

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Конструювання спеціальної бабки з метою розширення
технологічних можливостей токарного верстата для обробки черв'яків
діаметрами до 100 мм.**

Виконав (ла): студент (ка) **IV** курсу, групи **МВ-41**
спеціальності **133 «Галузеве машинобудування»**

(шифр і назва спеціальності)

Керівник

(підпис)

Горбатюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Гагалюк А.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Крупа В.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«27» січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Горбатюку Олегу Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Конструювання спеціальної бабки з метою розширення технологічних можливостей токарного верстата для обробки черв'яків діаметрами до 100 мм.

Керівник роботи старший викладач кафедри ВІ, ГАГАЛЮК Андрій Валерійович, к.т.н
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» січня 2025 року № 4/7-35.

2. Термін подання студентом завершеної роботи до 21 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний кресленик деталі «Черв'ячний вал», базовий технологічний процес виготовлення деталі, технічний паспорт верстата 16Б25П

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, 1. Аналітичний розділ: аналіз завдання, призначення деталі, характеристика матеріалу деталі та заготованки, визначення типу та організаційної форми виробництва характеристика типу виробництва.

2. Технологічний розділ: аналіз методу отримання заготовки, вибір базування, проектування маршруту оброблення, підбір верстатного обладнання та інструментального забезпечення, аналітичний розрахунок припусків і режимів різання для однієї ТО (для решта ТО табличним методом),

3. Конструкторський розділ: конструювання та розрахунок спеціальної шліфувальної бабки для шліфування черв'яків на токарно-гвинторізному верстаті.

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Висновки. Перелік посилань.

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Робоче креслення деталі «Черв'ячний вал», кінематична схема верстата 16Б25П – 1фА1, Складальні кресленики спеціальної шліфувальної бабки – 2фА1, налагодження на технологічні операції – 1фА1, коробка подач -1фА0

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності</i>	<i>к.т.н., доц зав. каф МТ Окіпний І.Б.</i>		
<i>та основи хорони праці</i>			
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доц. Кобельник В.Р.</i>		

7. Дата видачі завдання 27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Горбатюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гагалюк А.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Горбатюк О. В. «Конструювання спеціальної бабки з метою розширення технологічних можливостей токарного верстата для обробки черв'яків діаметрами до 100 мм» : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавр : спец. 133 – галузеве машинобудування / кер. А. В. Гагалюк. Тернопіль : факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВ-41.: ТНТУ, 2025..

В кваліфікаційній роботі виконано технологічні розрахунки щодо оптимального вибору заготовки деталі «Черв'як», підібрано верстатне обладнання, різальний та вимірний інструмент для технологічного процесу обробки деталі, розраховано та сконструйована спеціальна шліфувальна бабка для шліфування черв'яків на токарно-гвинторізних верстатах. В розділі з безпеки життєдіяльності та основ охорони праці розраховано місцеве освітлення, вплив кольорів на працездатність працівників.

Ключові слова: припуск, технологічний процес, різальний інструмент, базова поверхня, підшипник, чорнова обробка, чистова обробка, фрезерування.

Annotation

Horbatyuk Oleg. Design of a special headstock to expand the technological capabilities of a lathe for machining worms with diameters up to 100 mm. // Bachelor's qualification work. Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies, Department of Design of Machine Tools and Machines, Group MV-41.: TNTU, 2025

In the qualification work, technological calculations were performed on the optimal choice of the workpiece "Worm", machine tools, cutting and measuring tools for the technological process of processing the part were selected, a special grinding headstock for grinding worms on screw-cutting lathes was calculated and designed.

Keywords: allowance, technological process, cutting tool, base surface, bearing, roughing, finishing, milling.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АНОТАЦІЯ	Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Горбатюк О.В.							
Перевір.	Гагалюк А.В.						4	1
						ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВ-41		
Н. контр.	Кобельник В.Р.							
Затверд.	Крупа В.В.							

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Аналіз завдання на проект та обґрунтування напрямку роботи	8
1.2 Огляд деталі	9
1.3 Літературний огляд	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	14
2.1 Розробка технологічного маршруту обробки деталі	14
2.1.1 Призначення і конструкція деталі	14
2.1.2 Аналіз технологічності оброблюваної деталі	14
2.2 Визначення типу виробництва.....	16
2.3 Вибір і визначення ціни заготовки	19
2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту і попередній техніко-економічний розрахунок	21
2.5 Технологічний маршрут виготовлення деталі «Черв'як».....	27
2.6 Розрахунок і визначення припусків на механічну обробку.....	29
2.7 Розрахунок режимів різання	34
2.8 Нормування технологічного маршруту	38
2.9 Визначення необхідної кількості обладнання і побудова графіків	39
2.10 Визначення затрат по статтям собівартості деталі	42
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	46
3.1 Опис компонувальних та конструктивно-експлуатаційних можливостей верстату	46

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ				Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Горбатюк О.В.									
Перевір.		Гагальук А.В.								5	2
Рецензент									ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВс-41		
Н. контр.		Кобельник В.Р.									
Затверд.		Крупа В.В.									

3.2	Аналіз схеми формоутворення поверхні деталі “Черв’як” на токарно-гвинторізному верстаті	46
3.3	Розробка структурно-кінематичної та кінематичної схем верстату	48
3.4	Конструкція та розрахунок шліфувальної головки	49
3.5	Автоматизований розрахунок пасової передачі	50
3.6	Загально-силовий розрахунок шліфувальної головки	53
3.7	Конструювання коробки подач.....	54
3.7.1	Опис конструкції та принцип роботи	54
3.7.2	Загальний кінематичний розрахунок	55
3.7.3	Силовий розрахунок	59
3.7.4	Розрахунок ходового гвинта	62
4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	64
4.1	Розрахунок місцевого освітлення для проектного верстату	64
4.2	Вплив кольору на покращення умов праці.....	65
4.3	Інструкція техніки безпеки на верстат.....	69
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	71
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	79
	Додаток А.....	80

ВСТУП

Машинобудування є основою науково-технічного прогресу в різних галузях народного господарства. Неперервне удосконалення і розвиток машинобудування пов'язано з прогресом верстатобудування, оскільки металорізальні верстати разом з деякими іншими видами технічних машин забезпечують виготовленнялюбих видів обладнання.

Широко застосовують універсальні і спеціальні верстати і напівавтомати, автоматизовані агрегатні верстати, автоматичні лінії в умовах багатосерійного і масового виробництва.

На багатьох машинобудівних підприємствах виготовляють продукцію невеликими партіями або у виді одиничних виробів.

Сучасні металорізальні верстати забезпечують виключно високу точність оброблених деталей. Відповідальні поверхні найбільш важливих деталей машин і приладів обробляють на верстатах з похибкою в долях міліметрів, а шорсткість поверхні при алмазному точінні не перевищує сотих долей міліметра.

Вимоги до точності у машинобудуванні постійно зростають, ставляться нові задачі перед верстатобудуванням.

Сучасний рівень технічного прогресу, неперервне створення нових вдосконалених автоматизованих машин, заснованих на використанні нових досягнень науки, потребують підготовки високоосвічених інженерів, які володіють глибокими теоретичними знаннями і добре володіють новою технікою і технологією виробництва.

					<i>КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Горбатюк О.В.						
Перевір.		Гагальок А.В.					7	1
Рецензент						<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВс-41</i>		
Н. контр.		Кобельник В.Р.						
Затверд.		Крупа В.В.						

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз завдання на проект та обґрунтування напрямку роботи

Метою дипломної роботи є вдосконалення конструкції токарно-гвинторізного верстату мод. 16Б25П і розширення його технологічних можливостей шляхом розробки спеціальної шліфувальної бабки для можливості шліфування гвинтових поверхонь.

Вихідними даними на проект є робоче креслення деталі-представника, технічні умови на її виготовлення і технічний паспорт верстату мод. 16Б25П.

Токарно-гвинторізний верстат мод. 16Б25П є базовою моделлю з певними технічними можливостями і здатний забезпечувати формоутворення циліндричних, торцевих поверхонь лезовим інструментом – різцем, свердлами, зенкерами, розвертками, мітчиками, – є широкоуніверсальним, але з певними обмеженнями.

Робоче креслення деталі дає уявлення про характер формоутворення поверхонь, їх розміщення, можливості формоутворення, характер використовуваних ріжучих інструментів.

Крім наявних технологічних операцій виконуваних на верстатах токарно-гвинторізної підгрупи, завданням ставиться мета забезпечити на них викінчену обробку гвинтових поверхонь, яка має свої особливості і вимагає від верстатів певних функціональних рухів і їх взаємопогодження. Ці рухи повинні бути прив'язані до існуючої кінематики, компоновки базової моделі верстату.

На основі заданих вихідних даних на проект передбачаємо прив'язку до базової моделі, проведення її вдосконалення з умовою забезпечення викінченої обробки гвинтових поверхонь деталі абразивними шліфувальними кругами.

Вдосконалення конструкції широкоуніверсального токарно-гвинторізного верстату повинно бути супроводжено технологічними та конструкторськими розрахунками.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Горбатюк О.В.			1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ			Лім.	Арк.	Акрушів		
Перевір.		Гагальок А.В.								8	6	
								ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВ-41				
Н. контр.		Кобельник В.Р.										
Затверд.		Крупа В.В.										

1.2 Огляд деталі

Для рішення поставленого завдання необхідно проаналізувати існуючі варіанти викінченого формоутворення гвинтових поверхонь, зокрема з використанням можливостей токарно-гвинторізних верстатів.

При кінцевій обробці гвинтових поверхонь використовують різні конструктивні форми шліфувальних кругів, що вимагає певних функціональних рухів.

Черв'яки шліфують дисковими, чашечними і пальцевими кругами.

Дисковими кругами шліфують Архімедові, евольвентні і нелінійчасті черв'яки. При двохсторонньому шліфуванні дисковим кругом вісь обертання круга, як при шліфуванні, нахилена до осі черв'яка під кутом піднімання витка на ділильному діаметрі.

Для шліфування архімедових і евольвентних черв'яків при такому встановленні круг повинен мати криволінійний профіль, одержаний шляхом правлення по шаблону, профіль яких розраховується так само, як і для дискових фрез.

При малих кутах піднімання архімедові черв'яки невисокої точності (ІТ8, ІТ9) можна шліфувати прямобічним кругом. Одержана при цьому похибка профілю зменшується із зменшенням діаметру круга.

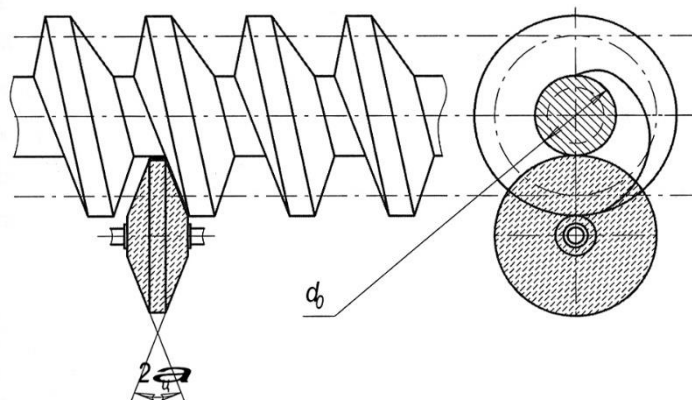


Рисунок 1.1 – Схема шліфування евольвентного черв'яка однією стороною дискового круга

Для спрощення пристрою правки круга можлива заправка круга по радіусу.

При односторонньому шліфуванні евольвентних черв'яків дисковим кругом з

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прямолінійним профілем (рис. 1.1) твірна круга повинна співпасти з твірною черв'яка. Для шліфування евольвентного черв'яка плоскою стороною дискового круга вісь круга повертається в горизонтальних і вертикальних площинах.

Чашечні конічні круги використовують для одностороннього шліфування евольвентних і Архімедових черв'яків. Схема встановлення круга показана на рис. 1.2. Чашечні круги забезпечують краще приближення до Архімедового черв'яка, чим дискові круги того ж діаметру. Точна Архімедова поверхня буде при криволінійному профілі круга.

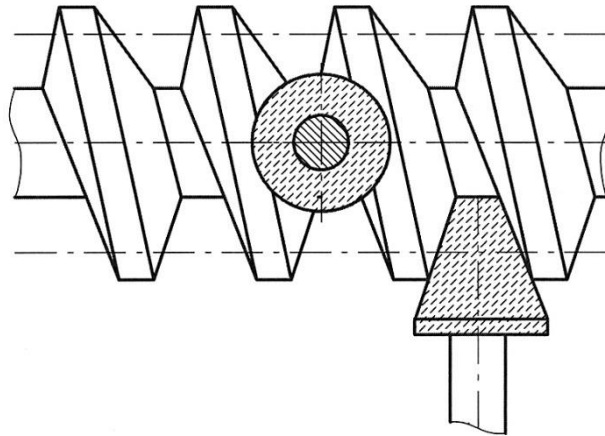


Рисунок 1.2 – Схема шліфування евольвентного черв'яка чашечним кругом

Пальцеві круги застосовують, як для одностороннього, так і для двостороннього шліфування крупномодульних черв'яків ($m > 15$ мм). Одностороннє шліфування застосовують при обробці евольвентних черв'яків. Круг встановлюють так, що його прямолінійна твірна співпадає з прямолінійною твірною евольвентної твірної поверхні.

При двосторонньому шліфуванні Архімедових і евольвентних черв'яків пальцевий круг повинен мати криволінійний профіль, вісь круга повинна пересікати вісь черв'яка під прямим кутом (рис. 1.3).

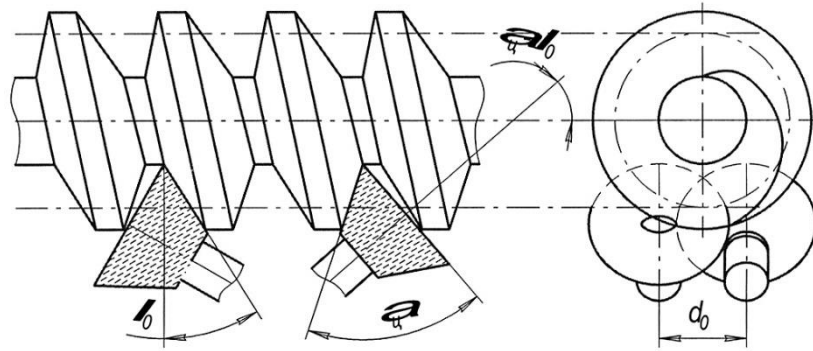


Рисунок 1.3 – Схема шліфування черв'яка пальцевим кругом

Черв'ячні колеса нарізають на зубофрезерних верстатах по методу обкатки з радіальною, тангенціальною або комбінованою подачею. Метод радіальної подачі забезпечує найбільшу продуктивність і використовується при чорновому нарізанні зубів циліндричною черв'ячною фрезою. Метод тангенціальної подачі забезпечує високу точність і застосовується при чистовому нарізанні зубів конусно-циліндричною черв'ячною фрезою

Комбінований метод полягає в застосуванні радіальної подачі на етапі основного знімання і тангенціальної подачі при обробці колеса, тобто з початку колесо нарізають з використанням радіальної, а потім тангенціальної подачі.

В умовах дрібносерійного виробництва і для коліс круглого модуля зуби нарізають за допомогою летучих різців по методу тангенціальної подачі. Черв'ячне нарізання впадин коліс можна виготовляти також на універсально-фрезерних верстатах з ділильною головкою дисковими фрезами.

Шевінгування є кінцевою операцією при обробці зубів коліс 6-тої і більш високої ступені точності.

В якості інструменту використовують черв'ячні шевери. Шевінгування здійснюють методом радіальної та колової подачі. В обох випадках механізм приводу стола не працює і колеса повертаються за рахунок обертання фрези-шевера.

Після обробки однієї сторони зуба напрям обертання шевера змінюється і виконується шевінгування іншою частиною шевера. Припуск під шевінгування залишають в залежності від модуля колеса від 0,1 до 0,6 мм на товщину зуба.

Для досягнення високої точності спряження профілів колеса і черв'яка шліфування черв'ячного шевера і черв'яка виконується на одному і тому ж верстаті при однаковому налагодженні. Всі основні розрахункові параметри у шевера приймається такими, як у відповідному йому черв'яка.

1.3 Літературний огляд

Деталь «Червяк» виготовляється зі сталі марки 45, що обумовлено її експлуатаційними вимогами. Тип виробництва визначається програмою випуску, яка впливає як на метод виготовлення, так і на вибір обладнання. Залежно від цього, оброблення може виконуватись на універсальних або ЧПК-верстатах [1]. Геометрія деталі дозволяє здійснювати близько 75–80% усіх операцій на одному токарному верстаті з ЧПК. Щоб забезпечити належне програмування, креслення мають відповідати стандартам ДСТУ [30]. Використання сучасного програмного забезпечення САПР [3, 16, 19, 56, 70] значно підвищує ефективність проектування та створення програм для верстатів з ЧПК.

Згідно з конструктивними вимогами, будь-який вал повинен містити шпонкові пази для передавання крутного моменту, які виготовляють фрезеруванням за допомогою шпонкової фрези [55]. Дослідження в галузі різання займають важливе місце у науковій діяльності кафедри ВІ, зокрема у роботах [11, 17, 26-29, 34-41, 50]. Публікації [18, 31, 55] аналізують сучасні адаптивні системи різання та їхній вплив на процес оброблення.

Верстати повинні гарантувати необхідну жорсткість конструкцій [2, 4], належну міцність [22], а також точність позиціонування інструмента щодо заготовки [46, 49]. Технологічна підготовка виробництва включає розроблення маршруту оброблення [47], підбір інструменту [5] і МРВ [27-29, 45]. Математичне моделювання є важливим інструментом для розв'язання та запобігання проблем [5-12].

