

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет робототехніки та штучного інтелекту

(повне найменування факультету)

Кафедра робототехніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

КОНСТРУКТИВНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНИХ
ВЕРСТАТІВ

спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі
системи»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ(МОРВС)-42
Редько Мар'ян Валентинович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Редько Ростислав Григорович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Придальний Борис Іванович

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Р. Редько

“ _____ ” _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Редьку Мар'яну Валентиновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Конструктивні і технологічні засоби для підвищення технологічних можливостей токарно-револьверних верстатів

Керівник роботи: Редько Ростислав Григорович, к.т.н., доцент,
затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2025 р., № 962/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: Конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємств про роботу обладнання, паспорти верстатів, покращення технологічних параметрів токарно-револьверних верстатів, існуючі конструкторсько-технологічні рішення у галузі модернізації токарно-револьверного обладнання

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

Анотації. Вступ. 1. Аналітичний огляд та обґрунтування напрямків модернізації верстата мод. 1Г340П. 2. Технологічна частина. 3. Конструкторська частина та розрахунок модернізованих вузлів. 4. Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Загальний вигляд верстата – 1 лист (ф.А4), коробка швидкостей – 1 лист (ф.А4),
привод головного руху – 1 лист (ф.А4), револьверна головка – 1 лист (ф.А4), механізм
фіксації – 1 лист (ф.А4), шпindelний вузол – 1 лист (ф.А4), карта наладки – 1 лист
(ф.А4), державка регульована – 1 лист (ф.А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 03.03.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Аналітичний огляд та обґрунтування напрямків модернізації верстата мод. 1Г340П</i>	14.03.26	
2.	<i>Технологічна частина</i>	02.04.26	
3.	<i>Конструкторська частина та розрахунок модернізованих вузлів</i>	25.04.26	
4.	<i>Охорона праці</i>	20.05.26	
5.	<i>Оформлення графічної частини та презентації</i>	28.05.26	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	30.05.26	
7.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	01.06.26	

Здобувач вищої освіти

(підпис) Редько М.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис) Редько Р.Г.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Редько М.В. Конструктивні і технологічні засоби для підвищення технологічних можливостей токарно-револьверних верстатів. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, 4 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

В пояснювальній записці наводяться всі необхідні розрахунки, вона містить всі необхідні розділи і повністю відповідає встановленим вимогам. У першому розділі роботи виконано техніко-економічну характеристику базового верстата моделі 1Г340П, аналіз технологічних обмежень базової моделі та передумови модернізації, огляд та аналіз існуючих конструкторсько-технологічних рішень для розширення можливостей токарних верстатів, а також поставлені завдання дослідження. В 2 розділі виконано аналіз технологічності конструкції деталі «Втулка», зроблено вибір та обґрунтування методу отримання заготовки, розроблено маршрутний технологічний процес обробки деталі, виконано розрахунок режимів різання для критичних переходів та технічне нормування часу з побудовою циклограми роботи верстата. В третьому розділі виконано опис конструктивного рішення модернізації револьверної головки, проведено розрахунок сил різання та потужності приводу фрезерування, геометричний та міцнісний розрахунок зубчастої передачі приводного блоку, розрахунок валу інструментального шпинделя на міцність та жорсткість тощо. Розроблені, також, заходи з охорони праці та техніки безпеки.

Ключові слова: металорізальний верстат, токарно-револьверний верстат, револьверна головка, технологічний процес, деталь, режими різання, технологічна оснастка.

ABSTRACT

Redko M.V. Structural and technological means for increasing the technological capabilities of lathes and turrets. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP "Metalworking equipment and robotic production systems" specialty 131 Applied mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

Bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 sections, conclusions and proposals, a list of sources used, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The explanatory note provides all the necessary calculations, it contains all the necessary sections and fully meets the established requirements. In the first section of the work, a technical and economic characteristic of the basic machine model 1G340P is performed, an analysis of the technological limitations of the basic model and the prerequisites for modernization, a review and analysis of existing design and technological solutions for expanding the capabilities of lathes, and research tasks are set. In section 2, the analysis of the manufacturability of the design of the part "Sleeve" was performed, the choice and justification of the method of obtaining the workpiece was made, the route technological process of processing the part was developed, the calculation of cutting modes for critical transitions and technical time standardization with the construction of a cycle diagram of the machine's operation were performed. In the third section, a description of the constructive solution for the modernization of the turret head was performed, the calculation of cutting forces and milling drive power was performed, the geometric and strength calculation of the gear transmission of the drive unit, the calculation of the tool spindle shaft for strength and rigidity, etc. Occupational health and safety measures were also developed.

Keywords: metal-cutting machine tool, turret lathe, turret head, technological process, part, cutting modes, technological equipment.

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВЕРСТАТА МОД. 1Г340П	10
1.1. Техніко-економічна характеристика базового верстата моделі 1Г340П	10
1.2. Аналіз технологічних обмежень базової моделі та передумови модернізації	16
1.3. Огляд та аналіз існуючих конструкторсько-технологічних рішень для розширення можливостей токарних верстатів	17
1.4. Постановка мети та завдань дослідження	18
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі «Втулка»	19
2.2. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки.....	19
2.3. Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі	20
2.4. Розрахунок режимів різання для критичних переходів	21
2.5. Технічне нормування часу та побудова циклограми роботи верстата	22
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА ТА РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНИХ ВУЗЛІВ	25
3.1. Опис конструктивного рішення модернізації револьверної головки	25
3.2. Розрахунок сил різання та потужності привода фрезерування..	25
3.3. Геометричний та міцнісний розрахунок зубчастої передачі приводного блоку	27
3.4. Розрахунок валу інструментального шпинделя на міцність та жорсткість	28

3.5.	Короткий опис конструкції коробки передач	29
3.6.	Розрахунок жорсткості шпинделя	31
3.7.	Визначення зусилля на черв'яку приводу повороту револьверної головки	34
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ	38
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	42
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44
	ДОДАТКИ.....	46

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку машинобудівного комплексу України вимагає радикального підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості продукції та покращення її якості [4, 9]. В умовах переходу до багатомономенклатурного та дрібносерійного виробництва особливого значення набуває гнучкість металорізального обладнання. Модернізація чинних універсальних верстатів є економічно ефективною альтернативою закупівлі дорогого імпортного обладнання, оскільки дозволяє з мінімальними капіталовкладеннями значно підвищити їхній технологічний потенціал [3, 6].

Токарно-револьверні верстати, зокрема модель підвищеної точності 1Г340П, широко використовуються у промисловості завдяки надійності, високій жорсткості та наявності багатопозиційної револьверної головки [10]. Проте базове виконання цього верстата має суттєві технологічні обмеження: відсутність можливості одночасної інтерполяції за кількома координатами унеможливорює обробку складних контурів без спеціального оснащення, а статичність інструменту в гніздах револьверної головки виключає виконання фрезерних чи позацентрових свердлильних операцій. Це призводить до необхідності побудови багатостанкових маршрутів, додаткового транспортування деталей та їх повторного базування на свердлильних чи фрезерних верстатах, що збільшує сумарну похибку обробки та тривалість виробничого циклу.

Таким чином, розробка та впровадження конструктивних і технологічних засобів для розширення можливостей верстата мод. 1Г340П шляхом створення приводного інструментального блока та інтеграції елементів автоматизації є актуальним інженерним завданням.

Мета дослідження: підвищення технологічних можливостей, точності та продуктивності токарно-револьверного верстата моделі 1Г340П шляхом розробки конструктивних засобів модернізації його інструментальної системи та оптимізації операційного технологічного процесу обробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі *завдання*:

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Проаналізувати техніко-економічні характеристики та конструктивні обмеження базового верстата моделі 1Г340П.

2. Провести огляд існуючих конструкторсько-технологічних рішень у галузі модернізації токарно-револьверного обладнання.

3. Розробити концентраційну технологічну операцію для деталі-представника «Втулка ступінчаста» з використанням статичного та приводного інструменту за один установ.

4. Розрахувати оптимальні режими різання, визначити сили різання та виконати технічне нормування часу для побудови циклограми роботи верстата.

5. Спроекувати та розрахувати конструкцію автономного приводного інструментального блока револьверної головки (виконати розрахунки потужності привода, геометричних параметрів передач та міцності шпиндельного валу).

6. Розробити заходи з охорони праці, виробничої санітарії та безпеки у надзвичайних ситуаціях для оператора модернізованого верстата.

Об'єкт дослідження: процес механічної обробки деталей складного профілю на токарно-револьверних верстатах.

Предмет дослідження: конструктивні та технологічні засоби (приводні інструментальні блоки, циклограми суміщених переходів, режими різання), що забезпечують розширення технологічних можливостей верстата моделі 1Г340П.

Методи дослідження. При виконанні роботи використано основні положення технології машинобудування, теорії різання металів, методи розрахунку деталей машин та теорії проектування металорізальних верстатів. Розрахунки параметрів міцності та жорсткості вузлів базуються на методах опору матеріалів та прикладної механіки.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні готового до впровадження технічного рішення з модернізації револьверної головки верстата 1Г340П. Це дозволяє перетворити універсальний верстат на токарно-фрезерний комплекс, зменшити штучний час виготовлення деталей типу втулок, фланців чи штуцерів, ліквідувати похибки повторного базування та знизити загальну собівартість виробництва в умовах серійного випуску.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ
МОДЕРНІЗАЦІЇ ВЕРСТАТА МОД. 1Г340П

1.1. Техніко-економічна характеристика базового верстата моделі 1Г340П

Токарно-револьверний верстат моделі 1Г340П із підвищеним класом точності (літера «П») призначений для продуктивної обробки деталей із пруткового матеріалу в умовах серійного та великосерійного виробництва. Крім того, конструкція верстата дозволяє обробляти штучні заготовки (поковки, штамповки, литво) за умови встановлення патрона замість затискного цангового механізму.

Основні технічні характеристики базової моделі:

- Максимальний діаметр оброблюваного прутка: 40 мм.
- Максимальний діаметр обробки над станиною: 400 мм.
- Максимальна довжина обробки: 130 мм.
- Кількість позицій револьверної головки: 16 (горизонтальна вісь обертання, паралельна осі шпинделя).
- Кількість швидкостей шпинделя: 12 (діапазон від 45 до 2000 об/хв).
- Потужність головного електродвигуна: 4,0 / 5,3 кВт (двошвидкісний двигун).

