поверхонь з i -ою шорсткістю;

$\sum ni$ – загальна кількість поверхонь.

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{1,6 * 7 + 3,2 * 19 + 0,8 * 8 + 2,5 * 1}{35} = 2,31$$

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{2,31} = 0,56$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу $K_{\text{вм}}$ за формулою:

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{м}}}$$

де $m_{\text{д}}$ – маса готової деталі;

$m_{\text{м}}$ – маса матеріалу для виготовлення еталі.

Так як програма SolidWorks не має в базі сталі 40X, було використано аналог з німецького стандарту DIN – Steel 41Cr4, тоді маса нашої деталі складає 1,2 кг що показано на рисунку 6. Маса матеріалу заготовки «пруток» становить 2,9 кг що вказано на рисунку 7.

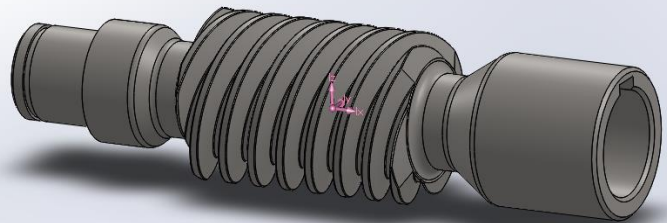
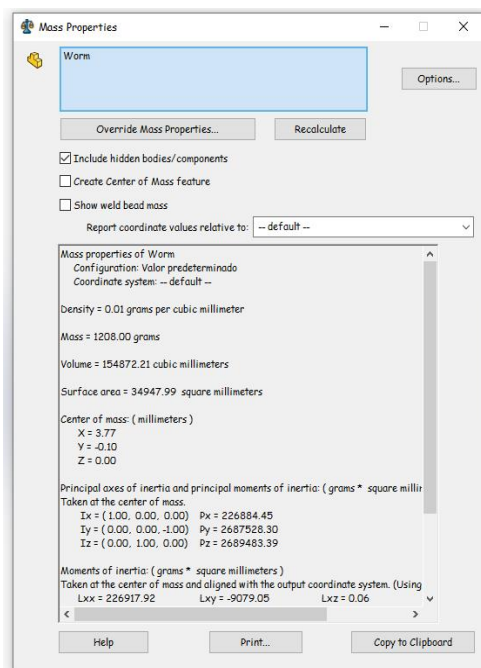


Рис. 6 Масові характеристики готової деталі «черв'як»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ

Арк.

22

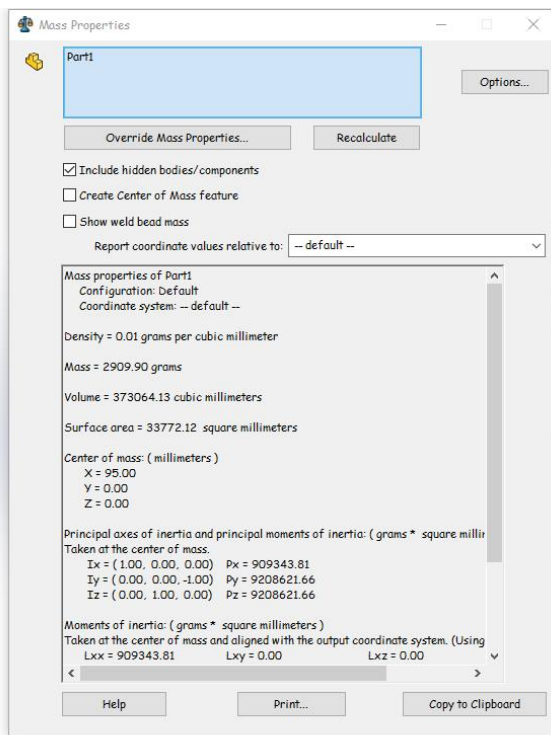


Рис. 7 Масові характеристики матеріалу заготовки «пруток»

Тоді з відомими даними вираховуємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{1,2}{2,9} = 0,41$$

Визначаємо комплексний показник технологічності K_K за формулою:

$$K_K = \frac{\sum K_i * K_{ie}}{\sum K_{ie}}$$

де K_i – поточний показник технологічності;

$$K_K = \frac{0,87 * 0,25 + 0,56 * 0,25 + 0,41 * 0,5}{1} = 0,56$$

З розрахованого показника технологічності робимо висновок що деталь є технологічною тому що при $K_K < 1$ деталь є технологічною, не зважаючи на те що деталь має декілька складних поверхонь і потребує додаткового спеціального різального інструменту.

На рисунку 8 вказано номери поверхонь, які заносяться в таблицю 4 разом з показниками технологічності.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

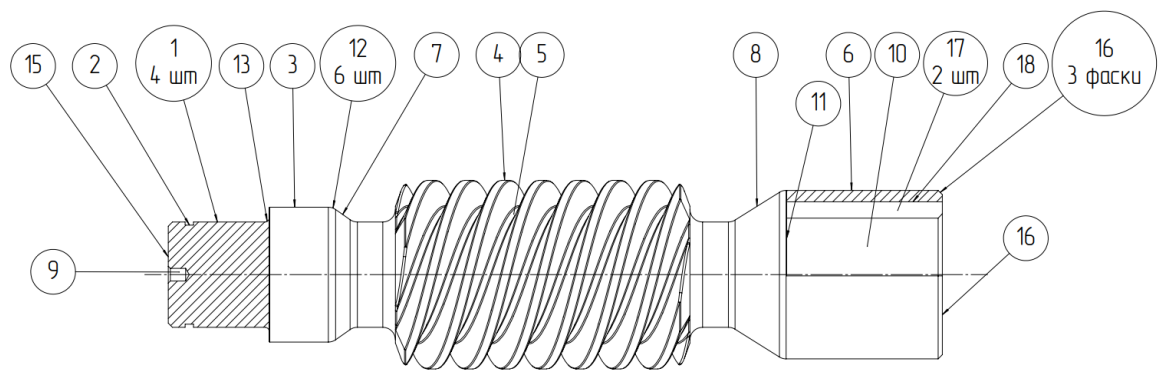


Рис. 8. Оброблювальні поверхні деталі «Черв'як»

Таблиця 4

Показники технологічності

№ п/п	Позначення поверхні	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих елементів	Квалітет точності ІТ	Параметр шорсткості, Ra, мкм
1	Ø25	4	4	8, 6(1)	1,6
2	Ø24	1	1	11	3,2
3	Ø32	1	1	8	1,6
4	Гвинт зовнішній Ø45	4	4	8	0,8
5	Гвинт внутрішній Ø31,5	4	4	8	0,8
6	Ø40	1	1	6	1,6
7	Конус Ø31- Ø26	1	1	8	3,2
8	Конус Ø26- Ø39	1	1	8	3,2
9	Ø4	1	1	8	2,5
10	Ø28	1	1	8	1,6
11	Торець Ø28	1	1	6	3,2
12	R3	6	6	8	3,2

№ п/п	Позначення поверхні	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих елементів	Квалітет точності ІТ	Параметр шорсткості, Ra, мкм
13	R1	1	1	8	3,2
14	Фаски 1x45°	3	3	8	3,2
15	Торець Ø23	1	1	8	3,2
16	Торець Ø38	1	1	8	3,2
17	Стінки пазу L37	2	2	9	3,2
18	Дно пазу L37	1	1	9	3,2
	Всього	$Q_e = 35$	$Q_e = 35$		
	Середнє значення			6	2,92

Джерело: побудовано автором

2.3 Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

Тип виробництва – сукупність ознак, що характеризують технічну, організаційну та економічну структуру виробництва. Ознаки визначаються спеціалізацією виробництва, обсягами та номенклатурою виробів, а також формою руху предметів праці по робочих місцях [14].

Якщо ми маємо деталь масою 1,2 кг, а річний випуск наприклад $N = 5000$ шт. Тоді визначаємо тип виробництва табличним методом, в якому виготовляється деталь. З поданих даних робимо висновок що деталь буде з середньосерійним типом виробництва. Для визначення кількості деталей в партії для запуску у виробництва скористаємося формулою:

$$n = \frac{N * a}{255}$$

де N – річна програма, шт;

a – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3,6,12, 24 дні). Беремо 12 днів.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

250 – число річного фонду робочого часу.

$$n = \frac{5000 * 12}{250} = 240 \text{ партій}$$

Середньосерійний тип виробництва характеризується виготовленням обмеженого асортименту продукції, а предмети праці надходять до робочого місця не штуками, а періодичними партіями. Як правило виготовлення значної частини продукції в умовах серійного виробництва стабільно повторюється протягом року або кількох років, що дає змогу організувати цей випуск на технологічно спеціалізованих дільницях [14,15].

Перевагами цього типу перед іншими можна вважати високу гнучкість виробництва, яка дозволяє швидко і легко переключатись наприклад на випуск іншої продукції і достатня продуктивність праці що забезпечує високу економічність для виробництва. А недоліками є великі витрати на робочу силу, устаткування та технологію виробництва.

2.4 Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення

Вибір заготовки передбачає одержання такої заготовки, форма і розміри якої найбільше будуть відповідати параметрам готової деталі з врахуванням об'єму випуску. Тому при виборі заготовки необхідно враховувати такі параметри як: характеристику матеріалу, конструктивну форму поверхонь, точність, програму випуску, розміри і масу. Будь яка заготовка призначена для подальшого механічного оброблення, виготовляється із припуском на розміри готової деталі.

Для деталі «Черв'як» доцільно виготовляти заготовку прокатом.

Металопрокат – вироби, отримані в результаті процесу прокатки, загалом які використовуються в конструкціях такі як мости, будівлі, залізобетонні вироби тощо, а також слугує заготовками для виготовлення деталей в механічних цехах і в ковальсько-штампувальному виробництві,

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталі з мінімальним припуском на механічну обробку, як це ще називають – деталепрокатне виробництво [16].

Металопрокат ділиться за багатьма класифікаціями в яких виготовляються деталі, конструкції та кріпильні вироби для різних галузей. Основні з класів металопрокату це – сортовий прокат, листовий прокат, труби, та металеві вироби. Класифікація для виготовлення деталі «черв'як» - сортовий прокат, а саме: сортовий прокат загального призначення в якому виготовляються катанки, квадрати, круги, штаби та шестигранники [16]. Для заготовки деталі обираємо гарячекатаний круг що тягне за собою те, що для виготовлення буде використовуватись технологія гарячекатаного прокату (ДСТУ 4738:2007).