Прогнозування розвитку верстатів дає змогу оцінити майбутні напрями вдосконалення, як зазначено в [18, 24]. Через велику кількість рухомих вузлів у верстатах, дослідження їхнього впливу на точність оброблення, особливо в умовах динаміки [13], є критично важливими [21, 42, 44]. У роботі також розглядаються

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аспекти екології [20], охорони праці [25], цивільної безпеки [65] і безпеки життєдіяльності [14].

					<i>КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка технологічного маршруту обробки деталі

2.1.1 Призначення і конструкція деталі

Черв'ячна передача складається з черв'ячного вала і черв'ячного колеса, що є різновидністю косозубого колеса. Черв'ячні передачі відносяться до зубчасто-гвинтових. Якщо в зубчасто-гвинтовій передачі кути нахилу зубів прийняти такими, щоб зуби охоплювали її навколо, то ці зуби перетворюються в гвинти різі, шестерня – в черв'як, а передача – з гвинтової зубчастої в черв'ячну. Перевага черв'ячної передачі в порівнянні з гвинтовою зубчастою в тому, що початковий контакт ланок відбувається по лінії, а не в точці.

Архімедовий черв'як в осьовому січенні має трапецивидний профіль різі. В торцевому січенні витки різі окреслені архімедовою спіраллю, тому черв'як і отримав свою назву.

Черв'яки для силових передач виготовляють з вуглецевих чи легованих сталей з відповідною термообробкою, що забезпечує високу твердість робочих поверхонь. Черв'яки з сталей 15Х, 20Х, 12ХН2, 18ХГТ, 20ХФ і т.д. Піддають цементації і закалюванню до твердості HRC44...55. Черв'яки з покращених і нормалізованих сталей застосовують в тихохідних і мало навантажених передачах, а також при відсутності обладнання для їх шліфування.

2.1.2 Аналіз технологічності оброблюваної деталі

Деталь виготовляється із стандартної уніфікованої заготовки, отриманої раціональним методом. Розміри і поверхні деталі мають відповідно оптимальну точність і шорсткість. Фізико-хімічні і механічні властивості матеріалу, жорсткість деталі, її форма і розміри відповідають вимогам технології виготовлення. Показники базової поверхні (точність, шорсткість) деталі забезпечують точність установки, обробки та контролю.

					<i>КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Горбатюк О.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Гагальок А.В.</i>					<i>14</i>	<i>31</i>
						<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВ-41</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Крупа В.В.</i>						

Конструкція деталі забезпечує можливість використання типових і стандартних технологічних процесів її виготовлення. Деталь «Черв'як» виготовляється зі сталі Сталь 45 ДСТУ ГОСТ 7809:2015 [1]. В якості заготовки доцільно вибрати штампування, оскільки це дає значну економію матеріалу або прокат. В нашому випадку доцільно виготовляти черв'як разом з валом (з однієї заготовки). Таким чином в технологічному процесі повинні бути присутні наступні операції:

- виготовлення заготовки з прокату;
- токарна операція;
- зуборізна операція;
- шліфувальна операція.

Відсутні поверхні з особливими вимогами до точності виготовлення та шорсткості. Останньою операцією повинно бути шліфування шийок під підшипники кочення.

Розрахуємо коефіцієнти:

- коефіцієнт точності обробки деталі:

$$k_m = \frac{Q_{mч.н.}}{Q_{mч.о.}} \quad (2.1)$$

де $Q_{mч.н.}$ – кількість розмірів з необґрунтованим ступенем точності;

$Q_{mч.о.}$ – загальна кількість розмірів, що підлягає обробці.

$$k_m = \frac{2}{16} = 0,125$$

- коефіцієнт використання матеріалу:

$$k_m = \frac{M_{\partial.}}{M_{з.н.}} \quad (2.2)$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де M_{∂} – маса деталі, кг;

$M_{з.п.}$ – маса заготовки, кг.

$$k_{м.} = \frac{7,508}{10,1} = 0,744.$$

■ коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі:

$$k_{ш.} = \frac{O_{ш.н.}}{O_{ш.о.}} \quad (2.3)$$

де $O_{ш.н.}$ – число розмірів з необґрунтованим ступенем шорсткості;

$O_{ш.о.}$ – загальна кількість розмірів, що підлягає обробці.

$$k_{ш.} = \frac{5}{16} = 0,3125.$$

2.2 Визначення типу виробництва

В серійному виробництві кількість деталей в партії для одночасного запуску визначають за [9, 10]:

$$n = \frac{N \times a}{F} \quad (2.4)$$

F – число робочих днів у році, $F=253$ дн;

N – річна програма випуску деталей (розрахункова);

$a = 10$ – число днів, на які необхідно мати запас деталей (періодичність запуску – випуску, що відповідає потребам складання),

$$N = N_1 \times m \times \left(1 + \frac{B}{100}\right), \quad (2.5)$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $N_1 = 3500$ шт. – річна програма випуску деталей (задана);
 $m=1$ шт. – кількість деталей даної назви в виробі;
 $B=5\%$ – кількість деталей, які необхідно виготовити додатково в якості запасних частин, задане в процентах від річної програми.

$$N = 3500 \times 1,0 \times \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 3675 \text{ шт.}$$

$$n = \frac{3675 \times 10}{253} = 146 \text{ шт.}$$

Всього виготовляється за рік 3675 шт., з яких 146 шт. – в якості запасних.

Можна вважати, що тип виробництва залежить від двох факторів, а саме:

- заданої програми випуску деталей;
- трудоемності виготовлення деталі.

На основі заданої програми розраховують такт випуску деталі:

$$t_e = \frac{F_d \times 60}{N}, \quad (2.6)$$

де $F_d = 2030$ год. – дійсний річний фонд роботи обладнання при роботі в 1 зміну;

$N = 3675$ шт. – річна програма випуску деталей (розрахункова);

$$t_e = \frac{2030 \times 60}{3675} = 33,14 \text{ хв/шт.}$$

Трудомісткість визначається середнім штучним часом $T_{шт}$, по операціях діючого на виробництві чи аналітичному процесу:

$$T_{шт.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.i}}{n}, \quad (2.7)$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $T_{шт.i}$ – штучний чи штучно-калькуляційний час на кожній операції, хв;
 $n=3$ – число операцій.

Наближений час штучно-калькуляційний аналогічного технологічного процесу визначаємо з таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Визначення наближеного штучно-калькуляційного часу по операціях і переходах [9]

Технологічна операція	Перехід	Формула, для розрахунку часу	T_0	$T_{шк}$
Операція 005				
Встановлення 1	Перехід 1	$0,000037 \times d \times d$	0,072	0,124
	Перехід 2	$2 \times 0,00017 \times d \times l$	0,990	1,700
	Перехід 3	$2 \times 0,00017 \times d \times l$	0,571	0,983
	Перехід 4	$0,00017 \times d \times l$	0,018	0,030
	Перехід 5	$0,00017 \times d \times l$	0,034	0,060
	Перехід 6	$0,000017 \times (D \times D - d \times d)$	0,004	0,007
Встановлення 2	Перехід 7	Аналогічно 1	0,072	0,124
	Перехід 8	Аналогічно 2	0,990	1,700
	Перехід 9	Аналогічно 3	2,258	3,884
	Перехід 10	Аналогічно 3	0,797	1,372
	Перехід 11	Аналогічно 4	0,018	0,030
	Перехід 12	Аналогічно 4	0,015	0,025
	Перехід 13	Аналогічно 5	0,029	0,056
	Перехід 14	Аналогічно 6	0,004	0,007
	Перехід 15	Аналогічно 10	2,720	4,678
Операція 010				
Встановлення 1	Перехід 1	$0,007 \times l \times n$	140,85	259,16
Операція 015				
Встановлення 1	Перехід 1	$0,0025 \times l$	0,5	1,05

Таким чином, $T_{шт}=275$ шт.

$$T_{шт.сер.} = \frac{275}{4} = 56,25 \text{ хв.}$$

Відношення цих величин прийнято називати коефіцієнтом серійності k :

$$k = \frac{t_6}{T_{um.сер.}} \quad (2.8)$$

$$k = \frac{33,14}{56,26} = 0,682$$

при $k < 1$ – виробництво масове.

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P} \quad (2.9)$$

де O – число різних операцій виконуваних на дільницях;

P – число робочих місць.

$$K_{з.о.} = \frac{17}{7} = 2,44.$$

Оскільки $1 < k_{з.о.} < 10$, то виробництво великосерійне.

Розбіжність у визначенні типу виробництва пов'язане з похибками методик.

2.3 Вибір і визначення ціни заготовки

Виходячи з матеріалу деталі, конфігурації і розмірів в якості заготовки візьмемо Пруток Сталь 45 кр. 105П×2000 ГОСТ 21487-76.

Подальшу обробку можна виконувати двома шляхами:

- виготовляти заготовку безпосередньо з прутка;
- застосувати штамповку в якості формування заготовки.

Очевидно, що технологічний процес виготовлення деталі суттєво залежить від способу отримання заготовки. Розраховуємо вартість кожного з типів заготовки і виберемо дешевший.

Варіант 1 (для сталевих прокату)

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$L = 2000$ мм – довжина прутка;

$l = 395$ мм – довжина заготовки, що відрізається для виготовлення однієї деталі;

$b = 3$ мм – товщина відрізної пили.

Із одного прутка отримуємо 5 заготовок ($5 \times (395 + 3) = 1990$ мм).

Таким чином з прутка залишається $2000 - 1990 = 10$ мм. відходів у вигляді обрізки, тобто $D = 10/5 = 2$ мм відходів у вигляді обрізка на одну деталь. Для деталей, що виготовляються з прокату, витрати на заготовку визначаються по вазі прокату, що витрачається на виготовлення деталі і вазі стружки. При цьому приймається до уваги стандартна довжина прутка, відходи на відрізання:

$$m_{\text{відх.}} = \pi \times \rho \times r^2 \times H \quad (2.10)$$

де $m_{\text{відх.}}$ – маса стружки, що утворюється при відрізання стружки, кг;

$r = 52,5$ мм = 0,0525 м – радіус прутка;

$\rho = 7800$ кг/м³ – густина матеріалу прутка для сталі;

$H = H_1 + D = 3 + 2 = 5$ мм = 0,005 м – ширина відрізної пили з врахуванням приведеної величини відходів у вигляді обрізка на одну деталь.

$$m_{\text{відх.}} = 3,14 \times 7800 \times 0,0525^2 \times 0,005 = 0,34 \text{ кг.}$$

Ціну заготовки визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг.}} = Q \times S - (Q - q + m_{\text{відх.}}) \times \frac{S_{\text{відх.}}}{1000}, \quad (2.11)$$

де $Q = 3,14 \times 7800 \times 0,0525^2 \times 0,4 = 26,678$ кг – маса заготовки;

де $S = 42500 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$ – ціна 1 т. металопрокату круг Сталь 45;

$S_{\text{відх}} = 4000 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$ – базова ціна 1 т. відходів;

$q = 7,508$ кг – маса деталі;

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{\text{заг.прокат}} = 26,678 \times 42,5 - (26,678 - 7,508 + 0,34) \times \frac{4000}{1000} = 1055,78 \text{ грн.}$$

Варіант 2 (для штамповки):

Ціну штамповки визначаємо за формулою, попередньо визначивши складові цієї формули.

$Q = 10,1$ кг – маса штамповки;

$$S_{\text{заг.штамп.}} = 10,1 \times 42,5 - (10,1 - 7,508 + 0,34) \times \frac{4000}{1000} = 417,53 \text{ грн.}$$

Таким чином, штамповка виходить дешевшою більше ніж у 2 рази ($417,53 \text{ грн} < 1055,78 \text{ грн}$), тому приймаємо цей вид заготовки для подальшої розробки. Річний економічний ефект для вибору заготовки складе:

$$E_{\text{заг.}} = (S_{\text{заг.прокат}} - S_{\text{заг.штамп.}}) \times N \quad (2.12)$$

$$E_{\text{заг.}} = (1055,78 - 417,53) \times 3675 = 2345568,75 \text{ грн.}$$

2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту і попередній техніко-економічний розрахунок

Розглянемо два варіанта технологічного процесу виготовлення деталі «Черв'як» і зведемо їх у табл.

Варіант А

Операція 005 Токарна (токарно-гвинторізний верстат мод. 1К62)

Встановлення 1. Базування по поверхні Б.

Перехід 1: Чистове підрізання торця, поверхня Д, діаметр 44 мм, $t=1$ мм – за один прохід.

Перехід 2: Обточування поверхні Г – з діаметра 56 мм до діаметру 52 мм, довжина проточування 56 мм.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перехід 3: Обточування поверхні Д – з діаметра 44 мм до діаметру 40,5 мм, довжина проточування 42 мм.

Перехід 4: Точіння фаски $2 \times 45^\circ$ на діаметрі 52 мм, $t=2$ мм – за один прохід.

Перехід 5: Точіння фаски $5 \times 30^\circ$ на діаметрі 40 мм, $t=5$ мм – за один прохід

Перехід 6: Точіння паза під вихід шліфувального круга на діаметрі 40,5 мм, поверхня Д, глибина різання $t=1$ мм – радіус заготовки в місці точіння 40,5 мм, ширина $H=2$ мм

Встановлення 2. Базування по поверхні Г.

Перехід 7: Чистове підрізання торця, поверхня А, діаметр 44 мм, $t=1$ мм – за один прохід

Перехід 8: Обточування поверхні В – з діаметра 56 мм до діаметру 52 мм, довжина проточування 56 мм.

Перехід 9: Обточування поверхні Б – з діаметра 44 мм до діаметру 40,5 мм, довжина проточування 164 мм.

Перехід 10: Обточування поверхні А – з діаметра 40,5 мм до діаметру 35 мм, довжина проточування 67

Перехід 11: Точіння фаски $2 \times 45^\circ$ на діаметрі 52 мм, $t=2$ мм – за один прохід.

Перехід 12: Точіння фаски $2 \times 45^\circ$ на діаметрі 40 мм, $t=2$ мм – за один прохід.

Перехід 13: Точіння фаски $5 \times 30^\circ$ на діаметрі 35 мм, $t=5$ мм – за один прохід.

Перехід 14: Точіння паза під вихід шліфувального круга на діаметрі 40,5 мм, поверхня Д, глибина різання $l=1$ мм – радіус заготовки в місці точіння 40,5 мм, ширина $H=2$ мм.

Перехід 15: Обточування поверхні під нарізання зубів черв'яка – з діаметра 105 мм до діаметру 100 мм, довжина проточування 80 мм.

Операція 010 Фрезерна (Верстат зубофрезерний мод. 5К310)

Фреза черв'ячна чистова для шліцевих валів з прямобічним профілем по ГОСТ 8027-60.

Встановлення 1. Базування по поверхням В і Г

Перехід 1: Фрезерування зубів черв'яка, ширина $H=80$ мм, довжина: $l = 7 \times 3,14 \times 91,5 = 2012,13$ мм. загальна глибина різання $t_{\text{заг.}}=17,5$ мм. Всього 10

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проходів: чорнове фрезерування – $5 \times 2,5$ мм; чистове фрезерування – $3 \times 1,5$ мм; тонке фрезерування – $2 \times 0,25$ мм.

Операція 015 Шліфувальна (круглошліфувальний мод. 3Г182). Круг шліфувальний для круглошліфувального верстату по ДСТУ ISO 603-1:2019 [3]. ПП 250×60×32E5CM1-125-4-K

Встановлення 1. Базування по поверхням А і Г.

Перехід 1: Шліфування поверхонь Б і Д з метою досягнення параметра шорсткості $Ra=0,16$, ширина 42 мм і 96 мм відповідно, довжина на один прохід 50 мм, врізне шліфування $t=0,5$ мм. Всього 4 проходи: чорнове шліфування – $3 \times 0,15$ мм; чистове шліфування – $1 \times 0,05$ мм.

Варіант Б.

Операція 005 – Токарна.

Верстат – токарно-гвинторізний мод. 1К62.

Аналогічно до варіанту А.

Операція 010 – Довбальна.

Верстат – зубодовбальний мод. 5107

Встановлення 1. Базування по поверхням В і Г.

Перехід 1: Довбання зубів черв'яка, ширина $H=80$ мм, довжина:

$$l = 7 \times 3,14 \times 91,5 = 2012,13 \text{ мм; загальна глибина різання}$$

$$t_{\text{заг.}} = 17,5 \text{ мм.}$$

Всього 35 проходів: чистове довбання – $35 \times 0,5$ мм;

$$T_o = 35 \times 0,07 \times l = 35 \times 0,07 \times 2012,13 = 4930 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 1,84 \times T_o = 1,84 \times 4930 = 9070 \text{ хв.}$$

Операція 015 – Шліфувальна (Круглошліфувальний мод. 3Г182)

Аналогічно до варіанту А.

Висновок: як бачимо, варіанти А і Б відрізняються операціями 010, всі інші операції однакові. Відмітимо, що в інших операціях практично всі переходи мають лише один варіант обробки.

