

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розробка конструкції фрезерної головки спеціального
свердлильно-фрезерного верстату для забезпечення
технологічного процесу виготовлення деталі типу «втулка»**

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МВ-41

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Назар СЛАБАШ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Руслан СКЛЯРОВ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Володимир КОБЕЛЬНИК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Володимир КРУПА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Володимир КРУПА.

(підпис)

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Слабаш Назар Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка конструкції фрезерної головки спеціального свердлильно-фрезерного верстату для забезпечення технологічного процесу виготовлення деталі типу «втулка»

Керівник роботи Склярів Руслан Анатолійович, к.т.н., доц. каф. ВІ

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

Затверджені наказом ректора від «23» 01 2025 року № 4/7-35

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «втулка»;

базовий технологічний процес обробки деталі, паспорти обладнання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз завдання на проектування; огляд літератури по тематиці роботи; аналіз базового технологічного процесу механічної обробки деталі; технологічний розрахунок, розробка кінематичної схеми верстата на одну із технологічних операцій; розрахунок конструкції фрезерної головки; вирішення питань безпеки життєдіяльності та охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Аналіз формують уючих рухів – 1 ф.А1

Кінематична схема верстата – 1 ф.А1

Загальний вигляд верстата – 1 ф.А0.

Головка фрезерна – 1 ф.А1.

Вертикальна силова головка – 1 ф.А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	к.т.н., доцент Ігор ОКІПНИЙ		
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Володимир КОБЕЛЬНИК		

7. Дата видачі завдання 24.01.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Назар СЛАБАШ

Керівник роботи

(підпис)

Руслан СКЛЯРОВ

Анотація

Розробка конструкції фрезерної головки спеціального свердлильно-фрезерного верстату для забезпечення технологічного процесу виготовлення деталі типу «втулка» : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавр : спец. 133 – галузеве машинобудування / кер. Р.А. Складов. Тернопіль : факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВ-41.: ТНТУ, 2025.

Ключові слова: спеціальний свердлильно-фрезерний верстат, втулка, механічна обробка, режими різання, головка фрезерна.

В кваліфікаційній роботі приведені технологічні розрахунки на операцію «Автоматна» для деталі «Втулка». Розроблено кінематичну схему верстата. Здійснено розробку конструкції фрезерної головки. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Annotation

SLABASH NAZAR. Development of the milling head design of a special drilling-milling machine to support the technological process for manufacturing a part of the “bushing” type. Thesis for the bachelor's degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2025.

Key words: special drilling-milling machine, bushing, machining, cutting modes, milling head.

In the bachelor's thesis presents technological calculations for the "Automatic" operation for the "Sleeve" part. The kinematic diagram of the machine tool has been developed. The design of the milling head has been developed. The issues of labor protection and life safety have been resolved.

					КРБ 21-04.1.00.00.000.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Слабаш Н.Ю.			Анотація			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Склярів Р.А.								
Реценз.										
Н. Кантр.		Кодельник В. Р.						ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м. Тернопіль		
Затверд.		Крупя В.В.								

Зміст

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Аналіз завдання	9
1.2 Характеристика об'єкту виробництва	11
1.3 Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь та вибір раціональних схем оброблення поверхонь	13
1.4 Огляд літератури	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	18
2.1 Особливості запропонованого ТП обробки деталі «Втулка».....	18
2.2 Верстатне забезпечення технологічної операції.....	19
2.3 Обґрунтування та вибір різального інструменту.....	19
2.4 Розрахунок режимів різання для технологічної операції	24
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	29
3.1 Вибір та обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата.....	29
3.2 Вибір потужності і типу двигунів	33
3.3 Розробка кінематичної схеми верстату.....	34
3.4 Розрахунок та конструювання окремих вузлів верстату	35
3.4.1 Горизонтальна силова головка.....	35
3.4.1.1 Кінематичний розрахунок горизонтальної силової головки ...	35
3.4.1.2 Розроблена конструкція горизонтальної силової головки	39
3.4.2 Вертикальна силова головка	40
3.4.2.1 Кінематичний розрахунок вертикальної силової головки	40
3.4.2.2 Розроблена конструкція вертикальної силової головки	42
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	44
4.1 Атестація робочих місць за умовами праці	44
4.2 Організація робочого місця верстату, що проектується	47
4.3 Пожежна безпека процесів механічної обробки речовин та матеріалів	50
ВИСНОВКИ.....	52
Перелік посилань.....	54
ДОДАТКИ.....	59

					КРБ 21-04.1.00.00.000.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Слабаш Н.Ю.			ЗМІСТ				
Перевір.		Склярів Р.А.							
Реценз.									
Н. Контр.		Кодельник В. Р.							
Затверд.		Крцпа В.В.							
					Літ.	Арк.	Аркушів		
						5	1		
					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м.Тернопіль				

ВСТУП

Актуальність роботи. Машинобудування вважають провідною галуззю, яка визначає рівень технічного та технологічного розвитку країни. Від рівня розвитку верстатобудування та його здатності впроваджувати новітні технології залежить продуктивність праці на підприємствах та якість продукції, яка випускається.

На вибір типу використовуваного обладнання впливає номенклатура продукції та програма випуску оброблюваних деталей. Масове виробництво передбачає використання автоматизованих ліній, верстатів-автоматів, а також роботизованих технологічних комплексів. Для серійного виробництва характерне використання спеціалізованих та агрегатних верстатів. В одиничному та дрібносерійному виробництвах перевагу надають універсальним верстатам з ЧПК, які забезпечують гнучкість при виконанні різноманітних технологічних операцій.

Використання засобів автоматизації на виробництві дозволяє зменшити рівень фізичного навантаження на працівників та запобігти монотонності, яка супроводжує ручні операції, а впровадження комплексної механізації дозволяє підвищити ефективність виробничих процесів.

На верстатобудівних підприємствах розробка верстатів відбувається шляхом модернізації та вдосконалення раніше виготовлюваних моделей обладнання, а також з використанням агрегатно-модульного принципу. В остатньому випадку формування компонування верстатів відбувається за рахунок комбінування та уніфікації виконавчих вузлів.

					КРБ 21-04.1.00.00.000.ПЗ					
					ВСТУП					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Слабаш Н.Ю.			Лит.			Арк.	Аркуші	
Перевір.		Склярів Р.А.					6	3		
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м.Тернопіль					
Н. Контр.		Кодельник В.Р.								
Затверд.		Крцпа В.В.								

Часто на підприємствах використовують спеціалізовані верстати-автомати, які призначені для виготовлення деталей певного типорозміру з наперед визначеною формою. Це дозволяє знизити собівартість обробки та витрати на переналагодження обладнання, а також підвищити якість обробки.

При проектуванні конструкції спеціалізованого верстату-автомату необхідно врахувати габаритні розміри деталі, матеріал заготовки її фізико-механічні властивості, серійність продукції, а також вимоги стосовно точності та шорсткості оброблюваних поверхонь. Останні вимоги визначають клас верстату по точності, а маса деталі та її габаритні розміри дозволяють визначити вагову категорію обладнання.

Створення нових верстатів або реконструкція існуючих починається з формування технічного завдання. На його основі визначають напрямки проектування, аналізують вихідні дані та приймають попередні технічні рішення. На початкових етапах проектування доцільно використовувати основні положення теорії технічних систем [1], системного підходу [2, 3], а також прогнозування [4, 5, 6].

Дотримуючись вимог чинних стандартів та нормативів, а також виданого технічного завдання на проектування ми можемо здійснити проектування як нового верстату, так і здійснити модернізацію вже існуючого, покращити або внести зміни до конструкції основних виконавчих механізмів, органів керування та контролю.

На початковому етапі проектування слід провести ґрунтовний аналіз деталі, яка повинна виготовлятися на верстаті. При цьому потрібно врахувати масо-габаритні розміри деталі, фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, якість оброблюваних поверхонь та серійність випуску деталей.

При цьому значення показників точності та шорсткості поверхні деталі оброблюваної деталі визначають необхідний клас точності верстату, її масо-габаритні характеристики – вагову категорію обладнання, а розмір партії – рівень спеціалізації.

Проектування верстатів передбачає, що він повинен мати певний запас досконалості та новизни, тобто мати кращі технічні характеристики в порівнянні

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

з раніше розробленими верстатами. Тобто слід враховувати сучасні тенденції розвитку верстатобудівної галузі та суміжних з нею областей.

В сучасних складних умовах, в яких перебуває Україна, розвиток верстатобудування є стратегічно важливим, оскільки воно в певній мірі слугує запорукою економічного зростання та сприяє технологічній незалежності країни, а також підвищенню її обороноздатності.

Кваліфікаційна робота бакалавра відповідає затвердженій структурі [7], в ній представлено конструкцію фрезерної головки спеціального свердлильно-фрезерного верстату для забезпечення технологічного процесу виготовлення деталі типу «втулка».

Структура і обсяг роботи. Представлена кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів та основних висновків. Записка містить 58 аркушів пояснювального матеріалу, 29 рисунків та 3 таблиць. При виконанні роботи використано різноманітну спеціалізовану літературу, а також публікації з мережі Internet. Перелік літератури містить 31 найменування, які розміщені на 5 аркушах, а також додатків на 13 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 71 сторінку.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз завдання

Згідно виданого завдання вихідними даними на кваліфікаційну роботу є креслення деталі «Втулка», базовий технологічний процес її виготовлення, а також річна програма випуску, яка становить 55000 шт.

На рис. 1.1 приведено загальний вигляд деталі «Втулка» з основними розмірами та параметрами, що дають уявлення щодо її габаритів, а також точності та шорсткості оброблюваних поверхонь.

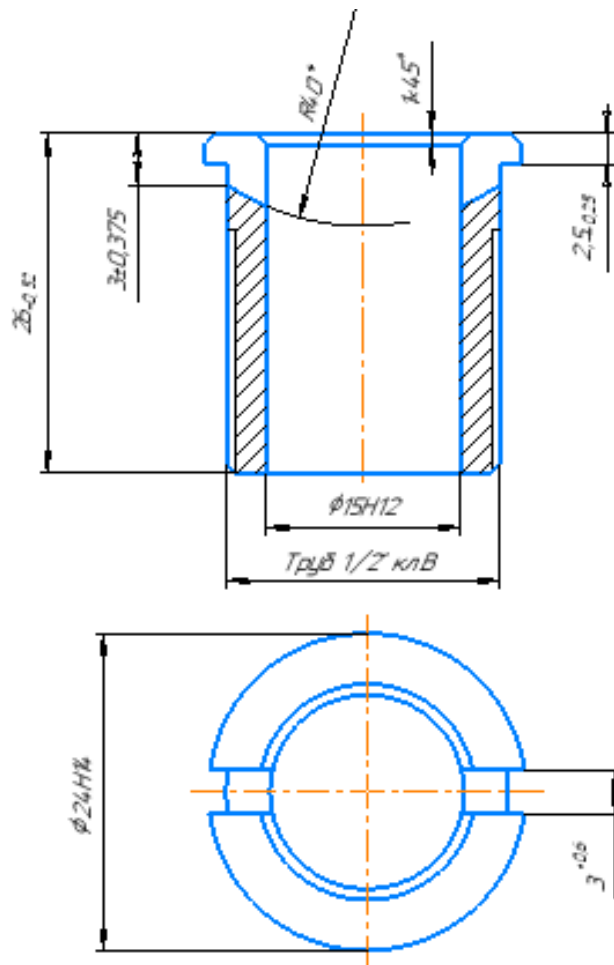


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд деталі «Втулка»

					КРБ 21-04.1.00.00.000.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА		
Разроб.		Слабаш Н.Ю.					
Перевір.		Склярів Р.А.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кодельник В. Р.					
Затверд.		Крцпа В.В.			Літ.		
					Арк.		
					Аркушів		
					9		
					ТНТУ ім. І. Пулюя		
					гр. МВ-41, м. Тернопіль		

Деталь «Втулка» використовується в світлотехнічній галузі, а саме в світильниках визначених типорозмірів. На зовнішній поверхні деталі є зовнішня трубна різь 1/2", за допомогою якої відбувається її з'єднання з корпусом світильника. Через внутрішній отвір деталі проходить провідник, через яких подається живлення до лампочок. Внутрішня поверхня деталі «Втулка» має мати високу чистоту, щоб запобігти випадковому перетиранню проводу, внаслідок якого електроосвітлювальний прилад може вийти з ладу.