Прокатка (вальцювання) – вид обробки металів тиском, коли заготовка під дією сил тертя втягується у проміжок між обертальними валками, які її пластично деформують, зменшуючи площу поперечного перерізу і збільшуючи довжину [17]. Прокатка належить до найпродуктивніших видів обробки завдяки безперервності процесу і великій швидкості руху між валами заготовки [17].

Вальцювання розрізняють на три основні види за схемою оброблення: поздовжнє (для сортових і фасонних профілів), поперечне і поперечно гвинтове (для тіл обертання) [17]. Для заготовки деталі «черв'як», схема оброблення буде поздовжньою так як схема виконується для сортових профілів.

Поздовжній прокат – один з найпоширеніших видів вальцювання, під час якого заготовка в нагрітому або холодному стані деформується між двома валами, що обертаються в різних напрямках, а також рухається вздовж осі прокатки [17]. Між металом і валками виникає сила тертя, метал притиснутий до валків захоплюється і протягується між ними, при цьому метал перебуває в зоні деформування в якій деталь деформується під потрібну форму [17].

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гарячекатаним прокатом називається обробка вже нагрітих металів і металевих сплавів під тиском [17]. Для різних металів – різна початкова температура. Так як нас цікавить сталь то обробка тиском для неї відбувається на температурах від 1000 до 1300°C. Гарячою обробкою на обтискних і заготовочних станах одержують заготовки круглого, квадратного, плоского та змінного перерізу для наступних методів обробки типу кування, штамповки а також різальної обробки. Гарячим вальцюванням отримують деталі які виготовляються для сортового прокату і прокату спеціального профілю, листів, труб тощо [17].

Виготовлення заготовок гарячекатаного прокату поетапно [18]:

1. Нагріти заготовку, сплющити для підготовки до роботи клітей
2. Прокатувати матеріал в декілька підходів на станах з валами
3. Відкоригувати форму металопродукату
4. Охолодити та перевірити

Гаряче вальцювання простіше та швидше у виготовленні, вироби завдяки цій обробці міцніші. Під час обробки з вже розігрітим матеріалом працювати легше, простіше задати потрібну форму. Всі ці ознаки роблять гарячекатаний прокат більш затребуваним та ефективним порівняно з холоднокатаним прокатом [18].

Для прокатки любого виду використовується обладнання – робоча кліть. Робочі кліті представляють собою механізм, в якому здійснюється пластична деформація валками. Від конструкції клітей загалом залежать всі показники роботи прокатного стану: продуктивність, якість продукції, витрати ресурсів [19].

Конструкція клітей різноманітна, однак всі вони влаштовані однаково і складаються з деталей і вузлів вказаних на рисунках 9 (а, б, в).

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

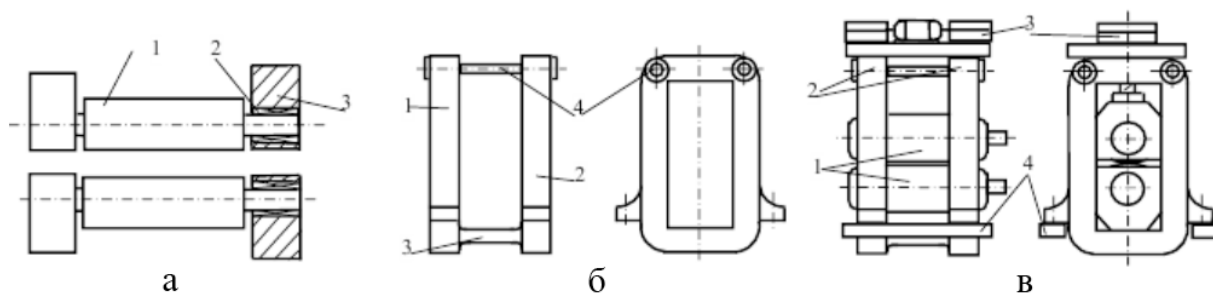


Рис. 9 Конструкція клітей і валків [19]

На рисунку 9(а) показано валковий комплект, який включає в себе: робочі та опорні валки 1, підшипники 2, корпуси підшипників 3 [19].

На рисунку 9(б) показано вузол кліті, який включає в себе: станини 1 і 2, з'єднуючі елементи траверси 3 та шпильки 4 [19].

На рисунку 9(в) показано зібрану робочу кліть, яка включає в себе: валковий комплект 1, станини 2, натискний механізм 3 та плитовини 4 [19].

Кліті класифікують за розташуванням валків на декілька типів: з горизонтальними та вертикальними валками, універсальні, з косорозташованими валками та інші [19]. Також кліті розрізняють за кількістю валків від самих простих і частіше використовуваних для сортових станів «Дуо» валки які мають всього два валки розміщені горизонтально, до «Кварто» клітей, двадцятивалкових клітей або навіть планетарних, що зазначено на рисунку 10 (а, б, в, г). Для виготовлення заготовки деталі черв'як більш за все підходить кліть з «Дуо» валками в горизонтальному розташуванні (рис. 10а).

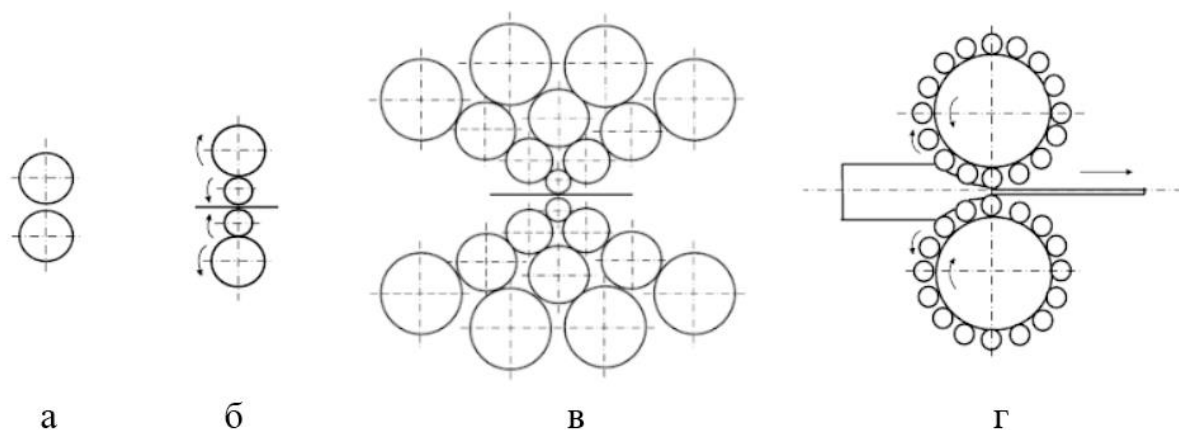


Рис. 10 Розташування валків в різних типах клітей [19] (а – «Дуо» кліті, б – «Кварто» кліті, в – двадцятивалкові кліті, г – планетарні кліті.)

Для заготовки прутка для подальшого виготовлення з нього деталі «Черв'як» згідно стандартам ДСТУ 4738-2007 «Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий» [20] було обрано:

- Номінальний діаметр прутка – 50 мм.
- Граничні відхилення за точності прокатування – А1 ($^{+0,1}_{-0,5}$ мм).
- Площа поперечного перерізу – 19,635 см².
- Маса одного метру довжини прокату – 15,413 кг.
- Довжина потрібна в ході розрізування на частини для подальшої механічної обробки заготовки – 190мм.

На рисунку 11 наведено креслення заготовки «пруток» з якої буде розроблена деталь «Черв'як» в ході механічної обробки на верстатах з ЧПК.

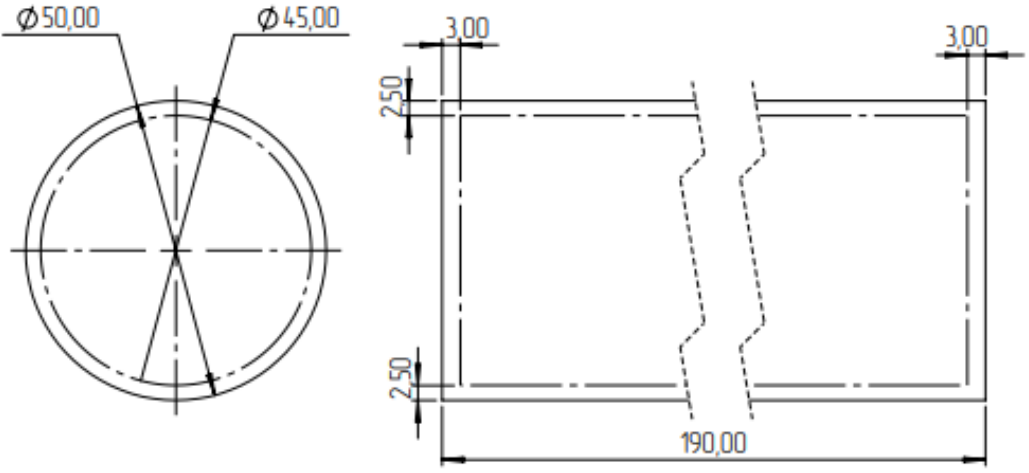
Перв. застосує	Сталь 40X ДСТУ 7806-2015																																																																					
Довід. №																																																																						
Підпис та дата	1. Заготовка виготовляється гарячекатаним прокатом згідно стандарту ДСТУ 4738-2007 2. Пруток виготовляється зі сталі 40X згідно стандарту ДСТУ 7806-2015. 3. Твердість прутка має становити 40-45HRC. 4. Вміст фосфору в структурі має бути не вище 0,035%. 5. Вміст сірки в структурі має бути не вище 0,040%. 6. Довжина заготовки: L-190 мм ± 5 мм. 7. Номінальний діаметр заготовки: 50 мм. 8. Невказані похідні розміри при виготовленні прокатом – не має. 9. Не допускаються тріщини, раковини, задирки та інші поверхневі дефекти, що перевищують 0,5 мм. 10. В кінці механічної обробки вага деталі має становити 1,2 ± 0,2кг 11. Вага заготовки має становити 2,9 ± 0,2кг																																																																					
Взам. інв. №	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Змн.</td> <td style="width: 10%;">Арк.</td> <td style="width: 20%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Підп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Пруток Ø50x190 Сталь 40X ДСТУ 7806-2015 </td> <td style="width: 10%;">Лит.</td> <td style="width: 10%;">Маса</td> <td style="width: 10%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td>Розроб.</td> <td>Кухар В.О.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1:1</td> </tr> <tr> <td>Перев.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Нач. КБ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Інв. № ориг.</td> <td colspan="5"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Н.контр.</td> <td style="width: 10%;">Утв.</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Аркуш Аркушів 1 </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>					Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Пруток Ø50x190 Сталь 40X ДСТУ 7806-2015	Лит.	Маса	Масштаб	Розроб.	Кухар В.О.							1:1	Перев.									Т.контр.									Нач. КБ									Інв. № ориг.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Н.контр.</td> <td style="width: 10%;">Утв.</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Аркуш Аркушів 1 </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Н.контр.	Утв.				Аркуш Аркушів 1								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Пруток Ø50x190 Сталь 40X ДСТУ 7806-2015	Лит.	Маса	Масштаб																																																														
Розроб.	Кухар В.О.								1:1																																																													
Перев.																																																																						
Т.контр.																																																																						
Нач. КБ																																																																						
Інв. № ориг.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Н.контр.</td> <td style="width: 10%;">Утв.</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Аркуш Аркушів 1 </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Н.контр.	Утв.				Аркуш Аркушів 1																																																											
Н.контр.	Утв.				Аркуш Аркушів 1																																																																	
	А4 Заготовка Копія Формат А4																																																																					