Шпиндельна бабка верстата оснащена автоматичною коробкою швидкостей (АКШ), яка забезпечує перемикання частот обертання шпинделя на ходу за допомогою електромагнітних муфт. Револьверна головка має круглу форму з розташуванням гнізд під інструмент на торцевій поверхні. Завдяки жорсткій фіксації головки та надійності механізму фіксації досягається висока точність лінійних розмірів.

Керування циклом роботи верстата в базовому виконанні здійснюється за допомогою електроавтоматики та штепсельної панелі керування. Програма обробки задається встановленням штекерів у відповідні гнізда, що визначає послідовність увімкнення швидкостей, подач та допоміжних команд (затиск/розтиск прутка, поворот головки). Рух подачі здійснюється від кулачкових механізмів або гідрофікованих приводів.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Загальний вигляд верстата з позначенням складових частин наведено на рисунку 1.1.

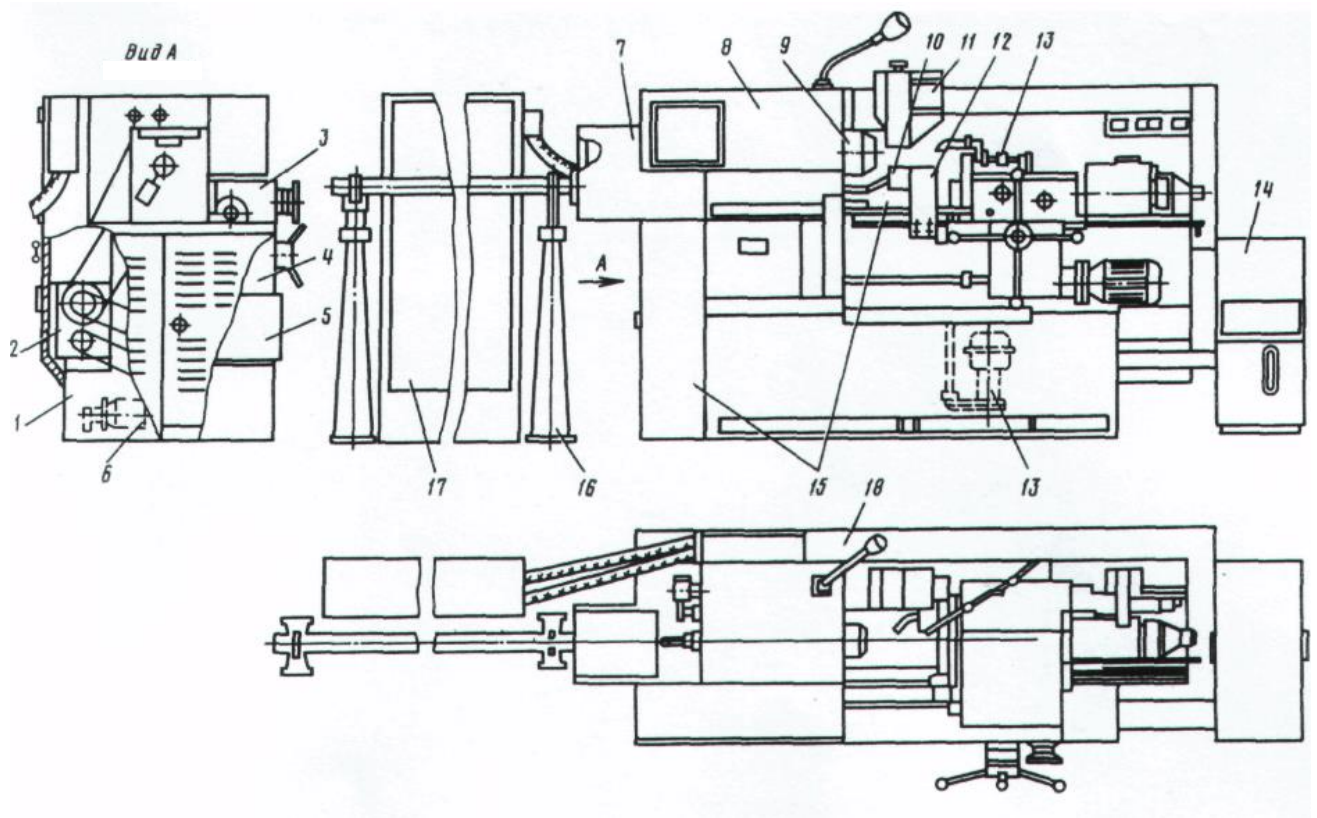


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд верстата мод. 1Г340П:

1 – станина; 2 – коробка швидкостей; 3 – револьверний супорт; 4 – фартух револьверного верстата; 5 – коробка подач; 6 – станція мастила; 7 – механізм затиску та подачі матеріалу; 8 – пульт управління; 9 – шпиндельна бабка; 10 – механізм розвантаження; 11 – автоматичний різьбонарізний пристрій; 12 – копіювальний пристрій; 13 – станція охолодження; 14 – насосна установка; 15 – щити огорожі; 16 – стійки; 17 - електрошафа; 18 – коробка.

Конструктивною особливістю верстата є пристрій револьверного супорта, що призначений для надання ріжучому інструменту, закріпленому в револьверній головці (РГ), робочих і допоміжних переміщень. Супорт забезпечує поздовжні і поперечні (кругові) подачі револьверної головки. Обидві подачі можуть виконуватись автоматично за заданою програмою, або вручну. Змінна 16-позиційна РГ 2 (рис.1.2) базується на конічну поверхню і торець зубчастого вінця 1. Зубчастий вінець жорстко закріплений на валу 4 РГ, який встановлений в корпусі 5 на двох радіально-упорних підшипниках 3, попередньо навантажених за допомогою гайок 6. На валу РГ розташований барабан з 6 жорсткими упорами 7.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Зубчасте колесо 9, закріплене на валу РГ, з'єднане з колектором управління режимами різання.

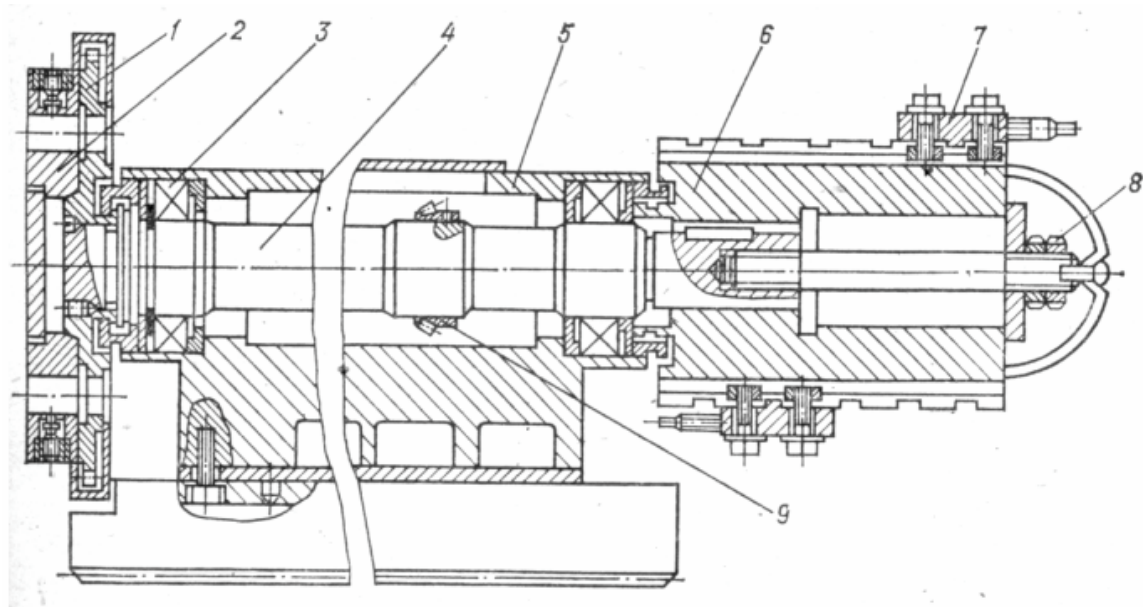


Рисунок 1.2 – Револьверна головка з барабаном упорів

Фіксується РГ (рис.1.3) у кожній з 16 позицій фіксатором 1. Управління положенням фіксатора здійснюється за допомогою рукоятки 3 і пружини 2.

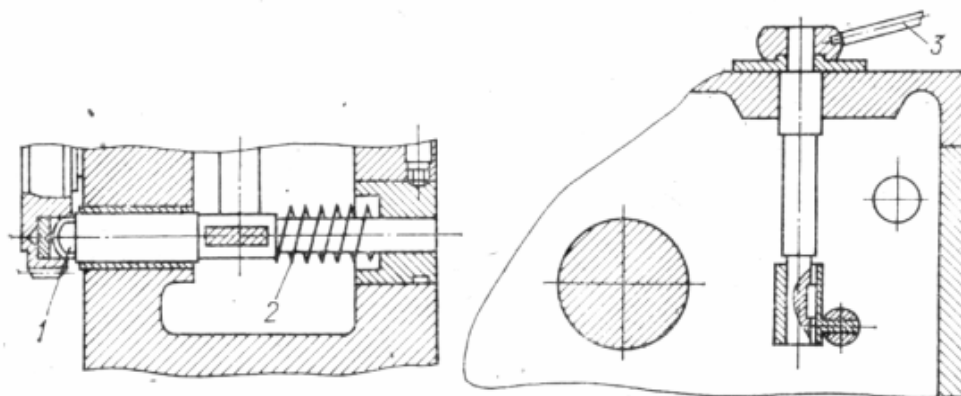


Рисунок 1.3 – Механізм фіксації револьверної головки верстата мод. 1Г340П

Кругові переміщення РГ передаються вручну (рис.1.4, а) маховиком 5 через зубчасту циліндричну передачу 6, 4 і вал-шестерню 1, з'єднану з вінцем РГ. При автоматичній круговій подачі (рис.1.4, б) обертання передається від коробки подач верстата через ковзаючий вал 1 циліндричну зубчасту передачу 3, 2, конічну передачу 4, 8, або 4, 11, зубчасту муфту 10 вибору напряду обертання на черв'ячний

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

вал 9. Потім обертання передається черв'яком 14 на черв'ячне колесо 2 (рис.1.4 а). При включенні електромагнітної муфти 3 крутний момент передається через вал-шестерню 1 зубчастому вінцю РГ.