«Втулка» - деталь простої форми, до її складу входять 3 циліндричні поверхні, 3 конічні поверхні, а також 1 паз та трубна різь. Зазначені вище поверхні є технологічними, доступ інструменту до них не викликає труднощі.

Згідно базового технологічного процесу (ТП) обробка деталі передбачає виконання ряду технологічних операцій, а саме зовнішнє точіння, нарізання трубної різі, зенкування, зенкерування, фрезерування пазу. При цьому обробка відбувається з використанням універсального обладнання.

В таблиці 1.1 приведено перелік операцій, що входить до базового технологічного процесу, та перелік використаного обладнання.

Таблиця 1.1 Перелік операцій згідно базового ТП

№ і назва операції	Модель верстату
005 Заготівельна	пруток
010 Автоматна	1A136
015 Різенарізна	16K20
020 Зенкувальна	2H125
025 Фрезерна	6P13
030 Контрольно-вимірна	-

Базовий ТП має зауваження по обладнанню, яке застосовується, його кількості, він характеризується енергоємністю, великою кількістю інструментів та передбачає застосування спеціальних пристосувань, а також працівників високої кваліфікації.

1.2 Характеристика об'єкту виробництва

Згідно базового ТП деталь «Втулка» виготовлялась з прутка $\varnothing 30$ мм, в якості матеріалу призначено Сталь 45.

Деталь «Втулка» виготовляється зі Сталі 45, яка є оптимальним матеріалом по ударній в'язкості, теплостійкості, а також добре піддається механічній обробці. В таблиці 1.2 приведені відомості про хімічний склад та механічні властивості Сталі 45 (згідно з ДСТУ 7809:2015) [8].

Таблиця 1.2 Хімічний склад та фізико-механічні якості Сталі 45

Хімічний елемент, його вміст в %							
<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>
0.42 – 0.50	0.17 – 0.37	0.50 – 0.80	до 0.035	до 0.035	до 0.25	до 0.25	до 0.25
Фізичні властивості матеріалу							
Властивість					Значення		
Межа плинності σ_T , Н/мм ² , щонайменше					355		
Тимчасовий опір σ_B , Н/мм ² , щонайменше					600		
Відносне подовження δ_5 , %, щонайменше					16		
Відносне звуження Ψ , %, щонайменше					40		
Механічна характеристика матеріалу							
Характеристика					Значення		
Межа міцності при розтягу (σ_B), МПа					600 – 750		
Межа текучості (σ_T), МПа					355		
Відносне подовження (δ_5), %					16		
Ударна в'язкість (KCU), Дж/см ²					59		
Твердість за Брінеллем (HB), HB					207 – 255		
Твердість за Роквеллом (HRC), коли сталь загартована					28 – 32		

Використовуючи класифікатор ЄСКД [9] деталь «Втулка» буде відноситись до 71 класу – «Деталі типу тіла обертання». На рис. 1.2 приведено повний класифікаційний індекс деталі.

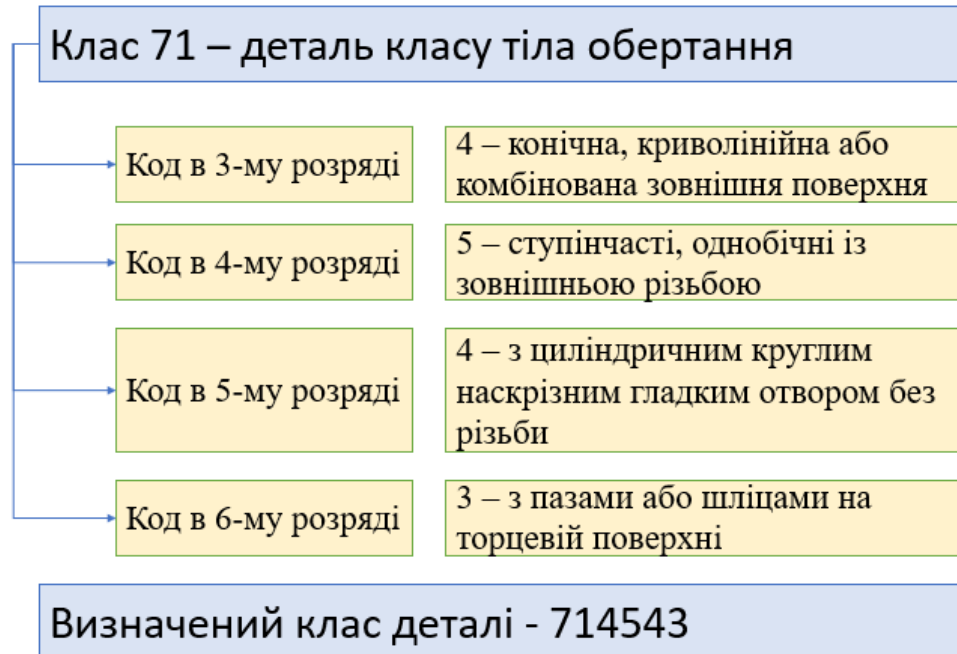


Рисунок 1.2 – Класифікаційний індекс деталі «Втулка» згідно ЄСКД

Аналіз базового ТП виготовлення деталі «Втулка» показав, що найбільш точною поверхнею є внутрішній отвір $\varnothing 15H12$. Всі інші поверхні виготовляються за 14 квалітетом точності.

Проведені попередні розрахунки (в кваліфікаційній роботі не представлені) дозволили визначити тип та організаційну форму виробництва яку необхідно застосувати для виготовлення деталі «Втулка» [10].

Для виготовлення вказаної деталі слід застосувати технології, які характерні для масового виробництва. Їх використання передбачає використання спеціального обладнання, а саме верстатів-автоматів.

Використання прогресивного ріжучого інструменту дозволить підняти продуктивність праці та скоротити його номенклатуру.

1.3 Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь та вибір раціональних схем оброблення поверхонь

Згідно базового ТП обробка деталі «Втулка» передбачає виконання ряду операцій механічної обробки деталі, серед них слід виділити операції з використанням осьового інструменту (свердління, розгортання, зенкування), токарні операції (зовнішнє точіння, підрізання торця, точіння фаски, нарізання трубної різі), а також фрезерування пазу. Виконання цих операцій передбачає, що обрані верстати повинні забезпечити необхідний набір формоутворюючих рухів (ФУР) [11].

На рис. 1.3. приведено ФУР, які повинно забезпечити обладнання для виконання операцій свердління, розгортання.

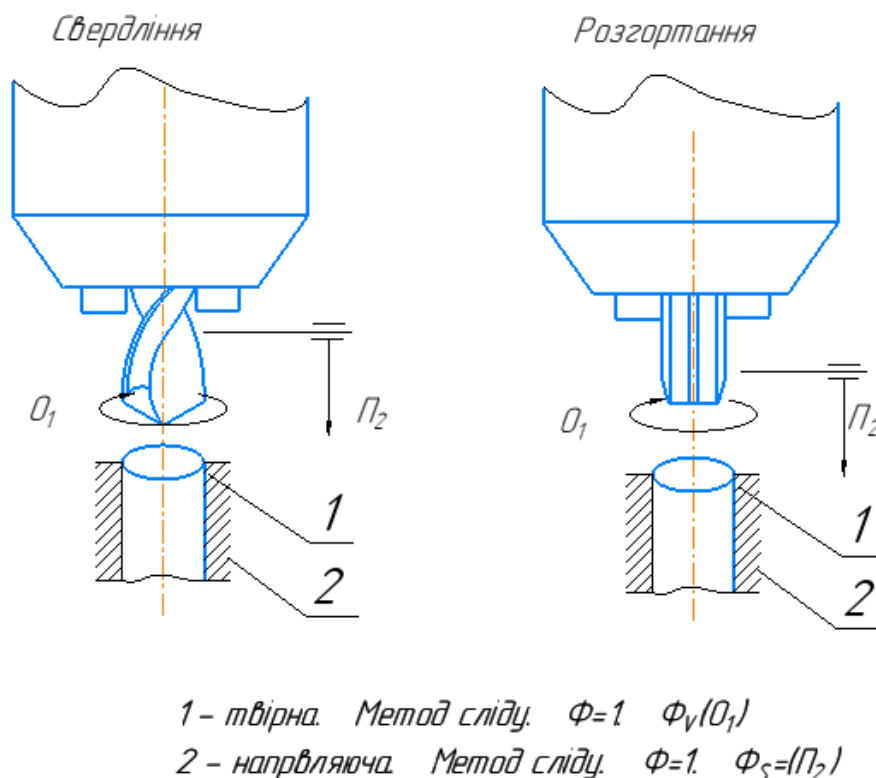


Рисунок 1.3 – Формоутворюючі рухи при використанні осьового інструменту

При виконанні операції повздовжнє точіння та підрізання торця необхідно забезпечити ФУР, які приведені на рис. 1.4, а для нарізання різі – рис. 1.5. Також на токарному автоматі відбувається відрізка деталі від прутка, з використанням відрізного різця (див. рис. 1.6).