Рис. 11 Креслення заготовки «Пруток»

2.5 Розробка технологічного маршруту деталі

Таблиця 5

Технологічний маршрут виготовлення деталі

№ операції	Назва, зміст операції та використовуване обладнання
005	Заготівельна Обладнання: Кліті для виготовлення прутків
010	Розрізувальна Обладнання: напівавтоматична стрічкова пила Bomar Transverse 610.440 DGH Розрізати заготовку на L190
015	Токарна з ЧПК Обладнання: горизонтально-токарний верстат HAAS ST-20 1. Підрізати торець в розмір L2 2. Свердлити отвір на торці Ø26 3. Розточити отвір Ø26 до Ø28 4. Зняти шар металу по заготовці по контуру до: фаска 1x45°, Ø40x37, Ø25x6, конус Ø39xØ26xL10, 3 заокруглення по R3.
020	Токарна з ЧПК Обладнання: горизонтально-токарний верстат HAAS ST-20, задня бабка Перевстановлення деталі 1. Підрізати торець в розмір L2 2. Свердлити центровий отвір на торці, під'єднати задню бабку 3. Зняти шар металу по заготовці по контуру до: фаска 1x45°, Ø25x23, Ø32x15, Ø25x6, конус Ø31xØ26xL3, 3 заокруглення по R3.

№ операції	Назва, зміст операції та використовуване обладнання
	4. Розточити канавку в розмір Ø24x2. 5. Нарізати чотири витки черв'яка Ø45 в глибину Ø31,5, на довжину L70.
025	Довбальна Обладнання: вертикально-довбальний верстат SL-200 Продовбати шпонку в отворі Ø28 в розмір, 4x3,3x37
030	Контрольна Обладнання: стіл ВТК

Джерело: побудовано автором

2.6 Розрахунок загальних та між операційних припусків на обробку деталі

Розраховуємо граничні поверхні та припуски на обробку поверхні Ø40k6(40^{+0,018}_{+0,002})x36мм

Маємо послідовність операцій і переходів для розрахунку:

1. Чорнове точіння
2. На пів чистове точіння
3. Чистове точіння

Формула мінімального припуску для кожного переходу:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{y.i}^2} \right)$$

Де R_{i-1} -висота нерівностей профілю;

T_{i-1} -глибина дефектного шару;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне просторове відхилення;

$\varepsilon_{y.i}$ -величина похибки установки.

Вибираємо елементи припусків і залишкові просторові похибки з таблиць і довідникових даних.

Величина висоти нерівностей профілю заготовки: $R_{заг} = 250$ мкм

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина висоти нерівностей профілю при чорновому точінні: $R_{\text{чор.точ}} = 60$ мкм

Величина висоти нерівностей профілю при на пів чистовому точінні: $R_{\text{чис.точ}} = 30$ мкм

Величина глибини дефектного шару заготовки: $T_{\text{заг}} = 350$ мкм

Величина глибини дефектного шару при чорновому точінні : $T_{\text{чор.точ}} = 60$ мкм

Величина глибини дефектного шару при на пів чистовому точінні : $T_{\text{чис.точ}} = 30$ мкм

Сумарне просторове відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = \Delta_{\text{кор}}$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення заготовки;

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} * D)^2 + (\Delta_{\text{к}} * L)^2} = \sqrt{(0,7 * 40)^2 + (0,7 * 36)^2} = 37,6 \text{ мкм}$$

де $\Delta_{\text{к}}$ – питома величина короблення.

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 37,6 \text{ мкм}$$

Сумарне просторове відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чорн}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,06 * 37,6 = 2,25 \text{ мкм}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Сумарне просторове відхилення після на пів чистового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чист}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,04 * 37,6 = 1,50 \text{ мкм}$$

Величина похибки установки:

- точіння чорнове – 20мкм;
- точіння на пів чистове – 15мкм;
- точіння чистове – 10мкм.

Рахуємо мінімальний припуск для кожного переходу:

- точіння чорнове:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \left(250 + 350 + \sqrt{37,6^2 + 20^2} \right) = 1285 \text{ мкм}$$

- точіння на пів чистове:

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{min} = 2 \left(60 + 60 + \sqrt{2,25^2 + 15^2} \right) = 270 \text{ мкм}$$

- точіння чистове:

$$2Z_{min} = 2 \left(30 + 30 + \sqrt{1,50^2 + 10^2} \right) = 140 \text{ мкм}$$

Рахуємо розрахунковий (найбільший) розмір для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$41,713 - 1,285 = 40,428 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$40,428 - 0,270 = 40,158 \text{ мм}$$

-точіння чистове:

$$40,158 - 0,140 = 40,018 \text{ мм}$$

Рахуємо максимальний припуск для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$41,713 - 40,428 = 1,285 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$40,428 - 40,158 = 0,270 \text{ мм}$$

- точіння чистове:

$$40,158 - 40,018 = 0,140 \text{ мм}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6

Розрахунок припусків і проміжних розмірів для поверхні Ø40k6

Елементи припуску, мкм					Допуск, мм	Граничні розміри		Граничний припуск	
Технологічні операції та переходи	Rzi- 1	Ti- 1	Pi-1	εi		max	min	Max	min
Заготовка	250	350	37.6	-	4,572	50	50	-	-
Точіння чорнове	60	60	2,25	20	1,285	40,428	40,412	1,285	0,64
Точіння на пів чистове	30	30	1,5	15	0,270	40,158	40,142	0,270	0,14
Точіння фінішне	0	0	0	10	0,140	40,018	40,002	0,140	0,07

Джерело: побудовано автором

Розраховуємо граничні поверхні та припуски на обробку поверхні
Ø25k6(25^{+0,015}_{+0,002})x18мм

Маємо послідовність операцій і переходів для розрахунку:

1. Чорнове точіння
2. На пів чистове точіння
3. Чистове точіння

Формула мінімального припуску для кожного переходу:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{y.i}^2} \right)$$

Де R_{i-1} -висота нерівностей профілю;

T_{i-1} -глибина дефектного шару;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне просторове відхилення;

$\varepsilon_{y.i}$ -величина похибки установки.

Вибираємо елементи припусків і залишкові просторові похибки з таблиць і довідникових даних.

Величина висоти нерівностей профілю заготовки: $R_{\text{заг}} = 150$ мкм

Величина висоти нерівностей профілю при чорновому точінні: $R_{\text{чор.точ}} = 45$ мкм

Величина висоти нерівностей профілю при на пів чистовому точінні: $R_{\text{чис.точ}} = 20$ мкм

Величина глибини дефектного шару заготовки: $T_{\text{заг}} = 250$ мкм

Величина глибини дефектного шару при чорновому точінні : $T_{\text{чор.точ}} = 50$ мкм

Величина глибини дефектного шару при на пів чистовому точінні : $T_{\text{чис.точ}} = 25$ мкм

Сумарне просторове відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = \Delta_{\text{кор}}$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення заготовки;

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} * D)^2 + (\Delta_{\text{к}} * L)^2} = \sqrt{(0,7 * 25)^2 + (0,7 * 18)^2} = 21,56 \text{ мкм}$$

де $\Delta_{\text{к}}$ – питома величина короблення.

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 21,56 \text{ мкм}$$

Сумарне просторове відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чорн}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,06 * 21,56 = 1,29 \text{ мкм}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Сумарне просторове відхилення після на пів чистового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чист}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,04 * 21,56 = 0,86 \text{ мкм}$$

Величина похибки установки:

- точіння чорнове – 20мкм;
- точіння на пів чистове – 15мкм;
- точіння чистове – 10мкм.