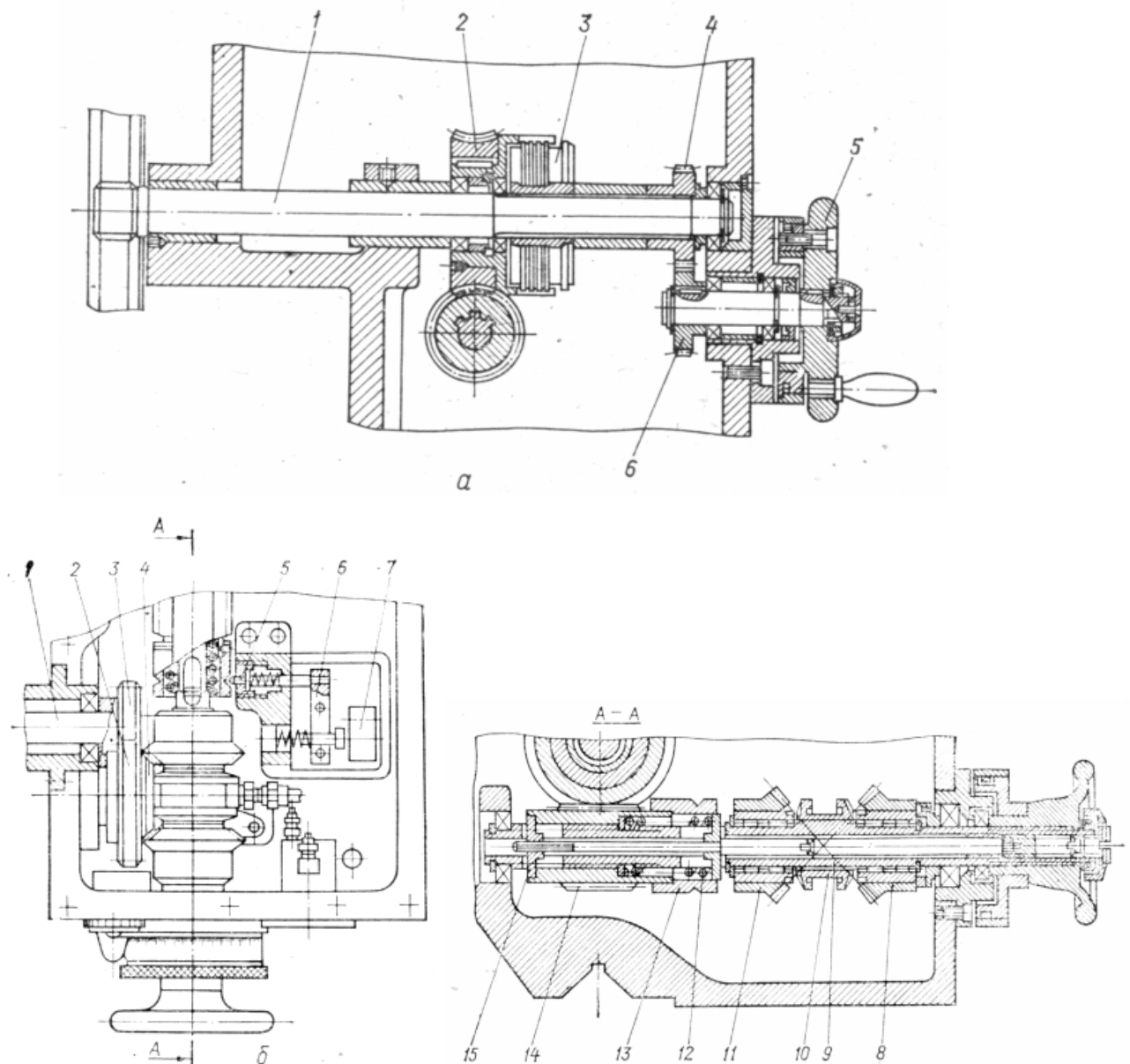


Рисунок 1.4 – Приводи ручного обертання (а) та автоматичної кругової подачі (б) револьверної головки верстата мод. 1Г340П

У конструкції супорту передбачено механізм автоматичного вимкнення кругової подачі РГ на жорсткому упорі, що дозволяє забезпечувати високу точність кінцевих положень. Коли РГ доходить до упору, обертання зубчастого вінця 1 (див. рис. 1.2), вала-шестерні 1 (рис. 1.4, б) і черв'ячного колеса 2 припиняється. Черв'як

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

14 (рис. 1.4, б), продовжуючи обертатися, викручується з нерухомого черв'ячного колеса і переміщається по шліцах валу 9, стискаючи пружину 12. Зусилля пружини 12 регулюється гайкою 15. Втулка-кулачок 13, рухаючись разом з штовхачем 5 і через важільну систему 6 взаємодіє з кінцевим вимикачем 7. При цьому відключається електромагнітна муфта 3 (рис. 1.4, а) і автоматична поперечна подача РГ припиняється.

Механізм відключення поздовжньої подачі супорта наведено на рис.1.5. Корпус 1 відвідного упору 2 може переставлятися при налагодженні і кріпитися в кількох положеннях по довжині станини залежно від довжини оброблюваної деталі. Регульований упорний гвинт 4 барабана упорів револьверного супорта упирається в кінці ходу в планку 3. Якщо робота виконується без упору, то планка відводиться рукояткою 6. Планка фіксується в робочому положенні кульковим фіксатором. Втулкою 5 регулюється момент спрацьовування кінцевого вимикача 7, тобто момент відключення електромагнітної муфти автоматичного поздовжнього подавання. Пружина 8 повертає упор 2 у вихідне положення. При перевстановленні корпусу 1 переставляється втулка 5. Зазор між планкою 3 і корпусом 1 у вихідному положенні повинен знаходитися в межах 2 - 3 мм.

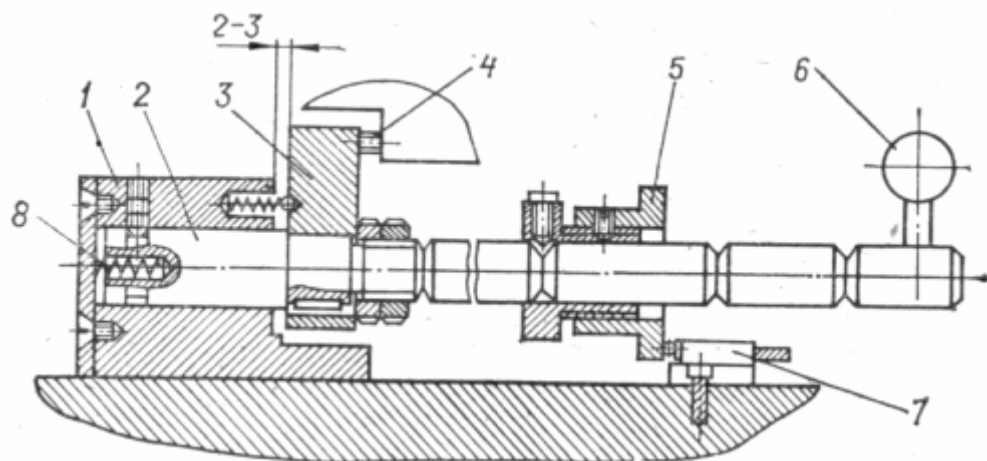


Рисунок 1.5 – Механізм відключення поздовжньої подачі револьверного супорта верстата мод. 1Г340П

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Механізм працює таким чином. При підході супорту в крайнє переднє положення гвинт 4 барабана упорів натискає на планку 3, зміщуючи упор 2 вліво. Переміщаючись разом з упором втулка 5 виходить з контакту з кінцевим вимикачем 7. При цьому подається команда на відключення поздовжньої подачі супорта. При переміщенні супорта у вихідне положення (праворуч) упор 2 під дією пружини 8 повертається у вихідне положення, а втулка 5, натискаючи кінцевий вимикач 7, готує механізм для роботи в наступному переході.

Основним елементом шпиндельної бабки є шпиндель 1 (рис. 1.6), що змонтований на роликовому дворядному підшипнику 2 і радіально-упорному 3. Регулювання зазорів у підшипниках виконується підшліфуванням компенсаторних елементів і гайками 4, 5 на заводі-виробнику. Мастило підшипників краплинне. На шпиндель встановлюється маслопровідна втулка 6 і втулка 7, через отвори якої здійснюється підведення масла до циліндра затиску.

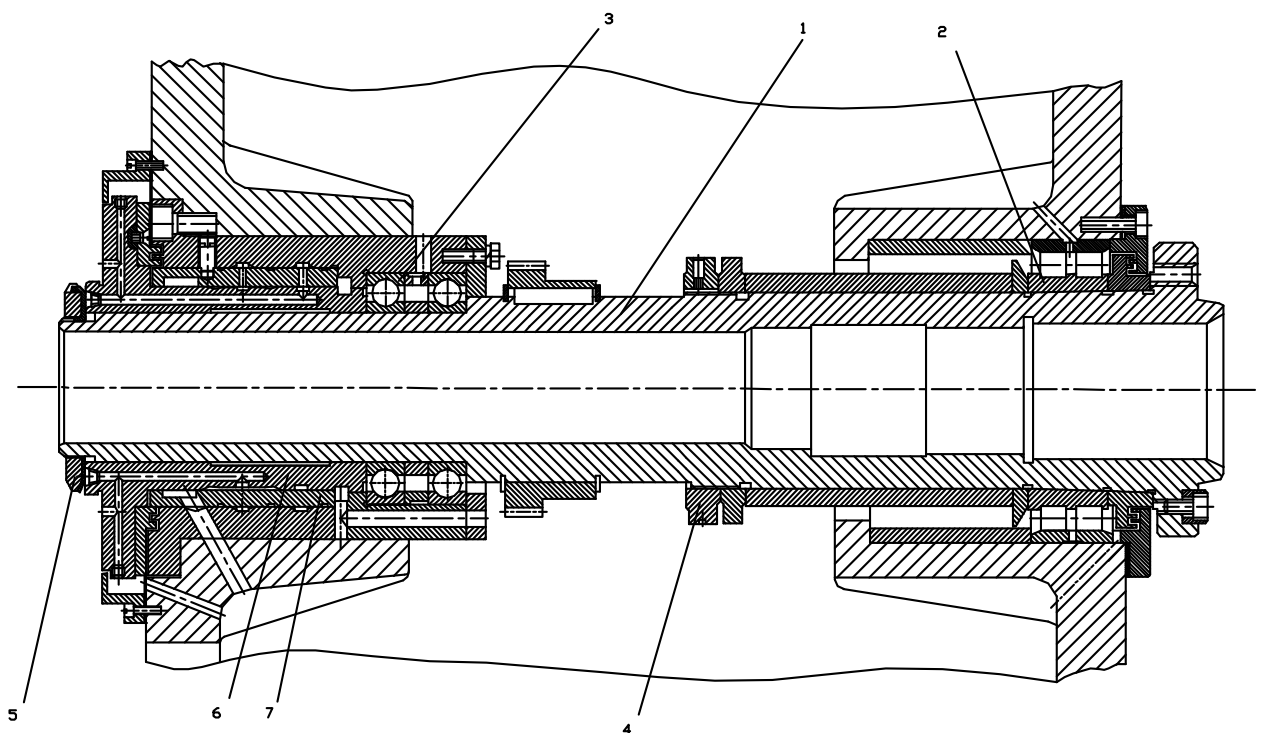


Рисунок 1.6 – Шпиндельний вузол

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.2. Аналіз технологічних обмежень базової моделі та передумови модернізації