Знайдемо вартість механічної обробки операцій 010 обох варіантів та виберемо економічно доцільний.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість механічної обробки визначається за формулою згідно [10]:

$$C_o = \frac{C_{пз.} \times T_{шк}}{60}, \quad (2.14)$$

де $C_{пз.}$ – величина приведених часових витрат, коп/год.;

$$C_{пз.} = \frac{C_{з.}}{M} + C_{чз.} + E_n \times (K_c + K_z) \quad (2.15)$$

де $T_{шк}$ – штучно-калькуляційний час на операцію 010, хв;

$C_{з.}$ – основна і додаткова заробітна плата, а також нарахування на соцстрах оператору і наладчику за фізичний час обслуговування машин, коп/год.;

M – коефіцієнт багатOVERстатності, що приймається по фактичному стану на ділянці, що розглядається, очевидно, що для середньосерійного виробництва $M = 1$;

$C_{чз.}$ – часові витрати по експлуатації робочого місця, коп/год

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень: для машинобудування $E_n = 0,2$;

K_c – наведені часові капітальні вкладення в верстат, коп/год;

K_z – наведені часові капітальні вкладення в будівля, коп/год;

$$C_{з.} = C_{тф.} \times 1,53 \times k \quad (2.16)$$

де $C_{тф.}$ – годинна тарифна ставка робочого відповідного розряду, коп/год;

1,53 – сумарний коефіцієнт, що представляє собою добуток наступних коефіцієнтів:

1,3 – коефіцієнт виконання норм;

1,09 – коефіцієнт додаткової зарплати;

1,077 – коефіцієнт відрахувань на соцстрах;

k – коефіцієнт, що враховує зарплату наладчика (якщо наладка верстата в

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умовах серійного виробництва ведеться без участі наладчика самим робочим, то k приймається рівним 1, в умовах масового виробництва $k=1,1 - 1,5$).

$$C_{чз.} = C_{чз.}^{бу.} \times k_m, \quad (2.17)$$

де $C_{чз.}^{бу.}$ – практично скоректовані часові витрати на базовому робочому місці; для серійного виробництва $C_{чз.}^{бу.}=3,63$ грн.;

k_m – машинно-коефіцієнт, що показує, в скільки разів витрати, що пов'язані з роботою даного верстата більші, ніж аналогічні витрати у базового верстату (значення, наведені в [1, дод. 2] і виписані в з характеристики верстату [п. 7] .

Капітальні вкладення у верстат (форм. 2.18) і будівлю (форм. 2.19) для умов серійного виробництва визначаємо за формулою згідно:

$$K_c = \frac{Ц \times 100}{3200} \quad (2.18)$$

де $Ц$ – балансова вартість верстату, грн.;

$$K_з. = \frac{F \times 75 \times 100}{3200} \quad (2.19)$$

де F – виробнича площа, яку займає верстат з врахуванням проходів, m^2 :

$$F = f \times k_f$$

f – площа, яку займає верстат, m^2 ;

k_f – коефіцієнт, що враховує додаткову виробничу площу (на проходи, проїзди і інші);

Варіант А. Операція 010. $T_{шк}=260$ хв.; $f=3,71$ m^2 ; $k_f = 3,5$;

$$F = 3,71 \times 3,5 = 13$$
 m^2

$Ц=54700$ грн.; $k_m=3$;

$C_{тф.}=438$ коп/год. – годинна тарифна ставка погодинника 3-го розряду зайнятого на холодних роботах;

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\kappa_{с.} = \frac{54700 \times 100}{3200} = 1710 \text{ коп/год.}$$

$$\kappa_{з.} = \frac{13 \times 75 \times 100}{3200} = 30,5 \text{ коп/год.}$$

$$C_{чз.} = 363 \times 3 = 1089 \text{ коп/год.}$$

$$C_{з.} = 438 \times 1,53 \times 1 = 670 \text{ коп/год.}$$

$$C_{нз.} = \frac{67}{1} + 108,9 + 0,2 \times (30,5 + 171) = 2107 \text{ коп/год.}$$

$$C_{о.А} = \frac{2107 \times 260}{60} = 9630 \text{ коп.}$$

Варіант Б.

Операція 010.

$T_{шк}=9071 \text{ хв.}; f=1,91 \text{ м}^2; k_f = 4;$

$$F = 1,91 \times 4 = 7,64 \text{ м}^2$$

Ц = 98600 грн;

$k_m=1,1$; $C_{тф.}=549 \text{ коп/год.}$ – годинна тарифна ставка погодинника 5-го розряду зайнятого на холодних роботах;

$$\kappa_{с.} = \frac{96800 \times 100}{3200} = 3020 \text{ коп/год.}$$

$$\kappa_{з.} = \frac{7,64 \times 75 \times 100}{3200} = 17,9 \text{ коп/год.}$$

$$C_{чз.} = 363 \times 1,1 = 399 \text{ коп/год.}$$

$$C_{з.} = 549 \times 1,53 \times 1 = 840 \text{ коп/год.}$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{нз.} = \frac{84}{1} + 399 + 0,2 \times (17,9 + 3020) = 1090 \text{ коп./год.}$$

$$C_{o.Б} = \frac{1090 \times 9071}{60} = 164789 \text{ коп.}$$

Отже, варіант А ($C_{o.A} < C_{o.Б}$; 9630 коп. < 164789 коп.) дешевший, його і приймаємо за основний.

Величина приведеної річної економії на програму за рахунок вибору оптимального технологічного процесу:

$$E_m = \frac{((C_{o.A} - C_{o.Б}) \times N)}{100} \quad (2.20)$$

$$E_m = \frac{(164789 - 9630) \times 3675}{100} = 5702093 \text{ грн.} \quad (2.20)$$

2.5 Технологічний маршрут виготовлення деталі «Черв'як»

Усю інформацію зведемо у таблицю 2.2. характеристики верстатів у табл. (додаток А)

Таблиця 2.2 Маршрут обробки черв'яка

ТО і № переходу	Інструмент	Основний час t_o , хв	Штучно-кальк. час $T_{шт-к}$, хв
Операція 005 – Токарна. Встановлення 1. Базування по поверхні Б.			
1	Чистове підрізання торця, поверхня Д, діаметр 44 мм, $t=1$ мм – за один прохід. Різець підрізний відігнутий (правий) 2112-0013-P18-II Н=20 мм; В=16 мм; L= 20 мм.	0,072	0,124
2	Обточування поверхні Г – з діаметра 56 мм до діаметру 52 мм, довжина проточування 56 мм. $t_{заг} = 2$ мм на сторону. За 2 проходи, тонке обточування. Різець прохідний упорний (правий) 2100-0351-T15K6-II Н=20 мм; В=20 мм; L=100 мм.	0,99	1,7
3	Обточування поверхні Д – з діаметра 44 мм до діаметру 40,5 мм, довжина проточування 42 мм; $t_{заг} = 1,75$ мм. За два проходи, тонке (алмазне) обточування. Різець прохідний упорний (правий) 2100-0351-T15K6-II Н = 20 мм; В =	0,571	0,983

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

	20 мм; $L = 100$ мм.		
4	Точіння фаски $2 \times 45^\circ$ на діаметрі 52 мм, $t=2$ мм – за один прохід. Різець прохідний відігнутий (правий) $\varphi=45^\circ$ з пластинкою з швидкорізальної сталі P18 2102-0027-P18-I. $H=20$ мм; $B=16$ мм; $L=120$ мм.	0,018	0,03
5	Точіння фаски $5 \times 30^\circ$ на діаметрі 40 мм, $t=5$ мм – за один прохід. Різець прохідний відігнутий (правий) $\varphi=30^\circ$ з пластинкою з швидкорізальної сталі P18 2102-0027-P18-I. $H=20$ мм; $B=16$ мм; $L=120$ мм.	0,034	0,06
6	Точіння паза під вихід шліфувального круга на діаметрі 40,5 мм, поверхня Д, глибина різання $l = 1$ мм – радіус заготовки в місці точіння 40,5 мм, ширина $H = 2$ мм; $t = 2$ мм – один прохід. Різець відрізний $\varphi=90^\circ$ з швидкорізальної сталі P18 213-0505-P18-II, $H=10$ мм; $B=10$ мм; $L=60$ мм; $l=12$ мм	0,004	0,007
Встановлення 2. Базування по поверхні Г.			
7	Чистове підрізання торця, поверхня А, діаметр 44 мм, $t = 1$ мм за один прохід. Різець підрізний відігнутий (правий) 2112-0013-P18-II. $H=20$ мм; $B=16$ мм; $L=120$ мм.	0,72	0,124
8	Обточування поверхні В – з діаметра 56 мм до 52 мм за два проходи, тонке (алмазне) обточування на довжину 56 мм. Різець прохідний упорний (правий) 2100-0351-T15K6-II. $t = 2$ мм на сторону, $H=20$ мм; $B=20$ мм; $L=100$ мм.	0,99	1,7
9	Обточування поверхні Б – з діаметра 44 мм до діаметру 40,5 мм, довжина проточування 164 мм; $t = 1,75$ мм. За два проходи, тонке (алмазне) обточування. Інструмент – різець прохідний упорний (правий) 2100-0351-T15K6-II. $H=20$ мм; $B=20$ мм; $L=100$ мм.	2,258	3,884
10	Обточування поверхні А – з діаметра 40,5 мм до діаметру 35 мм, довжина проточування 67 мм. $t = 2,75$ мм. За два проходи: чистове і тонке (алмазне) обточування. Різець прохідний упорний (правий) 2100-0351-T15K6-II. $H=20$ мм; $B=20$ мм; $L=100$ мм.	0,797	1,372
11	Точіння фаски $2 \times 45^\circ$ на діаметрі 52 мм, $t=2$ мм. Різець прохідний відігнутий (правий) $\varphi=45^\circ$ з пластинкою з швидкорізальної сталі P18 2102-0027-P18-I, $H=20$ мм; $B=16$ мм; $L=120$ мм.	0,018	0,03
12	Точіння фаски $2 \times 45^\circ$ на діаметрі 40 мм, $t=2$ мм за один прохід. Різець прохідний відігнутий (правий) $\varphi=45^\circ$ з пластинкою з швидкорізальної сталі P18 2102-0027-P18-I,	0,015	0,025
13	Точіння фаски $5 \times 30^\circ$ на діаметрі 35 мм, $t=5$ мм за один прохід. Різець прохідний відігнутий (правий) $\varphi=30^\circ$ з пластинкою з швидкорізальної сталі P18 2102-0027-P18-I. $H=20$ мм; $B=16$ мм; $L=120$ мм.	0,029	0,056
14	Точіння паза під вихід шліфувального круга на діаметрі 40,5 мм, поверхня Д, $t=1$ мм, радіус заготовки в місці точіння 40,5	0,004	0,007
		КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.		
№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
			28

	мм, ширина Н=2 мм; t=2 мм за один прохід. Різець відрізний $\phi=90^\circ$ з швидкорізальної сталі Р18 213-0505-Р18-П. Н=10 мм; В=10 мм; L=60 мм; l=12 мм		
15	Обточування поверхні під нарізання зубів черв'яка – з діаметра 105 мм до діаметру 100 мм, довжина проточування 80 мм за 2 проходи: чистове і тонке (алмазне) обточування. Різець прохідний упорний (правий) 2100-0351-Т15К6-П. Н=20 мм; В=20 мм; L=100 мм.	2,72	4,678
Операція 010 – Зубофрезерна. Встановлення 1. Базування по поверхнях В і Г.			
1	Фрезерування зубів черв'яка, ширина Н=80 мм, довжина: l=2012,13 мм, загальна глибина різання $t_{\text{заг.}}=17,5$ мм. фреза дискова тристороння з різнонаправленими зубами (тип 2 з нормальним зубом) з швидкорізальної сталі Р18 по ГОСТ 3755-69: фреза 2 63×10 2240-0205 ГОСТ 3755-69 10 проходів: чорнове фрезерування – 5×2,5 мм; чистове фрезерування – 3×1,5 мм; тонке фрезерування – 2 × 0,25 мм.	140,85	259,16
Операція 015 – Шліфувальна. Встановлення 1. Базування по поверхнях А і Г.			
1	Шліфування поверхонь Б і Д з метою досягнення параметра шорсткості $Ra=0,16$ мкм, ширина 42 мм і 96 мм відповідно, довжина на один прохід 50 мм, врізне шліфування $t=0,5$ мм. Всього 4 проходи: чорнове шліфування – 3×0,15 мм; чистове шліфування – 1×0,05 мм. Круг шліфувальний для круглошліфувального верстату по ДСТУ [3]. Н=120 мм; В=250 мм; L=32 мм.	0,5	1,05

2.6 Розрахунок і визначення припусків на механічну обробку

Розраховуємо припуски на обробку, проміжні граничні розміри на поверхню Б 40 мм деталі «Черв'як». На інші оброблювані поверхні призначимо припуски по таблицях [10].

Вага заготовки – 10,1 кг.

Технологічний маршрут поверхні А 40 мм складається з чистового обточування (2 проходи по 0,75 мм) і шліфування, 4 проходи по 0,125 мм. Обточування виконють у самоцентрувальному трьохкулачковому патроні, схема базування на карті ескізів з опорним торцем.

Мінімальні операційні, проміжні припуски визначаємо за формулою:

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) \quad (2.21)$$

де $2Z_{imin}$ – мінімальний припуск на діаметр при переході, що виконується (індекс i);

R_{zi-1} – шорсткість попереднього переходу (попереднього стану заготовки перед переходом, що виконується), мкм;

T_{i-1} – товщина дефектного шару попереднього стану заготовки перед переходом, що виконується (ливарна кірка, наклеп при штампуванні або куванні, знеуглецьований шар, залишкові напруження, тощо), мкм;

ρ_{i-1} – сумарні значення просторових відхилень попереднього стану перед переходом, що виконується, мкм;

ε_{i-1} – похибка установки заготовки на переході, що виконується, мкм.

Заготовка: $R_z=150$ мкм; $T=250$ мкм – для штамповки з гарячекатаного прутка діаметром 90-140 мм [10].

Сумарне значення просторових відхилень для стержневих деталей при консольному закріпленні знаходять з:

$$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (2.22)$$

$$\rho_{кор} = \Delta_k \times l, \quad (2.23)$$

де $\rho_{cm}=0,25$ для заготовки 1-шої групи точності масою менше 7,5 кг – 15 кг
 $\Delta_k=0,15$ – питома кривизна заготовки в мкм/мм, для діаметра заготовки 90-140 мм, штамповка з гарячекатаного прокату $l=400$ мм – довжина заготовки;

$\rho_{кор}=0,0051$ мм.

Прийmemo $\rho=0,25$ мм=250 мкм.

Обточування чистове $R_z=50$ мкм; $T= 50$ мкм – для чорнової обробки заготовок всіх типів лезовим інструментом;

Шліфування чистове $R_z=30$ мкм; $T= 30$ мкм – для чистової обробки заготовок

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всіх типів не лезовим інструментом.

Величина залишкового просторового відхилення після чорнового обточування:

$$\rho_1 = 0,05 \times \rho = 0,05 \times 250 = 12,5 \text{ мкм.}$$

Знаходимо похибку установки ε_y :

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (2.24)$$

де $\varepsilon_0=0$ – похибка базування, для кріплення в самоцентрівному патроні [10];
 $\varepsilon_3=100$ мкм – похибка закріплення, прикріпленні заготовки в осьовому напрямку, в трьохкулачковому патроні для штамповки з гарячекатаного прокату [10];

$\varepsilon_{np}=50$ мкм – похибка положення заготовки, прийнята у відповідності з рекомендацією.

Отже величина похибки установки при чорновому обточуванні:

$$\varepsilon_y = \sqrt{100^2 + 50^2} = 111 \text{ мкм.}$$

Величина залишкової похибки установки при чистовому шліфуванні (після чорнового обточування):

$$\varepsilon_{y1} = 0,05 \times \varepsilon_y + \varepsilon_{ind} = 0,05 \times 111 + 0 = 5,6 \text{ мкм.}$$

На основі записаних в таблиці даних виконуємо розрахунок мінімальних значень за формулою (2.19):

- під чистове обточування:

$$2Z_{1min} = 2(150 + 250 + \sqrt{250^2 + 111^2}) = 2 \times 674 \text{ мкм.}$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- під шліфування:

$$2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{12,5^2 + 5,6^2}) = 2 \times 114 \text{ мкм.}$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку поверхні Б 40 мм

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	Rz	T	ρ	ε				d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	150	250	250			41,576	100 0	42	43		
Обточування чистове	50	50	12,5	111	1,348	40,228	160	40,23	40,39	1,77	2,61
Шліфування	30	30		5,6	228	40	16	40	40,016	0,23	0,374
Всього:										2,0	2,984

Визначаємо розрахункові розміри для переходів за формулами:

$$d_{p_{i-1}} = d_{\text{max.дет}} + 2Z_{\text{imin}} \quad (2.25)$$

1. Для шліфування: $d_{p2}=40$ мм.
2. Для чистового обточування: $d_{p1}=40+0,228=40,228$ мм.
3. Для заготовки: $d_{\text{pзг}}=d_{p1}+2Z_{1\text{min.}}=40,228+1,348=41,576$ мм.

Заготовка-штамповка $\delta_{\text{зг}}=1000$ мкм=1,0 мм.

1. Чистове обточування $\delta_1=160$ мкм=0,160 мм.
2. Шліфування $\delta_2=16$ мкм=0,016 мм.

Визначаємо граничні розміри $d_{\text{min.i}}$ по переходам, округлюючи розрахункові розміри в сторону збільшення припуску. Округлення проводять до того ж знаку десяткового дробу, з яким є допуск на розмір відповідного переходу.

Для шліфування: $d_{\text{min.2}}=40,0$ мм.

Для обточування чистового: $d_{\text{min.1}}=40,23$ мм.

Для заготовки: $d_{\min.\text{заг.}}=42$ мм.

Визначаємо граничні розміри $d_{\max.i}$ по переходах за формулою:

$$d_{\max_i} = d_{\min_i} + \delta_i \quad (2.26)$$

Для шліфування: $d_{\max.2}=40,0+0,016=40,016$ мм.

Для обточування чистового: $d_{\max.1}=40,23+0,16=40,39$ мм.

Для заготовки: $d_{\max.\text{заг.}}=42+1,0=43$ мм.