Рахуємо мінімальний припуск для кожного переходу:

- точіння чорнове:

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{min} = 2 \left(150 + 250 + \sqrt{21,56^2 + 20^2} \right) = 860 \text{ мкм}$$

- точіння на пів чистове:

$$2Z_{min} = 2 \left(45 + 50 + \sqrt{1,29^2 + 15^2} \right) = 220 \text{ мкм}$$

- точіння чистове:

$$2Z_{min} = 2 \left(20 + 25 + \sqrt{0,86^2 + 10^2} \right) = 110 \text{ мкм}$$

Рахуємо розрахунковий (найбільший) розмір для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$26,205 - 0,860 = 25,345 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$25,345 - 0,220 = 25,125 \text{ мм}$$

-точіння чистове:

$$25,125 - 0,110 = 25,015 \text{ мм}$$

Рахуємо максимальний припуск для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$26,205 - 25,345 = 0,860 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$25,345 - 25,125 = 0,220 \text{ мм}$$

- точіння чистове:

$$25,125 - 25,015 = 0.110 \text{ мм}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок припусків і проміжних розмірів для поверхні Ø25k6

Елементи припуску, мкм					Допуск , мм	Граничні розміри		Граничний припуск	
Технологічн і операції та переходи	Rzi -1	Ti- 1	Pi-1	εi		max	min	Max	min
Заготовка	150	25 0	21,5 6	-	19,655	45	45	-	-
Точіння чорнове	45	50	1,29	2 0	0,860	25,34 5	25,33 2	0,86 0	0,4 3
Точіння на пів чистове	20	25	0,86	1 5	0,220	25,12 5	25,11 2	0,22 0	0,1 1
Точіння фінішне	0	0	0	1 0	0,110	25,01 5	25,00 2	0,11 0	0,0 6

Джерело: побудовано автором

Розраховуємо граничні поверхні та припуски на обробку поверхні
Ø28H8(28^{+0,033}_{0,000})x37мм

Маємо послідовність операцій і переходів для розрахунку:

1. Чорнове точіння
2. На пів чистове точіння
3. Чистове точіння

Формула мінімального припуску для кожного переходу:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{y.i}^2} \right)$$

Де R_{i-1} -висота нерівностей профілю;

T_{i-1} -глибина дефектного шару;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне просторове відхилення;

$\varepsilon_{y.i}$ -величина похибки установки.

Вибираємо елементи припусків і залишкові просторові похибки з таблиць і довідникових даних.

Величина висоти нерівностей профілю заготовки: $R_{\text{заг}} = 200$ мкм

Величина висоти нерівностей профілю при чорновому точінні: $R_{\text{чор.точ}} = 50$ мкм

Величина висоти нерівностей профілю при на пів чистовому точінні: $R_{\text{чис.точ}} = 20$ мкм

Величина глибини дефектного шару заготовки: $T_{\text{заг}} = 250$ мкм

Величина глибини дефектного шару при чорновому точінні : $T_{\text{чор.точ}} = 50$ мкм

Величина глибини дефектного шару при на пів чистовому точінні : $T_{\text{чис.точ}} = 30$ мкм

Сумарне просторове відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = \Delta_{\text{кор}}$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення заготовки;

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} * D)^2 + (\Delta_{\kappa} * L)^2} = \sqrt{(0,7 * 28)^2 + (0,7 * 37)^2} = 32,5 \text{ мкм}$$

де Δ_{κ} – питома величина короблення.

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 32,5 \text{ мкм}$$

Сумарне просторове відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чорн}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,06 * 32,5 = 1,95 \text{ мкм}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Сумарне просторове відхилення після на пів чистового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чист}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,04 * 32,5 = 1,3 \text{ мкм}$$

Величина похибки установки:

- точіння чорнове – 20мкм;
- точіння на пів чистове – 15мкм;
- точіння чистове – 10мкм.

Рахуємо мінімальний припуск для кожного переходу:

- точіння чорнове:

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{min} = 2 \left(200 + 250 + \sqrt{32,5^2 + 20^2} \right) = 976 \text{ мкм}$$

- точіння на пів чистове:

$$2Z_{min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{1,95^2 + 15^2} \right) = 230 \text{ мкм}$$

- точіння чистове:

$$2Z_{min} = 2 \left(20 + 30 + \sqrt{1,3^2 + 10^2} \right) = 120 \text{ мкм}$$

Рахуємо розрахунковий (найбільший) розмір для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$26,807 - 0,120 = 26,687 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$27,037 - 0,230 = 26,807 \text{ мм}$$

-точіння чистове:

$$28,013 - 0,976 = 27,037 \text{ мм}$$

Рахуємо максимальний припуск для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$26,807 - 26,687 = 0,120 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$27,037 - 26,807 = 0,230 \text{ мм}$$

- точіння чистове:

$$28,013 - 27,037 = 0,976 \text{ мм}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок припусків і проміжних розмірів для поверхні Ø28H6

Елементи припуску, мкм					Допуск, мм	Граничні розміри		Граничний припуск	
Технологічні операції та переходи	Rzi- 1	Ti- 1	Pi-1	εi		max	min	Max	min
Заготовка	200	250	32,5	-	0,807	26	26	-	-
Розточування чорнове	50	50	1,95	20	0,120	26,807	26,794	0,976	0,49
Розточування на пів чистове	20	30	1,3	15	0,230	27,037	27,024	0,230	0,12
Розточування фінішне	0	0	0	10	0,976	28,013	28	0,120	0,06

Джерело: побудовано автором

2.7 Вибір технологічного обладнання та засобів технологічного оснащення

Вибір обладнання та оснащення – один з ключових етапів для виготовлення деталей. Для обраної деталі «Черв'як» більш ефективні та вигідні будуть верстати з ЧПК (Числове Програмне Керування). Вони дозволяють автоматизувати цикл обробки до початку самої обробки завдяки розробленій керуючій програмі. Верстатами з ЧПК забезпечуються гнучкість виробничого процесу та багаторазове використання програм а також досягається висока точність виготовлення завдяки параметрам обладнання. У верстатів з ЧПК всі параметри переважають звичайні верстати без числового керування.

Для всіх токарних операцій, свердлування отворів та нарізання гвинтового нарізу обрано горизонтально-токарний верстат HAAS ST-20 з

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

під'єднаною задньою бабкою для контролю центрувального отвору, він зображений на рисунку 12. HAAS ST-20 загалом призначений для обробки деталей середніх розмірів. Має жорстку конструкцію, збільшений діаметр шпинделя для більшої пропускної здатності та покращену продуктивність різання. Оснащений підключенням до Wi-Fi, збільшеним ходом по осі Z, за бажанням може бути додатково укомплектований автоматичними дверима, підвантажувачем деталей, субшпинделем та задньою бабкою.

Таблиця 9

Технічні характеристики HAAS ST-20 згідно паспортним даним:

Параметр	Показники Параметру
Розмір патрона	A2-6 210 мм
Максимальна довжина різання	572 мм
Максимальний діаметр різання	330 мм
Робочий хід по вісі X	213 мм
Робочий хід по вісі Z	572 мм
Максимальний діаметр прутка	64 мм
Швидкість руху по осям	24 м/хв
Максимальна потужність	14,9 кВт
Максимальна швидкість	4000 об/хв
Кількість інструментів	12
Габарити	3302 x 1626 x 1956 мм
Вага	4000кг

Джерело: узагальнено та побудовано автором на основі даних [21]



Рис. 12 Горизонтально-токарний верстат HAAS ST-20 [21]

Для оброблювання шпонкового пазу було обрано вертикально-довбальний верстат STANDART SL-320. Це автоматичний слотер, (пазорізний верстат), призначений для обробки пазів, щілин або кольорових прорізів в деталях за допомогою повторюваного ударного руху бойка. Оснащений гідравлічною системою подачі для бойка і столу, а також оснащений поворотним столом що дозволяє виконувати пази під різними кутами та на поверхнях різних типів без переналаштовування заготовки.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики SL-320 згідно паспортним даним:

Параметр	Показники параметру
Максимальний хід ползуна	340 мм
Максимальна довжина пазу	320 мм
Частота ходів ползуна	20/32/50/80 раз/хв
Діаметр столу	630 мм
Хід по осі Y	До 630мм
Хід по осі X	До 560 мм
Потужність двигуна	4 кВт
Подавання	0,08 – 1,21 мм/хв
Подача обертання столу	0,052-0,783 мм/об
Кут повороту столу	360°
Швидкість двигуна	960 об/хв
Габарити	2261 x 1495 x 2245 мм
Вага	3000 кг

Джерело: узагальнено та побудовано автором на основі даних[22]



Рис. 13 Вертикально-довбальний верстат STANDART SL-320 [22]

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Для розрізання заготовки на потрібну довжину було обрано напівавтоматичну стрічкову пилу Bomar Transverse 610.440 DGH зображену на рисунку 14. Це обладнання для розрізання прутків і прямокутних заготовок з поворотною рамою. Має гідравлічну та ручну систему подачі а також гідравлічний затиск матеріалу. В оснащені має частотно регульований привід полотна, пилу оснащеною карбідними направляючими стрічки які забезпечують стабільність полотна під час різання, інтегровану систему охолодження, ергономічну панель для керування і стабільну конструкцію для використання на серійному виробництві.

Таблиця 11

Технічні характеристики стрічкової пили згідно паспортним даним:

Параметр	Показники параметру
Максимальний діаметр прутка	440 мм
Діапазон повороту рами	-60° до +60°
Розмір стрічкового полотна	5640 x 41 x 1,3 мм
Швидкість полотна	20-120 м/хв
Потужність головного приводу	4 кВт
Маса верстата	1900кг
Габарити	2800 x 1200 x 1800 мм

Джерело: узагальнено та побудовано автором на основі даних [23]



Рис. 14 Напівавтоматична стрічкова пила Bomar Transverse 610.440
DGH [23]

Вибір технологічного оснащення також являється ключовим етапом виготовлення деталей. Таке оснащення є необхідним для виконання конкретної операції або переходу, який включає в себе затискні пристрої, різальний інструмент, допоміжний інструмент та засоби вимірювання. Дані з засобів технологічного оснащення на кожну операцію заносяться в таблицю 12.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Засоби технологічного оснащення

№ опер.	Назва операції або переходу	Модель верстата	Пристрій	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
010	Розрізувальна	Bomar Transverse 610.440 DGH	Автоматичні лещата	Стрічкова пила по металу з твердосплавними зубами	Лінійка металева ISO 9001
015	Токарна Перехід 1	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Різець прямий прохідний упорний	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385
	Токарно-свердлувальна Перехід 2	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Свердло спіральне	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385
	Розточувальна Перехід 3	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Різець розточувальний	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385
	Токарна Перехід 4	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Різець контурний	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385
020	Токарна Перехід 1	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Різець прохідний прямий упорний	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385
	Токарно-свердлильна Перехід 2	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон + задня бабка	Свердло центрувальне прецизійне	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385
	Токарна Перехід 3	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Різець контурний	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385

№ опер.	Назва операції або переходу	Модель верстата	Пристрій	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
	Розточувальна Перехід 4	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Різець канавковий	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385
	Токарно-гвинторізна Перехід 5	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Різець профільний для нарізання черв'ячного гвинта	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385
025	Довбальна	STANDA RT SL-320	Центровий упор	Різець довбальний	Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-I-250-0,01 ISO 13385

Джерело: побудовано автором

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання при точінні Ø40k8 x 36 мм

Вибір глибини різання t :

- Для чорнового точіння: 0,64 мм
- Для на пів чистового точіння: 0,14 мм
- Для чистового точіння: 0,07 мм

Вибір подачі:

- Для чорнового точіння: 0,5 мм/об
- Для на пів чистового точіння: 0,2 мм/об
- Для чистового точіння: 0,1 мм/об

Період стійкості різця T : 60 хв.