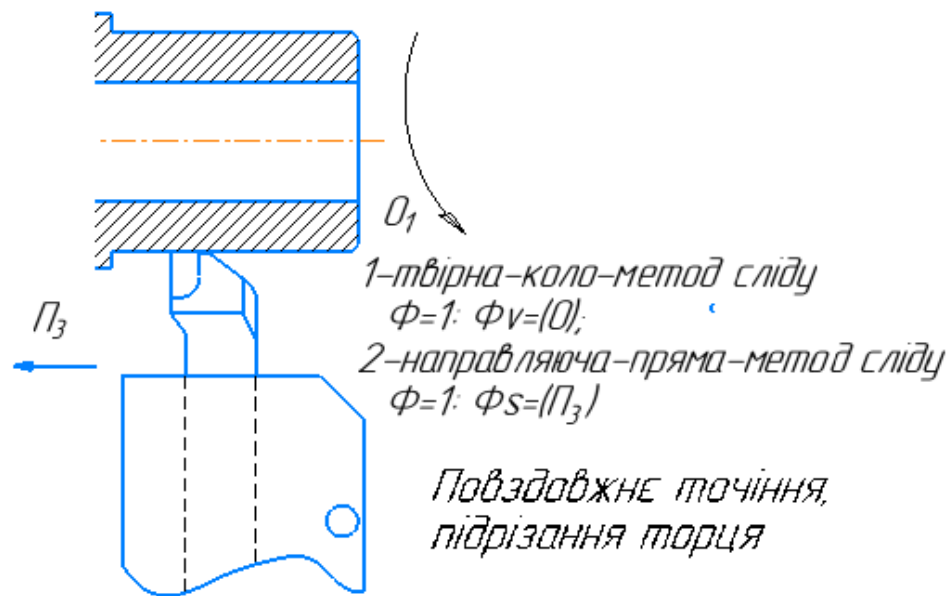


Рисунок 1.4 – Формоутворюючі рухи при повздо́вжньому то́чінні

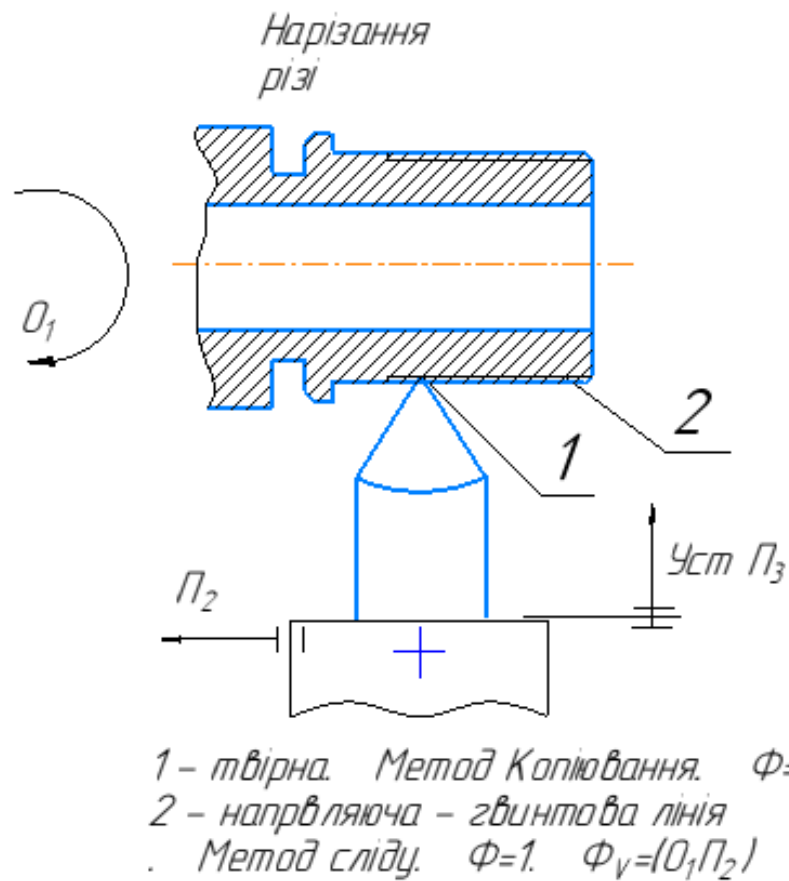


Рисунок 1.5 – Формоутворюючі рухи при нарі́занні рі́зі

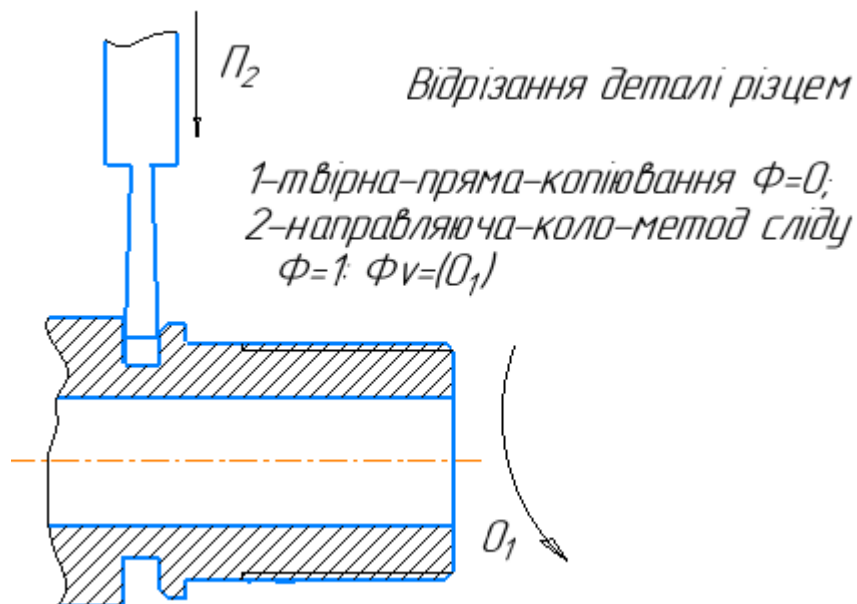
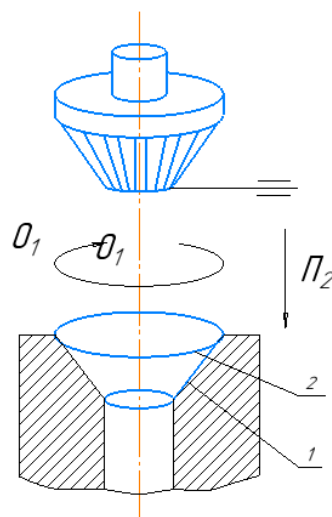


Рисунок 1.6 – Формоутворюючі рухи при відрізанні деталі різцем

При обробці деталі «Втулка» необхідно зняти внутрішню фаску отвору на торцевій поверхні, зі сторони де повинен прорізатись паз, для цього можна використати зенкер або кінцеву фрезу. При виконанні операції зенкування чи фрезерування фаски необхідно забезпечити комплекс ФУР, які приведені на рис. 1.7.

Зенкування, фрезерування фаски



1 – твірна. Метод копіювання. $\Phi=0$. $Vr(P_2)$
 2 – направляюча. Метод сліду. $\Phi=1$. $\Phi v(O_1)$

Рисунок 1.7 – Формоутворюючі рухи при зенкуванні чи фрезеруванні фаски

На рис. 1.8 наведені ФУР, які повинен забезпечити верстат при нарізанні пазу дисковою фрезою.

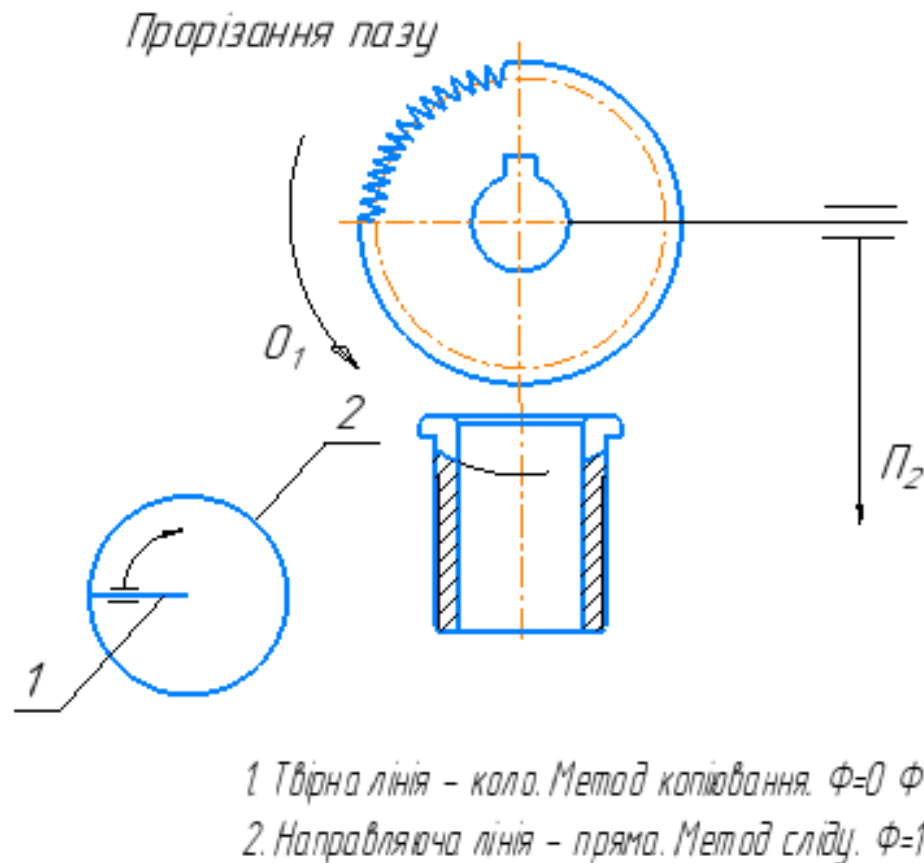


Рисунок 1.8 – Формоутворюючі рухи при прорізанні пазу дисковою фрезою

1.4 Огляд літератури

Як відомо технології масового виробництва передбачають використання верстатів-автоматів, які забезпечують виконання ТП в автоматичному режимі [12]. При цьому ТП складається з переходів, які можуть виконуватися цільовими механізмами робочих та холостих ходів. Технологічний процес розбивається на окремі операції, які можуть виконуватися на різних позиціях обладнання.

Керування таким обладнанням може здійснюватися за допомогою кінцевих упорів та програмоносіїв, в якості яких можуть використовуватись копії, кулачки або шаблони [13].

Згідно літературних джерел верстатом-автоматом називають робочу машину, яка може самостійно виконувати всі робочі та холості ходи робочого циклу. Вона простоює при виконанні операцій контролю та переналагодженні обладнання [12].

В деяких випадках, коли необхідно обробити велику партію деталей, знаходять використання спеціальні та спеціалізовані верстати-автомати, їх конструктивне виконання не передбачає переналагодження, оскільки вони призначені для обробки конкретної деталі. До таких верстатів в першу чергу висуваються вимоги продуктивності [14]. Робота на таких верстатах передбачає здійснення ряду допоміжних рухів, а саме подача та затиск заготовки, підвід та відвід робочих інструментів, зняття обробленого виробу та ін.

Основною конструктивною ознакою верстату-автомату є наявність механізмів, які забезпечують робочі та холості ходи, а також механізмів курування, що координують їх роботу [15].

Однією із переваг спеціальних верстатів-автоматів є їх висока спеціалізація, і в певній мірі простіша конструкція, оскільки механізми, що входять до складу таких верстатів дозволяють виконати рухи, які необхідні для обробки конкретної деталі. Такі верстати також можуть мати меншу вартість, в порівнянні з універсальним обладнанням.

Процес проектування верстатів передбачає широке використання засобів САПР та спеціалізованих пакетів комп'ютерної графіки [16, 17]. Перспективним при проектуванні є застосування генеративного дизайну та технологій комп'ютерного моделювання [18, 19, 20]. В комплексі, це дозволить скоротити терміни які виділяються на здійснення проектних та дослідно-конструкторських робіт.

Як відомо, верстат повинен відповідати вимогам точності, тому при розробці його кінематичної схеми важливо врахувати який комплекс формоутворюючих рухів має забезпечити проектоване обладнання [21, 22].

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Особливості запропонованого ТП обробки деталі «Втулка»

Базовий ТП виготовлення деталі «Втулка» передбачав використання одношпиндельного токарного автомату та кількох універсальних верстатів. Ми пропонуємо альтернативний варіант технологічного процесу виготовлення деталі з використанням багатшпиндельного токарного автомату та спеціально розробленого верстату-автомату.

Пропонований ТП буде складатися з наступних операцій:

005 Заготівельна;

010 Автоматна (1А240-6)

015 Автоматна (спеціальний верстат-автомат);

020 Контрольно–вимірна.

Операція 005 – Заготівельна та 020 Контрольно-вимірна залишились. Запропоновані зміни стосуються операцій 010 Автоматна, 015 Різенарізна, 020 Зенкувальна та 025 Фрезерна. Їх замінять дві Автоматні операції 010 та 015 (на них передбачається використання відповідно верстатів 1А240-6 та спеціального розробленого верстату-автомату).

Запропонований варіант ТП має ряд переваг, а саме висока продуктивність обладнання, менша кількість задіяного обладнання, а отже відповідно і менша кількість працівників.

					<i>КРБ 21-04.1.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Слабаш Н.Ю.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Кантр.</i>		<i>Кабельник В. Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Крцпа В.В.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>18</i>	<i>11</i>
					<i>ТНТУ ім. І. Пулюя</i> <i>гр. МВ-41, м. Тернопіль</i>		

2.2 Верстатне забезпечення технологічної операції

Для виготовлення деталі «Втулка» ми будемо використовувати шестишпиндельний токарний автомат 1A240-6, його зовнішній вигляд та основні технічні характеристики приведені в Додатку А.

Особливості конструкції та розрахунок основних виконавчих вузлів спеціального верстату-автомату для обробки деталі «Втулка» будуть розглянуті в конструкторській частині кваліфікаційної роботи.

2.3 Обґрунтування та вибір різального інструменту

На вибір конструкції та розміри різального інструменту впливають наступні фактори: метод обробки; оброблюваний матеріал; точність поверхні, яка обробляється; якість оброблюваної поверхні.

При обробці слід надавати перевагу використанню стандартного різального інструменту, але за потреби можна обрати інструмент, що дозволяє суміщати обробку кількох поверхонь.

Здійснимо вибір різального інструменту та обладнання на основні технологічні операції.

005 Заготівельна.

010 Автоматна (верстат 1A240-6).

Проведемо вибір різального інструменту для виконання даної операції. Згідно існуючих рекомендацій для токарної обробки слід використовувати інструменти з пластинками із твердого сплаву, для цього скористаємось каталогом, який пропонує фірма TAEGUTEC [23].

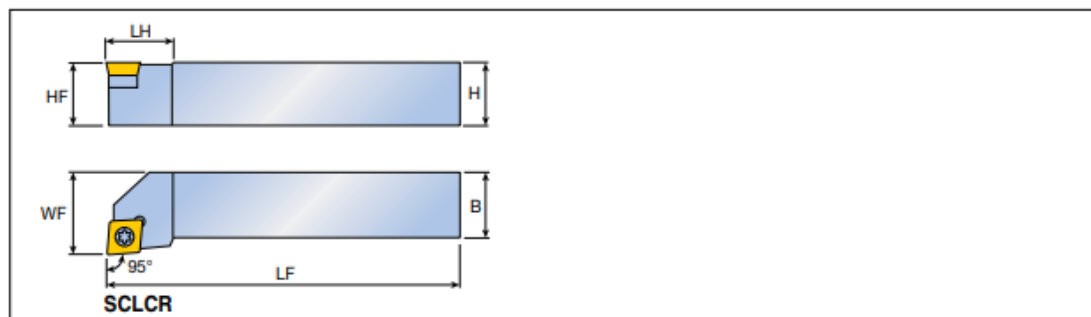
Так на рис. 2.1 приведено характеристики та основні геометричні розміри державки з гвинтовим затиском типу *SCLCR/L*, на яку кріпиться твердосплавна пластина *SSC 32*. Даний інструмент використовується для виконання операції повздовжнього точіння та підрізання торця.