Незважаючи на високу надійність та продуктивність верстата 1Г340П у межах свого класу, сучасні вимоги машинобудівного виробництва виявляють ряд його суттєвих конструктивних та технологічних обмежень:

1. Обмеженість геометричних траєкторій: базовий верстат не має можливості здійснювати контурну обробку (інтерполяцію по двох осях одночасно). Це унеможливорює точіння складних фасонних поверхонь, конусів та сферичних елементів без використання спеціальних копіювальних пристроїв або дорогого фасонного інструменту.

2. Відсутність приводного інструменту: інструментальні гнізда револьверної головки розраховані лише на статичний інструмент (різці, свердла, зенкери, мітчики). Обробка елементів, що зміщені від осі обертання (позацентрові отвори, лиски, шпонкові пази, шліци), вимагає зняття деталі та її перенесення на свердлильні чи фрезерні верстати. Це призводить до похибок базування та збільшує тривалість виробничого циклу.

3. Морально застаріла система керування: штепсельне програмування та релейно-контактна логіка автоматики мають низьку гнучкість. Переналагодження верстата на випуск нового виробу вимагає значного часу (заміна кулачків, перевстановлення штекерів, механічне регулювання упорів), що є економічно недоцільним для сучасного дрібносерійного чи багатономенклатурного виробництва.

4. Низька дискретність подач: використання механічної коробки подач обмежує вибір оптимальних режимів різання, що негативно впливає на стійкість інструменту та шорсткість обробленої поверхні при роботі з сучасними твердосплавними матеріалами.

Таким чином, усунення вказаних обмежень шляхом впровадження конструктивних та технологічних засобів є актуальним науково-технічним завданням, що дозволить перетворити універсальний автомат на гнучкий технологічний комплекс.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Огляд та аналіз існуючих конструкторсько-технологічних рішень для розширення можливостей токарних верстатів

У світовій та вітчизняній практиці модернізації токарно-револьверного обладнання виділяють три основні концептуальні підходи до підвищення їх технологічного потенціалу. Розглянемо їх.

1.3.1. Застосування комбінованого та багатоінструментального оснащення. Це найменш капіталомісткий спосіб, який передбачає розробку спеціальних інструментальних блоків (наладок). В одне гніздо револьверної головки встановлюється блок, який несе 2 або 3 статичних інструменти (наприклад, підрізний різець та прохідний різець). Також використовуються комбіновані інструменти (ступінчасті свердла-зенкери, мітчики-плашки).

- *Переваги:* низька вартість, відсутність змін у конструкції самого верстата.
- *Недоліки:* не вирішує проблему обробки фасонних поверхонь та фрезерування позацентрових елементів.

1.3.2. Впровадження приводних інструментальних блоків (осьових та радіальних). Цей напрямок передбачає оснащення револьверної головки автономним кінематичним приводом (зазвичай електродвигуном через зубчасту передачу), який передає обертання на інструмент, закріплений у гнізді. Це дозволяє перетворити верстат на токарно-фрезерний обробний центр.

- *Переваги:* можливість свердлити радіальні/осьові отвори, фрезерувати пази та нарізати різьблення без перевстановлення заготовки.
- *Недоліки:* вимагає точного кутового позиціонування шпинделя (вісь C) та модернізації внутрішньої кінематики револьверної головки.

1.3.3. Глибока модернізація з інтеграцією систем ЧПК та КГП.

Це є найбільш радикальний та ефективний метод. Передбачає повний демонтаж механічних приводів подач, встановлення кульково-гвинтових пар (КГП) та крокових двигунів або сервоприводів по осях X та Z. Керування верстатом передається сучасній мікропроцесорній системі ЧПК.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

• *Переваги:* необмежені можливості контурної обробки, висока точність, миттєве переналагодження шляхом зміни керуючої програми, можливість реалізації повноцінної осі С для шпинделя.

• *Недоліки:* висока вартість комплектуючих та необхідність перерахунку жорсткості базових елементів станини.

1.4. Постановка мети та завдань дослідження

На основі проведеного аналізу технічних характеристик верстата 1Г340П та існуючих методів модернізації, для даної кваліфікаційної роботи обрано комплексний підхід, який поєднує концепцію автоматизації та розширення інструментальних можливостей.

Метою роботи є: підвищення технологічних можливостей, точності та продуктивності токарно-револьверного верстата моделі 1Г340П шляхом розробки конструктивних засобів модернізації його вузлів та оптимізації технологічного процесу обробки.

Для досягнення поставленої мети у наступних розділах роботи необхідно вирішити такі *завдання*:

1. Розробити маршрутний та операційний технологічний процес обробки деталі-представника з використанням нових технологічних можливостей верстата.
2. Спроекувати конструкцію приводного механізму револьверної головки для забезпечення роботи фрезерного та свердлильного інструменту.
3. Розрахувати та обґрунтувати вибір елементів приводу подач (серводвигуни, КПП) для реалізації контурної обробки за двома координатами.
4. Виконати перевірочні інженерні розрахунки деталей модернізованих вузлів на міцність, жорсткість та довговічність.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2.

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі «Втулка»

Об'єктом виробництва є деталь «Втулка ступінчаста», яка виконує роль опорного елемента в редукційному механізмі. Деталь працює в умовах помірних знакозмінних навантажень.

Основні конструктивні та технологічні характеристики деталі:

- Матеріал: Сталь 45 ДСТУ 1050-98 (конструкційна вуглецева якісна сталь). Матеріал має хорошу оброблюваність різанням ($K_v = 1.0$).

- Габаритні розміри: максимальний зовнішній діаметр – $\varnothing 38$ мм, загальна довжина – 65 мм. Дані параметри повністю вписуються в технічні можливості верстата 1Г340П (обробка прутка до $\varnothing 40$ мм).

- Конструктивні елементи: деталь має зовнішній ступінь $\varnothing 32$ мм, внутрішній наскрізний отвір $\varnothing 20$ мм із пазом під шпонку (або шліци), а також один ексцентричний отвір $\varnothing 5$ мм на торці, зміщений від осі обертання на 8 мм.

Аналіз технологічності. Конструкція втулки є загалом технологічною. Вона дозволяє вести обробку напрохід, має відкриті торці та стандартні кути фасок. Проте наявність зміщеного отвору $\varnothing 5$ мм та пазу в базовому техпроцесі вимагала б перевстановлення деталі на вертикально-свердлильний та шпонково-фрезерний верстати. Завдяки модернізації верстата 1Г340П (впровадження приводного інструменту та дискретного позиціонування шпинделя – осі С) повний цикл обробки деталі стає можливим за один установ із прутка, що різко підвищує концентрацію операцій та точність взаємного розташування поверхонь.

2.2. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки

Враховуючи програму випуску (серійне виробництво) та габаритні розміри втулки $\varnothing 38 \times 65$ мм, найбільш економічно виправданим є використання гарячекатаного круглого прутка за ДСТУ 4738:2007 (ГОСТ 2590-88) звичайної точності.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обґрунтування вибору:

1. Верстат 1Г340П оснащений автоматизованим цанговим патроном і механізмом подачі прутка, що дозволяє організувати безперервний цикл обробки без зупинки верстата для встановлення штучних заготовок.

2. Коефіцієнт використання металу (КВМ) при обробці з прутка $\varnothing 40$ мм є оптимальним, оскільки припуск на сторону під чорнове та чистове точіння становить всього 1 мм.

2.3. Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі

Завдяки модернізації верстата, традиційний багатOVERстатний маршрут замінюється на одноопераційний технологічний комплекс. Обробка виконується за один установ із подачею прутка до упору. Маршрутний техпроцес обробки втулки на модернізованому верстаті 1Г340П наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. – Маршрутний техпроцес обробки втулки на модернізованому верстаті 1Г340П

Позиція РГ	Назва технологічного переходу	Інструмент
Поз. 1	Подача прутка до упору, затиск у цанзі	Механічний упор
Поз. 2	Підрізання торця та зацентрування під свердло	Різець підрізний Т15К6, свердло центрувальне $\varnothing 3.15$ мм
Поз. 3	Свердлення наскрізного отвору на довжину 68 мм	Свердло спіральне з кондукторною втулкою $\varnothing 18$ мм
Поз. 4	Чорнове та чистове розточування внутрішнього отвору	Розточний різець Т15К6 до $\varnothing 20^{+0.021}$ мм
Поз. 5	Обточування зовнішніх ступенів ($\varnothing 32$ мм та $\varnothing 38$ мм)	Різець прохідний упорний Т15К6

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Поз. 6	Блокування шпинделя (вісь С). Свердлення ексцентричного отвору Ø5 мм	Приводний блок: Спиральне свердло Ø5 мм (шпиндель верстата стоїть, обертається інструмент)
Поз. 7	Фрезерування шпонкового паза всередині отвору	Приводний блок: Кінцева фреза Ø6 мм (поздовжня подача РГ)
Поз. 8	Відрізання готової деталі в розмір 65 мм	Різець відрізний Т15К6

2.4. Розрахунок режимів різання для критичних переходів

Виконаємо розрахунок режимів різання для двох принципово різних переходів: токарного (статичний інструмент) та фрезерного (модернізований приводний інструмент).

2.4.1. Перехід 5: обточування зовнішнього ступеня до Ø32 мм.