Визначаємо розрахункову швидкість різання за формулою:

$$v_p = \frac{C_v}{T^m * t^x * s^y} * K_v$$

де C_v , m , x , y – коефіцієнт і показники ступеня;

$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, який оброблюється, стан поверхні заготовки і матеріал інструмента.

$$K_v = 0.8 * 0.9 * 1 = 0,72$$

для чорнового точіння:

$$v_p = \frac{350}{60^{0.2} * 0,64^{0.15} * 0,5^{0.35}} * 0,72 = 151 \text{ м/хв}$$

- для на пів чистового точіння:

$$v_p = \frac{420}{60^{0.2} * 0,14^{0.15} * 0,2^{0.20}} * 0,72 = 247 \text{ м/хв}$$

- для чистового точіння:

$$v_p = \frac{420}{60^{0.2} * 0,07^{0.15} * 0,1^{0.20}} * 0,72 = 437 \text{ м/хв}$$

Визначаємо кількість обертів шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 * v_p}{\pi * D}$$

-для чорнового точіння:

$$n_p = \frac{1000 * 151}{3,14 * 40,428} = 1189 \text{ об/хв}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для на пів чистового точіння:

$$n_p = \frac{1000 * 247}{3,14 * 40,158} = 1958 \text{ об/хв}$$

- для чистового точіння:

$$n_p = \frac{1000 * 437}{3,14 * 40,018} = 3477 \text{ об/хв}$$

Коректувати частоту обертання шпинделя за кінематичними даними верстата:

$$n \leq n_p$$

$$1189 \leq 1189$$

$$1958 \leq 1958$$

$$3477 \leq 3477$$

Перераховуємо дійсну швидкість точіння:

- для чорнового точіння:

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{3.14 * 40,428 * 1189}{1000} = 151 \text{ об/хв}$$

- для на пів чистового точіння:

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{3.14 * 40,158 * 1958}{1000} = 247 \text{ об/хв}$$

- для чистового точіння:

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{3.14 * 40,018 * 3477}{1000} = 437 \text{ об/хв}$$

Визначаємо головні складові сили різання P_z , P_x , P_y , H :

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * s^y * v^n * K_p$$

де C_{pi} , x_{pi} , y_{pi} , n_{mi} – відповідно значення коефіцієнтів і показників степеня, які враховують вид оброблюваного та інструментального матеріалів і вид обробки;

$K_{pi}=1$ – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу і геометрії різальної частини різця на сили різання.

- для чорнового точіння:

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$P_z = 10 * 300 * 0,64^1 * 0,5^{0,75} * 151^{-0,15} * 1 = 537 \text{ Н}$$

- для на пів чистового точіння:

$$P_z = 10 * 300 * 0,14^1 * 0,2^{0,75} * 247^{-0,15} * 1 = 55 \text{ Н}$$

- для чистового точіння:

$$P_z = 10 * 300 * 0,07^1 * 0,1^{0,75} * 437^{-0,15} * 1 = 15 \text{ Н}$$

Розраховуємо ефективну потужність різання:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60}$$

- для чорнового точіння:

$$N = \frac{537 * 151}{1020 * 60} = 1,32 \text{ кВт}$$

- для на пів чистового точіння:

$$N = \frac{55 * 247}{1020 * 60} = 0,22 \text{ кВт}$$

- для чистового точіння:

$$N = \frac{15 * 437}{1020 * 60} = 0,1 \text{ кВт}$$

Для забезпечення виконання вибраного режиму точіння на заданому верстаті необхідне виконання умови:

$$N_{\text{дв}} * \eta > N$$

$$14,9 > 1,32$$

$$14,9 > 0,22$$

$$14,9 > 0,1$$

Визначимо основний час на перехід:

$$T_o = \frac{L}{n * s}$$

$$L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}$$

де l – довжина оброблюваної поверхні заготовки, мм;

$l_{\text{вр}}$ – величина врізання різця в заготовку, мм;

$l_{\text{пер}}$ – величина перебігу різця (при обробленні «в упор» $l_{\text{пер}} = 0$).

$$l_{\text{вр}} = t * ctg(\varphi)$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де φ – головний кут в плані різця.

- для чорнового точіння:

$$l_{\text{вр}} = 0,64 * \text{ctg}(60^\circ) = 0,37 \text{ мм}$$

$$L = 36 + 0,37 = 36,37 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{36,37}{1189 * 0,5} = 0,06$$

- для на пів чистового точіння:

$$l_{\text{вр}} = 0,14 * \text{ctg}(60^\circ) = 0,08 \text{ мм}$$

$$L = 36 + 0,08 = 36,08 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{36,08}{1958 * 0,2} = 0,09$$

- для чистового точіння:

$$l_{\text{вр}} = 0,07 * \text{ctg}(60^\circ) = 0,04 \text{ мм}$$

$$L = 36 + 0,04 = 36,04 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{36,04}{3477 * 0,1} = 0,1$$

Розраховані режими заносяться в таблицю 13 і додаються як окремі переходи до операцій.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 13

Режими різання

Зміст, номер операції або переходу	t, мм	L, мм	i	Tm, хв	S, мм/об	N, об/хв	V, м/хв	Sm, мм/хв	To, хв	N, кВт
Токарно-свердлувальна 015										
Перехід 1 Точити торець L2	2	50	1	0,0201	0,5	1587	249	793	0,0018	7,38
Перехід 2 Свердлити отвір Ø26	26	37	1	0,0735	0,21	2460	201	517	0,0009	14,7
Перехід 2 Розточити отвір начорно до Ø26,807	0,403	37	1	0,0484	0,2	4000	337	800	0,0021	1,34
Перехід 3 Розточити отвір на пів чисто до Ø27,037	0,015	37	1	0,0613	0,16	4000	340	624	0,0021	0,33
Перехід 4 Розточити отвір фінішно до Ø28,013	0,488	37	1	0,035	0,28	4000	352	1128	0,0021	2
Перехід 5 Зняти шар металу начорно	4,786	60	1	0,089	0,5	1189	151	594	0,06	1,32
Перехід 6 Зняти шар металу на пів чисто	0,14	60	1	0,0563	0,2	1958	247	391	0,09	0,22
Перехід 7 Зняти шар металу фінішно	0,07	60	1	0,084	0,1	3477	437	347	0,1	0,1

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						54

Зміст, номер операції або переходу	t, мм	L, мм	i	Tm, хв	S, мм/об	N, об/хв	V, м/хв	Sm, мм/хв	To, хв	N, кВт
Токарно-гвинторізна 020										
Перехід 1 Підрізати торець L2	2	50	1	0,0201	0,5	1587	249	793	0,0018	7,38
Перехід 2 Свердлити центровий отвір Ø4	4	9	1	0,0038	0,18	1430	197	257	0,0002	1,86
Перехід 3 Зняти шар металу начорно	12,5	54	1	0,058	0,36	2790	250	1009	0,06	4,64
Перехід 4 Зняти шар металу на пів чисто	0,11	54	1	0,056	0,11	4000	316	420	0,09	0,21
Перехід 5 Зняти шар металу фінішно	0,055	54	1	0,078	0,07	4000	314	300	0,1	0,09
Перехід 6 Розточити канавку Ø24	0,5	2	1	0,0047	0,15	2210	166	154	0,013	1
Перехід 7 Нарізати витки 4 черв'ячного гвинта	6,75	70	4	2,2	37,7	8	1,1	301,6	0,20	2,2

Джерело: побудовано автором

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						55

2.9 Технічне нормування технологічного процесу

Розраховуємо основний (машинний) час обробки:

$$T_0 = \sum t_{oi}$$

Тоді

$$t_{o1} = 0,0018 + 0,0009 + 0,0021 + 0,0021 + 0,0021 + 0,06 + 0,09 + 0,1 = 0,026 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = 0,0018 + 0,0002 + 0,06 + 0,09 + 0,1 + 0,013 + 0,20 + 0,20 + 0,20 + 0,20 = 1,065 \text{ хв}$$

Сумарний основний час на операції:

$$T_0 = t_{o1} + t_{oi} = 1,091 \text{ хв}$$

Розраховуємо допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{вст} + t_{пер} + t_{зм} + t_{к}$$

де $t_{вст}$ – час на встановлення, затискання та зняття деталі;

$t_{пер}$ – час переходу;

$t_{зм}$ – час для зміни роботи верстата;

$t_{к}$ – час на контрольні вимірювання.

$$t_{доп} = 0,5 + 0,05 + 0,06 + 0,5 = 1,11 \text{ хв}$$

Розраховуємо оперативний час операції;

$$t_{оп} = t_{oi} + t_{доп}$$

Тоді

$$t_{оп1} = 0,026 + 1,11 = 1,136 \text{ хв}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\text{оп2}} = 1,065 + 1,11 = 2,175 \text{ хв}$$

Визначаємо час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок і природні потреби, які приймаються у відсотках від оперативного часу на операцію:

$$t_{\text{обсл}} = 0,06 * t_{\text{оп}}$$

$$t_{\text{відп}} = 0,04 * t_{\text{оп}}$$

Тоді

$$t_{\text{обсл1}} = 0,06 * 1,136 = 0,068 \text{ хв}$$

$$t_{\text{відп1}} = 0,04 * 1,136 = 0,045 \text{ хв}$$

$$t_{\text{обсл2}} = 0,06 * 2,175 = 0,13 \text{ хв}$$

$$t_{\text{відп2}} = 0,04 * 2,175 = 0,087 \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучного часу на операцію:

$$t_{\text{шт}} = \sum t_{oi} + t_{\text{доп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{відп}}$$

тоді

$$t_{\text{шт1}} = 0,026 + 1,11 + 0,068 + 0,045 = 1,249 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт2}} = 1,065 + 1,11 + 0,13 + 0,087 = 2,392 \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n}$$

Тоді

$$t_{\text{шт.к1}} = 1,249 + \frac{15}{600} = 1,274 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт.к2}} = 2,392 + \frac{15}{600} = 2,417 \text{ хв}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі розраховані технічні норми часу по операціям заносяться в таблицю 14.