Для виконання операції відрізка використовується відрізний різець з державкою типу *SFER/L* та пластинкою *SF C27* (див. рис. 2.2).

SCLCR/L



Державка з гвинтовим затисканням



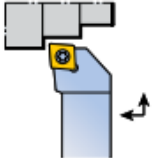
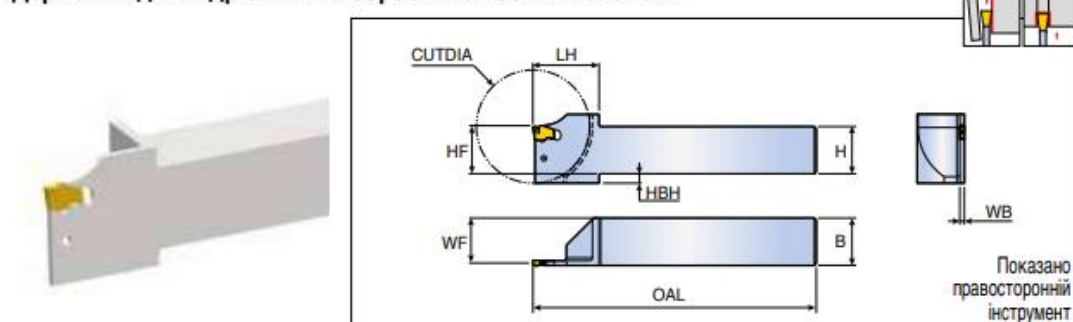
Кут в плані	Позначення	Розміри (мм)						Пластина
		H	HF	B	LF	LH	WF	
95° 	SCLCR/L 0808 F06	8	8	8	80	10	10	CC... 0602...
	1010 F06	10	10	10	80	10	12	CC... 09T3... A260-A263, A310
	1212 F09	12	12	12	80	16	16	
	1616 H09	16	16	16	100	16	20	
	2020 K09	20	20	20	125	20	25	
	2525 M09	25	25	25	150	20	32	CC... 1204...
	2020 K12	20	20	20	125	25	25	
	2525 M12	25	25	25	150	26	32	

Рисунок 2.1 - Державка з гвинтовим затиском типу *SCLCR/L*

SFER/L



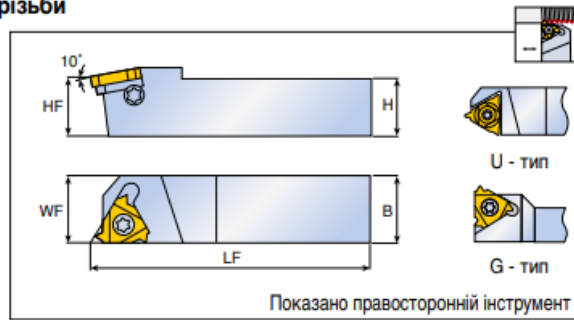
Державки для відрізання та обробки глибоких канавок



Позначення	Посадочний розмір пластини	Розміри (мм)									Пластина
		H	HF	B	OAL	LH	WF	WB	HBH	CUTDIA	
SFER/L 2020-1.6T22-D45	1*	20	20	20	150	29.5	19.4	1.3	2.5	45	SFC
2525-2T25-D50	2	25	25	25	150	32	24.1	1.8	-	50	SFJ
2525-3T30-D60	3	25	25	25	150	35	23.8	2.4	5	60	B128

Рисунок 2.2 - Державка для відрізання деталей типу *SFER/L*

Для нарізання зовнішньої трубної різі застосовується державка *SER/L* та пластинка *16 ER/L* (див. рис. 2.3).



Показано правосторонній інструмент

Позначення	Розміри (мм)					Пластина ⁽²⁾
	H	HF	B	LF	WF	
SER 0808 H11 ⁽¹⁾	8	8	8	100	11	11 ER...
1616 K16G	16	16	16	125	21.7	16 ER...
4040 R27	40	40	40	200	40	27 ER...
SER/L 1010 H11 ⁽¹⁾	10	10	10	100	11	11 ER/L...
1212 F16	12	12	12	80	16	16 ER/L...
1212 X16	12	12	12	120	12	16 ER/L...
1616 H16	16	16	16	100	16	16 ER/L...
2020-16-AD	20	20	20	67	25	16 ER/L...
2020 K16	20	20	20	125	20	16 ER/L...
2525 M16	25	25	25	150	25	16 ER/L...
3232 P16	32	32	32	170	32	16 ER/L...
2525 M22	25	25	25	150	25	22 ER/L...
3232 P22	32	32	32	170	32	22 ER/L...
4040 R22	40	40	40	200	40	22 ER/L...
2525 M22U	25	25	25	150	28	22 UERL...
3232 P22U	32	32	32	170	32	22 UERL...
4040 R22U	40	40	40	200	40	22 UERL...
2525 M27	25	25	25	150	25	27 ER/L...
3232 P27	32	32	32	170	32	27 ER/L...
2525 M27U	25	25	25	150	32	27 UERL...
3232 P27U	32	32	32	170	32	27 UERL...
4040 R27U	40	40	40	200	40	27 UERL...

Рисунок 2.3 - Державка для нарізання трубної різі типу *SER/L*

Також при виготовленні деталі «Втулка» використовується осьовий інструмент, а саме свердло $\varnothing 12$ мм, його ми обираємо за каталогом фірми TAEGUTEC [24]. Згідно рекомендацій виробника обираємо свердло типу *NHD120 – 056 – 12 PE5*, його зовнішній вигляд та геометричні розміри приведені на рис. 2.4.

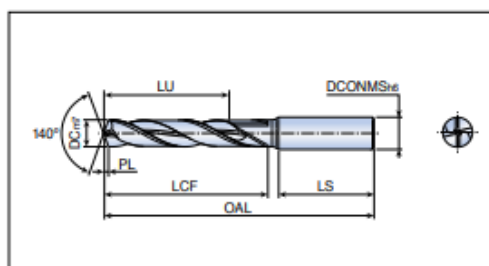
Для отримання отвору $\varnothing 15H12$ використовуємо розгортку зі змінними лезами *T15.000 – S – 16T0 – 3B*, її зовнішній вигляд приведено на рис. 2.5.

NHD...PE5

Монолітне твердосплавне свердло без каналів подачі ЗОР



• Глибина свердління: 5xD



Позначення	Розміри (мм)							Сплав
	DC	DCONMS	OAL	LU	LCF	PL	LS	TT9030
NHD 100-049-10 PE5	10.0	10	103	49	62	1.6	40	•
101-056-12 PE5	10.1	12	118	56	71	1.6	45	•
102-056-12 PE5	10.2	12	118	56	71	1.6	45	•
103-056-12 PE5	10.3	12	118	56	71	1.6	45	•
104-056-12 PE5	10.4	12	118	56	71	1.6	45	•
105-056-12 PE5	10.5	12	118	56	71	1.6	45	•
106-056-12 PE5	10.6	12	118	56	71	1.7	45	•
107-056-12 PE5	10.7	12	118	56	71	1.7	45	•
108-056-12 PE5	10.8	12	118	56	71	1.7	45	•
109-056-12 PE5	10.9	12	118	56	71	1.7	45	•
110-056-12 PE5	11.0	12	118	56	71	1.7	45	•
111-056-12 PE5	11.1	12	118	56	72	1.7	45	•
112-056-12 PE5	11.2	12	118	56	72	1.8	45	•
113-056-12 PE5	11.3	12	118	56	72	1.8	45	•
114-056-12 PE5	11.4	12	118	56	72	1.8	45	•
115-056-12 PE5	11.5	12	118	56	72	1.8	45	•
116-056-12 PE5	11.6	12	118	56	72	1.8	45	•
117-056-12 PE5	11.7	12	118	56	72	1.9	45	•
118-056-12 PE5	11.8	12	118	56	72	1.9	45	•
119-056-12 PE5	11.9	12	118	56	72	1.9	45	•
120-056-12 PE5	12.0	12	118	56	72	1.9	45	•

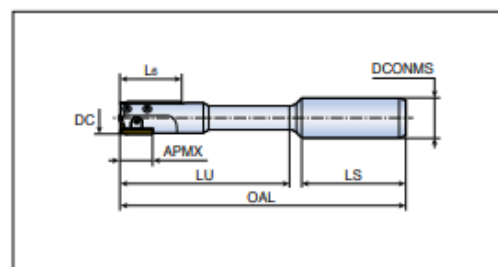
Рисунок 2.4 – Загальний вигляд та основні характеристики свердла *NHD120 – 056 – 12 PE5*

TB-T...-T0

Розгортка зі змінними лезами



• Для наскрізних отворів



Позначення	Розміри (мм)							SSC
	DC	APMX	OAL	LU	LS	Ls	DCONMS	
TB -T08.000-S-16T0-1B	8	15.5	123.5	75	45	30	16	1
T09.000-S-16T0-1B	9	15.5	123.5	75	45	30	16	1
T10.000-S-16T0-2B	10	15.5	123.5	75	45	30	16	2
T11.000-S-16T0-2B	11	15.5	123.5	75	45	30	16	2
T12.000-S-16T0-3B	12	17.0	135	85	45	30	16	3
T13.000-S-16T0-3B	13	17.0	135	85	45	30	16	3
T14.000-S-16T0-3B	14	17.0	135	85	45	30	16	3
T15.000-S-16T0-3B	15	17.0	135	85	45	30	16	3
T16.000-S-20T0-3B	16	17.0	165	110	50	30	20	3

Рисунок 2.5 – Загальний вигляд та основні характеристики розгортки зі змінними лезами *T15.000 – S – 16T0 – 3B*

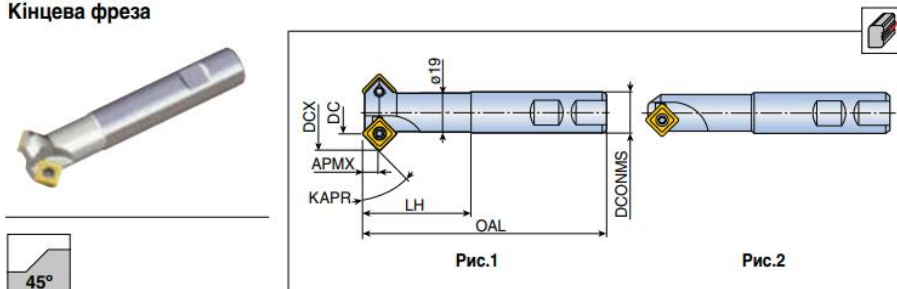
015 Автоматна (спеціальний верстат-автомат).

На даному верстаті нам необхідно зняти фаску, для обираємо кінцеву фрезу *TCF 45 D07 – 11* [25], за її допомогою ми можемо зняти фаску в отворі від 7 до 20 мм. Її загальний вигляд та основні розміри приведені на рис. 2.6.

TCF-11

Кінцева фреза

CHASEQUAD



Позначення		Розміри (мм)							Рис.	Діапазон використання (мм)	Пластина
		KAPR	DCX	DC	DCONMS	OAL	LH	APMX			
TCF 15 D25-11	2	75°	30.5	25	20	120	40	10.1	1	Ø26.3-Ø30.0	SPMT(G) 1104...EM
30 D25-11	2	60°	35.5	25	20	120	40	8.9	1	Ø26.3-Ø34.0	E295
45 D07-11	1	45°	21.5	7	20	120	40	7.2	2	Ø8.3-Ø20.9	
45 D19-11	2	45°	33.4	19	20	120	40	7.2	1	Ø20.3-Ø32.9	
45 D25-11	3	45°	39.4	25	20	120	40	7.2	1	Ø26.3-Ø38.9	

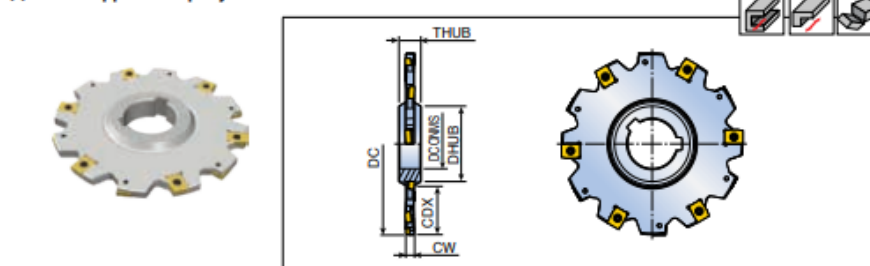
Рисунок 2.6 – Загальний вигляд та основні характеристики кінцевої фрези *TCF 45 D07 – 11*

При виконанні операції фрезерування пазу використовується дискова нерегульована фреза типу *TSM 063FD – 03 – 22N – Z* товщиною 3 мм, її зовнішній вигляд та технічні характеристики [25] приведені на рис. 2.7.