Глибина різання (t):

$$t = \frac{D_{\text{заг}} - d_{\text{дет}}}{2} = \frac{40 - 32}{2} = 4 \text{ мм}$$

Приймаємо обробку за 2 проходи: чорновий ($t_1 = 3$ мм) та чистовий ($t_2 = 1$ мм). Розрахунок ведемо для чорнового.

Подача (s): За довідником для Сталі 45 при чорновому точінні приймаємо $s = 0.3$ мм/об.

Швидкість різання (v) розраховується за емпіричною формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v$$

де для різця Т15К6: $C_v = 350$, $m = 0.2$, $x = 0.15$, $y = 0.35$. Період стійкості інструменту $T = 60$ хв. Коефіцієнт $K_v = 1.0$.

$$v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 3^{0.15} \cdot 0.3^{0.35}} \approx 135 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя (n):

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 135}{3.14 \cdot 40} \approx 1075 \text{ об/хв}$$

Коригуємо за паспортом АКШ верстата 1Г340П, приймаємо найближче значення: $n = 1000 \text{ об/хв}$. Пружна швидкість різання уточнена: $v = 125.6 \text{ м/хв}$.

2.4.2. Перехід 7: фрезерування паза приводною кінцевою фрезою $\varnothing 6 \text{ мм}$.

Глибина (t) та ширина (B) фрезерування: $t = 3 \text{ мм}$, $B = 6 \text{ мм}$.

Подача на один зуб (s_z). Для фрези зі швидкорізальної сталі Р6М5 по сталі приймаємо $s_z = 0.02 \text{ мм/зуб}$. Кількість зубів $z = 3$. Подача на один оберт фрези: $s_0 = 0.02 \cdot 3 = 0.06 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання (v). Приймаємо за довідниковими даними для легких фрезерних робіт: $v = 28 \text{ м/хв}$.

Частота обертання приводного інструменту ($n_{\text{інстр}}$):

$$n_{\text{інстр}} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_{\text{фр}}} = \frac{1000 \cdot 28}{3.14 \cdot 6} \approx 1486 \text{ об/хв}$$

Дана частота має бути забезпечена окремим приводним електродвигуном револьверної головки, проектування якого виконується в конструкторській частині.

Хвилинна подача супорта верстата ($s_{\text{хв}}$):

$$s_{\text{хв}} = s_0 \cdot n_{\text{інстр}} = 0.06 \cdot 1486 \approx 89 \text{ мм/хв}$$

2.5. Технічне нормування часу та побудова циклограми роботи верстата

Штучний час ($T_{\text{шт}}$) на виготовлення однієї втулки розраховується за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}}$$

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основний (технологічний) час ($T_{\text{осн}}$) складається з суми часів усіх 8 переходів.
Для токарних переходів він розраховується як:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L}{n \cdot s}$$

де: L – довжина робочого ходу інструменту з урахуванням врізання та перебігу ($L = l + l_1 + l_2$).

Розрахунок основного часу по переходах наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. – Розрахунок основного часу по переходах

№ переходу	Довжина ходу L , мм	Частота n , об/хв	Подача s , мм/об (або мм/хв)	Основний час $T_{\text{осн}}$, хв
2. Торець	22	1000	0.2	0.11
3. Свердлення $\varnothing 18$	72	630	0.25	0.45
4. Розточування	68	1000	0.15	0.45
5. Обточування	68 (2 проходи)	1000	0.3	0.45
6. Свердлення $\varnothing 5$ (приводне)	15	1500 (інстр.)	0.05	0.20
7. Фрезерування паза	65	—	89 мм/хв (хвилинна)	0.73
8. Відрізання	22	630	0.15	0.23
Разом:	—	—	—	$T_{\text{осн}} = 2.62$ хв

Допоміжний час ($T_{\text{доп}}$). Включає час на поворот револьверної головки (7 переіндексацій по $0.05 \text{ хв} = 0.35 \text{ хв}$), подачу прутка до упора (0.1 хв) та увімкнення/вимкнення фіксації осі C (0.15 хв). Разом $T_{\text{доп}} = 0.6 \text{ хв}$.

Штучний час на деталь.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Враховуючи витрати на обслуговування робочого місця та відпочинок (6% від оперативного часу):

$$T_{шт} = (2.62 + 0.6) \cdot 1.06 \approx 3.41 \text{ хв}$$

Висновок до розділу 2. Впровадження приводного інструменту дозволило повністю виключити з техпроцесу окремі свердлильні та фрезерні операції на інших верстатах. Повний час виготовлення деталі «Втулка» становить 3.41 хв, при цьому ліквідовано витрати часу на міжчасткове транспортування та повторне базування заготовки, що гарантує високу точність співвісності пазів та отворів відносно базових поверхонь втулки.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА ТА РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНИХ
ВУЗЛІВ

3.1. Опис конструктивного рішення модернізації револьверної головки

Для розширення технологічних можливостей верстата 1Г340П у кваліфікаційній роботі розроблено автономний приводний блок, який встановлюється безпосередньо в робочу позицію револьверної головки.

Конструкція працює за наступним принципом:

1. Коли револьверна головка виходить у позицію фрезерування (або позацентрового свердління), шпиндель верстата жорстко фіксується за допомогою впровадженого гідравлічного дискового гальма (реалізація осі С).

2. Обертання інструменту (кінцевої фрези $\varnothing 6$ мм) здійснюється від окремого асинхронного регульованого електродвигуна, закріпленого на корпусі супорта, через систему циліндричних зубчастих коліс та інструментальний шпиндель приводного блока.

3.2. Розрахунок сил різання та потужності привода фрезерування

Вихідними даними для розрахунку є параметри переходу 7 (фрезерування шпонкового паза втулки кінцевою фрезою з матеріалу Р6М5, діаметр фрези $d = 6$ мм, кількість зубів $z = 3$, ширина фрезерування $B = 6$ мм, глибина $t = 3$ мм, подача на зуб $s_z = 0.02$ мм/зуб).

3.2.1. Розрахунок головної складової сили різання (дотичної сили P_z).

Дотична сила різання при фрезеруванні розраховується за емпіричною формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{d^q \cdot n^w} \cdot K_p$$

За довідником masnаpshot-технолога для обробки сталі 45 кінцевими фрезами приймаємо коефіцієнти:

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_p = 68$; $x = 0.86$; $y = 0.72$; $u = 1.0$; $q = 0.86$; $w = 0$; поправковий коефіцієнт на якість матеріалу $K_p = 1.0$.

Частота обертання фрези за техпроцесом: $n = 1486$ об/хв.

$$P_z = \frac{10 \cdot 68 \cdot 3^{0.86} \cdot 0.02^{0.72} \cdot 6^{1.0} \cdot 3}{6^{0.86} \cdot 1486^0} \cdot 1.0$$

Обчислимо проміжні значення:

$$3^{0.86} \approx 2.56$$

$$0.02^{0.72} \approx 0.059$$

$$6^{0.86} \approx 4.66$$

$$P_z = \frac{680 \cdot 2.56 \cdot 0.059 \cdot 6 \cdot 3}{4.66} = \frac{1850.8}{4.66} \approx 397 \text{ Н}$$

3.2.2. Розрахунок ефективної потужності різання ($N_{\text{еф}}$).

$$N_{\text{еф}} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1000}$$

Швидкість різання за техпроцесом $v = 28$ м/хв.

$$N_{\text{еф}} = \frac{397 \cdot 28}{60000} \approx 0.185 \text{ кВт}$$

3.2.3. Вибір електродвигуна привода. Потужність на валу електродвигуна з урахуванням коефіцієнта корисної дії (ККД) зубчастої передачі та підшипників ($\eta_{\text{заг}} = 0.85$) та коефіцієнта запасу ($k_{\text{зап}} = 1.25$):

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{еф}} \cdot k_{\text{зап}}}{\eta_{\text{заг}}} = \frac{0.185 \cdot 1.25}{0.85} \approx 0.272 \text{ кВт}$$

Оскільки привод повинен працювати також у важчих режимах (наприклад, при свердлінні отворів більшого діаметра), згідно з каталогом обираємо трифазний асинхронний двигун з частотним регулюванням моделі АІР63А4 з номінальною потужністю $N = 0.25$ кВт (або малий мотор-редуктор на 0.37 кВт) для гарантованого запасу міцності). Приймаємо до подальших розрахунків двигун потужністю 0.37 кВт з номінальною частотою обертання $n_{\text{ном}} = 1410$ об/хв.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Геометричний та міцнісний розрахунок зубчастої передачі приводного блоку

Для передачі обертання від двигуна до шпинделя інструмента застосуємо прямозубу циліндричну передачу з передавальним відношенням $u = 1.0$ (оскільки $n_{\text{ном}} \approx n_{\text{інстр}}$).

3.3.1. Визначення крутного моменту на валу шпинделя інструмента ($M_{\text{кр}}$).

$$M_{\text{кр}} = 9550 \cdot \frac{N_{\text{дв}}}{n_{\text{інстр}}} = 9550 \cdot \frac{0.37}{1410} \approx 2.5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3.3.2. Розрахунок модуля та геометричних параметрів передачі.

Приймаємо модуль зубів $m = 2 \text{ мм}$ (з міркувань конструктивної жорсткості для малих редукторів).

Кількість зубів шестірні та колеса: $z_1 = z_2 = 25$.

Діаметр діляльного кола (d_d):

$$d_d = m \cdot z_1 = 2 \cdot 25 = 50 \text{ мм}$$

Ширина вінця колеса (b):

$$b = \psi_m \cdot m = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм}$$

(де коефіцієнт ширини $\psi_m = 10$).

3.3.3. Перевірочний розрахунок зубів на контактну міцність.

Контактне напруження (σ_H) не повинно перевищувати допустиме ($[\sigma_H]$). Для сталі 45 з термообробкою (покращення, 240 HB) $[\sigma_H] = 500 \text{ МПа}$.

Формула для прямозубих коліс:

$$\sigma_H = 270 \cdot \sqrt{\frac{P_t \cdot (u + 1)}{b \cdot d_d \cdot u}}$$

$$\text{Колова сила } P_t = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{d_d} = \frac{2 \cdot 2.5}{0.05} = 100 \text{ Н.}$$

$$\sigma_H = 270 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (1 + 1)}{20 \cdot 50 \cdot 1}} = 270 \cdot \sqrt{\frac{200}{1000}} = 270 \cdot 0.447 \approx 120.7 \text{ МПа}$$

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок:

$$\sigma_H(120.7 \text{ МПа}) \leq [\sigma_H](500 \text{ МПа}).$$

Умова контактної міцності виконується з великим запасом.