Таблиця 14

Технічні норми часу по операціям

Назва і номер операції	t_o , хв	$t_{доп}$, хв	$t_{оп}$, хв	$t_{обсл}$, хв	$t_{відп}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{п.з}$, хв	п, шт	$t_{штк}$, хв
015 Токарна з ЧПК	0,056	1,11	1,136	0,065	0,045	1,249	15	600	1,274
020 Токарна з ЧПК	1,065		2,175	0,13	0,087	2,392			2,417

Джерело: побудовано автором

2.10 Висновки до технологічного розділу

В технологічному розділі були проведені конкретні розрахунки щодо виготовлення та оброблення деталі, був проведений аналіз конкретних елементів, щоб зрозуміти та обрати найоптимальніший спосіб виготовити деталь «Черв'як черв'ячного мотор-редуктора». Було обрано матеріал заготовки згідно стандарту ДСТУ 7806, з'ясовано його хімічні та механічні властивості, та проаналізовано конструкцію деталі, що дало зрозуміти що обраний матеріал Сталь 40Х буде найкращим вибором для виготовлення.

Проведені розрахунки аналізу технологічності конструкції деталі, показавши те що деталь є технологічною, і завдяки матеріалу має хорошу оброблюваність. Визначено програму випуску деталей та тип виробництва, з чого було зроблено висновок що деталь буде виготовлятися в серійному типі виробництві, в середній серії по 5000 шт. в рік.

Проаналізовано і обрано найоптимальніший спосіб виготовити заготовку деталі, розглянуто обладнання за допомогою якого буде виготовлятися заготовка, а саме: «Пруток» буде виготовлятися гарячекатаним прокатом згідно стандарту ДСТУ 4738-2007 «Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий», на клітках – обладнанні для виготовлення металопрокату. Було обрано обладнання та оснащення: верстати, різці, допоміжні та вимірювальні інструменти для обробки заготовки, зафіксовано технічні характеристики верстатів згідно їх паспортним даним, та створено технологічний маршрут виготовлення деталі.

Проведено розрахунки загальних та між операційних припусків на обробку деталі в посадкових поверхнях. Проведено розрахунки режимів різання для операцій та переходів за допомогою інформаційного ресурсу «Sandvik Coromant» [24], та проведено розрахунки технічного нормування технологічного процесу згідно проведених розрахунків режимів різання.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз етапів створення керуючої програми

До початку створення керуючої програми слід ознайомитися з методами програмування за допомогою абсолютних та відносних систем координат.

При абсолютному методі програмування, координати точок відраховуються від постійного початку (нуля) координат деталі (G54 – G59) який встановлюється до введення керуючої програми в стійку верстата. Потрібно враховувати те, що для використання абсолютного методу програмування потрібно встановити початок координат деталі по координатам, відносно нульової точки координат верстата. Абсолютний метод програмування в основному використовується для механічної обробки деталі.

При відносному (інкрементному) методі програмування, координати точок відраховуються одна від одної. Тобто, якщо перша точка відраховується умовно від встановленого нуля, то друга точка буде відраховуватися від першої і так далі. Інкрементний метод програмування також може використовуватися для механічної обробки деталі, однак частіше його використовують для відводу, заміни інструменту та допоміжних переміщень, але для верстатів з ЧПК старих моделей використання відносної системи координат було обов'язковим для роботи з керуючими програмами.

Найбільш ефективним способом написання керуючої програми вважається написання в текстовому редакторі на ПК, після чого загрузити програму в стійку через USB-накопичувач.

Існують декілька методів перевірки керуючої програми на правильність її написання як в синтаксичному так і в технологічному аспектах. В даному випадку розглядається один з методів який

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується для перевірки керуючої програми під час оброблювальних операцій на деталі «Черв'як». Бекплот (Backplot) – це метод, який включає в себе графічне відтворення обробки у вигляді промальовування траєкторії центру інструменту при імітації механічної обробки з демонстрацією процесу зняття шару матеріалу. Також, на екрані стійки відображається сама керуюча програма, яка проходить покадрово і у разі виникнення помилки процес промальовування траєкторії зупиниться на відповідному кадрі, що дає змогу швидко виявити та виправити помилку.

Інші методи перевірки керуючої програми включають в себе: вмикання тестової функції відпрацювання керуючої програми на холостих ходах; покадрове відпрацювання керуючої програми; підняття нульової точки на безпечну висоту над поверхнею заготовки; обробка заготовки з пластику;

Перевірки програми та налагодження верстата з ЧПК перед роботою:

- Прискорені переміщення виконуються над поверхнею заготовки на безпечній відстані;
- Інструмент встановлений в інструментальному магазині, повинен відповідати номеру інструменту який заданий в керуючій програмі;
- В керуючій програмі повинен бути присутній М-код на увімкнення змащувально-охолоджувальної рідини (M08) та її вимкнення (M09).
- В стійці ЧПК повинні знаходитись коректні величини компенсації довжини та радіусів інструментів;
- Заготовка має бути надійно закріплена в пристосуванні;
- Кожен кадр керуючої програми має закінчуватися на «;», а сама програма починатися і закінчуватися на «%»;
- Режими різання повинні відповідати умовам обробки;
- Шпиндель повинен обертатись в потрібному напрямку;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розробка та перевірка керуючої програми

Створена керуюча програма для токарної з ЧПК 015:

%

O 000015

G54 G18 G21 G40 G80 G99;

G00 G53 X0. Z0.;

T0101; (Підрізання торця заготовки)

G50 S4000;

G97 S500 M03;

G54 G00 X55. Z0. M08;

G96 S249;

G01 X-2. F0.2;

G00 Z2. M09;

G97 S500;

G00 G53 X0. Z0.;

T0202; (Свердлування отвору на торці)

G54 G00 X0. Z2. M08;

G96 S201;

G81 G99 R5. Z-37. F0.073;

G80 M09;

G97 S500;

G00 G53 X0. Z0.;

T0303 (Розточення просвердленого отвору)

G97 S500;

G54 G00 X27.8 Z2. M08;

G96 S340;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

G01 X27.8 Z-37.;

G01 X-2.;

G00 Z2.;

G00 X28.

G01 Z-37.;

G01 X26. Z-35.;

G00 Z2.;

G97 S500.;

G00 G53 X0. Z0. M09;

T0404; (Зняття шару металу по контуру)

G97 G54 S500 M03;

G00 X55. Z2. M08;

G96 S151;

G71 P1 Q2 D2. U0.45 W0.5 F0.5;

N1 G42 G00 X38.;

G01 Z0.;

G01 X40. Z-1.;

G01 X40. Z-37.;

G03 X39.088 Z-38.73 R3.;

G01 X25.912 Z-49.27;

G02 X25. Z-50.86 R3.;

G01 Z-57.;

G02 X31. Z-60. R3.;

G01 X46.;

G01 Z-132.;

G01 X55.

N2 G40 G00 Z2.;

G96 S247;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

G96 S437;
 G70 P1 Q2 F0.1;
 G97 S500;
 G00 G53 X0. Z0. M09 M05;
 M30;
 %

Створена керуюча програма для токарної з ЧПК операції 020:

%
 O 015030
 G55 G18 G21 G40 G80 G99;
 G00 G53 X0. Z0.;

T0101; (Підрізання торця заготовки)

G50 S4000;
 G97 S500 M03;
 G55 G00 X55. Z0. M08;
 G96 S249;
 G01 X-2. F0.2;
 G00 Z2. M09;
 G97 S500;
 G00 G53 X0. Z0.;

T0505; (Свердлування центрального отвору)

G55 G00 X0. Z2. M08;
 G96 S197;
 G81 G99 R5. Z-8.9 F0.18;
 G80 M09;
 G97 S500;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

G00 G53 X0. Z0. M05;

M01;

M21;

T0404; (Зняття шару металу по контуру)

G97 G55 S500 M03;

G00 X55. Z2. M08;

G96 S250;

G71 P1 Q2 D2. U0.45 W0.5 F0.36;

N1 G42 G00 X23.;

G01 Z0.;

G01 X25. Z-1.;

G01 Z-23.;

G02 X27. Z-24. R1.;

G00 X32.;

G01 Z-38.054;

G03 X30.915 Z-39.774 R3.;

G01 X26.084 Z-43.225;

G02 X25. Z-45. R3.;

G01 Z-51.;

G02 X31. Z-54. R3.;

G00 X45.;

G01 Z-126.;

G01 X55.;

N2 G40 G00 Z2.;

G96 S314;

G96 S314;

G70 P1 Q2 F0.07;

G97 S500;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

G00 G53 X0. Z0. M09;

T0606; (Розточування канавки)

G55 G00 X27. Z-6. M08;

G96 S166;

G01 X24. F0.15;

G01 X27.;

G97 S200;

G00 G53 X0. Z0. M09;

T0707; (Нарізання витків черв'яка)

G55 G00 X45. Z-52. M08;

G76 X31.5 Z-165. K6.75 D1.5 Q0. F37.7;

G76 X31.5 Z-165. K6.75 D1.5 Q90000 F37.7;

G76 X31.5 Z-165. K6.75 D1.5 Q180000. F37.7;

G76 X31.5 Z-165. K6.75 D1.5 Q270000. F37.7;

G00 G53 X0. M09;

G53 Z0. M05;

M22;

M30;