TSM FD-N-Z

Дискова фреза: нерегульована

TOPSLOT



Позначення	CW (мм)		Розміри (мм)					Kg	Пластина
			DC	DCONMS	DHUB	OAL	CDX		
TSM 063FD-03-22N-Z018	3	4+4	63	22	34	8	12.0	0.1	ZNHT 018...
080FD-03-22N-Z018	3	5+5	80	22	34	8	20.5	0.1	E308
100FD-03-27N-Z018	3	6+6	100	27	41	12	26.0	0.2	
125FD-03-40N-Z018	3	7+7	125	40	55	12	31.5	0.3	
160FD-03-40N-Z018	3	9+9	160	40	55	12	49.0	0.4	

Рисунок 2.7 - Дискова нерегульована фреза типу *TSM FD – N – Z*

020 Контрольно-вимірна. (Обладнання: вимірний стіл).

2.4 Розрахунок режимів різання для технологічної операції

Проведемо розрахунок режимів різання для операції 015 Автоматна. На цій операції відбувається фрезерування пазу дисковою фрезою та фрезерування фаски кінцевою фрезою.

Здійснимо розрахунок режимів різання для фрезерування пазу, при цьому за вихідні дані приймаємо:

- глибина пазу $t = 3$ мм;
- ширина пазу $S = 3^{+0.6}$ мм.

Спочатку нам необхідно вибрати значення подачі, на її величину впливає клас чистоти та матеріал заготовки.

Так згідно рекомендацій [26]:

$$S_{\text{чист}} = 0.5 - 1.0 \text{ мм/об}$$

На наступному кроці визначаємо значення подачі на зуб:

$$S_z = s/z \quad (2.1)$$

де z – число зубів фрези.

$$S_z = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ мм/об}$$

Для визначення швидкості різання скористаємось виразом:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (2.2)$$

де D – діаметр фрези, мм; $D = 63$;

S_z – подача на зуб; $S_z = 0.1$ мм/об;

T – період стійкості фрези; $T = 120$ хв;

t – глибина різання; $t = 3$ мм;

B – товщина дискової фрези; $B = 3$ мм;

Z – кількість зубів фрези; $Z = 8$.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Значення коефіцієнтів для виразу 2.2 приймаються на основі таблиць, їх обирають в залежності від типу фрези, яка буде використовуватись та матеріалу її різальної частини [26]:

$$C_v = 690; g = 0.2; x = 0.3; y = 0.4; u = 0.1; p = 0.1; m = 0.2.$$

Нам необхідно визначити значення коефіцієнту K_v для цього скористаємось виразом:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (2.3)$$

де K_{mv} , K_{nv} , K_{uv} – вагові коефіцієнти, які відповідно враховують якість матеріалу, стан поверхні заготовки та матеріал різальної частини інструменту (обираються з таблиць).

$$K_{mv} = 1; K_{nv} = 0.9; K_{uv} = 1$$

Після підстановки отримаємо:

$$V = \frac{690 \cdot 63^{0.2}}{120^{0.2} \cdot 3^{0.3} \cdot 0.1^{0.4} \cdot 3^{0.1} \cdot 8^{0.1}} \cdot 0.9 = 142,5 \text{ об/хв}$$

Проведемо розрахунок значення частоти обертання шпинделя, для цього скористаємось виразом:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.4)$$

де V – розрахункове значення швидкості різання;

D – діаметр фрези.

$$n = \frac{1000 \cdot 142,5}{3.14 \cdot 63} = 720 \text{ об/хв}$$

Розрахункове значення головної складової сили різання визначаємо з виразу:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p \quad (2.5)$$

де n – частота обертання фрези, об/хв; $n = 720 \text{ об/хв}$;

K_p – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу; $K_p = 1$.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Значення коефіцієнтів для виразу 2.5 приймаються на основі таблиць, їх обирають в залежності від типу фрези, яка буде використовуватись та матеріалу її різальної частини [26]:

$$C_p = 68,2; x = 0.86; y = 0.72; u = 1; q = 0.86; w = 0.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 3^{0.86} \cdot 0.1^{0.72} \cdot 3^1}{63^{0.86} \cdot 720^0} \cdot 1 = 170 \text{ H}$$

Для розрахунку крутного моменту застосуємо вираз:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (2.6)$$

Після підстановки отримаємо:

$$M = \frac{170 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 53,55 \text{ H} \cdot \text{м}$$

Проведемо розрахунок необхідної потужності різання, для цього застосуємо вираз:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ кВт} \quad (2.7)$$

Підставивши відповідні значення отримаємо:

$$N = \frac{170 \cdot 142.5}{1020 \cdot 60} = 0.40 \text{ кВт}$$

Проведемо розрахунок режимів різання при фрезеруванні фаски.

Раніше ми провели вибір різального інструменту, тому вихідними даними при розрахунку будуть наступні параметри:

- заготовка з пруткового матеріалу Сталь 45, для якої $\sigma_b \approx 600 - 750 \text{ МПа}$;
- інструмент *TCF 45 D07 – 11* з пластиною *SPMG 11*;
- кількість зубів - $z = 1 - 1$ ріжуча пластина;
- кут фаски 45° ;
- $\varnothing$ фаски зовнішній – 17 мм;
- $\varnothing$ отвору внутрішній - 15 мм;
- ширина фаски - 1 мм;
- частота обертання шпинделя – 2000 об/хв.

Для розрахунку швидкості різання скористаємось виразом:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.8)$$

Після підстановки отримаємо:

$$V = \frac{3.14 \cdot 17 \cdot 2000}{1000} = 106.77 \text{ м/хв}$$

Оскільки обробка відбувається фрезою з однією ріжучою кромкою, то рекомендоване значення подачі $S_z \approx 0.03 \div 0.06$ мм/зуб.

Для розрахунків приймаємо $S_z = 0.05$ мм/зуб.

Тоді швидкість фрезерування буде становити:

$$V_f = f_z \cdot z \cdot n \quad (2.8)$$

Розрахункове значення швидкості буде становити:

$$V_f = 0.05 \cdot 1 \cdot 2000 = 100 \text{ мм/хв}$$

Проведемо розрахунок потужності різання при фрезеруванні фаски:

$$N = \frac{K_c \cdot \alpha_p \cdot f_z \cdot z \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad (2.9)$$

де K_c – значення питомої сили різання; для Сталі 45 $K_c = 2000 \div 2500$ Н/мм²; приймаємо $K_c = 2200$ Н/мм²;

α_p – значення глибини різання, мм; $\alpha_p = 1$ мм;

f_z – подача на зуб, мм; $f_z = 0.05$ мм;

z – кількість зубів; $z = 1$;

n – частота обертів шпинделя; $n = 2000$ об/хв.

Після підстановки отримаємо:

$$N = \frac{2200 \cdot 1 \cdot 0.05 \cdot 1 \cdot 2000}{60 \cdot 1000} = 3.67 \text{ кВт}$$

Результати проведених розрахунків зводимо в таблицю 2.1.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.1 Зведені розрахунки режимів різання

Операція	t , мм	S , мм/об	V , м/хв	N , об/хв	P_z , Н	M , Н · м	N , кВт
Фрезерування пазу	3	0.1	142,5	720	170	0.5	0.40
Фрезерування фаски	1	0.05	100	2000	---	---	3.67

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сладаш Н.Ю.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Склярів Р.А.				29	15
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кодельник В. Р.					
Затверд.		Крупа В.В.					
					КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА		

$\Phi_s(\Pi_2)$ – простий

ВКЗ: РВ – опори;

$$\text{ЗКЗ: } M_5 - 5 - U_{V_{PB}} - 6 \left\langle \frac{K_1}{K_2} \right\rangle \text{ уу: } n_{об}/_{XB} - 1 \text{ мм}/_{об}$$

$$\text{РКБ: } n_{дв} \cdot U_{V_{КуЛ}} \cdot 1/T = \text{мм}/_{об}$$

Оскільки це верстат-автомат, то слід передбачити окремий привід, який буде використовуватися для помішування заготовок в бункері та їх подачі в зону обробки. Для цього ми будемо використовувати двигун M_3 та РВ, відповідний кінематичний ланцюг приведено на рис. 3.4.

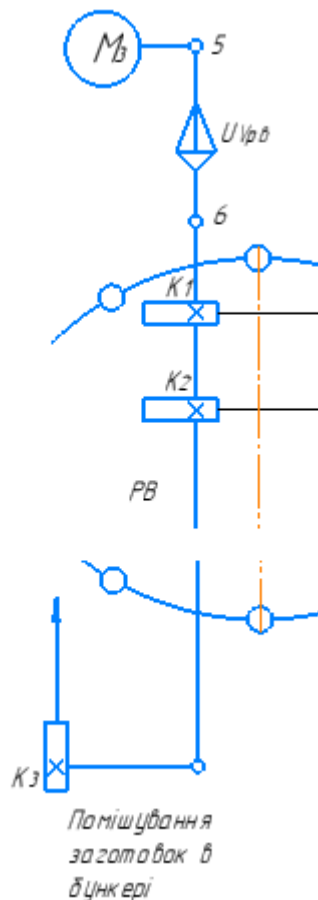


Рисунок 3.4 – Кінематичний ланцюг вузла помішування

На основі приведених вище міркувань розробляємо структурно-кінематичну схему спеціального верстату-автомату для обробки деталі типу «Втулка», її представлено на рис. 3.5. Даний верстат буде мати в своєму складі три двигуни та бункерний механізм для подачі заготовок. Подача заготовок в зону обробки буде виконуватись за допомогою каруселі. Оскільки верстат є

спеціальним, то пропоновані приводи не будуть мати діапазону регулювання. Вони будуть забезпечувати відповідно фіксовані частоти обертання силових головок та розподільчого валу.