3.4. Розрахунок валу інструментального шпинделя на міцність та жорсткість

Вал приводного блока зазнає комбінованого навантаження: кручення від моменту різання та згину від колової сили зубчастого колеса. Матеріал вала – сталь 45 ($[\sigma_{зг}] = 70 \text{ МПа}$).

3.4.1. Попередній розрахунок мінімального діаметра вала з умов кручення.

$$d_{\min} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0.2 \cdot [\tau_{кр}]}}$$

Допустиме напруження на кручення для валів $[\tau_{кр}] = 25 \text{ МПа}$.

$$d_{\min} \geq \sqrt[3]{\frac{2.5 \cdot 10^3}{0.2 \cdot 25}} = \sqrt[3]{500} \approx 7.9 \text{ мм}$$

З огляду на необхідність монтажу підшипників та виходячи з конструктивних міркувань, приймаємо діаметр шпиндельного валу в небезпечному перерізі $d_{\text{вал}} = 15 \text{ мм}$.

3.4.2. Перевірочний розрахунок на сумісну дію згину та кручення (еквівалентне напруження).

Максимальний згинальний момент від сили на колесі $P_t = 100 \text{ Н}$ при довжині консолі $l = 40 \text{ мм}$:

$$M_{зг} = P_t \cdot l = 100 \cdot 0.04 = 4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Еквівалентний момент за третьою теорією міцності:

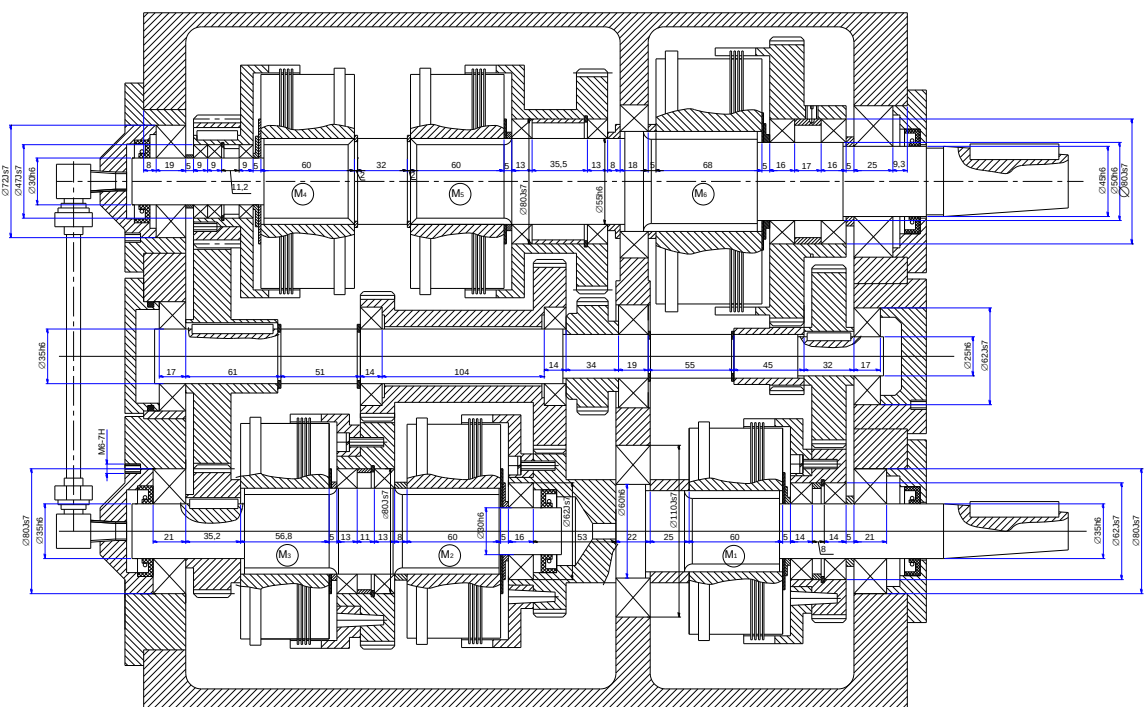
$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{4^2 + 2.5^2} = \sqrt{16 + 6.25} \approx 4.7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахункове еквівалентне напруження в небезпечному перерізі вала:

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$\sigma_{\text{еKB}} = \frac{4.7 \cdot 10^3}{0.1 \cdot 15^3} = \frac{4700}{337.5} \approx 13.9 \text{ МПа}$$

Коробка передач (рис.3.1) – відкритого виконання, тобто без бічних кришок, і призначена для вбудовування у закриту порожнину.



Вхідний вал коробки зв'язується з двигуном клинопасової передачі, а вихідний шків зі шпинделем верстата – зубчастим ременем. У коробці є 6 електромагнітних муфт, які, включаючись попарно, дають на вихідному валу шість ступенів чисел. Гальмування вихідного валу в коробці передач здійснюється включенням двох

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

муфт на вихідному валу при відключених інших. При підключенні муфт слід перевірити правильність включення муфт відповідно до ступенів швидкості.

Особливу увагу звернути на те, щоб не вмикалися дві муфти на вхідному валу одночасно.

В уніфікованих коробках передач використані нормалізовані електромагнітні муфти з магнітопровідними дисками та безконтактним струмопідведенням типу ЕТМ 104 та ЕТМ114. Ці муфти не вимагають ніякого обслуговування, їм необхідне лише мастило. Муфти повинні вмикатися в ланцюг постійного струму на напругу не нижче 24в.

Виконаємо перевірочний розрахунок клинопасової передачі з вихідного валу коробки швидкостей на шпиндель.

Потужність електродвигуна, $N = 6,6$ кВт.

Потужність холостого ходу КС, $N = 3$ кВт.

Швидкість ременя, м/сек:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 224 \cdot 185}{1000 \cdot 60} = 2,2 \text{ м/с},$$

де: d - діаметр шківа, мм; n - число обертів шківа.

Потужність, що передається одним ременем типу "В" при швидкості $V=2$ м/с $N=1,03$ кВт. Потужність, що передається одним ременем типу "В" при швидкості $V=3$ м/с – $N=1,4$ кВт. При швидкості $V = 2,2$ м/с потужність, що передається одним ременем типу "В" дорівнює: $N = 1,1$ кВт.

Потрібна кількість ременів передачі необхідної потужності рівне: при проектуванні прийнято число ременів $n=4$.

З вихідного валу коробки передач рух передається на вхідний вал коробки подач (рис. 3.2).

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

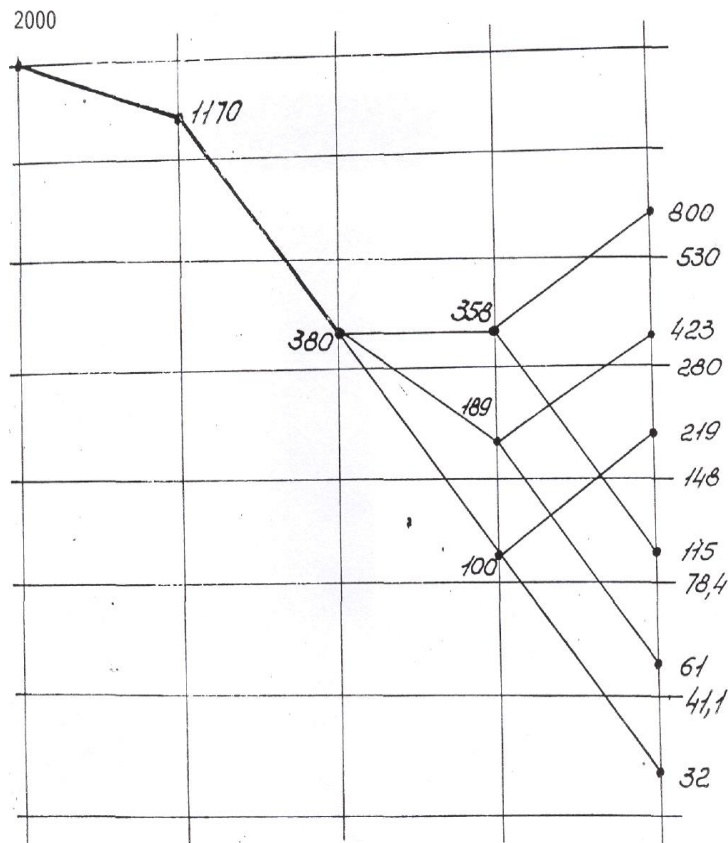


Рисунок 3.2 – Графік чисел обертів ходового валу коробки подач

3.6. Розрахунок жорсткості шпинделя

Визначається жорсткість шпинделя, що наведена до кінця консолі (рис.3.2).

Жорсткість шпинделя, наведена до кінця консолі, визначається з урахуванням радіальної пружності опор за формулою:

$$j_a = \frac{1}{e_a},$$

$$\text{де: } e_a = \frac{a^2 l}{3EI_l} + \frac{a^3}{3EI_a} + \frac{1}{j_B} \cdot \frac{(a+l)^2 + \frac{j_B}{j_a} \cdot a^2}{l^2}.$$

Тут: e_a – податливість шпинделя, приведена до кінця консолі;

a – довжина консолі;

l – довжина прольоту;

I – еквівалентний момент інерції перерізу шпинделя на консолі;

I_l – еквівалентний момент інерції перерізу шпинделя у прольоті;

$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль пружності.

j_A и j_B – радіальні жорсткості опор А і В.

Схему навантаження при розрахунку жорсткості на консолі наведено на рисунку 3.3.

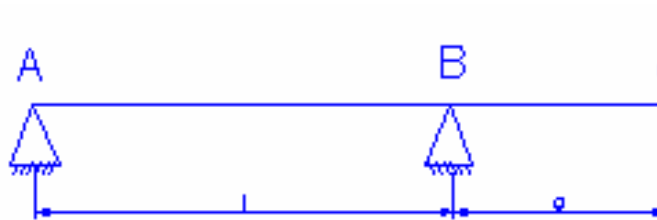


Рисунок 3.3 – Схема навантаження при розрахунку жорсткості на консолі

Еквівалентні моменти інерції визначаються як для кругових перерізів, діаметр яких дорівнює:

$$d_{\Sigma} = (d_{H\Sigma}^4 - d_{B\Sigma}^4)^{\frac{1}{4}}, \quad d_{H\Sigma} = \frac{\sum d_{Hi} l_{Hi}}{\sum l_{Hi}}, \quad d_{B\Sigma} = \frac{\sum d_{bi}}{\sum l_{bi}},$$

де:

d_{Hi} и l_{Hi} – діаметр та довжина ділянок з постійним зовнішнім діаметром;

d_{bi} и l_{bi} – діаметр та довжина ділянок з постійним внутрішнім діаметром.