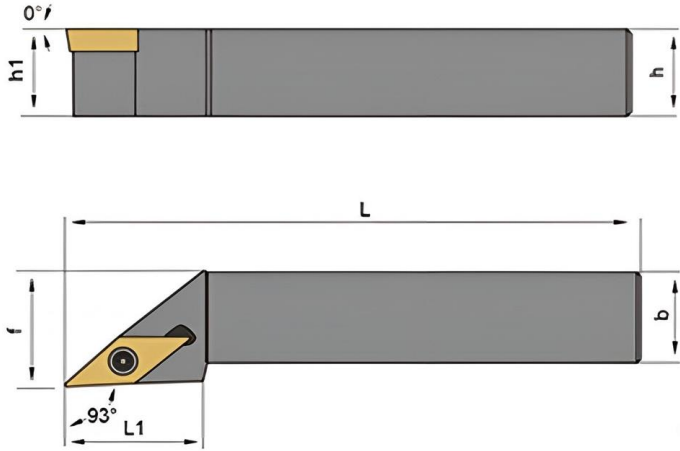
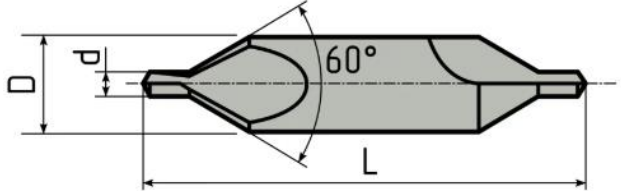
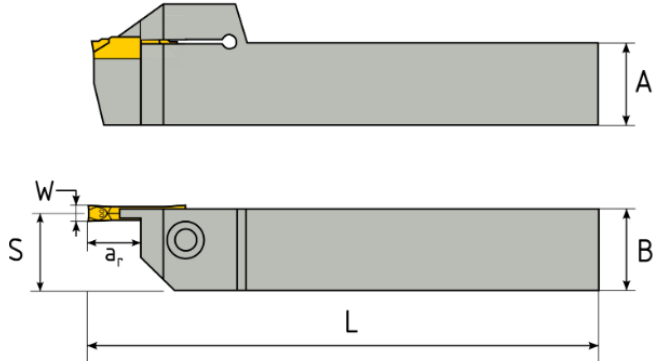
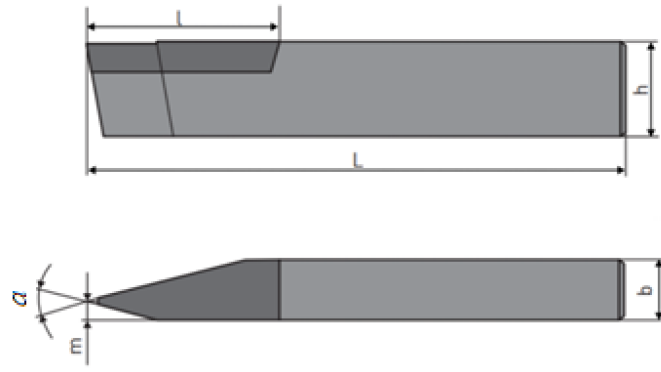
%

Для даних керуючих програм були підібрані різальні інструменти для найефективнішого оброблення деталі. Інструменти та їх характеристики наведені в таблиці 15.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різальні інструменти для механічної обробки деталі

Номер інструменту	Зображення інструменту	Параметри інструменту в мм
T01		$h = 32$ $b = 20$ $L = 140$
T02		$d = 26$ $l = 40$ $L = 160$
T03		$l = 40$ $L = 140$ $d = 12$ $m = 5,5$ $H = 20$ $N = 20$ $D = 21$

Номер інструменту	Зображення інструменту	Параметри інструменту в мм
T04		$f = 32$ $h1 = 25$ $L1 = 32$ $L = 15-$ $b = 25$ $h = 25$
T05		$D = 8,5 \text{ мм}$ $d = 4 \text{ мм}$ $L = 65$
T06		$W = 2$ $S = 15$ $a_r = 14,5$ $L = 100$ $A = 16$ $B = 16$
T07		$m = 3$ $l = 40$ $L = 120$ $b = 20$ $h = 12$ $\alpha = 50^\circ$

Джерело: побудовано автором на основі даних [26]

Розроблені керуючі програми були відпрацьовані та перевірені на навчальній стійці HAAS, що можна розглянути на рисунках 15 та 16.



Рис. 15 Відпрацьована керуюча програма 015

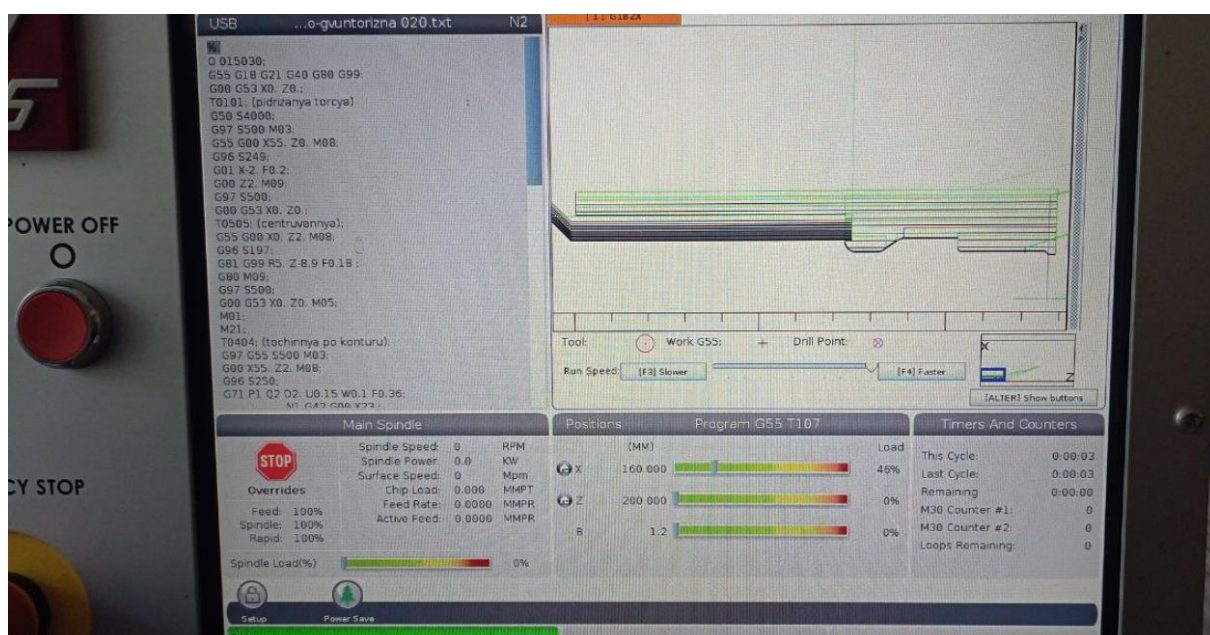


Рис. 16 Відпрацьована керуюча програма для операції 020

3.3 Висновки до спеціального розділу

В ході даного розділу було проведено аналіз етапів створення керуючої програми, з чого виявлено що деталь «Черв'як» буде перевірятися графічним методом «Бекплот».

Створено керуючу програму для токарно-свердлильної операції 015 та токарно-гвинторізної операції 020, які включають в себе, свердлування, розточування, точіння шару металу, підрізання канавки, центрування та нарізання черв'ячного гвинта деталі.

Створено таблицю інструментів з їхніми технічними параметрами, які використовуються в рамках керуючої програми.

Було відпрацьовано та перевірено керуючу програму в державному університеті «Житомирська політехніка» на навчальній стійці HAAS, та знято матеріал для даного розділу.

Отримано навички програмування навчальної стійки верстата з ЧПК та перевірки керуючих програм на їх правильність.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК ДО БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

В ході розробки бакалаврської роботи було аналітично досліджено функціональне призначення черв'ячних валів в вузлах черв'ячних редукторів та мотор редукторів, виконано аналітичний огляд літературних джерел щодо виготовлення, експлуатації та ремонту деталі «Черв'як». Був проведений патентний огляд щодо виготовлення деталі, розроблено робоче креслення деталі на основі готової збірки черв'ячного мотор-редуктора.

Проведено аналіз технологічності деталі, методів отримання заготовки та обрано найбільш ефективний для середньосерійного типу виробництва метод, визначено програму випуску таких типів деталей в рік, обрано технологічне обладнання та засоби технологічного оснащення.

Виконано розрахунки загальних та між операційних припусків на обробку посадкових поверхонь, режимів різанні та технічних нормувань технологічного процесу.

Розроблено технологічну документацію згідно виконаних розрахунків та обраного технологічного обладнання з оснащенням.

Проведено аналіз щодо етапів створення керуючої програми, методів перевірки. Обрано інструмент для обробки. Створено керуючу програму і перевірено її на навчальній стійці за допомогою методу бекплоту.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Мотор-редуктори черв'ячні одноступеневі. Перша Редукторна Компанія. URL: <https://prk.com.ua/motor-reduktory/motor-reduktory-cherv-yachni-odnostupinchati/>.
2. Конструкція черв'ячного мотор-редуктора. UA Motor. URL: <https://ua-motor.com/uk/product-category/motor-reduktori/>.
3. Де використовуються черв'якові редуктори?. Перша редукторна компанія. URL: <https://prk.com.ua/sfera-zastosuvannya-cherv-yachnyh-reduktoriv/>.
4. Черв'ячні редуктори: характеристики і методика розрахунку технічних параметрів. Прим Привод. URL: <https://promprivod.in.ua/pidkazki-dlya-kharakteristik/?srsltid=AfmBOoclubWmiPxnstEeYnFJLlh4iPvAcbDL9E-QO3ajsYvvjssX5TM>
5. Черв'ячні зубчаті пари (вали та шестерні) – технологія виготовлення, плюси та мінуси. MATRIX. URL: <https://www.metmatrix.net/chervjachna-peredacha-shesternja-ta-val-harakterystyky-pryncyp-roboty-reduktora/>.
6. Як часто потрібно міняти масло в редукторі. Перша редукторна компанія. URL: <https://prk.com.ua/yak-chasto-potribno-minyaty-maslo-v-reduktori/>.
7. Діагностика і ремонт черв'ячного редуктора. Перша редукторна компанія. URL: <https://prk.com.ua/diagnostyka-i-remont-cherv-yachnogo-reduktora/>.
8. Черв'ячні редуктори і мотор-редуктори: особливості конструкції, плюси і мінуси, популярні моделі. ТОВ "Завод "Зевс" Харків". URL: <https://krepzevs.com.ua/ua/a463083-chervyachnye-reduktory-motor.html>.
9. Технологія обробки черв'ячних передач. Elib LNTU. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/посібник%20Божко%20Тетяна%20Євгенівна%20готовий/page14.html.
10. Method for manufacturing a worm shaft for a gearbox and gearbox incorporating same : пат. US6745640B2 США : F16H 55/30. № US10/147,220; заявл. 15.05.2002 ; опубл. 08.06.2004. URL: <https://patents.google.com/patent/US6745640B2/en?q=US6745640B2>.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