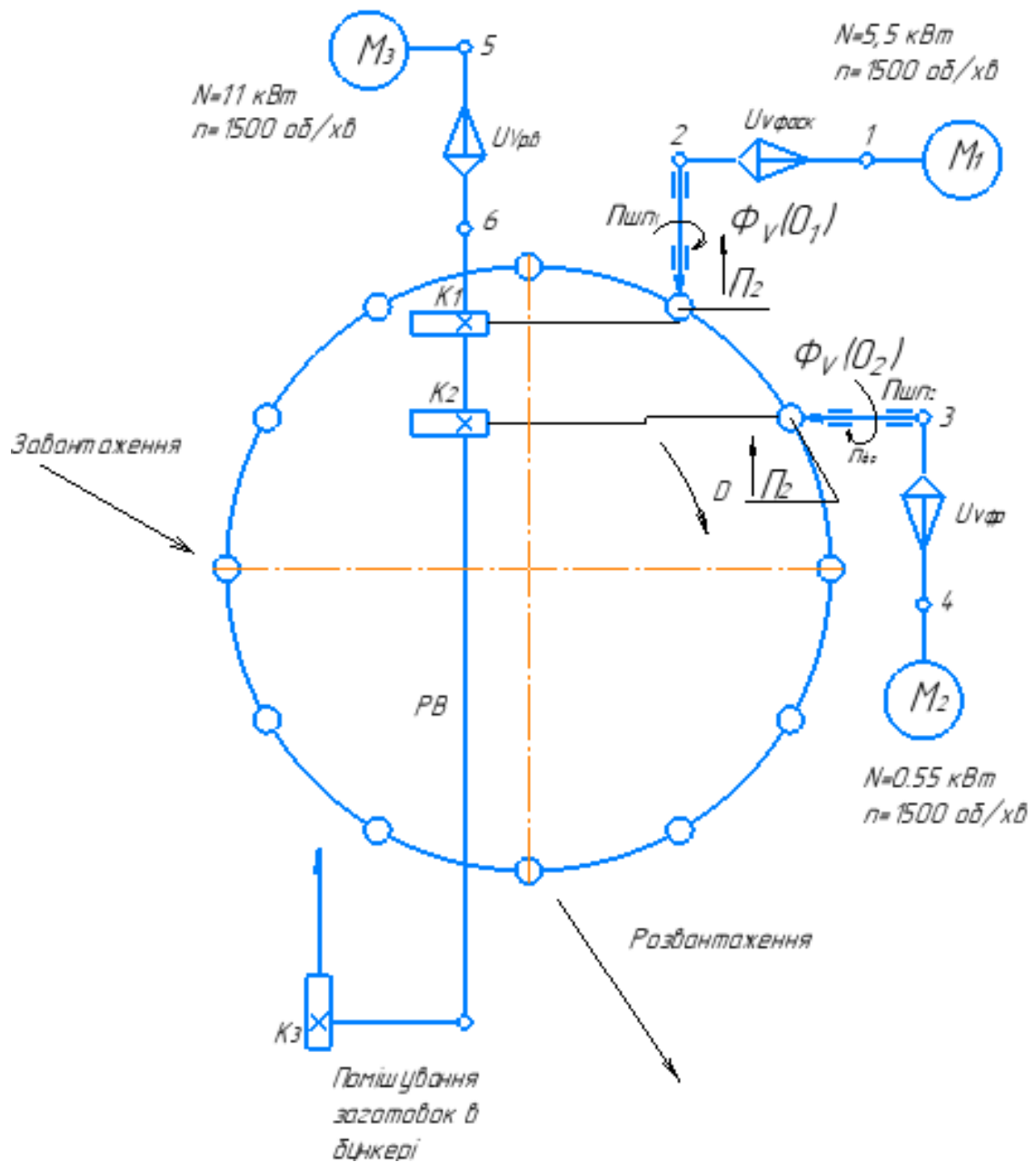


Рисунок 3.5 – Загальна структурно-кінематична схема верстату

3.2 Вибір потужності і типу двигунів

На основі розробленої структурно-кінематичної схеми розробляємо кінематичну схему верстата-автомата. При цьому в якості приводу ми будемо використовувати електродвигуни основного виконання серії 4А.

Необхідну потужність електродвигуна для фрезерування пазу визначаємо за формулою:

$$N_2 = \frac{N_{розр}}{\eta \cdot 0.85} \quad (3.1)$$

де, η – ККД ланцюга приводу відповідної силової головки, $\eta = 0.97$;

$N_{розр}$ – розрахункове значення потужності двигуна кВт, $N_{розр} = 0.40$ кВт;

$$N_2 = \frac{0.40}{0.97 \cdot 0.85} = 0.48 \text{ кВт}$$

Обираємо з каталогу найближче більше значення потужності [27], воно відповідає двигуну 4АМ71А4, в якого номінальна потужність становить $N_{ном} = 0.55$ кВт, а частота обертання $n_{ном} = 1500$ об/хв.

За аналогічними залежностями розрахуємо потужність електродвигуна для фрезерування фаски:

$$N_1 = \frac{3.67}{0.97 \cdot 0.85} = 4.45 \text{ кВт}$$

Обираємо з каталогу найближче більше значення потужності [27], воно відповідає двигуну 4АМ112М4, в якого номінальна потужність становить $N_{ном} = 5.5$ кВт, а частота обертання $n_{ном} = 1500$ об/хв.

3.3 Розробка кінематичної схеми верстату

Кінематична схема запропонованого верстату приведена на рис. 3.6. Як видно з приведеної схеми привід вертикальної силової головки здійснюється від двигуна M_1 через зубчасті колеса z_1 та z_2 . Для приводу горизонтальної силової головки, яка здійснює фрезерування пазу, використовується двигун M_2 та пасова передача, діаметри шківів якої D_1 та D_2 забезпечують необхідну частоту обертання. В якості приводу розподільчого валу використовується двигун M_3 , який через пасову передачу з діаметрами шківів D_3 та D_4 , редуктор з черв'ячною передачею через зубчасті колеса z_3 та z_4 забезпечує його необхідну частоту обертання. Розподільчий вал через кулачки K_1 та K_2 через систему важелів здійснює затиск заготовок та їх подачу в процесі обробки. Також від розподільчого валу оберти передаються на ланцюгову передачу, через яку здійснюється передача руху на механізм перемішування заготовок.

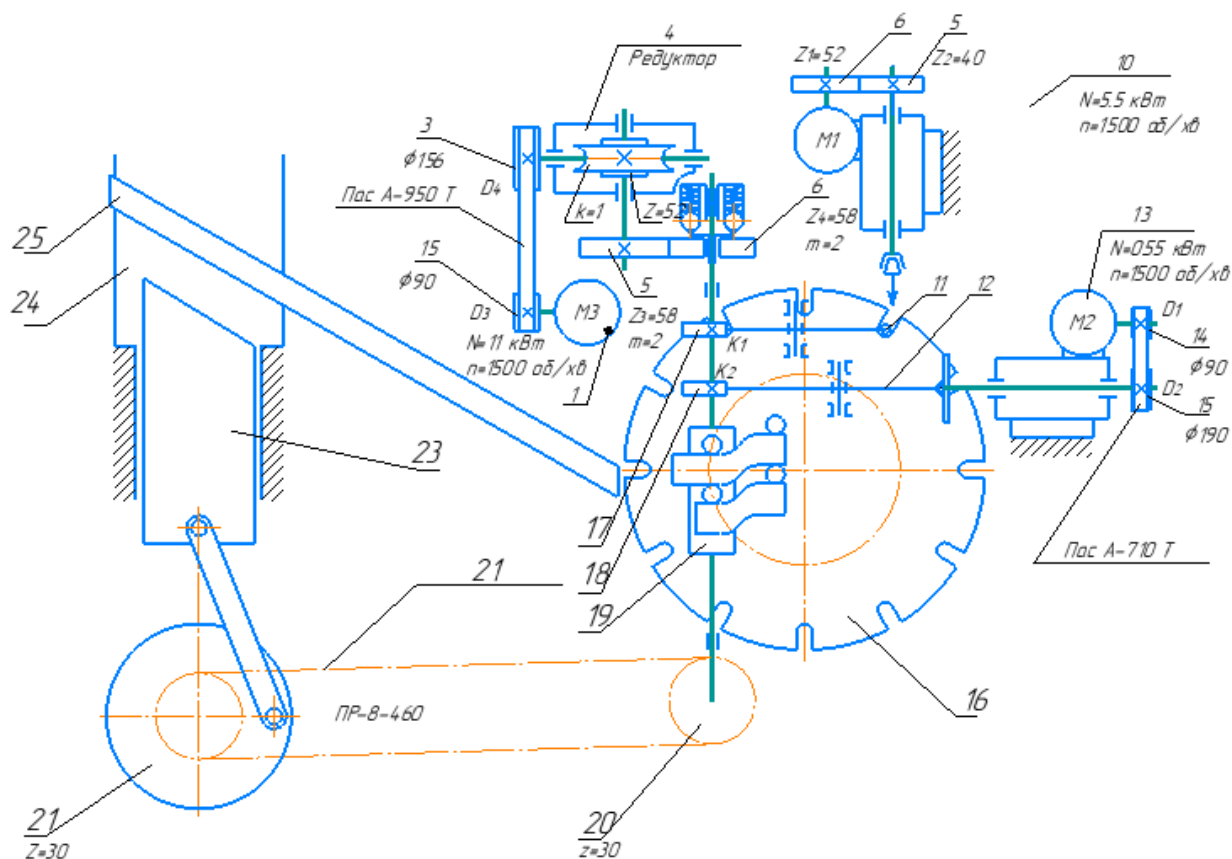


Рисунок 3.6 – Кінематична схема проектованого верстату

3.4 Розрахунок та конструювання окремих вузлів верстату

3.4.1 Горизонтальна силова головка

3.4.1.1 Кінематичний розрахунок горизонтальної силової головки

Кінематична схема силової головки, яка буде використовуватись для фрезерування пазу дисковою фрезою приведена на рис. 3.7. Для забезпечення необхідної частоти обертання шпинделя використовується пасова передача, передаточне відношення якої забезпечується відношенням діаметрів D_1 та D_2 . Згідно попередньо проведених розрахунків для операції фрезерування пазу дисковою фрезою ми повинні забезпечити значення $n_{\text{фр}} = 720$ об/хв.

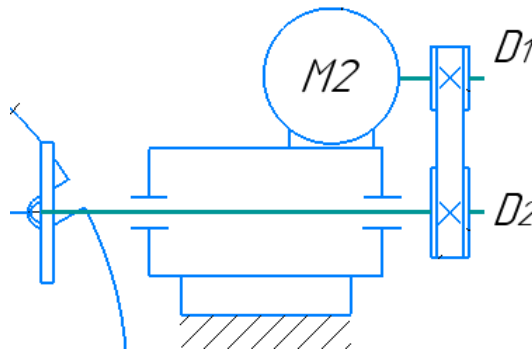


Рисунок 3.8 – Кінематична схема силової головки для фрезерування пазу

Вихідними даними для розрахунку є:

$P_1 = 0.55$ кВт – потужність двигуна

$n_{\text{фр}} = 720$ об/хв- частота обертання на веденому валу

Проведемо розрахунок кутової швидкості:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{фр}}}{30} \quad (3.2)$$

$$\omega = \frac{3.14 \cdot 720}{30} = 75.4 \text{ рад/с}$$

Для проектованого приводу обираємо тип січення ременів А.

При цьому розрахункову потужність P_p , яка передається від приводу обчислимо за формулою:

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

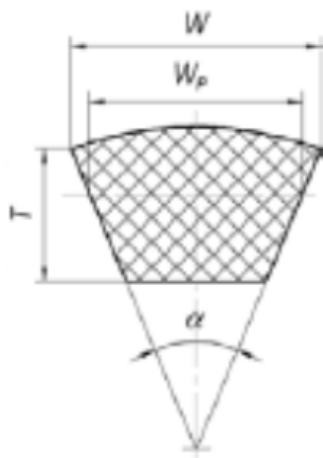
$$P_p = P_{\text{ном}} \cdot C_p \quad (3.3)$$

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність приводу, кВт; $P_{\text{ном}} = P_1 = 0.55$ кВт;

C_p – коефіцієнт динамічності навантаження; $C_p = 1.1$ (для легкого режиму роботи).

$$P_p = 0.55 \cdot 1.1 = 0.605 \text{ кВт}$$

На основі визначеного значення кутової швидкості та потужності, яка повинна передаватися приймаємо пас січення А з такими геометричними параметрами рис. 3.9.



W – ширина великої основи пасу, мм; $W = 13$ мм;

W_p – розрахункова ширина пасу, мм; $W_p = 11$ мм;

T – висота пасу, мм; $T = 8$ мм;

α – кут контакту, °; $\alpha = 40^\circ$.

Рисунок 3.9 – Характеристики пасу січення А

Згідно рекомендацій розрахункова довжина пасу L може становити:

$$L = 560 \div 4000 \text{ мм}$$

Призначимо діаметр меншого шківa, при цьому його значення вибираємо із ряду переважних чисел, згідно рекомендацій [28].

$$D_1 = 90 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр більшого шківa визначаємо із залежності:

$$D_2 = i \cdot D_1 (1 - \xi) \quad (3.4)$$

де ξ – коефіцієнт проковзування; $\xi = 0.015$;

i – передаточне відношення передачі.

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{фр}}} \quad (3.5)$$

$$i = \frac{1500}{720} = 2.08$$

Після підстановки отримаємо:

$$D_2 = 2.08 \cdot 90(1 - 0.015) = 184.4 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_2 = 180 \text{ мм}$.

Розрахуємо значення фактичного передаточного числа:

$$i_\phi = \frac{D_2}{D_1(1 - \xi)} \quad (3.6)$$

$$i_\phi = \frac{180}{90(1 - 0.015)} = 2.03$$

Визначаємо мінімальну розрахункову довжину пасу:

$$a \geq 1.5 \cdot (D_2 + D_1) \quad (3.7)$$

$$a \geq 1.5 \cdot (90 + 180) = 405 \text{ мм}$$

Тоді загальна розрахункова довжина пасу:

$$L = 2a + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a} \quad (3.8)$$

Після підстановки отримаємо:

$$L = 2 \cdot 405 + \frac{3.14}{2} \cdot (270) + \frac{(90)^2}{4 \cdot 405} = 1239.11 \text{ мм}$$

Приймаємо $L = 1400 \text{ мм}$.