Визначаємо розрахункові граничні значення припусків $2Z_{i \min}$, $2Z_{i \max}$ для кожного переходу із врахуванням округлених значень граничних розмірів за формулами:

$$2Z_{imax} = d_{\max_{i-1}} - d_{\max_i} \quad (2.27)$$

$$2Z_{imin} = d_{\min_{i-1}} - d_{\min_i} \quad (2.28)$$

Для обточування чистового:

$$2Z_{1 \max}=43 - 40,39=2,61 \text{ мм.}$$

$$2Z_{1 \min}=42 - 40,23=1,77 \text{ мм.}$$

Для шліфування:

$$2Z_{2 \max}=40,39 - 40,016=0,374 \text{ мм.}$$

$$2Z_{2 \min}=40,23 - 40,0=0,23 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальні припуски за формулами:

$$2Z_{\text{заг. max.}}=\Sigma 2Z_{i \max.}=2,61+0,374=2,984 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{заг. min.}}=\Sigma 2Z_{i \min.}=1,77+0,23=2,0 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск $2Z_{\text{заг.ном.}}$ та номінальний розмір заготовки $d_{\text{заг.ном.}}$ за формулами:

$$2Z_{\text{заг.ном}} = 2Z_{\text{заг. min}_{i-1}} - e_{i\text{заг}} - e_{i\text{дет}} \quad (2.29)$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{\text{заг.ном}} = d_{\text{ном}} + 2Z_{\text{заг.ном}} \quad (2.30)$$

де $e_{\text{і заготовки}}$ – нижнє граничне відхилення розміру заготовки;

$e_{\text{і деталі}}$ – нижнє граничне відхилення розміру деталі;

$d_{\text{ном.}}$ – номінальний розмір деталі по кресленню.

Відповідно:

$$2Z_{\text{заг.ном}} = 2,0 - (-0,5) - 0,017 = 2,483 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг.ном}} = 40 + 2,483 = 42,483 \text{ мм}$$

Перевіряємо правильність проведених розрахунків за формулами:

$$2Z_{\text{imax}} - 2Z_{\text{imin}} = \delta_{d_{i-1}} - \delta_{d_i} \quad (2.31)$$

Для обточування чистового:

$$2,61 - 1,77 = 0,84.$$

$$1,0 - 0,16 = 0,84.$$

Для шліфування:

$$0,374 - 0,23 = 0,144.$$

$$0,16 - 0,016 = 0,144.$$

Висновок: Розрахунки виконано вірно.

2.7 Розрахунок режимів різання

Розрахуємо режим різання для операції 010 зубофрезерної перехід 1.

На зубофрезерному верстаті 5Г310 виконують виготовлення робочої поверхні зубів, ширина $H=80$ мм, довжина $l=2020$ мм, глибина $t_{\text{заг}}=17,5$ мм. Всього 10 проходів: чорнове фрезерування – $5 \times 2,5$ мм; чистове фрезерування – $3 \times 1,5$ мм; тонке фрезерування – $2 \times 0,25$ мм.

Оброблюваний матеріал – сталь 45 з $\sigma=150$ МПа; заготовка–штамповка з гарячекатаного прокату. Обробка чорнова з шорсткістю поверхні Ra 6,3.

Інструмент – фреза дискова тристороння з різнонаправленими зубами (тип 2

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з нормальним зубом) з швидкорізальної сталі Р18 по ГОСТ 3755-69: фреза 2 63×10 2240-0205. Геометричні параметри фрези: ширина $B=10$ мм; зовнішній діаметр $D=63$ мм, внутрішній діаметр $d=22$ мм, число ножів $n=16$.

Встановлюємо глибину різання. Припуск, що знімається за один робочий хід відповідно до [10] для дискової фрези з зовнішнім діаметром 63 мм, допустиме $t=h=5$ мм.

Призначаємо подачу на зуб фрези для дискової фрези різнонаправленими зубами при обробці конструкційної сталі у випадку, коли жорсткість системи заготовка-верстат понижена (залежить від конструкції деталі), оскільки деталь закріплена в затискному пристосуванні: $S_z=0,1-0,15$ мм/зуб.

Приймаємо $S_z=0,1$ мм/зуб. Поправочний коефіцієнт на подачу $k=1$, таким чином прийняте значення подачі не змінюється. Призначаємо період стійкості фрези. Для дискової фрези з швидкорізальної сталі Р18 зовнішнім діаметром 63 мм $T=250$ хв.

Визначаємо швидкість різання, що допускається ріжучими властивостями фрези. Знаходимо табличне значення швидкості для діаметра фрези 63 мм; $z=16$; $t=2,7$ мм; $S_z=0,1$ мм/зуб з: $V=36$ м/хв. Враховуючи поправочні коефіцієнти для швидкості: для сталі з $\sigma=150$ МПа – $K=1$.

Отже значення швидкості різання з врахуванням поправочних коефіцієнтів $V=36$ м/хв.

Частота обертання шпинделя, що відповідає знайденій швидкості головного руху різання:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 36}{3,14 \times 63} = 182 \text{ об/хв} \quad (2.32)$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя по паспортним даним верстата встановлюємо дійсну частоту обертання $n_d=200$ хв⁻¹.

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою:

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\partial} = \frac{\pi \times D \times n_{\partial}}{1000} = \frac{3,14 \times 63 \times 200}{1000} = 39,583 \frac{м}{хв} = 0,66 \frac{м}{с} \quad (2.33)$$

Визначаємо швидкість руху подачі (хвилинну подачу) за формулою:

$$V_s = S_m = S_z \times z \times n_{\partial} = 0,1 \times 16 \times 200 = 320 \frac{мм}{хв} \quad (2.34)$$

Коректуємо отриману величину по паспортних даних верстата і встановлюємо дійсну швидкість подачі $V_{сд}=320$ м/хв.

Визначаємо потужність, що затрачається на різання за формулою:

$$N_m = \frac{V \times B \times z}{1000} \times E \times k \quad (2.35)$$

де $V=320$ м/хв – швидкість руху подачі;

$B=10$ мм – ширина фрезерування;

$z=16$ – кількість зубів;

$E=0,25$ – поправочний коефіцієнт;

$k=1,2$ – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу і матеріалу інструменту.

$$N_m = \frac{320 \times 10 \times 16}{1000} \times 0,25 \times 1,2 = 1,28 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо потужність приводу верстата для обробки деталі на даній операції. Необхідно, щоб:

$$N_{різ} \leq N_{шп} \quad (2.36)$$

$$N_{шп} = N_{\partial} \cdot \eta = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт} \quad (2.37)$$

де N_d – потужність приводу головного руху верстата мод. 5Г310 – 10 кВт;

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

η – к.к.д. верстата, $\eta=0,8$.

$$N_{\text{різ}} = 1,28 \text{ кВт} \leq N_{\text{шп}} = 8 \text{ кВт}.$$

Умова виконується, відповідно, обробка можлива на даних режимах різання.

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{L}{V_s} \times i = \frac{2020 \times 3,14}{320} \times 10 = 120 \text{ хв} \quad (2.38)$$

За наближеним розрахунком основний час склав:

$$T_o = 10 \times 0,007 \times L = 0,07 \times 2012,13 = 140,85 \text{ хв}.$$

Решта режимів різання в подано в табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Розрахунок режимів різання

№ п/п	t, мм	L, мм	i	S, мм/об	n, хв ⁻¹	V, м/хв	T _м , хв	T _о , хв	T _{шк} , хв	N _р , кВт	D, мм	φ	Від НВ
Операція 005													
1	1,0	22	1	0,6	400	56	50	0,0963	0,1656	5,025	44	1,72	0,75
2	1,0	56	2	0,6	200	34	50	0,98	1,6856	5,025	52	1,72	0,75
3	1,0	42	2	0,6	300	40	50	0,49	0,8428	5,025	40,5	1,72	0,75
4	1,0	2	1	0,6	200	34	50	0,0175	0,0301	5,025	52,4	1,72	0,75
5	5,2	5	1	0,6	200	34	50	0,0438	0,0753	5,025	52,4	1,72	0,75
6	2,0	2	1	0,6	700	116	50	0,005	0,0086	5,025	52,4	1,72	0,75
7	1,0	22	1	0,6	400	56	50	0,0963	0,1656	5,025	44	1,72	0,75
8	1,0	56	2	0,6	200	34	50	0,98	1,6856	5,025	52	1,72	0,75
9	1,0	42	2	0,6	300	40	50	0,49	0,8428	5,025	40,5	1,72	0,75
10	1,0	42	2	0,6	300	40	50	0,49	0,8428	5,025	40,5	1,72	0,75
11	1,0	2	1	0,6	200	34	50	0,0175	0,0301	5,025	52,4	1,72	0,75
12	1,0	2	1	0,6	200	34	50	0,0175	0,0301	5,025	52,4	1,72	0,75
13	2,5	5	1	0,6	200	34	50	0,0438	0,0753	5,025	52,4	1,72	0,75
14	2,0	2	1	0,6	700	116	50	0,005	0,0086	5,025	52,4	1,72	0,75
15	1,0	42	2	0,6	300	40	50	0,49	0,8428	5,025	40,5	1,72	0,75
Всього								4,26	7,33				
Операція 010													
1	17,5	2020	10	0,1	60	66	300	154,56	284,39	1,52	350	1,84	0,7
Всього								154,56	284,39				
Операція 015													
1	0,5	50	4	0,06	6000	8,0	80	0,58	1,225	1,875	25	2,1	0,75
Всього								0,58	1,225				

2.8 Нормування технологічного маршруту

При серійному виробництві розраховується підготовчо-заклучний час $T_{пз.}$ і штучно-калькуляційний час $T_{шк.}$:

$$T_{шк.} = T_{шт.} + \frac{T_{пз.}}{n}, \quad (2.39)$$

де $T_{пз.}$ – підготовчо-заклучний час, нормується на партію деталей і частина його, що приходить на одну деталь включається в норму штучно-калькуляційного часу в умовах серійного виробництва.

$n=146$ шт. – кількість деталей в партії;

$T_{шт.}$ – штучний час, хв;

$$T_{шт.} = T_o + T_d + T_{обс.} + T_{відп.}, \quad (2.40)$$

де T_o – основний технологічний час, розрахований для кожної операції в хв ;

T_d – допоміжний технологічний час, хв;

$T_{оп.}$ – оперативний час, хв;

$$T_d = T_{уст.} + T_{упр.} + T_{вим.}, \quad (2.41)$$

де $T_{уст.}=0,3$ хв – час на закріплення деталі; для деталі масою менше 6 кг на одне закріплення;

$T_{упр.}=0,2$ хв – час на управління верстатом в процесі обробки;

$T_{вим.}=0,5$ хв – час на контроль виготовленого розміру;

$$T_{оп.} = T_o + T_d, \quad (2.42)$$

де $T_{оп.}$ – оперативний час, хв;

$T_{обсл.}=0,05 \times T_{оп.}$ – час на обслуговування верстату (технічне та організаційне).

Визначається у відсотковому відношенні від оперативного часу, хв;

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\text{відп.}} = 0,04 \times T_{\text{оп.}}$ – час на відпочинок і особисті потреби робочого.
Визначається у відсотковому відношенні від оперативного часу, хв.

Розрахунок проведемо у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця для розрахунку технічних норм часу

№ п/п	Кількість переходів	Кількість установок	Кількість контрольованих розмірів	T_o , хв
005	15	2	10	8,592
010	1	1	4	140,85
015	1	1	2	0,5

Таблиця 2.5 – Норми часу на виготовлення деталі "Черв'як"

№ п/п	T_o , хв	$T_{\text{уст.}}$, хв	$T_{\text{упр.}}$, хв	$T_{\text{вим.}}$, хв	$T_{\text{оп.}}$, хв	$T_{\text{обсл.}}$, хв	$T_{\text{відп.}}$, хв	$T_{\text{шт.}}$, хв	$T_{\text{пз.}}$, хв	п, шт	$T_{\text{шк.}}$, хв
005	8,592	0,60	3,0	5,0	17,19	0,86	0,69	18,74	250	146	20,45
010	140,85	0,30	0,20	2,0	143,35	7,17	5,73	156,25	25		156,42
015	0,5	0,30	0,20	1,0	2,0	0,1	0,08	2,18	25		2,35

2.9 Визначення необхідної кількості обладнання і побудова графіків

Для кожного верстату в технологічному процесі повинні бути підраховані:

- коефіцієнт завантаження верстата – η_z ;
- коефіцієнт використання верстату по основному часу – η_o ;
- коефіцієнт використання верстату по потужності приводу – η_n .

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n} \quad (2.43)$$

де m_p – розрахункова кількість верстатів, шт;

m_n – прийнята кількість верстатів, шт;

$$m_p = \frac{T_{\text{шк.}}}{t_{\text{в}}}, \quad (2.44)$$

де $T_{\text{шк.}}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

$t_{\text{в}}$ – такт випуску деталей, $t_{\text{в}} = 33,14$ шт/хв;

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{ук}}, \quad (2.45)$$

де T_o – основний технологічний час на даному верстаті, хв;

$$\eta_n = \frac{N_{np}}{N_{ст}}, \quad (2.46)$$

де N_{np} – необхідна потужність на приводі верстата для даної деталі, кВт;

$N_{ст}$ – паспортна потужність електродвигуна верстата, кВт.

Розраховуються також середні значення коефіцієнтів завантаження:

$$\eta_{cp}^3 = \frac{\sum \eta_i^3}{n} = \frac{1,0149}{3} = 0,2537 \quad (2.47)$$

де $n=3$ – кількість операцій;

$$\eta_{cp}^o = \frac{\sum \eta_i^o}{n} = \frac{1,1132}{3} = 0,2783 \quad (2.48)$$

де $n=3$ – кількість операцій;

$$\eta_{cp}^n = \frac{\sum \eta_i^n}{n} = \frac{1,0583}{3} = 0,2646 \quad (2.49)$$

де $n=3$ – кількість операцій;

Таблиця 2.5 – розрахунок коефіцієнтів завантаженості обладнання

№ ТО	T_o , хв	$T_{шт}$, хв	t_b , хв	$N_{МРВ}$, кВт	$N_{прив}$, кВт	m_p , шт.	m_p факт, шт.	n_3	n_o	n_n
005	8,59	20,45	33,14	10	4,65	0,6171	1	0,617	0,42	0,465
010	140,85	156,42	33,14	3	2,2	4,72	5	0,944	0,91	0,73
015	0,5	2,35	33,14	10	3,25	0,071	1	0,071	0,213	0,325
Сума								1,01	1,11	1,06
Середнє								0,2537	0,278	0,265

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ					Арк.
										40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

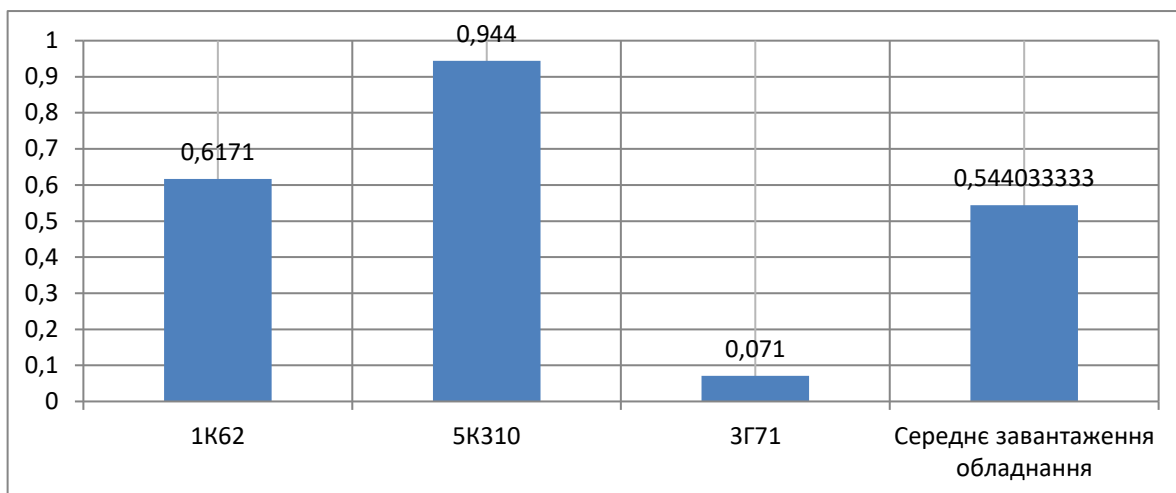


Рисунок 2.1 Графік завантаження обладнання по операціях

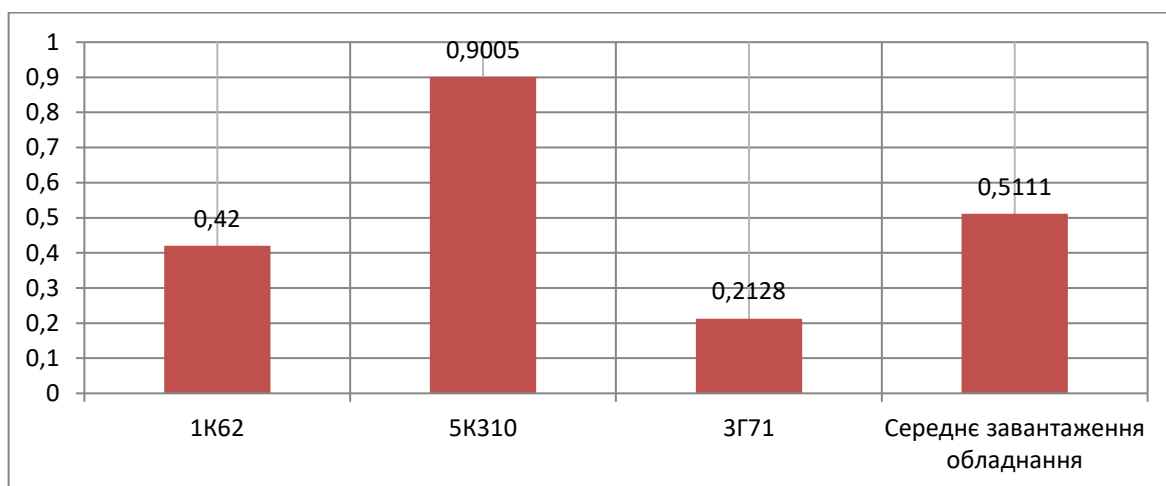


Рисунок 2.2 Графік використання обладнання по основному часу

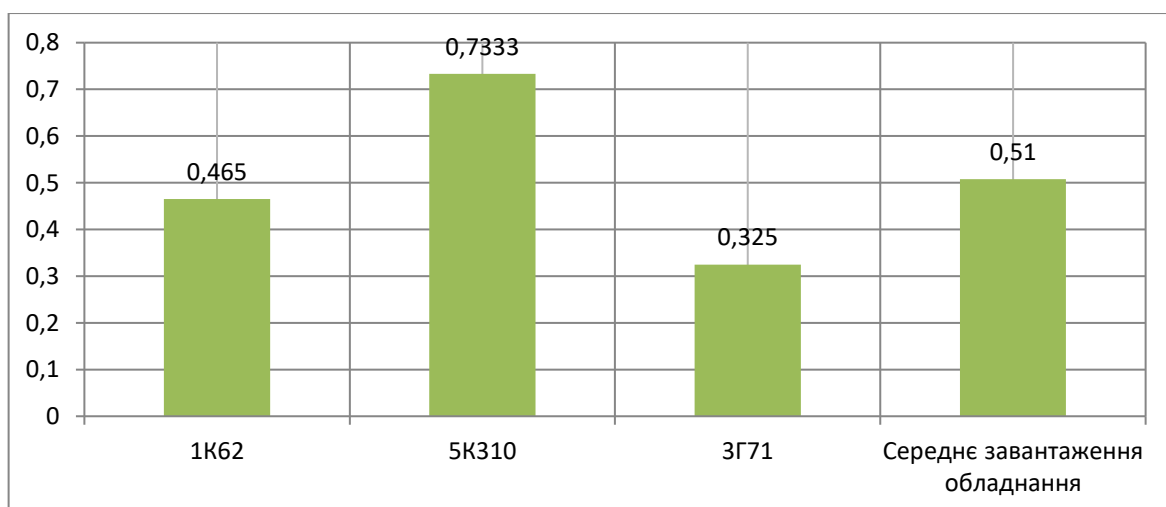


Рисунок 2.3 Графік використання обладнання по потужності

2.10 Визначення затрат по статтям собівартості деталі

Сукупна собівартість деталі C складається з собівартості заготовки $S_{\text{заг}}$ плюс вартість механічної обробки деталі C_o :

$$C_o = \sum C_{oi}, \quad (2.50)$$

де C_o – сумарна ціна механічної обробки по всіх операціях;

C_{oi} – вартість механічної обробки деталі на операції, коп;

$$C_o = C_o + S_{\text{заг}}, \quad (2.51)$$

де $S_{\text{заг}}=10$ грн – собівартість заготовки, .