11. Марка сталі 40Х: використання, хімічний склад та властивості. ОЛТЕХ.
URL: <https://olteh.com.ua/articles/2664264-marka-stali-40h-vikoristannya-himichniy-sklad-ta-vlastivosti/>.
12. Сталь 40Х: аналоги, властивості, характеристики.: МЕТІНВЕСТ-СМЦ.
URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-40kh/?srsltid=AfmBOoreXgZzgAscq5ZOuiCiJyGdINveu--VlopvsyMPI2m4Ssq2ZNi2>.
13. ДСТУ 7806:2015.: Прокат із легованої конструкційної сталі, технічні умови. На заміну ГОСТ 4543 ; чинний від 22.06.2015. М. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2015. 46 с. URL: <http://dkzdnep.com/wp-content/uploads/2019/06/DSTU-7806-2015.pdf>.
14. Одиничний, серійний, масовий типи виробництва: порівняльна характеристика. ОСВІТА.UA. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/econom_theory/21669/.
15. Серійне виробництво. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Серійне_виробництво.
16. Металопрокат. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Металопрокат>
17. Вальцювання. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Вальцювання>
18. Гарячекатаний прокат: переваги використання.: Vikant. URL: <https://vikant.com.ua/ua/news/garjachekatanij-prokat-perevagi-vikoristannja>.
19. Лекція "Робочі кліти прокатних станів". На Урок. URL: <https://naurok.com.ua/lekciya-robochi-kliti-prokatnih-staniv-132944.html>.
20. ДСТУ 4738-2007. Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий, сортамент. На заміну ГОСТ 2590-2006 ; чинний від 01.10.2007. М. Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2007. 30 с. URL: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/vigotovleniya-mk-mizhnarodna-gilka-standarty/18-dstu-4738-2007-gost-2590-2006-prokat-sortovij-stalevij-garyachekatanij-kruglij-sortament.pdf>.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

21. ST-20. HAAS F1 Team. URL:
<https://www.haascnc.com/uk/machines/lathes/st/models/standard/st-20.html>.
22. Standart SL-320. STANDART MACHINE TOOLS. URL:
<https://www.stdmt.com/collections/range-of-slotting-machines/products/sl-320>.
23. Transverse 610.440 DGH. Bomar Saws. URL: <https://bomar-saws.com/products-band-saws/transverse/transverse-610-440-dgh.html>.
24. Sandvic Coromant CoroPlus. URL:
<https://toolguide.sandvik.coromant.com/TouchTime/Coromant/Home#/taskSetup/material>.
25. Worm Gear Reducer. GrabCad. URL: <https://grabcad.com/library/worm-gear-reducer-13>.
26. Різальний інструмент. Abplanalp Tools. URL:
<https://abplanalp.tools/rizalnyy-instrument>.
27. Кирилович В. А., Мельничук П., Яновський В. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. М. Житомир : ЖІТІ/МОіН, 2001. 600 с.
28. Кирилович В., Мельничук П., Яновський В. Технологія автоматизованого виробництва: Підручник. М. Житомир : ЖДТУ, 2008. 1014 с.
29. Допуски, посадки та технічні вимірювання, практикум. Частина 2 / Ю. Адаменко та ін. Івано-Франківськ : "Симфоні форте", за сприяння НТУУ "КПІ", 2016. 188 с.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

[illegible]

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет комп'ютерно інтегрованих технологій мехатроніки і робототехніки
Кафедра механічної інженерії

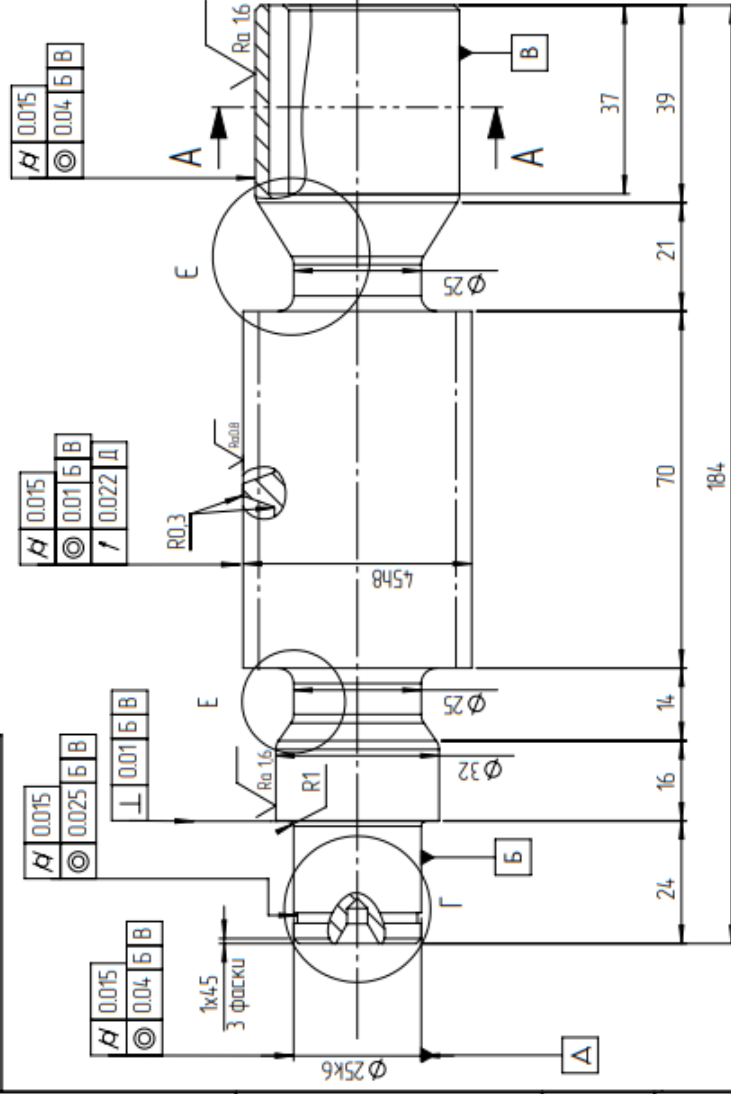
КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Обробки деталі «Черв'як»

Розробив _____ Кухар В.О.
Перевірів _____ Немировський Я.Б.

2025

[illegible]



α	0.015
β	0.04

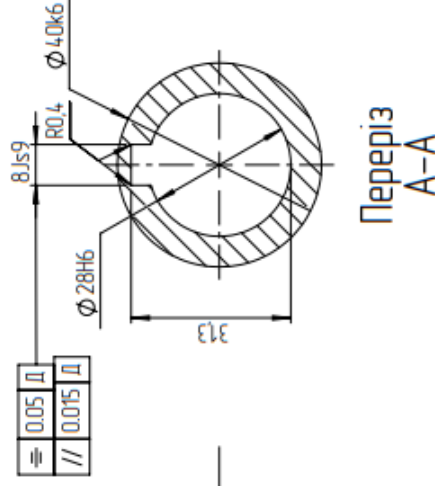
α	0.015
β	0.015

0.015	μ
0.025	σ

μ	0.015
σ	0.0458

0.023	0.0
1	0.0158

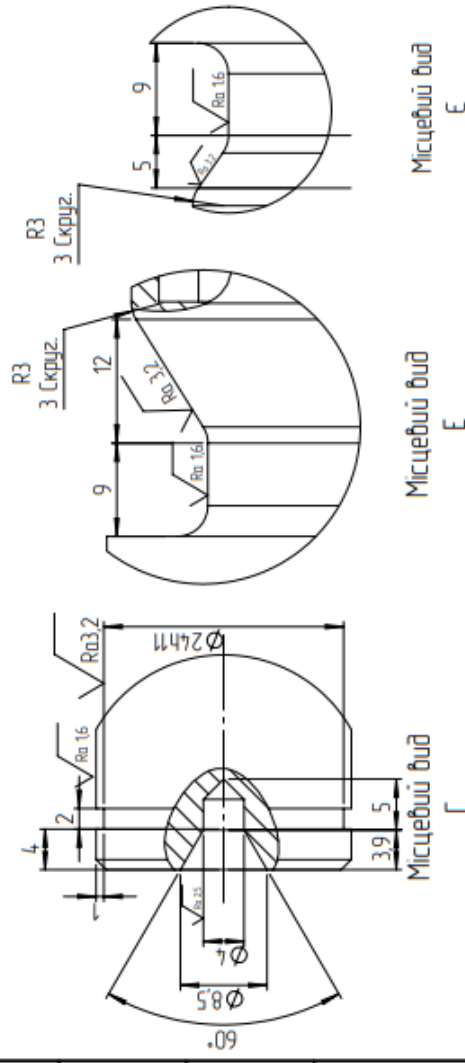
1	0.022	Д
---	-------	---



$\equiv$	0.05	Δ
//	0.015	Δ

$\frac{R0.4}{\phi 40k6}$

Модуль	m	3
Кількість випробів	z1	4
Напрямлення випробів	-	/libe
Степень точності	IT	8
Дільний діаметр	d1	39
Хід вилка	Pz	37,7
Вид черв'яка	ZA	Архімедів
Зовнішній діаметр вершин зубів	da1	45н8



R3
3 крчз.

R3
3 Скрыт

1

9

Ra 16



ព្រះបាទស៊ីហម

Місцевий буд

၁၂၅

1

MI 1310.2/Б 102/с 012 01-КД[illegible]