Вихідні дані.

Консоль:

$d_{H1}=0,11 \text{ м}, d_{H2}=0,107 \text{ м}, d_{H3}=0,98 \text{ м},$

$l_{H1}=0,765 \text{ м}, l_{H2}=0,005 \text{ м}, l_{H3}=0,108 \text{ м},$

$d_{b1}=0,008 \text{ м},$

$l_{b1}=0,19 \text{ м};$

Проліт:

$d_{H1}=0,1 \text{ м}, d_{H2}=0,105 \text{ м}, d_{H3}=0,103 \text{ м}, d_{H4}=0,11 \text{ м}, d_{H5}=0,107 \text{ м}, d_{H6}=0,11 \text{ м},$

$d_{H7}=0,107 \text{ м}, d_{H8}=0,11 \text{ м},$

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$l_{H1}=0,028$ м, $l_{H2}=0,065$ м, $l_{H3}=0,055$ м, $l_{H4}=0,037$ м, $l_{H5}=0,005$ м, $l_{H6}=0,157$ м,
 $l_{H7}=0,005$ м, $l_{H8}=0,185$ м,
 $d_{b1}=0,063$ м, $d_{b2}=0,069$ м, $d_{b3}=0,705$ м, $d_{b4}=0,07$ м, $d_{b5}=0,805$ м, $d_{b6}=0,09$ м,
 $l_{b1}=0,181$ м, $l_{b2}=0,032$ м; $l_{b3}=0,067$ м, $l_{b4}=0,054$ м; $l_{b5}=0,01$ м, $l_{b6}=0,215$ м.

Консоль:

$$d_{HЭ} = 0,103 \text{ м}$$

$$I_a = 3534 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$$

Проліт:

$$d_{HЭ} = 0,109 \text{ м}$$

$$d_{BЭ} = 0,068 \text{ м}$$

$$I_l = 5822,19 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$$

$$\begin{aligned}
 e_a &= \frac{0,19^2 \cdot 0,3655}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 5822,19 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,19^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3534 \cdot 10^{-9}} + \frac{1}{300} \cdot \frac{(0,19 + 0,3655)^2 + \frac{300 \cdot 0,19^2}{1176,47}}{37,9^2} \\
 &= 7,229 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мкм}}{\text{Н}}
 \end{aligned}$$

$$j_a = \frac{1}{7,229 \cdot 10^{-3}} = 138,33 \frac{\text{Н}}{\text{мкм}}$$

Жорсткість на консолі: $j_a=138,33$ Н/мкм.

Розрахунок швидкохідності шпинделя.

Тип опор шпинделя, що зумовлюють форму посадкових місць, вибирають на підставі вимог щодо точності обробки та швидкохідності, яка визначається швидкісним параметром - добутком dn , мм мм·хв⁻¹, де d – діаметр отвору під підшипник, мм; n – частота обертання шпинделя, хв⁻¹

Виходячи з умови:

$d_A=110$ мм – діаметр під підшипник в опорі А;

$d_B=100$ мм – діаметр під підшипник в опорі В;

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$n=4000 \text{ хв}^{-1}$ – максимальна частота обертання шпинделя, отримуємо:

$$A) d \cdot n = 110 \cdot 4000 = 4.4 \cdot 10^5 \text{ мм} \cdot \text{хв}^{-1}$$

$$B) d \cdot n = 100 \cdot 4000 = 4.0 \cdot 10^5 \text{ мм} \cdot \text{хв}^{-1}$$

Вибираємо з таблиці по швидкісному параметру опори №6 – середньо швидкісні підшипники кочення.

3.7. Визначення зусилля на черв'яку приводу повороту револьверної головки

Зусилля, необхідне для здійснення подачі з тяговим зусиллям $P_T=1010 \text{ кг}$, визначається за формулою:

$$Q_r = \frac{2 \cdot M_{p.ш.}}{d_k \cdot \eta \cdot i},$$

$M_{p.ш.}$ – момент на рейковій шестерні;

$d_{ч.к.} = 10,2$ – діаметр черв'ячного колеса;

i – передатне відношення від рейкової шестерні до черв'ячного колеса;

η – к.к.д. приводу від рейкової шестерні до черв'ячного колеса.

$d_{p.ш.} = 4,8$ – діаметр рейкової шестерні.

$$M_{p.ш.} = \frac{P_T \cdot d_{p.ш.}}{2} = \frac{10100 \cdot 48}{2} = 2424 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$i = \frac{72}{24} = 3 \quad \eta = \eta_{з.н.}^2 = 0.98^2 = 0,96$$

де: $\eta_{з.н.} = 0,98$ – к.к.д. зубчастих циліндричних передач.

Таким чином:

$$Q_r = \frac{2 \cdot 2424}{0,102 \cdot 0,96 \cdot 3} = 1650 \text{ Н}.$$

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірочний розрахунок черв'ячної передачі фартуха револьверного супорту.

$$Z_k=34$$

Матеріал колеса: БРОЦСБ-6-3, ДСТУ 613-95

$$Z_{\text{ч}}=2$$

$$m=3\text{mm}$$

$$B_k=28\text{mm}$$

$$L_{\text{ч}}=65\text{mm}$$

Матеріал черв'яка: Сталь 40Х т.о. СВЧ-48

$$D_{\text{ч}}=51\text{mm}$$

$$Q=17$$

$$\lambda = 6^{\circ}42'34''$$

Розрахункова кількість обертів черв'ячного колеса:

$$n_k = n_{\text{шп}} \cdot i_{\text{шп-ч.п.}} \cdot i_{\text{ч.п.}}$$

де: $i_{\text{шп-ч.п.}} = 0,352$ – передатне відношення від шпинделя до валу черв'яка, що відповідає подачі $S=0,85\text{мм/об.}$

$n_{\text{шп}}$ - приймається рівним 1400 об/хв.

$$n_k = 1400 \cdot 0,352 \cdot \frac{2}{34} = 29 \text{ об / мин.}$$

Максимальний крутний момент розраховується, виходячи з максимального крутного моменту на рейковій шестерні:

$$M_{\text{р.ш.}} = 2424 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_k = \frac{M_{\text{р.ш.}} \cdot 24}{72} = \frac{2424 \cdot 24}{72} = 808 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де: 72 и 24 – число зубів зубчастих коліс між валами рейкової шестерні та черв'ячного колеса;

$\eta = 0,9$ к.к.д. від рейкової пари до валу черв'ячного колеса.

Колова швидкість на черв'яку визначається за формулою:

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_k \cdot Z_k}{1000 \cdot 60 \cdot 2} = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 29 \cdot 34}{1000 \cdot 60 \cdot 2} = 1,3 \text{ м/с}.$$

Розрахунок зубів черв'ячного колеса на контактну міцність.

$$G_k = \frac{1500}{d_k} \sqrt{\frac{M_k}{d}} \cdot K_k \cdot K_g,$$

$$K_k = 1 + \left(\frac{Z_k}{\Theta} \right)^3 \cdot (1 - M_p),$$

де: $K_g = 1$;

$$\Theta = 178^\circ; \quad K_k = 1 + \left(\frac{34}{178} \right)^3 \cdot (1 - 0,25) = 1,05;$$

$$M_p = 0,25.$$

$$G_k = \frac{1500}{102} \sqrt{\frac{80,8 \cdot 10^3}{51}} \cdot 1,05 \cdot 1 = 114 \text{ МПа},$$

$$[G_k] = 198 \text{ МПа}. \text{ Виконується умова: } [G]_k > G_k$$

Розрахунок зубів черв'ячного колеса на попередження зламу:

$$G_u = \frac{1,29 \cdot 880}{m \cdot d_k \cdot d \cdot y} = \frac{1,29 \cdot 80,8 \cdot 10^3}{0,3 \cdot 10,2 \cdot 5,1 \cdot 0,403} = 16,6 \text{ МПа}$$

$$[G_u] = 52 \text{ МПа}, \quad [G]_u > G_u$$

Перевірочний розрахунок черв'ячної передачі револьверного супорта.

У револьверній головці діаметром 200 мм діє сила $P = 300$ кг. Визначаємо крутний момент на револьверній головці за формулою:

$$P = \frac{2M_{кр}}{D},$$

$$M_{кр} = \frac{P \cdot D}{2} = \frac{3000 \cdot 0,2}{2} = 300 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Знаючи крутний момент на револьверній головці, визначаємо крутний момент на черв'ячному колесі:

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{кр} = \frac{19}{152} \cdot 300 = 37,5 H \cdot m.$$

Вихідні дані:

$$m = 2 \text{ мм}$$

$$d_{ч.к.} = 30 \text{ мм}$$

$$\lambda = 3^0 48' 51''$$

$$q = 15$$

$$z_k = 40$$

$$\Theta = 2\gamma = 180^0$$

Напруження згину:

$$G_u = \frac{600 \cdot M_k}{Z_k \cdot m^3 \cdot g \cdot y \cdot 2\gamma} = \frac{600 \cdot 37,5 \cdot 10^3}{40 \cdot 8 \cdot 15 \cdot 0,128 \cdot 180} = 21 \text{ МПа},$$

$$[G_u] = 55 \text{ МПа}, \text{ виконується умова: } [G_u] > G_u.$$

Контактні напруження при цьому:

$$G_k = \frac{500}{m \cdot Z_k} \sqrt{\frac{M_k}{d_g \cdot 2\gamma}} = \frac{500}{2 \cdot 40} \sqrt{\frac{37,5 \cdot 10^3}{30 \cdot 180}} = 15 \text{ МПа}$$

$$[G_k] = 16 \text{ МПа} \text{ за виконання умови: } [G_k] > G_k.$$

Висновок до розділу 3. Розрахункове еквівалентне напруження $\sigma_{екв} = 13,9 \text{ МПа}$ значно менше за допустиме $[\sigma_{зг}] = 70 \text{ МПа}$. Спроектований приводний вузол повністю задовольняє вимогам міцності та жорсткості, що гарантує його безвідмовну роботу під час фрезерування пазів та свердління в деталях типу «Втулка» на модернізованому верстаті 1Г340П.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при роботі на модернізованому верстаті 1Г340П

Процес механічної обробки заготовок на токарно-револьверному верстаті моделі 1Г340П пов'язаний із дією низки небезпечних та шкідливих виробничих факторів (згідно з ДСТУ 12.0.003-94). Модернізація верстата шляхом інтеграції приводного інструментального блока та елементів автоматизації вносить додаткові фактори ризику.