Вартість механічної обробки визначається за формулою (2.14) згідно [1, ст. 44, фор. 23]:

Величина приведених часових витрат $C_{\text{пз}}$ визначається за формулою (2.15) згідно [1, ст. 41, фор. 9].

Основна і додаткова заробітна плата, а також нарахування на соцстрах оператору і наладчику за фізичний час обслуговування машин C_z визначається за формулою (2.16).

Часові витрати по експлуатації робочого місця $C_{\text{чз}}$ визначаються за формулою (2.17) згідно [1, ст. 43, фор.11].

Капітальні вкладення у верстат K_c (форм. 2.18) і будівлю K_z (форм. 2.19) для умов серійного виробництва визначаємо за формулою згідно [1, ст. 44, фор. 18].

Таблиця 2.7 – Визначення затрат по статтям собівартості і собівартості деталі

№ п/п	Розряд робочого	Тарифна ставка, коп/год	$C_{\text{тф}} \times 1,53$, коп/год
005	3	43,8	67,014
010	4	47,2	72,2
015	3	43,8	67,014

Операція 005 (1K62)

$T_{\text{шк}}=20,45$ хв.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$f=3,25 \text{ м}^2$ – площа верстата; $km=1,3$; $\alpha= 0,26$ [1, ст. 173]; $kf=3,5$ [1, ст. 144];
 $\varphi=1,72$ [1, ст. 173].

$$F=3,25 \times 3,5=11,375 \text{ м}^2.$$

$$\Pi=2000 \text{ грн.}$$

$$k_M=1,3;$$

$C_{\text{тф.}}=43,8$ коп/год. – годинна тарифна ставка погодинника 3-го розряду
зайнятого на холодних роботах;

$$K_{с.} = \frac{2000 \times 100}{3200} = 62,5 \text{ коп/год.}$$

$$K_{з.} = \frac{11,375 \times 75 \times 100}{3200} = 26,66 \text{ коп/год.}$$

$$C_{чз.} = 36,3 \times 1,3 = 47,19 \text{ коп/год.}$$

$$C_{з.} = 43,8 \times 1,53 \times 1 = 67,014 \text{ коп/год.}$$

$$C_{нз.} = \frac{67}{1} + 47,19 + 0,2 \times (26,66 + 62,5) = 132,022 \text{ коп/год.}$$

$$C_{o.005} = \frac{132,022 \times 20,45}{60} = 45 \text{ коп.}$$

Операція 010 (5K310).

$f=3,01 \text{ м}^2$ – площа верстата; $km=1,1$; $\alpha= 0,26$ [1, ст. 173]; $kf=3,5$ [1, ст. 144];
 $\varphi=1,84$ [1, ст. 173].

$$T_{\text{шк}}=156,42 \text{ хв.}$$

$$F=3,01 \times 3,5=10,535 \text{ м}^2;$$

$$\Pi=2750 \text{ грн.};$$

$$k_M=0,7;$$

$C_{\text{тф.}}=47,2$ коп/год. – годинна тарифна ставка погодинника 4-го розряду
зайнятого на холодних роботах;

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\kappa_{с.} = \frac{2750 \times 100}{3200} = 85,94 \text{ коп/год.}$$

$$\kappa_{з.} = \frac{10,535 \times 75 \times 100}{3200} = 24,7 \text{ коп/год.}$$

$$C_{чз.} = 36,3 \times 0,7 = 25,62 \text{ коп/год.}$$

$$C_{з.} = 47,2 \times 1,53 \times 1 = 72,2 \text{ коп/год.}$$

$$C_{нз.} = \frac{72,2}{1} + 25,6 + 0,2 \times (24,7 + 85,94) = 120 \text{ коп/год.}$$

$$C_{о.010} = \frac{120 \times 156,42}{60} = 312,84 \text{ коп.}$$

Операція 010 (5К310).

f=6,47 м² – площа верстата; km=1,4; α= 0,24 [1, ст. 173]; kf=2,5 [1, ст. 144];
φ=2,1 [1, ст. 173].

T_{шк}=2,35 хв.

F=6,47 × 2,5=16,175м²;

Ц =7320 грн.;

k_м=3;

C_{тф.}=43,8 коп/год. – годинна тарифна ставка погодинника 3-го розряду
зайнятого на холодних роботах;

$$\kappa_{с.} = \frac{7320 \times 100}{3200} = 228,75 \text{ коп/год.}$$

$$\kappa_{з.} = \frac{16,175 \times 75 \times 100}{3200} = 37,91 \text{ коп/год.}$$

$$C_{чз.} = 36,3 \times 3,0 = 108,9 \text{ коп/год.}$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_3 = 43,8 \times 1,53 \times 1 = 67 \text{ коп/год.}$$

$$C_{nz} = \frac{67}{1} + 108,9 + 0,2 \times (37,91 + 228,75) = 229,2 \text{ коп/год.}$$

$$C_{o.015} = \frac{229,2 \times 2,35}{60} = 9 \text{ коп.}$$

Таким чином, загальна вартість механічної обробки деталі:

$$C_o = C_{o.005} + C_{o.010} + C_{o.015},$$

$$C_o = 45 + 312,84 + 9 = 367 \text{ коп.}$$

Отже повна собівартість деталі “Черв’як”, яку ми визначаємо за формулою (2.44):

$$C = 367 + 1000 = 1367 \text{ коп.} = 13,67 \text{ грн.}$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Опис конпонувальних та конструктивно-експлуатаційних можливостей верстату

Токарно-гвинторізний верстат мод. 16Б25П (табл.А4) з підвищеним ступенем точності призначений для виконання широкого кола токарних робіт при чорновому та чистовому обточуванні.

Верстат забезпечує нарізання метричної, дюймово-модульної різьб, а при скороченому кінематичному (схеми) ланцюгу (пряме включення ходового гвинта без коробки подач), дає можливість проводити нарізання нестандартних різьб при відповідному налагодженні гітари. Автоматичне керування швидкостями обертання шпинделя дозволяє проводити переключення швидкостей на ходу і цим самим зменшує виробничі витрати часу.

На верстаті можна обточити конус без застосування конусної лінійки шляхом механічного переміщення верхнього супорта.

3.2 Аналіз схеми формоутворення поверхні деталі “Черв’як” на токарно-гвинторізному верстаті

Орієнтуючись на поставлене завдання, згідно якого необхідно забезпечити викінчену обробку черв’яка на токарно-гвинторізному верстаті вдосконаленням конструкції базової моделі повинно бути максимально наближено до неї, а разом з тим враховують можливість забезпечити формоутворення поверхні.

Поверхня черв’ячної нарізки уявляє собою гвинтову лінію з певним кутом підйому відповідним профілем гвинта і певним профілем зуба згідно конструктивно-геометричним параметрам черв’яка.

Верстати токарні поділені головним рухом формоутворення – обертання заготовки $\Phi(O_1)$ і можливим рухом подач:

					<i>КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Горбатюк О.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Гагалюк А.В.</i>					46	18
						<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВ-41</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Крупа В.В.</i>						

- $\Phi(\Pi_2)$ – поздовжня;
- $\Phi(\Pi_3)$ – поперечна.

Комплекс таких рухів дозволяє обробляти циліндричні зовнішні та внутрішні, торцеві та гвинтові поверхні. Він може забезпечити також і формоутворення профільним різцем, профіль черв'яка.

Перед нами поставлене завдання забезпечити викінчену обробку черв'яків абразивним шліфувальним кругом.

Абразивні шліфувальні круги забезпечують обробку методом дотику.

Враховуючи це передумова викінченої обробки черв'яків на токарно-гвинторізному верстаті може бути забезпечена комбінацією методів сліду та дотику.

Головним рухом формоутворення виступатиме обертовий рух абразивного круга $\Phi_V(O_1)$ – який є простим рухом.

Обертовий рух заготовки із поступовим рухом шліфувального круга повинен утворити одну складну зв'язку формоутворення, яка утворить гвинтовий рух $\Phi_V(O_1\Pi_3)$.

Таким чином кінематична структура верстату має дві групи формоутворення.

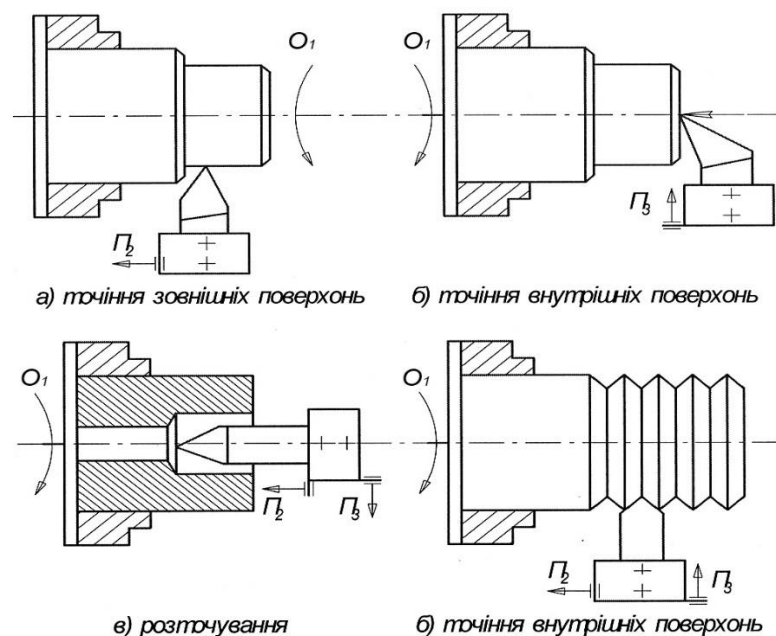


Рисунок 3.1 Типові схеми формоутворення поверхонь деталей на токарно-гвинторізних верстатах різцем

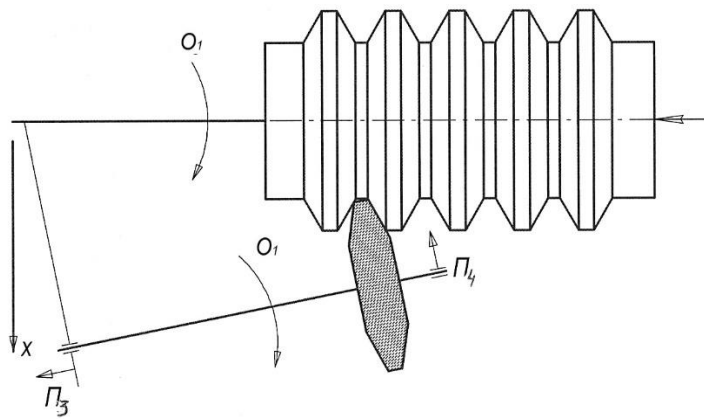


Рисунок 3.2 Типові схеми формоутворення гвинтової поверхні абразивним кругом

На основі аналізу різних формоутворюючих рухів на верстатах токарної та шліфувальної (круглої) групи необхідно створити об'єднану структуру, яка увібрала б можливості токарного і круглошліфувального верстатів.

Для утворення гвинтової поверхні такими рухами є обертання заготовки $\Phi_V(O_1)$ та рухи подачі $\Phi(\Pi_2)$, $\Phi(\Pi_3)$.

Для викінченої обробки профілю впадин зуба абразивним кругом буде обертовий його рух $\Phi_S(O_2)$.

3.3 Розробка структурно-кінематичної та кінематичної схем верстату

Основною структури кінематичної схеми верстату є прийнята схема формоутворення. Згідно проведеного раніше аналізу та відповідних обґрунтувань для викінченої обробки черв'яків токарно-гвинторізного верстаті необхідно забезпечити чотири рухи:

- головний рух – обертання (шпинделя) шліфувального круга $\Phi_V(O_1)$;
- рух кругової подачі – обертання заготовки $\Phi_S(O_2)$;
- гвинтовий рух – погодження обертання заготовки та поздовжньої подачі круга $\Phi_V(O_2\Pi_3)$;
- рух суцільної подачі абразивного круга $\Phi_S(\Pi_4)$.

Рухи обертання круга $\Phi_V(O_1)$ та радіальної подачі $\Phi_S(\Pi_4)$ є простим, а гвинтовий рух $\Phi_V(O_2\Pi_3)$ – складним.

Даний складний рух ув'язує у погодженні обертання заготовки та

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поздовжню подачу супорта з кругом і забезпечується внутрішнім кінематичним зв'язком.

Рухи O_1 та Π_4 – зовнішнім кінематичним зв'язком і описуються конкретними кінематичними ланцюгами.

При використанні для формоутворення поверхонь абразивних кругів кінематичного ланцюга руху $\Phi_v(O_1)$ рідко мають орган настройки.

Органами настройки та реверсу комплектуємо рухи кругової подачі $\Phi_s(O_2)$ та поздовжньо-поперечних переміщень $\Phi_s(\Pi_3)$, $\Phi_s(\Pi_4)$.

Стосовно прийнятої схеми формоутворення розробляємо структурно-кінематичну схему і разом на її основі удосконалюємо кінематичну схему та компоновочні і конструктивні аспекти верстату.

3.4 Конструкція та розрахунок шліфувальної головки

Для шліфування спіралі черв'яка на токарно-гвинторізному верстаті необхідно спроектувати шпиндельну головку з приводом, яка кріпиться на супорті токарно-гвинторізного верстату з можливістю обертання шліфувальної головки навколо горизонтальної вісі для регулювання нахилу круга згідно піднімання спіралі черв'яка. В пристосібленні передбачений механічний натяг пасу.

Шліфувальна головка кріпиться на супорті токарно-гвинторізного верстату і відповідно має переміщення вздовж і поперек направляючих.

Таким чином її можна налагодити на довільний кут переміщення вздовж вісі обертання шпинделя, а поперечне переміщення супорта дає можливість шліфувальний круг підводити до шліфувальної поверхні і відводити від неї.

Шліфувальна головка має індивідуальний привід для обертання круга, а інші переміщення здійснюються при допомозі супорта верстату, поздовжнього і поперечного.

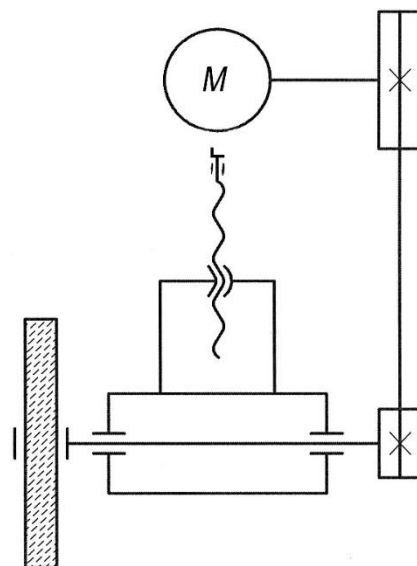


Рисунок 3.3– Кінематична схема

3.5 Автоматизований розрахунок пасової передачі

Пасова передача наряду з іншими типами передач достатньо широко застосовується у верстатобудуванні.

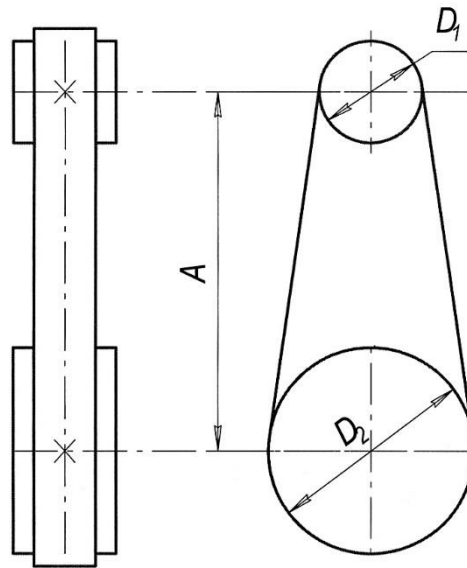


Рисунок 3.4 Розрахункова схема

Для проведення розрахунку необхідні вихідні дані, відповідні конкретним умовам роботи передачі:

- тип передачі – клинопасова;
- N – потужність, яка передається передачею, кВт;
- $n_{\max}$ – частота обертання меншого шків, хв^{-1} ;
- U – передаточне відношення, яке повинно бути менше 1 (для передач, що прискорюють швидкість обертання необхідно брати $1/U$);
- A – приблизна міжцентрова відстань, мм. В процесі розрахунку воно уточнюється в залежності від стандартної довжини пасу;
- C – умовне позначення типу верстату або машини $C=1$ – для токарних, свердлильних, шліфувальних верстатів і машин з пусковим навантаженням до 120% від номінального.

Автоматизований розрахунок передбачається формуванням масивів стандартних значень ширини пасу, діаметра шківів і розрахунковою довжиною пасу.

Швидкість пасу:

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{1000} \quad (3.1)$$

Розрахункова довжина пасу:

$$L = 2 \cdot A + \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} + \frac{\pi \cdot (d_2 - d_1)^2}{4 \cdot A} \quad (3.2)$$

Число пасів:

$$z = \frac{N}{N_o \cdot k_1 \cdot c_p} \quad (3.3)$$

де N – потужність, яка передається передачею, кВт;

N_o – потужність, яка передається одним пасом, кВт;

k_1 – поправочний коефіцієнт, залежний від кута обхвату;

c_p – коефіцієнт режиму роботи.

Коефіцієнти k_1 і c_p задаються таблицями. З достатньою точністю вони можуть бути виражені формулами:

$$k_1 = 0,00255 \cdot \alpha + 0,54 \quad (3.4)$$

$$c_p = 0,86 - 0,06 \cdot c \quad (3.5)$$

де α – кут охоплення на малому шківі;

$$\alpha = 180^\circ - \arctg \left(\frac{d_2 - d_1}{2 \cdot A} \right), \quad (3.6)$$

де c – позначення типу виробництва.

Потужність N_o , яка передається одним пасом для різного січення в залежності від діаметра і швидкості дана в табл. 4.5, дані якої виражені формулами, які дозволяють визначити N_o з похибкою не більше 5%.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тягове зусилля передачі:

$$P = \frac{551,6 \cdot N}{V}, \quad (3.7)$$

Зусилля на вал від одного пасу:

$$G = 2 \cdot S \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (3.8)$$

де S – поперечний натяг пасу.

Уточнена міжцентрова відстань:

$$A = 0,25 \cdot \left[L - \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} + \sqrt{\left(L - \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} \right)^2 - 2 \cdot (d_1 - d_2)^2} \right] \quad (3.9)$$

Розрахунок на ПК по програмі автоматичного забезпечення вибору типу пасу для заданої потужності в залежності від швидкості з врахуванням всіх по швидкості і потужності.

Таблиця 4.1 – Розрахункові формули

Тип пасу	Розрахункова формула
О	$N_o = 0,1 + \left[0,244 \cdot \left(\frac{0,1 \cdot L}{V} \right)^{0,09} - 0,0151 \cdot \left(\frac{10 \cdot R}{d^{0,85}} \right)^{0,09} - 5 \times 10^{-5} \cdot V^2 \right] \cdot 5,21 \cdot 10^{-3} \cdot R^2 \cdot \frac{V^{1,45}}{d^{0,2}}$
А	$N_o = \left[0,244 \cdot \left(\frac{0,1 \cdot L}{V} \right)^{0,09} - 0,0151 \cdot \left(\frac{10 \cdot R}{d^{0,8}} \right)^{1,3} - 9 \times 10^{-5} \cdot V^2 \right] \cdot 6,02 \cdot 10^{-3} \cdot R^2 \cdot V^{1,08}$
Б	$N_o = \left[0,244 \cdot \left(\frac{0,1 \cdot L}{V} \right)^{0,09} - 0,0151 \cdot \left(\frac{10 \cdot R}{d^{0,65}} \right)^{1,15} - 9 \times 10^{-5} \cdot V^2 \right] \cdot 5,27 \cdot 10^{-3} \cdot R^2 \cdot V^{1,17}$
В	$N_o = \left[0,244 \cdot \left(\frac{0,1 \cdot L}{V} \right)^{0,09} - 0,0151 \cdot \left(\frac{10 \cdot R}{d^{0,65}} \right)^{1,15} - 9 \times 10^{-5} \cdot V^2 \right] \cdot 5,58 \cdot 10^{-3} \cdot R^2 \cdot V^{1,17}$
Г	$N_o = \left[0,244 \cdot \left(\frac{0,1 \cdot L}{V} \right)^{0,09} - 0,0151 \cdot \left(\frac{10 \cdot R}{d^{0,65}} \right)^{1,15} - 9 \times 10^{-5} \cdot V^2 \right] \cdot 5,78 \cdot 10^{-3} \cdot R^2 \cdot V^{1,17}$

3.6 Загально-силовий розрахунок шліфувальної головки

Визначаємо режими різання при шліфуванні, починаємо із встановлення характеристики інструменту.

Вибір інструменту при абразивному шліфуванні, конструкція інструментальних матеріалів по для заточування черв'яків, матеріал.

Швидкість різання, подачу приймаємо по [10].

Плоске шліфування торцем круга: $V_k=30$ м/с; $t=0,03$ мм; $V_d=8$ м/хв – на початку; $V_d=3$ м/хв – в кінці.

Ефективна потужність шліфування:

$$N = C_n \cdot V_o^V \cdot t^x \cdot b^z, \quad (3.10)$$

де b – ширина шліфування, приймаємо для черв'яка $m=10$ мм, таким чином $b=2,5$; $m=2,5$; $10=25$ мм; $C_n=0,52$ – постійна потужність шліфування; $V=1$; $x=0,8$; $z=0,8$;

Тоді потужність буде:

$$N = 0,52 \cdot 8^1 \cdot 0,03^{0,8} \cdot 25^{0,8} = 2,2 \text{ кВт}$$

За знайденою потужністю по каталогу вибираємо електродвигун типу ЛО2 з номінальною потужністю $N= 2,2$ кВт і $n_{дв}=2880$ хв⁻¹.

Визначаємо число обертів шліфувального круга:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{кр}} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{3,14 \cdot 200} = 2866 \text{ хв}^{-1} \quad (3.11)$$

Визначаємо передаточне число пасової передачі:

$$u_p = \frac{n_{дв}}{n} = \frac{2880}{2866} = 1,0048 \quad (3.12)$$

Приймаємо $u_p=1$.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

3.7 Конструювання коробки подач

3.7.1 Опис конструкції та принцип роботи

Спроекувати коробку подач для токарно-гвинторізного верстату мод. 16П25П з широким діапазоном регулювання подач при обробці черв'яків.

Коробка подач є частиною механізму подачі, що складається з наступних окремих елементів:

1. Привід механізму подач;
2. Пристрій для включення механізму подач;
3. Пристрій для реверсування подач;
4. Запобіжний пристрій від перенавантаження подач;
5. Одинокі передачі ланцюга робочих подач;
6. Коробка подач розташована на початку одиноких передач, які призначені для редуції з метою зменшення крутного моменту.

З іншої сторони, коробку подач бажано розташовувати ближче до робочої зони, особливо при частій подачі і при незалежному налагодженні подач окремих супортів і їх салазок.

Залежно від призначення верстату до коробки подач і всього механізму подач пред'являють різні вимоги у відповідності:

- a) кількості ступенів подач;
- b) діапазоном подач;
- c) закономірність їх ряду (нормально-геометричний ряд, для токарно-гвинторізних верстатів приблизно арифметичний);
- d) характеристика руху;
- e) вид приводу;
- f) необхідної точності налагодження подач.

Коробки подач з рухомими колесами.

Коробки цього типу пристосовані до частого переключення передач значно краще, ніж коробки зі зміщеними зубчастими колесами, тому широко застосовуються в універсальних верстатах.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7.2 Загальний кінематичний розрахунок

Коробки подач, які призначені для нарізання різьб, мають ряд особливостей кінематичного розрахунку. Ці особливості обґрунтовані тим, що такі коробки подач мають короткий кінематичний зв'язок з великою точністю. Для утворення на оброблюваній деталі гвинтової лінії заданого кроку необхідно два рухи – обертовий рух заготовки і поступальний рух інструменту.

Зв'язок між цими двома рухами є рівняння кінематичного балансу.

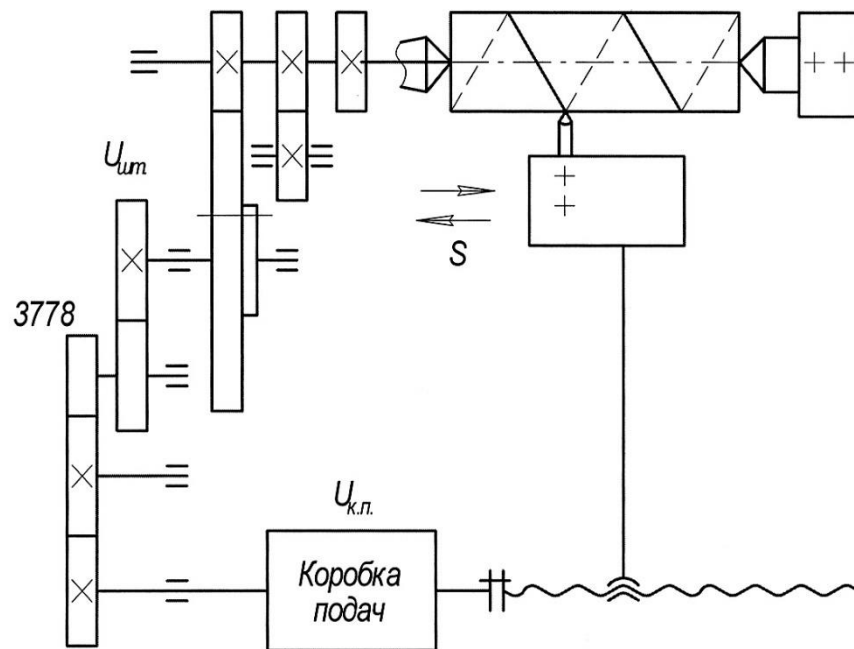


Рисунок 3.5 – Принципова схема ланцюгової подачі

$$t_p \cdot K_p = 1_{об.шт} \cdot U_{пост.} \cdot U_{шт.} \cdot U_{к.п.} \cdot t_v \cdot K_v, \quad (3.13)$$

де $U_{пост.}$ – передаточне відношення всіх постійних зубчастих коліс від шпинделя до ходового гвинта;

$U_{шт.}$ – передаточне відношення гітари (змінних коліс);

$U_{к.п.}$ – передаточне відношення коробки подач;

t_p – крок нарізання різі;

t_v – крок ходового гвинта;

K_p і K_v – відповідно число заходів нарізуваної різі і ходового гвинта.

Прийmemo в нашому випадку: $U_{пост.}=1$; $U_{шт.}=1$; $t_p=U_{шт.} \cdot t_v$.

Таким чином при цьому наладка верстату на заданий крок виконується за

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

допомогою гітари змінних зубчастих коліс. Таке налагодження робиться для одержання різьби високої точності або спеціального кроку.

При нарізанні стандартних метричних різьб налагодження проводять за допомогою коробки подач при постійному передаточному відношенні гітари змінних коліс.

Якщо стандартні значення кроку різі розміщені послідовно, то можна побачити, що кроки різьби одного із рядів відрізняються від інших в 2, 4, 6 раз.

Наприклад, для метричної різі кроком 6 мм (крок $t_b < 1$ мм), які не нарізають різцем, то можна одержати наступні ряди по [10, ст. 53].

1-й ряд – 1; (1,125); 1,25; (1,375) № 1,5; 1,75;

2-й ряд – 2; 2,25; 2,5; 2,75; 3; 3,5;

3-й ряд – 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7;

4-й ряд – 8; 9; 10; 11; 12; 14.

В дужках записані значення кроків нестандартних різьб.

Таким чином для одержання всіх значень кроку різі від 1 до 14 мм ми повинні мати механізм, що забезпечує 6 відповідних передаточних відношень для одержання одного із рядів і механізм, що дозволяє збільшити крок на величину $2k$ (де k – ціле число).

Тобто коробка подач повинна складатись із двох механізмів, механізму для забезпечення точних передаточних відношень і помножуючого механізму.

Механізм для забезпечення передаточних відношень повинен забезпечити ряд арифметичної прогресії.

Функції механізму для забезпечення точних передаточних відношень в токарно-гвинторізних верстатах виконують механізми Нортонa, а функції помножуючого механізму – меланізм з блоками зубчастих коліс або механізм Меанура.

Для кінцевого кінематичного розрахунку механізму подач необхідно прийняти крок ходового гвинта і прийняти передаточне відношення гітари змінних коліс для нарізання метричних, дюймових і модульних різьб.

Необхідно відмітити, що крок нарізання різі в метричній системі (мм) буде рівний:

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для метричної, мм;
- для дюймової:

$$t_p = \frac{25,4}{N}, \quad (3.14)$$

де N – число ниток на дюйм;

- для модульної:

$$t_p = \pi \cdot m, \quad (3.15)$$

де m – модуль черв'ячної;

Рівняння кінематичного балансу для такого механізму буде мати вигляд:

$$t_p \cdot K_p = 1_{об.шп} \cdot U_{пост.} \cdot U_{шт.} \cdot U_{к.п.} \cdot U_{мм} \cdot t_v \cdot K_v, \quad (3.16)$$

де $U_{пост}$ – передаточне відношення від шпинделя до гітари;

$U_{шт.}$ – передаточне відношення гітари (змінних коліс);

$U_{к.п.}$ – передаточне відношення коробки подач;

$U_{мм}$ – передаточне відношення помножуючого механізму;

t_p – крок нарізання різі;

t_v – крок ходового гвинта;

K_p і K_v – відповідно число заходів нарізуваної різі і ходового гвинта.

Прийmemo в нашому випадку:

$U_{пост}=0,67$; $t_v=12$ мм; $K_p=K_v=1$.

Визначаємо найбільше число обертів вихідного валу коробки подач. За один оберт шпинделя супорт повинен переміститись на найбільший крок, тобто $S=112$ мм.

Із кінематичної схеми маємо передаточне відношення множильного механізму $U_{мм}=1,2727$. Приймаємо $U_{шт}=6,528$.

$$n_{вих.вал.кп}^{max} = \frac{S}{t_v \cdot U_{мм}} = \frac{112}{12 \cdot 1,2727} = 7,33 \frac{об}{об. шп} \quad (3.17)$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де S – крок різі, мм;

t_b – крок ходового гвинта, мм;

U_{mm} – передаточне відношення помножуючого механізму;

Визначаємо найменше число обертів вихідного валу коробки подач за один оберт шпинделя, коли крок різі $S=0,5$ мм. Із кінематичної схеми найменше передаточне відношення має помножуючий механізм – $U_{mm}=0,125$.

Тоді мінімальне число обертів вихідного вала коробки подач:

$$n_{\text{вих.вал.кп}}^{\min} = \frac{S}{t_b \cdot U_{mm}} = \frac{0,5}{12 \cdot 0,125} = 0,33 \quad (3.18)$$

де S – крок різі, мм;

t_b – крок ходового гвинта, мм;

U_{mm} – передаточне відношення помножуючого механізму;

Будуємо структурну сітку коробки подач і графік чисел обертів вихідного валу.

Розрахувавши: $n=6$; $n_{\max}=7,334$; $n_{\min}=0,333$.

Визначаємо діапазон регулювання:

$$R = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{7,334}{0,33} = 22 \quad (3.19)$$

Визначаємо число ступенів передач, яке необхідне для забезпечення діапазону регулювання:

$$z = \frac{\lg R}{\lg(R_{\text{кор}} + 1)} = \frac{\lg 22}{\lg(6 + 1, 12)} = 7,2 \quad (3.20)$$

Приймаємо $z=6$.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По графіку чисел обертів вихідного валу коробки подач будуюмо кінематичну схему коробки подач з помножуючим механізмом.

3.7.3 Силовий розрахунок

Силовий розрахунок коробки подач визначаємо по рівнянню робіт для механізму подач. Для визначення крутних моментів, діючих на окремих валах механізму подач, використовуємо рівняння:

$$\frac{Q \cdot t}{2\pi} = \frac{M_{kj}}{\frac{t \cdot j}{S}} \cdot I_{j/s} \quad (3.21)$$

де Q – тягова сила подачі, Н;

M_{kj} – крутний момент на j -му валу, Н·м;

$I_{j/s}$ – передаточне відношення ланцюга від j -го вала до тягового;

$$I_{j/s} = \frac{n_s}{n_j}, \quad (3.22)$$

$$S_j = t \cdot I_{j/s}, \quad (3.23)$$

де S_j – подача на один оберт j -го вала.

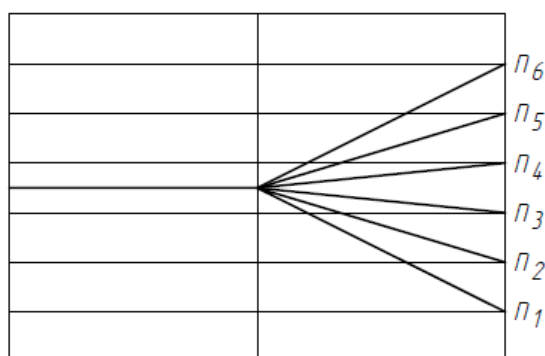


Рисунок 3.6 – Структурна сітка
коробки подач

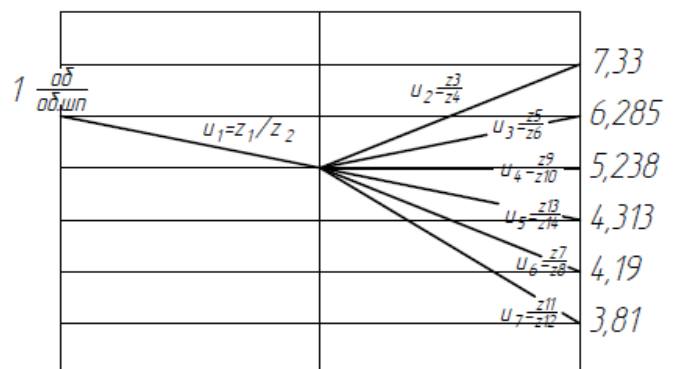


Рисунок 3.7 - Графік чисел обертів
вихідного вала коробки подач

Таким чином, крутний момент на довільному валу механізму подач при інших однакових умовах прямо пропорційний подачі S_j , яка припадає на один оберт цього валу, або $I_{j/s}$ – передаточне відношення ланцюга передач від даного вала тягового пристрою.