4.1.1. Фізичні небезпечні та шкідливі фактори.

- Рухомі машини та механізми: головну небезпеку становлять відкриті частини шпинделя з цанговим патроном, що обертається, прутковий заготовчий матеріал, який виходить за межі станини, та автоматичний поворотний механізм 16-позиційної револьверної головки.

- Частини заготовки та інструменту, що відлітають: висока швидкість різання (до 135 м/хв) при обробці сталі 45 створює ризик відлітання гарячої зливної або елементної стружки, а також частинок інструменту в разі його мікроруйнування чи поломки.

- Підвищений рівень шуму та вібрації: основними джерелами шуму є автоматична коробка швидкостей (АКШ), додатковий електродвигун приводного блока та вібрація довгого прутка в напрямній трубі при високих обертах шпинделя.

- Небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі: замикання на корпус через пошкодження ізоляції кабелів живлення головного двигуна, системи ЧПК або асинхронного двигуна приводного інструментального блока.

4.1.2. Хімічні та психофізіологічні шкідливі фактори.

- Запиленість та загазованість робочої зони: виділення аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) та дрібного металевого пилу під час інтенсивного точіння та фрезерування пазів.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Фізичні та нервово-психічні перевантаження: монотонність праці під час серійного виробництва деталей «Втулка» та втома очей при спостереженні за зоною обробки.

4.2. Інженерно-технічні заходи щодо забезпечення безпеки та захисту працюючих

Для нейтралізації виявлених небезпечних факторів на модернізованому верстаті реалізовано комплекс технічних рішень:

4.2.1. Захисні пристрої та огородження.

Зона різання: верстат оснащується рухомим захисним екраном із міцного триплексного скла або прозорого ударостійкого полікарбонату. Екран обладнаний кінцевим вимикачем (електричним блокуванням): при відкритому екрані пуск шпинделя та приводного інструменту технічно неможливий.

Заготовчий комплекс: для усунення биття та небезпеки від відкритого прутка, що обертається, позаду шпиндельної бабки встановлюється закрита труба-напрямна з внутрішнім шумопоглинаючим шаром.

4.2.2. Електробезпека.

Усі металеві неструмоведучі частини верстата (станина, шафа керування, корпуси двигунів) підключені до загальнозаводського контуру заземлення за допомогою мідного провідника відповідно до вимог ПУЕ. Опір заземлювального пристрою не перевищує 4 Ом.

В електричній схемі передбачено захисне занурення, а також встановлено апарати захисту від коротких замикань та перевантажень (автоматичні вимикачі, теплі реле). На панелі керування розміщена червона грибоподібна кнопка аварійної зупинки «Emergency Stop» для миттєвого знеструмлення всіх приводів.

4.2.3. Зниження шуму, вібрації та нормалізація повітряного середовища.

Для зменшення вібрацій від приводного блока в револьверній головці використано точні підшипники високого класу точності, а зубчасті колеса пройшли процедуру шевінгування та балансування.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для локалізації та видалення аерозолів МОР над зоною обробки інтегрується патрубок місцевої витяжної вентиляції продуктивністю не менше 250 м³/год.

4.3. Виробнича санітарія та пожежна безпека

4.3.1. Параметри робочої зони.

Освітлення. Використовуємо комбіновану систему освітлення. Загальне люмінесцентне освітлення цеху доповнюється місцевим світильником (напруга живлення 24 В для забезпечення безпеки від ураження струмом у вологому середовищі), який закріплений на станині та створює освітленість зони різання не менше 500 лк.

Мікроклімат. Температура повітря в цеху має підтримуватися в межах 18...22°C, відносна вологість – 40...60%.

4.3.2. Пожежна безпека.

Верстат 1Г340П використовує мастильні матеріали та МОР на основі емульсолів, які є горючими рідинами. Пожежна безпека забезпечується заборонаю використання відкритого вогню поблизу верстата, своєчасним очищенням піддона від замасленої стружки та наявністю біля робочого місця первинних засобів пожежогасіння (вуглекислотний вогнегасник ВВ-3 або порошковий ВП-5).

4.4. Безпека у надзвичайних ситуаціях

У випадку виникнення надзвичайних ситуацій техногенного (аварії на енергомережах, руйнування елементів верстата) або воєнного характеру, персонал цеху діє згідно з затвердженим планом евакуації та цивільного захисту підприємства.

При раптовому припиненні подачі електроенергії оператор зобов'язаний негайно перевести головний вимикач верстата в положення «Вимкнено» для запобігання самовільному пуску обладнання при відновленні живлення. При сигналі «Повітряна тривога» верстат повністю знеструмлюється кнопкою аварійної зупинки, перекривається подача МОР та стисненого повітря, після чого робітник негайно прямує до найближчого захисного обладнання (сховища).

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до Розділу 4. Розроблені та впроваджені в проекті інженерно-технічні заходи з охорони праці повністю відповідають чинним нормативним актам (Закону України «Про охорону праці», ДСТУ, ПУЕ). Реалізація захисного екрана з блокуванням, контуру заземлення, системи витяжної вентиляції та закритих напрямних для прутка гарантує безпечні та нешкідливі умови праці для оператора модернізованого верстата 1Г340П.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі бакалавра вирішено актуальне науково-технічне завдання щодо підвищення технологічних можливостей, точності та продуктивності токарно-револьверного верстата моделі 1Г340П. На основі проведених досліджень та інженерних розрахунків зроблено такі висновки:

1. Аналітичний огляд підтвердив, що базова модель верстата 1Г340П через відсутність контурної обробки та приводного інструменту має суттєві обмеження при виготовленні деталей складної конфігурації. Обґрунтовано доцільність комплексної модернізації шляхом інтеграції приводного інструментального блока та реалізації дискретного кутового позиціонування шпинделя (вісь С).

2. У технологічній частині розроблено прогресивний маршрутний та операційний техпроцес виготовлення деталі-представника «Втулка ступінчаста» з гарячекатаного прутка Сталі 45. Впровадження нової концепції дозволило сумістити токарні операції із позацентровим свердлінням та внутрішнім фрезеруванням паза за один установ. Це ліквідувало витрати часу на повторне базування та міжчасткове транспортування, забезпечивши штучний час на деталь на рівні $T_{шт} = 3.41$ хв.

3. У конструкторській частині спроектовано автономний приводний інструментальний блок револьверної головки. Розраховано головну складову сили різання при фрезеруванні ($P_z = 397$ Н) та ефективну потужність, на основі чого обрано електродвигун потужністю 0.37 кВт. Перевірочні розрахунки циліндричної прямозубої передачі на контактну міцність ($\sigma_H = 120.7$ МПа $\leq [\sigma_H] = 500$ МПа) та шпиндельного валу на сумісну дію згину й кручення ($\sigma_{екв} = 13.9$ МПа $\leq [\sigma_{зг}] = 70$ МПа) підтвердили високу надійність та жорсткість модернізованого вузла.

4. У розділі охорони праці проаналізовано небезпечні фактори та розроблено технічні заходи захисту. Впровадження захисного екрана з електричним блокуванням, контуру заземлення (опір до 4 Ом), шумопоглинаючої труби-напрямної для прутка та місцевої витяжної вентиляції гарантує безпечні й

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нешкідливі умови праці оператора відповідно до чинних нормативних актів України.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота: методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Ковальчук, Ю.Г. Фесіна, І.Л.Заблоцька Луцьк : ЛНТУ, 2023. 46 с.
2. Технологія машинобудування : підручник для студ. вищ. навч. закл. / М. С. Суслов, В. О. Ковальов, О. М. Ткаченко [та ін.]. – Київ : Каравела, 2021. – 412 с.
3. Проектування металорізальних верстатів та верстатних комплексів : навч. посібник / Ю. М. Кузнєцов, В. М. Гігняк, С. В. Серeda. – Київ : ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2019. – 380 с.
4. Металорізальні верстати: Енциклопедичний довідник. Том 2. Верстати протяжної, зубообробної та фрезерної груп / за ред. проф. В. А. Данильченка. – Дніпро : Ліра, 2021. – 450 с.
5. Проектування технологічного оснащення в машинобудуванні: підручник / А. В. Скрипник, О. В. Захаров. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2022. – 312 с.
6. Бочков В. М., Сілін Р. І., Гаврильченко О. В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / за ред. Р. І. Сіліна. – Львів : Видавництво «Бескид Біт», 2008. – 448 с.
7. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія 2006, 2007. – 500 с.
8. Геврик Е. О. Охорона праці в машинобудуванні : навчальний посібник / Е. О. Геврик. – Київ : Центр навчальної літератури, 2004. – 408 с.
9. Горбатюк Є. О. та ін. Технологія машинобудування : навчальний посібник / Є. О. Горбатюк, М. П. Мазур, А. С. Зенкін, В. Д. Кразей. – Львів : «Новий Світ–2000», 2009. – 358 с.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

- 10.Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування (дипломне проектування) : навчальний посібник. – Львів : Видавництво «Новий Світ–2000», 2007. – 768 с.
- 11.Жданов О. В., Прокопенко В. О. Проектування токарних та токарно-револьверних автоматів і напівавтоматів : навчальний посібник. – Харків : НТУ «ХП», 2012. – 216 с.
- 12.Закон України «Про охорону праці» : від 14.10.1992 № 2694-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 49. – Ст. 668 (із змінами та доповненнями).
- 13.Кузнєцов Ю. М. Металорізальні верстати : підручник / Ю. М. Кузнєцов. – Київ : ТОВ «Кондор», 2007. – 484 с.
- 14.Мельничук П. П. та ін. Технологія машинобудування: підручник / П. П. Мельничук, А. І. Боровик, П. А. Лінчевський, Ю. В. Петраков. – Житомир : ЖДТУ, 2005. – 835 с.
- 15.Паспорт токарно-револьверного верстата підвищеної точності моделі 1Г340П / Керівництво з експлуатації. – Москва-Мелітополь : Мінстанкопром, 1985. – 142 с.
- 16.Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). – Офіційне видання. – Київ : Міненерговугілля України, 2017. – 760 с.

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

ДОДАТКИ

					035Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		