Найбільший крутний момент буде на самому тихохідному валу ланцюга максимальний прискорюючих передач.

Застосовуємо рівняння:

$$M_{k.шт.} = \frac{Q}{2\pi \cdot \eta_{шт/s}} \cdot S, \quad (3.24)$$

де $M_{k.шт.}$ – крутний момент на шпинделі, необхідний для приводу механізму подач;

$\eta_{шт/s}$ – коефіцієнт корисної дії ланцюга передач від шпинделя до тягового вала.

Для тягового вала рівняння приймає вигляд:

$$M_{k.s.} = \frac{Q}{2\pi \cdot \eta_s} \cdot t, \quad (3.25)$$

де $M_{k.s.}$ – крутний момент на тяговому валу;

$\eta_s=0,5$ – коефіцієнт корисної дії тягнучого пристрою (для приводу подач);

$t=12 \text{ мм}=1,2 \text{ см.}$

Визначаємо тягову силу, яка рівна осьовій силі при точінні.

Так як у нашому випадку верстат може працювати на різних роботах:

- нарізання різі;
- проточка;
- шліфування;
- та інші.

Тягову силу визначаємо для найбільш навантажених режимів роботи, тобто при чорновому точінні, де $S=0,4 \text{ мм/об}$; $t=5 \text{ мм}$. Швидкість різання і матеріал

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ріжучої частини інструменту вибрано у розділі технологічної частини і дорівнює $V = 117 \text{ м/хв.}$

Матеріал ріжучої частини інструменту Т15К6, то осьова сила різання буде:

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot t^{n_p} \cdot k_p, \quad (3.26)$$

де $C_p = 339 \text{ Н}$ – постійна сили різання по [10]; $x_p = 1,0$; $y_p = 0,5$; $n_p = -0,4$;
 k_p – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей сталі.

$$k_p = k_{mp} \cdot k_{\phi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{vp}, \quad (3.27)$$

де k_{mp} – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу по [3, ст. 21].

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{75} \right)^{n_p} = \left(\frac{57}{75} \right)^{0,75} = 0,807 \quad (3.28)$$

$k_{\phi p}$, $k_{\gamma p}$, $k_{\lambda p}$, k_{vp} – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту. $k_{\phi p} = 1,17$; $k_{\gamma p} = 1,0$; $k_{\lambda p} = 0,85$; $k_{vp} = 1,0$.

Таким чином:

$$k_p = 0,807 \cdot 1,17 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,756.$$

Підставляємо отримані значення і знаходимо силу різання при точінні:

$$P_z = 339 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,4^{0,5} \cdot 117^{-0,4} \cdot 0,756 = 1210 \text{ Н} = 1,21 \text{ кН.}$$

Визначаємо зусилля на тяговому валу (ходового гвинта) за формулою (3.25), підставляючи отримані значення:

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{k.s.} = \frac{1210}{2\pi \cdot 0,5} \cdot 1,2 = 462H \cdot \text{см.}$$

3.7.4 Розрахунок ходового гвинта

Розмір ходового гвинта і шайби встановлюють за розрахунком на зносостійкість, міцність і жорсткість конструкції і на стійкість ходового гвинта.

Розрахунок на зносостійкість проводять по середньому питомому тиску на робочих поверхнях різі, які визначають:

$$p = \frac{Q}{\pi \cdot d_{cp} \cdot t_2 \cdot \frac{L_2}{S} \cdot z} = \frac{Q \cdot S}{\pi \cdot d_{cp} \cdot t_2 \cdot L_2 \cdot z} \quad (3.29)$$

де Q – максимальне тягове зусилля, Н;

S – крок гвинтової лінії різі, мм;

t_2 – робоча висота витка, мм;

L_2 – довжина гайки, мм;

z – число заходів різі;

d_{cp} – середній діаметр різі, мм.

$$\lambda' = \frac{L_2}{d_{cp}} \quad (3.30)$$

Підставимо у формулу (3.29) і одержимо:

$$p = \frac{Q}{\pi \cdot \lambda' \cdot d_{cp}^2 \cdot t_2 \cdot z'} \quad (3.31)$$

Звідси знаходимо:

$$d_{cp} = 0,56 \sqrt{\frac{Q \cdot S}{\pi \cdot \lambda' \cdot t_2 \cdot z \cdot p'}} \quad (3.32)$$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для стандартних трапецевидних різей:

$$t_2 = 0,5 \frac{S}{z} \quad (3.33)$$

Підставивши формули (3.32) і (3.33) отримаємо формулу:

$$d_{cp} \approx 0,8 \sqrt{\frac{Q}{\lambda' \cdot p'}} \quad (3.34)$$

Відношення: $\lambda' = \frac{L}{d_{cp}}$ лежить в межах 1,5 – 4 по, для маточиних шайб $\lambda' = 3$.

Допустимий середній питомий тиск $[p]=300 \text{ Н/см}^2$.

Таким чином:

$$d_{cp} \approx 0,8 \sqrt{\frac{1210}{3 \cdot 300}} = 28 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_{cp}=36 \text{ мм.}$

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Розрахунок місцевого освітлення для проектного верстату

Освітлення ділянки, на якому розміщений проектований верстат визначається за формулою по:

$$E = \frac{z_{\alpha} \cdot \cos^3(\alpha)}{k \cdot H_p^2}, \quad (4.1)$$

де H_p – висота підвісу світильників над робочою поверхнею;

z_{α} – сила світла в напрямленні від джерела на дану точку робочої поверхні;

α – кут між нормаллю робочої поверхні і направленням світлового потоку на джерело;

k – коефіцієнт запасу.

Сила світла при куті нахилу $\alpha=30^\circ$, $z_{\alpha}=150$ кд.

Висота підвісу світильника $H=0,8$ м, $k=1,3$.

Таким чином:

$$E = \frac{150 \cdot \cos^3(30)}{1,3 \cdot 0,8^2} = 65 \text{ лк.}$$

Вибираємо лампу МОЗ6-60 по] для якої $E=75$ лк при напрузі живлення 36 В.

Потужність лампи 60 Вт.

Тип світильника СТС-1.

Робота, що виконується на верстаті по характеру глядацьких робіт відповідає малій точності, 5 розряд, підрозряд "S".

Натуральне і штучне освітлення.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Горбатюк О.В.						
Перевір.		Гагальок А.В.					64	8
						ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВ-41		
Н. контр.		Кобельник В.Р.						
Затверд.		Крупа В.В.						

4.2 Вплив кольору на покращення умов праці

Важливе значення для покращення умов праці і підвищення ефективності виробництва має колір. Для правильних рекомендацій по пофарбуванню виробничих приміщень машинобудівних заводів необхідно користуватись спеціальними вказівками по раціональній кольоровій обробці поверхонь виробничих приміщень і технологічного обладнання промислових підприємств.

Колір приміщень і машин вибирається не довільно, а у відповідності до виконуваної роботи та технологічних операцій. Наприклад, щоб подолати одноманітність і монотонність виробничого процесу на виробництві, необхідно різким кольоровим оформленням виділити рухомі лотки з деталями, які ідуть на обробку або на складання.

Велике значення має контраст у фарбуванні виробу, інструменту, обладнання, пристосувань. Наприклад, якщо робітник хоча б раз на хвилину переведе погляд з деталі, яка поглинає 5% світла, на чорну підлогу, яка поглинає 95% світла, або на сірий верстат або машину, він 5 сек. буде пристосовувати свій зір до деталі і потратить за зміну приблизно 0,5 год. – 1 млн. робітників – 70 тис. робочих днів. Крім цього у робітників понижується зір.

Основні задачі правильного використання кольорів на підприємствах машинобудування:

- зменшення втомлюваності зорових органів і шкідливих фізіологічних і психологічних наслідків цього явища за рахунок правильного фарбування робочих машин і інших знарядь праці, а також поверхонь, які обмежують робочий простір, в поєднанні з правильним освітленням;
- підвищення безпеки праці шляхом застосування сигнальних і попереджувальних кольорів в місцях, де це необхідно по умовам виробництва;
- зведення до мінімуму часу, що необхідний для переведення погляду з предмету або знаряддя праці на оточуючі предмети, що досягається виключно правильним підбором кольору, їх світлопоглинальної здатності;
- підвищення загального тону праці шляхом впливу на них

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кольоро-психологічного фактору.

Основні види технологічного обладнання необхідно фарбувати згідно ДСТУ EN 60204-1:2015 або рекомендацій наведених в таблиці 6.1.

Зазначено орієнтовні кольори для елементів обладнання:-

- Світло-сірий або блакитний – корпуси верстатів;
- Червоний – аварійні елементи;
- Жовтий – обертові небезпечні частини;
- Зелений – пускові механізми;
- Чорний – ручки керування.

Таблиця 4.1 Кольорове оформлення обладнання

Обладнання	Колір
Металорізальні верстати:	
▪ нерухомі частини	Світло-зелений
▪ рухомі частини	Кремовий
Ковально-пресове обладнання:	
▪ нерухомі частини	Зелено-блакитний
▪ рухомі частини	Кремовий
Ливарне та дробильноподрібнююче обладнання	Бежевий
Різні транспортні механізми типу конвеєра	Кремово-зелений
Термічне обладнання.	Алюмінієвий
Гальванічне обладнання.	Зелено-блакитний
Насосно-компресорне обладнання.	Зелено-блакитний
Деревообробне обладнання.	Світло-зелений

Необхідно поєднувати кольорове оформлення технологічного обладнання з покраскою поверхонь окремих елементів інтер'єру. Наприклад, в механічних цехах стіни вище панелей рекомендується малювати білим кольором, панелі стін (на рівні 2,5 – 3 м від підлоги) – світло-зеленим, який дуже спокійний і легко сприймається оком.

Світло-зелена стіна, на яку звернений погляд робочого, знімає втомленість очей і сприяє нормальній праці.

В цехах, де умови виробництва потребують більше світла

(приладобудівний завод, інструментальні цехи) панелі стін і колони необхідно малювати у світло-жовтий колір.

Світла фарба приміщень зобов'язує робітників до дисципліни і культури, сприяє удосконаленню організації праці. Для підтримки чистоти і порядку рекомендується кути у виробничих приміщеннях і дільниці підлоги навколо них малювати білим кольором і давати сильне місцеве освітлення. Також потрібно малювати і урни для сміття і підлогу навколо них.

Пофарбування виробничих приміщень в світлі тони (кольору) дає для працівників більш гігієнічні умови. Що вносить бадьорість і свіжість в процес праці.

Необхідно, щоб колір обладнання і приміщення були гармонійними. Між кольором оброблюваної деталі і кольором поверхні на якій вона обробляється, повинен бути певний контраст.

Якщо деталь світла, то не допускається, щоб контраст між нею і кольором обладнання був дуже різким, так як працювати з білим предметом на чорному фоні і навпаки дуже важко. В зв'язку з цим можна використати зразки кольорів фону, рекомендовані для поліпшення видимості об'єктів розпізнавання.

З точки зору техніки безпеки в коробках передач, швидкостей і інші внутрішні поверхні необхідно малювати в ярко-червоний колір, щоб звернути увагу робітника на випадок, якщо зубчаті колеса або електроапаратура відкриті.

Колір рухомих частин верстата повинен контрастувати з кольором нерухомих елементів, щоб звернути увагу робітника. Такий колір світло-жовтий.

Таблиця 4.2 Рекомендації для поліпшення видимості об'єктів розпізнавання

Колір деталі	Характеристика кольору			Фарба фону
	ρ	λ	p	
Сірий (сталь, алюміній)	0,53	580	50	Жовто-помаранчевий
Жовтий (мідь, латунь, бронза, дерево, жовті пластмаси)	0,42	479	47	Бірюзовий
Білий	0,2	479	47	Сірий
червоний, коричневий, чорний	0,4	562	34	Салатовий
зелений	0,3	598	35	Коричневий
синій	0,65	575	78	Жовтий

де ρ – коефіцієнт відображення світла;

λ – довжина хвилі;

p – насиченість.

У відношенні з кольором верстата він функціонально самий цінний.

Щоб не затемнювати приміщення праці обладнання з ковельно-пресових цехах І потрібно малювати в зелено-блакитний колір. У відношенні облицовкою панелі стін білими плитами і покраскою стін вище панелі в білий колір, більш здорової обстановки на виробництві, поліпшенню умов праці в цих завжди забруднених цехах.

Панелі стін рекомендується облицьовувати білими плитками, вони гігієнічні і добре маються водою.

Робота з ПТМ небезпечна, тому його необхідно виділити на загальному фоні цеху, І помалювати його у світлі тони – алюмінієвий колір. Цей колір поглинає мало світла і багато його розсіює в приміщенні цеху.

При роботі на підйомно-транспортних механізмах бувають нещасні випадки через те, що робочі не бачать рухомі і виступаючі частини виробничого і транспортного обладнання (кабіни, гаки кранів), які помальовані в темний колір.

На кабінах кранівників мостових кранів і обіймах крюка крану потрібно наносити чорно-жовті вертикальні полоси шириною 200 – 250 мм. Таке фарбування слугує сигналом при можливому зіткненні, тому що жовтий колір добре виділяється на чорному фоні і помітний здалеку і збоку. Наземний транспорт потрібно малювати яскравими кольорами, які звертають на себе увагу.

Цілеспрямовано виділяти окремими кольорами електрокари і візочки, закріплені за окремими цехами: при цьому використовують оранжевий, зелений, жовтий, червоний колір.

У відповідності з правилами розміщення електроустановок фази повинні бути помальовані завжди однаково, а саме: фаза А – в жовтий; фаза В – в зелений; фаза С – в червоний.

Кожухи і захисні трубопроводи електропроводок рекомендується

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

малювати в світло сірий колір, електрошафи в зелений, а внутрішні стінки в яскраво-червоний колір.

Доведено, що раціональне використання кольору підвищує продуктивність праці на 15% – 17%, а в окремих випадках і на 25%, зменшує брак на 40%, наполовину знижує травматизм.

Правильне фарбування знижує втомлюваність до 15–20%.- Підвищується точність роботи до 10–12%.- Світлі кольори покращують ефективність освітлення.- Стандартизовані кольори сприяють безпеці.

4.3 Інструкція техніки безпеки на верстат

У відповідності до наукової організації праці верстати встановлюють на площадці витримуючи санітарні норми [63] (площа над одного працюючого не менше 3,5 м². Керування органами верстату здійснюється з допомогою кнопок і перемикачів. Приміщення в якому встановлені верстати повинно відповідати санітарним нормам [63].

Об'єм виробничого приміщення на одного робітника не менше 10 м³. Висота одноповерхового будинку не менше 3,2 м.

Допоміжні і побутові приміщення повинні бути виконані відповідно до ДБН, як приміщення, що відносяться до I групи виробничих процесів.

У відповідності з ДСТУ оптимальні і допустимі величини температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюють для робочої зони виробничих приміщень з врахуванням важкості виконання роботи і сезонів року.

З точки зору санітарно-гігієнічної профілактики для оздоровлення шкідливої атмосфери від пилюки і парів передбачається загальна протічно-втяжна вентиляція.

Параметри гігієнічної оцінки пилюки, виділення яких проходить при обробці на верстатах деталей із чавуну і легованих сталей, є дисперсністю, довге перебування частин пилюки у повітряному середовищі сприяє проникненню її в дихальні органи.

Згідно з ДСТУ EN 482:2022 [64] встановлені наступні концентрації шкідливих речовин у повітрі робочого середовища приміщення.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зменшення виділення пилюки в процесі обробки і для попередження нагріву деталі і інструменту застосовують охолодження з 10% емульсії випаровування якої незначні і не отруйні.

Таблиця 4.3 Допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі

Назва речовин	Величина допустимої концентрації, мг/м ³	Клас точності
Оксид вуглецю	20	4
Керосин (гас)	300	4
Сода кальцинована	2	3
Їдкі луги	0,5	2
Чавунна пилюка	6	4

Для попередження шкіряних захворювань від розбризкування охолоджуючої емульсії передбачається застосування спеціального одягу, змащування рук перед початком роботи захисними пастами типу ХАОТ, передбачається профілактика працюючого, миття рук, теплою водою з милом, не можна застосовувати для миття рук мінеральні масла, скіпідар, не замотувати руки обтирочними матеріалами. Раціональне освітлення виробничих ділянок є однією з важливих умов праці виключаючи швидку втому зору, виникнення нещасних випадків і сприяє підвищенню продуктивності праці.

Величина освітлення встановлюється згідно зорової роботи, яка визначається найменшим розміром об'єкту розрізняється, контрастом об'єкту, фоном і характером фону.

На ділянці де встановлені верстати застосовується комбіноване, штучне освітлення.

Світле фарбування стелі, стін і виробничого обладнання сприяє створенню рівномірного розміщення якості.

Роботу на верстаті виконувати тільки з опущеними щитками.

Прибирання стружки із верстатів здійснюють спеціальними щітками.

Опір ізоляції в довільній незахищеній частині електрообладнання складає не менше 1 МОм, а ізоляція обмоток електродвигуна не менше 0,5 МОм, при відносній вологості навколишнього середовища не менше 90% і температурі 20°C.

Електричний опір виміряний між пристроєм заземлення, знаходиться на вводі до верстату і довільною не струмопровідною металічної частини верстату, на які встановлено електрообладнання і яка у випадку може бути під небезпечною напругою не перевищує 0,1 Ом.

Двері електрошафи щільно закриваються, щоб не допустити попадання пилюки, що може викликати коротке замикання і вихід із ладу електроапаратів.

При відкриванні дверей спрацьовує електроблокування, що відключає верстат. Робота з відкритим дверима заборонена.

При ремонті і довгих перервах в роботі ввідний автоматичний вимикач відключають і закривають спеціальним закриваючим пристроєм.

Забороняється виконувати ремонтні роботи під напругою. При необхідності працювати під напругою користуються інструментом із діелектричними ручками в присутності іншого лиця.

Забороняється працювати за верстатом при виявленні неполадок в роботі електричних блокувань.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Використання спеціальної бабки значно розширює технологічні можливості токарного-гвинторізного верстата мод. 16Б25П використовуючи готові приєднувальні поверхні, що дозволяє використовувати таке пристосування й на інших токарно-гвинторізних верстатах.
2. Широке впровадження верстатів з ЧПУ у виробництво ставить під сумнів успішне і тривале використання спеціальної шліфувальної бабки для масового або серійного виробництва, проте може бути незамінним у дрібносерійному, одиничному виробництві і особливо у ремонтних майстернях.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кваліфікаційна робота бакалавра: структура, вимоги до виконання та захист. Методичні рекомендації для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування галузі знань 13 Механічна інженерія для здобувачів всіх форм здобуття освіти / уклад.: Р. А. Складаров, В. Р. Кобельник, В. В. Крупа, Р. Я. Лещук, А. А. Сенік, В. В. Шанайда, А. В. Гагалюк, В. М. Буховець. – Тернопіль : ТНТУ, 2025. 78 с.
2. ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови. Чинний від 2016-04-01. 24 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=64320
3. ДСТУ ISO 603-1:2019 Абразиви зі зв'язкою. Розміри. Частина 1. Шліфувальні круги для круглого шліфування між центрами (ISO 603-1:1999, IDT). Чинний від 2019-04-11. 20 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=86069
4. Гевко Б. М., Матвійчук А. В., Артюхов А. М., Пік А. І., Гагалюк А. В., Лотоцький Р. І. Технологія обробки на верстатах з ЧПК. - Тернопіль: Крок, 2014. – 131 с.
5. Analysis of the stress-strain state of the vehicle frame by finite element method // Mykola Stashkiv, Ivan Pidgurskyi, Oleh Pidluzhnyi, Mykola Pidgurskyi, Mykhaylo Levkovych, Ruslan Skliarov, Andriy Mushak // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 108. — No 4. — P. 89–102.
6. Nahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2023. Vol. 111, no. 3. P. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.067

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив		Горбатюк О.В.									
Перевірів		Гагалюк А.В.								70	
Рецензент								ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВ-41			
Н. контр.		Кобельник В.Р.									
Зав.каф.		Крупа В.В.									

7. Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory / V. Krupa et al. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2024. URL: <https://doi.org/10.3311/ppme.29952> (date of access: 22.05.2025).
8. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations. Theoretical and applied problems, november 22–24, 2023, : Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, 22–24 November 2023. 2023. P. 165–182.
9. Гагалюк А.В., Паливода Ю.Є. Процеси виготовлення машин. Частина 1: технологічні основи машинобудування : навчальний посібник Тернопіль: Осадца Ю. В., 2025. – 308 с.
10. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
11. New technology for the manufacturing and use of rolling kingpin bushings in the undercarriage of certain vehicles. Senyk A., Kobelnyk V., Gagaliuk A., Plavutska I., Matviyishyn A., Larochkin A., Dubyniak T. Procedia Structural Integrity. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 508-515. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85195796663&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=a84d4364e9e8a8c805127dd9219dd36e&sot=aff&sdt=a&sl=67&s=AF-ID%28%22Ternopil+Ivan+Puluj+National+Technical+University%22+60013556%29&relpos=21&citeCnt=0&searchTerm=>
12. Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning / V. Krupa et al. Journal of achievements in materials and manufacturing engineering. 2022. Vol. 114, no. 1. P. 22–31. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1480>

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Technological Heredity and Accuracy of the Cross-Section Shapes of the Hydro-Cylinder Cylindrical Surfaces / P. D. Kryvyi et al. ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME 2014 International Conference on Materials and Processing and the 42nd North American Manufacturing Research Conference, Detroit, Michigan, USA, 9–13 June 2014. 2014. URL: <https://doi.org/10.1115/msec2014-3946> (date of access: 22.05.2025).
14. V. Krupa, N. Tymoshenko, V. Kobelnyk, I. Petrechko, Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 114/1 (2022) 22-31.
15. Volodymyr Shanaida, Ruslan Skliarov, Valeriy Lazaryuk. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations/ Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, November 22–24, 2023, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland. 2023, 3628, pp. 43-54. (Scopus) <https://ceur-ws.org/Vol-3628/paper12.pdf>
16. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль : ТНТУ 2023. 246 с.
17. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці: Навчально-методичний комплекс для підготовки спеціалістів ступеня «бакалавр» III-IV рівнів акредитації для всіх напрямків підготовки / М.М.Сакун, І.В.Москалюк, В.Ф.Нагорнюк; за редакцією Сакуна М.М. – Одеса: Видавництво, 2017. – 400 с.
18. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів / Кобельник В.Р, Крупа В.В., Тимошенко Н.М. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези допов. – Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.
19. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа Львів :

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Машинознавство. 2013. №9-10 (195-196). С. 76-83.

20. В'юк Д. В., Крупа В. В. Ймовірно статистична модель оцінювання ефективності застосування твердосплавних пластинок в умовах дрібносерійного виробництва. Актуальні задачі сучасних технологій : Матеріали XII Міжнар. науково-практ. конф. молодих уч. та студентів, м. Тернопіль, 6–7 груд. 2023 р. Тернопіль, 2023. С. 87–88.
21. Гагалюк А. В., Скляр Р. А. Генетичні алгоритми в генеративному дизайні. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, (Тернопіль, 14–15 травня 2020 року), – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2020. – 288 с. - С. 56-57
22. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навч. посіб. до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи /Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
23. Дослідження пружно-силових характеристик затискних цанг, виготовлених за діючими та новими технологіями / Р. Г. Редько та ін. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». 2014. № 44. С. 249–253.
24. Дослідження розсіювання величин подач токарних верстатів в імовірнісному аспекті / В. В. Крупа та ін. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2023. № 4(83). С. 16–28. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.4.2>
25. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. Практикум із охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
26. Кобельник В.Р. Ефективність керованого процесу свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення зміни подачі / В.Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2012. – Вип. № 31. – С. 47–56.
27. Кобельник В.Р. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ,

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

2007. – Вип. № 1 (40). С. 34–40.

28. Кобельник В.Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99–108.
29. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.
30. Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка : навч. посіб. м. Тернопіль : Підруч. і посіб., 2023. 240 с.
31. Кривий П. Д. , Крупа В. В. Конструкторсько-технологічні параметри багаторізцевих розточних головок з радіусними вершинами різців. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2011. Вип. 33 С. 92-99.
32. Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищеної якості згортних втулок : монографія / Кривий П. Д., Сенік А. А. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 232 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/27951>
33. Кривий П. Д., Крупа В. В. Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". 2011. Т. 1, № 2(53). С. 44–55. URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/70846>.
34. Кривий П. Д., Крупа В. В. Інструментальне забезпечення процесу комбінованого розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2012. № 2. С. 23–34.
35. Кривий П., Крупа В., Продан В. Конструкторсько-технологічні передумови підвищення якості оброблення глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ТДТУ. 2010. Т. 15, № 1. С. 147–156. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/486>.
36. Кривий П.Д. Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні // П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник /

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць.
– Краматорськ – Київ, 2006. – Вип. № 19. – С. 58–64.

- 37.Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення зменшення задирок при наскрізному свердлінні / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Всеукраїнська молодіжна конференція «Машинобудування України очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво, 22 – 25 жовтня 2012 р. : тези допов. – К. : КПІ, 2012. – Том 1. – С. 71–73.
- 38.Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення процесу свердління наскрізних отворів / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2011. – Вип. № 28. – С. 77–85.
- 39.Кривий П.Д. Методи вимірювання головного заднього кута спірального свердла / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник, В.І. Продан, В.Г. Яковлєв // Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал. – Херсон : ХДМА, 2012. – № 2 (7). С. 145–155.
- 40.Крупа В. В. Визначення конструкторсько-технологічних параметрів багаторізцевих розточних головок з поділом припуску та подачі. Вісник ТДТУ. 2011. Т. 16, № 1. С. 105–117. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/959>.
- 41.Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів: дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01. Тернопіль, 2015. 168 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/5656>
- 42.Крупа В., Кобельник В., Гагалюк А. Обґрунтування параметрів спеціального трикулачкового патрона для затиску тонкостінних циліндричних заготовок. Transactions of Kremenichuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. 2023. № 4. С. 128–137. URL: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.4.16>
- 43.Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Скляр; під ред. Ю. М. Кузнецова. – Київ : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
- 44.Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. Формалізований опис шпиндельного вузла як основної компоненти багатошпиндельного токарного автомата. Надійність

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

- інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. - Краматорськ : ДДМА, 2009. - Вип. 25. – С. 139-146
45. Кухарський О.М., Кузьмін М.І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
46. Метод оцінювання статичної точності кінематичних ланцюгів подач консольних фрезерних верстатів / П. Д. Кривий та ін. Прогресивні технології в машинобудуванні : збірник наукових праць : Матеріали Міжнар. науково-техн. конф., м. Львів. Львів, 2020. С. 103–105.
47. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування” / О.М.Кухарський, І.В. Куцак. Тернопіль, 2001. 65 с.
48. Оправка фланцева кулачкова : пат. 56794 Україна : F16C 15/00. № u201008774 ; заявл. 14.07.2010 ; опубл. 25.01.2011, Бюл. № 2. 1 с.
49. Орищук Р. М., Чернявський І. В., Шанайда В. В. Дослідження точності позиціонування деталей різної геометричної форми у верстатних механізмах кріплення і силової фіксації. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї–наука–виробництво : матеріали XIX Міжнар. науково-практ. конф., м. Суми, 25–26 листоп. 2020 р. Суми, 2020. С. 63–66.
50. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>
51. Підвищення продуктивності процесу і якості плоскої поверхні сформованої комбінаційним торцевим фрезеруванням / П. Д. Кривий та ін. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. 2020. № 3 (47). С. 199-206.
52. Розточувальні інструменти з попарно-асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких циліндричних отворів П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, В. В. Крупа, В. Г. Яковлев. Технічні науки та технології. 2016. № 2 (4). С. 28-35.
53. Скларов Р. А. Вибір бази порівняння при прогнозуванні стратегії підвищення якості технологічного обладнання. Матеріали наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механіко-технологічного факультету «Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті. (м. Тернопіль, 16 травня 2011 р.), 2011.- С. 111-112

- 54.Скляр Р. А., Гагалюк А. В. Використання методу нейронних мереж для прогнозування металорізальних верстатів. Матеріали ХХІ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — 212 с. (Машинознавство та машинобудування). - С. 34
- 55.Скляр Р. А., Гуцалюк І. В. Вимоги до технологічного оснащення яке використовується для затиску призматичних заготовок. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. — Тернопіль: ТНТУ, 2019. — Т. 2. — 143 с. - С. 26
- 56.Скляр Р. А., Приходай Д. А. Шляхи підвищення точності обробки на металорізальних верстатах. Збірник тез доповідей Х Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, 2021.- С. 55-56
- 57.Скляр Р. А., Четвержук Т. І., Полінкевич Р. М., Редько Р. Г., Залета О. М. Статистичне моделювання технічних характеристик металорізальних верстатів. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки», Випуск 71, Луцьк, 2021, № 71. — 363 с. — С. 322-329.
- 58.Скляр Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Р. Скляр, В. Шанайда, М. Савчук // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.
- 59.Скляр Р., Крисько О. Особливості конструкцій багатоцільових верстатів для обробки корпусних деталей. Матеріали Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. — Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 22-23 квітня 2010 р.), 2010.- Т. 1. - 472 с., - С. 238.

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 60.Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: Методичний посібник .
Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
- 61.Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник
для ВНЗ. / Крижанівський В. А., Кузнєцов Ю. М., Валявський І. А., Скляр Р.
А. – Кіровоград, 2004. 449 с.
- 62.Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во
ТДТУ, 2001. 163 с.
- 63.ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених
пунктів. Зі змінами. Чинний з 07.03.2019. 61 с.
- 64.ДСТУ EN 482:2022 Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик
методик вимірювання вмісту хімічних речовин (EN 482:2021, IDT). Чинний з
31.12.2023. 23 с. URL:
https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=112734

					КРБ 21-029.00.00.000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 Характеристики токарно-гвинторізного мод. 1К625

Технічна характеристика	Параметри
Найбільший діаметр обробки над станиною, мм	400
Відстань між центрами, мм	710, 1000, 1400
Найбільший розмір оброблюваної заготовки над супортом, мм	220
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	36
Кількість ступенів чисел обертів шпинделя	23
Межі чисел обертів шпинделя на хвилину, хв^{-1}	12,5 – 2000
Найбільше січення різця різцетримача супорта, мм	25×25
Число ступенів подачі: ▪ поздовжніх ▪ поперечних	42 42
Межі подач на один оберт шпинделя, мм/об: ▪ Поздовжніх ▪ поперечних	0,07-4,16 0,035-2,08
Потужність електродвигуна, кВт	10
Габарити верстата, мм: ▪ довжина ▪ ширина	2785 1165
Категорія ремонтної складності	19

Таблиця А.2 - Характеристика зубофрезерного верстата мод. 5К310.

Технічна характеристика	Параметри
Відстань осі або торця шпинделя до стола, мм	50-350
Відстань від вертикальних напрямних до середини стола, мм	180-340
Відстань від вісі шпинделя до хобота, мм	123
Розміри робочого стола, мм	800×200
Максимальне переміщення, мм: ▪ поздовжнє ▪ поперечне ▪ вертикальне	500 160 350
Число ступенів подач шпинделя	12
Межі подач на один оберт шпинделя, мм/об: ▪ поздовжня ▪ поперечна ▪ вертикальна	25-1120 18-800 9-400
Діаметр отвору шпинделя, мм	17
Конус Морзе шпинделя	№2
Діаметр оправок інструмента, мм	22, 27, 32
Кількість швидкостей шпинделя	12
Межі чисел обертів шпинделя на хвилину, хв^{-1}	50-2240
Потужність електродвигунів, кВт: ▪ головного руху ▪ подачі стола	3 0,6
Габарити верстата, мм: довжина 1720 ширина 1750	
Категорія ремонтної складності	16

Таблиця А.3 Характеристики круглошліфувального верстата мод. 3Г182

Технічна характеристика	Параметри
Розміри робочого стола, мм	1000-320
Швидкість поздовжнього переміщення стола (безступеневого), м/хв до середини стола, мм	2-40
Поперечна подача шліфувальної бабки за кожен хід стола (регулювання безступеневого), мм	0,5-30
Межі вертикальної подачі шліфувального круга, мм	0,0005-0,05
Максимальний діаметр шліфувального круга, мм	450
Максимальна ширина шліфувального круга, мм	63
Число обертів шліфувального круга, хв^{-1}	1450
Потужність електродвигуна, кВт	10
Габарити верстата, мм:	
▪ довжина	3505
▪ ширина	1845
Категорія ремонтної складності	39

Таблиця А. Технічна характеристика токарно-гвинторізного верстату мод. 16Б25П

Технічна характеристика	Параметри
Найбільший діаметр обробки над станиною, мм	500
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	65
Найбільший діаметр обробки над супортом, мм	260
Максимальна довжина оброблюваного виробу, мм	1000
Розмір конусного отвору шпинделя передньої бабки	Конус метричний 80
Висота різця, встановленого у різцетримачі, мм	32
Кількість швидкостей шпинделя:	
пряме обертання	21
обертання у протилежному напрямку	9
Границі частоти обертання, хв^{-1} :	
пряме обертання	6,3-1250
обертання у протилежному напрямку	32-1250
Число ступенів подачі:	
поздовжніх та поперечних	24
Границі подач на один оберт шпинделя, мм/об:	
▪ поздовжніх	0,05-10,6
▪ поперечних	0,025-5,3
Максимальний модуль нарізання різі, мм:	
▪ метрична	30
▪ модульна	30
▪ дюймова	26
▪ пітчева	26
Границі кроків нарізання різі, мм:	
▪ метрична	0,5-112
▪ модульна	0,5-112
▪ дюймова	56-0,25
▪ пітчева	56-0,25
Діаметр отвору шпинделя, мм	66
Число різців у різцетримачі	4

Швидкість швидкого переміщення супорту, м/хв:	
поздовжній хід	4,0
Поперечний хід	2,0
Ціна одного ділення шкали повороту, °	1 °
Ціна одного ділення лімба, мм	0,05
Шкала кута повороту, °	±90 °
Центр пінолі задньої бабки по ГОСТ 13214-67	Морзе №5 7032-0039
Максимальне переміщення пінолі, мм	200
Кількість двигунів	3
Потужність руху (електродвигуна головного руху), кВт	11
Частота обертання, хв ⁻¹	1500
Потужність електродвигуна прискорення холостих ходів, кВт	0,6
Потужність електродвигуна електронасоса, кВт	0,125
Частота обертання, хв ⁻¹	2800
Продуктивність електронасоса, л/хв	22
Сумарна потужність всіх електродвигунів, кВт	11,725
Габарити верстата, мм:	
▪ висота	1345
▪ довжина	2860
▪ ширина	1300
Маса верстата, кг	3200