Розрахуємо швидкість пасу:

$$V = \frac{\omega_1 D_1}{2} \quad (3.9)$$

Підставивши значення з попередніх розрахунків отримаємо:

$$V = 75.4 \cdot \frac{0.09}{2} = 3.4 \text{ м/с} < [V] = 35$$

Розрахуємо частоту пробігів пасу:

$$U = \frac{V}{l} \quad (3.10)$$

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Підставивши значення отримаємо:

$$U = \frac{3.4}{1.4} = 2.43 < [U] = 15\text{с}^{-1}$$

Умова виконується.

Розрахункове значення міжосьової відстані:

$$a = \frac{2 \cdot L - \pi(D_2 + D_1) + \sqrt{[2 \cdot l - \pi \cdot (D_2 + D_1)]^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8} \quad (3.11)$$

Після підстановки отримаємо:

$$a = \frac{2 \cdot 1400 - 3,14 \cdot (270) + \sqrt{[2 \cdot 1400 - 3,14 \cdot (270)]^2 - 8 \cdot (90)^2}}{8} = 450 \text{ мм}$$

Визначаємо кут обхвату пасом меншого із шківів:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{57^\circ(D_2 - D_1)}{a} \quad (3.12)$$

Розрахункове значення кута обхвату:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{57^\circ(180 - 90)}{450} = 168.6 > [\alpha_1] = 150^\circ$$

Визначаємо величину колової сили, що передається пасом:

$$F_t = \frac{P_1}{V} \quad (3.13)$$

Дані для даного розрахунку отримуємо на основі попередніх розрахунків:

$$F_t = \frac{0.55 \cdot 10^3}{3.4} = 161.7 \text{ Н}$$

Визначаємо величину допустимої приведеної потужності:

$$[P_n] = [P_0] \cdot C_\alpha \cdot C_l \cdot C_P \cdot C_Z \quad (3.14)$$

де C_α, C_l, C_P, C_Z -табличні коефіцієнти; $C_l = 1.07$; $C_\alpha = 0,97$; $C_P = 1$; $C_Z = 1$

Отримане розрахункове значення становить:

$$[P_n] = 0.605 \cdot 1.07 \cdot 0.97 \cdot 1 \cdot 1 = 0.63\text{кВт}$$

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Розрахуємо необхідне число клинопасових пасів:

$$Z = \frac{P_1}{[P_n]} \leq [Z] \quad (3.15)$$

$$Z = \frac{0.605}{0.63} = 0.96 \leq 10$$

По результатах розрахунків приймаємо 1 пас.

3.4.1.2 Розроблена конструкція горизонтальної силової головки

На основі розробленої кінематичної структури розроблено конструкцію силової фрезерної головки (див. рис. 3.10), яка призначена для фрезерування пазу на оброблюваній деталі.

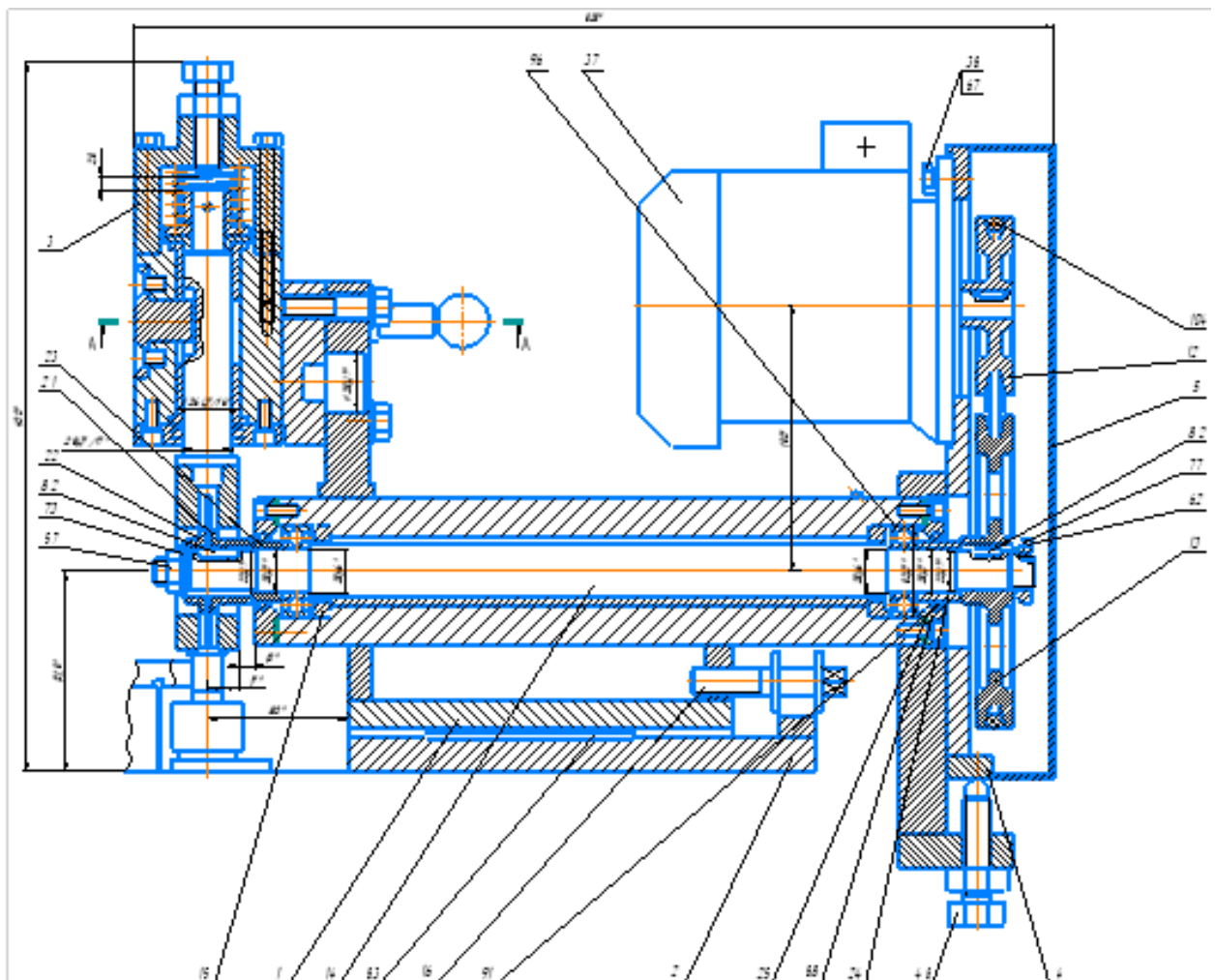


Рисунок 3.10 – Конструкція горизонтальної силової головки

Силова головка в якості приводу використовує окремий двигун, від якого через клинопасову передачу передає оберти на шпиндель, який в якості опор використовує кулькові підшипники. На кінці шпиндельного валу кріпиться дискова фреза, за допомогою якої відбувається обробка пазу. Для забезпечення якісної фіксації заготовки конструкція головки передбачає спеціальний упор, який дозволяє зафіксувати заготовку в момент виконання операції. Конструкція головки має спеціальний упорний гвинт, який дозволяє регулювати глибину фрезерування.

3.4.2 Вертикальна силова головка

3.4.2.1 Кінематичний розрахунок вертикальної силовій головки

Згідно проведених розрахунків для виконання операції фрезерування фаски необхідно забезпечити частоту обертання $n = 1950$ об/хв.

Кінематична схема силовій головки, яка буде використовуватись для фрезерування фаски приведена на рис. 3.11.

Проведемо розрахунок числа зубів для зубчастих коліс z_1 та z_2 для забезпечення частоти обертання шпинделя $n_{\text{шп}} = 1950$ об/хв, виходячи з того, що двигун M_1 має номінальну частоту обертання $n_{\text{ном}} = 1500$ об/хв.

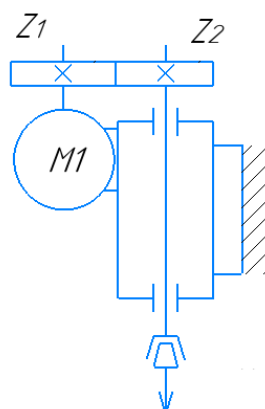


Рисунок 3.11 – Кінематична схема силовій головки для фрезерування фаски

Розрахунок зубчастих коліс проводимо в програмі «Комплекс інженерних розрахунків», в основі роботи якої закладена загальноприйнята методика, результати розрахунку приведені на рис. 3.12.

Розрахунок зубчастих коліс

ФАЙЛ РОЗРАХУНОК ДОВІДКА ОФОРМЛЕННЯ ВИХІД

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	
Ном. частота обертання шестерні (1/хв)	1500
Макс. частота обертання колеса (1/хв)	2000
Потужність передачі (кВт)	5,5
Кут нахилу зуба (градуси)	0
Відношення ширини зубч. вінця до діаметру	0.3
Передаточне відношення	0,77
Ступінь точності передачі	7

МАТЕРІАЛ	
Допустимі контактні напруги (МПа)	600
Допустимі напруги на згин (МПа)	220

СХЕМА ВСТАНОВЛЕННЯ	
Код встановлення	3
1- симетрична схема	
2- асиметрична схема	
3- консольна схема	

Прийняті позначення в таблиці результатів розрахунків:												
Z1 - число зубів шестерні												
Z2 - число зубів колеса												
mk - розрахунковий модуль по контактних напругах												
mi - розрахунковий модуль по напругах на згин												
mст - стандартний модуль												
aw - міжосьова відстань												
bw - ширина зубчастого вінця												
vmax - колова швидкість на шестерні												
dw1 - дільний діаметр шестерні												
dw2 - дільний діаметр колеса												
Ft - тангенціальна сила в зачепленні												
Fr - радіальна сила в зачепленні												
Fo - осьова сила в зачепленні												

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ												
z1	z2	mk, мм	mi, мм	mст, мм	aw, мм	bw, мм	vmax, м/с	dw1, мм	dw2, мм	Ft, Н	Fr, Н	Fo, Н
34	44	2,288	1,877	2,5	97,50	25,50	8,90	85	110	824	300	0
35	45	2,222	1,840	2,5	100,00	26,25	9,16	87,5	112,5	801	291	0
36	47	2,161	1,804	2,5	103,75	27,00	9,42	90	117,5	779	283	0
37	48	2,102	1,770	2,5	106,25	27,75	9,68	92,5	120	758	276	0
38	49	2,047	1,738	2	87,00	22,80	7,95	76	98	922	335	0
39	51	1,994	1,707	2	90,00	23,40	8,16	78	102	898	327	0
40	52	1,945	1,677	2	92,00	24,00	8,37	80	104	876	319	0
41	53	1,897	1,649	2	94,00	24,60	8,58	82	106	855	311	0
42	55	1,852	1,622	2	97,00	25,20	8,79	84	110	834	303	0
43	56	1,809	1,596	1,75	86,63	22,58	7,88	75,25	98	931	339	0
44	57	1,768	1,571	1,75	88,38	23,10	8,06	77	99,75	910	331	0
45	58	1,728	1,547	1,75	90,13	23,63	8,24	78,75	101,5	890	324	0

Рисунок 3.11 – Розрахунок зубчастої передачі

Після того, як ми обрали число зубів $z_1 = 40$ та $z_2 = 52$ переходимо перевірконого розрахунку, при цьому ми використаємо інші попередньо отримані дані, а саме модуль зубчастих коліс $m = 2$ та ширина зубчастого вінця $bw = 24$. Результати розрахунку приведено на рис. 3.12.

ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ
ФАЙЛ РОЗРАХУНОК ОФОРМЛЕННЯ ВИХІД

Число зубів шестерні	40
Число зубів колеса	52
Модуль передачі, мм	2
Ширина зубчастого вінця, мм	24
Крутний момент, Нм	35
Частота вращения шестерни, об/мин	1500

Розрахунок на контактну витривалість		Розрахунок на витривалість на згин	
Коефіцієнт торцевого перекриття	1,738	Коефіцієнт форми зуба	3,707
Коефіцієнт довжини контактних ліній	0,868	Коефіцієнт перекриття зубів	1,000
Коефіцієнт розподілення навантаження	1,086	Коефіцієнт розподілення навантаження	1,150
Коефіцієнт впливу виду передачі	0,010	Коефіцієнт впливу передачі	0,011
Коефіцієнт впливу різниці кроків	47	Коефіцієнт впливу різниці кроків	47
Колова швидкість мередачі, м/с	6,280	Колова швидкість передачі, м/с	6,280
Питома колова динамічна сила, Н/мм	24,83	Питома колова динамічна сила, Н/мм	27,31
Коефіцієнт динамічного навантаження	1,627	Коефіцієнт динамічного навантаження	1,652
Питома розрахункова колова сила, Н/мм	64,423	Питома розрахункова колова сила, Н/мм	69,226
Діючі контактні напрути, МПа	499,774	Діючі згинні напрути, МПа	128,297
Допустимі контактні напрути, МПа	600	Допустимі згинні напрути, МПа	195

Рисунок 3.12 – Перевірочний розрахунок зубчастих передач

3.4.2.2 Розроблена конструкція вертикальної силової головки

Вертикальна силова головка призначена для фрезерування чи зенкування фаски $1 \times 45^\circ$ на оброблюваній деталі (див. рис. 3.13). Головка складається з корпусу, в який встановлено піноль з шпинделем. Шпиндель отримує обертовий рух від електродвигуна через зубчасті колеса z_1 та z_2 . Для шпинделя в якості опор використовуються кулькові упорні підшипники.

Для налагодження переміщення пінолі використовується рукоятка, яка дозволяє задати її положення через вал-шестерню, та зафіксувати положення над поверхнею каруселі подачі заготовки.

Для забезпечення точної подачі різального інструменту в зону обробки використовується напрямна втулка.

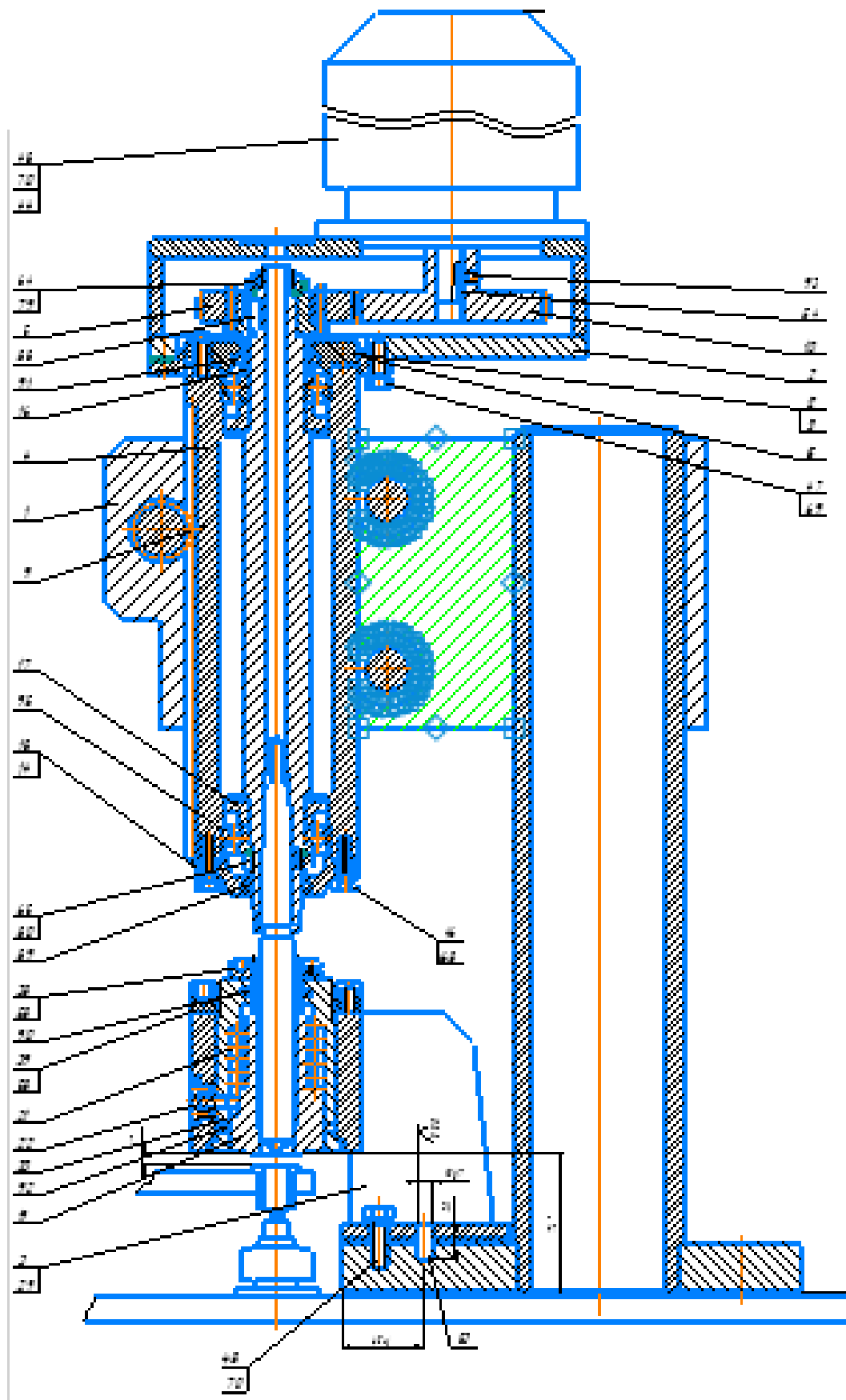


Рисунок 3.13 – Конструкція вертикальної силової головки

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Атестація робочих місць за умовами праці

Атестація робочих місць за умовами праці – передбачає комплексну оцінку всіх факторів виробничого середовища і трудового процесу, супутніх соціально-економічних факторів, що впливають на здоров'я і працездатність працівників у процесі трудової діяльності.

Атестація робочих місць за умовами праці це процедура, яка проводиться на підприємствах і організаціях незалежно від форм власності й господарювання, де технологічний процес, використовуване обладнання, сировина та матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть несприятливо впливати на стан здоров'я працюючих, а також на їхніх нащадків як тепер, так і в майбутньому.

Для здійснення атестації залучається атестаційна комісія, склад і повноваження котрої визначаються у строки, передбачені колективним договором (не рідше ніж один раз на п'ять років) наказом по підприємству чи організації. До складу комісії включається уповноважений представник виборного органу первинної профспілкової організації, а у разі відсутності профспілкової організації – уповноважена найманими працівниками особа.

Основна мета атестації полягає в регулюванні відносин між роботодавцем і працівниками у галузі реалізації прав на здорові й безпечні умови праці, пільгове пенсійне забезпечення, пільги та компенсації за роботу у несприятливих умовах.

Атестацію слід проводити згідно з регламентом, який вказаний в «Порядку та методичних рекомендаціях щодо проведення атестації робочих місць за умовами праці» [29].

					КРБ 21-04 1.00.00.000.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Слабаш Н.Ю.			БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Окіпний І.Б.								44	8
Реценз.								ТНТУ ім. І. Пулюя зр. МВ-41, м.Тернопіль			
Н. Контр.		Кодельник В. Р.									
Затверд.		Крцпа В.В.									

Відповідальність за своєчасне та якісне проведення атестації покладається на керівника підприємства чи організації. Позачергово атестація може проводитися у випадку докорінної зміни умов і характеру праці з ініціативи роботодавця, профспілкового комітету, трудового колективу чи органів Держпраці. До проведення атестації можуть залучатися проектні та науково-дослідні організації, технічні інспекції праці профспілок, територіальні органи Держпраці.

Атестація робочих місць передбачає:

- установлення факторів і причин виникнення несприятливих умов праці;
- санітарно-гігієнічне дослідження факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу на робочому місці;
- комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідальність їхніх характеристик стандартам безпеки праці, будівельним та санітарним нормам і правилам;
- установлення ступеня шкідливості й небезпечності праці та її характеру за гігієнічною класифікацією;
- обґрунтування віднесення робочого місця до категорії із шкідливими (особливо шкідливими), важкими (особливо важкими) умовами праці;
- визначення (підтвердження) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення за роботу у несприятливих умовах;
- складання переліку робочих місць, виробництв, професій та посад з пільговим пенсійним забезпеченням працівників;
- аналіз реалізації технічних і організаційних заходів, спрямованих на оптимізацію рівня гігієни, характеру і безпеки праці.

Оцінка умов праці під час атестації робочих місць проводиться з метою встановлення класів (ступенів) шкідливих умов праці відповідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [30].

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Результати атестації використовуються для розроблення заходів щодо покращення умов праці і оздоровлення працівників, під час визначення права на пенсію за віком на пільгових умовах, пільг і компенсацій за рахунок підприємств, установ та організацій, обґрунтування пропозицій про внесення змін до списків виробництв, робіт, професій, посад і показників, зайнятість в яких дає право на пенсію за віком на пільгових умовах.

Слід окремо вказати, які можуть бути наслідки за не проведення атестації:

- якщо порушником є керівник підприємства, то він може бути притягнений до адміністративної відповідальності у вигляді сплати штрафу згідно ч. 1 ст. 41 КУпАП2 щодо порушення терміну проведення атестації робочих місць за умовами праці та порядку її проведення;
- якщо атестація не проводилася, але підприємство несе затрати на виплату компенсацій і надання гарантій працівникам (додаткові відпустки, підвищена оплата праці, спецодяг тощо), при перевірці можуть виникнути питання з приводу правомірності таких виплат (якщо роботодавець перебуває на бюджетному фінансуванні), а також проблеми з оподаткуванням таких виплат;
- якщо підприємство не проведе атестацію і не надаватиме працівникам належні гарантії та компенсації, то кожен працівник, що працює у шкідливих та небезпечних умовах, може звернутися до суду і вимагати відшкодування матеріального і морального збитку. У такому разі, не проведення атестації не тільки не врятує роботодавця від відповідальності, але, навпаки, стане доказом його провини.

Також не проведення атестації призведе до порушення прав працівників, оскільки виконуючи шкідливі або важкі роботи, наймана особа не одержить передбачених законодавством компенсацій і соціальні гарантії. Це дає підставу працівнику розривати трудовий договір за власним бажанням без відпрацювання двотижневого строку (ч. 3 ст. 38 КЗпП3), а також звернутися до суду (ст. 221 КЗпП України).

Атестація робочих місць є обов'язковою лише за наявності шкідливих та небезпечних умов. У всіх інших випадках це право роботодавця, а не обов'язок.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4.2 Організація робочого місця верстату, що проектується

Організація робочого місця, його розміри та взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним, психофізіологічним характеристикам людини, а також характеру роботи. Облаштоване згідно з вимогами стандартів, робоче місце забезпечує безпечне положення людини. Це досягається регулюванням висоти крісла, висоти та кута нахилу підставки для ніг. Виконувані робітником операції повинні перебувати в зонах моторного поля (оптимальної досяжності, легкої досяжності) в залежності від необхідної точності і частоти дії.

Організація робочих місць повинна забезпечувати стійке положення та вільність руху працівника, та передбачає:

- достатній робочий простір, який дозволяє працюючій людині здійснювати необхідні рухи та переміщення;
- достатні фізичні, зорові та слухові зв'язки між працівником та обладнанням або працівниками під час загального трудового завдання;
- необхідний рівень освітлення;
- допустимий рівень шуму і вібрації та інші шкідливості, які генерує обладнання праці та інші джерела;
- наявність необхідних засобів праці та захисту;
- оптимальне розташування робочих місць, а також безпечні та допустимі проходи для працюючих.

Органи керування обладнанням повинні забезпечувати перехід дій від людини до машини. Вони повинні бути надійними у роботі та легкими і зручними у користуванні, не допускати аварій, травм при перенавантаженнях та помилкових діях людини. Вони мають захист від випадкового довільного вимикання (механічний опір, блокування, тощо).

При організації робочого місця слід враховувати основні антропометричні дані людини. Найважливішою характеристикою робочого місця є: зона досягнення моторного поля.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Моторне поле – це простір робочого місця якому безпеку виконання для трудових операцій, виключати або допускати лише в деяких випадках роботу в керуючих позиціях котрі зумовлюють підвищену утомленість.

Загальні принципи організації робочого місця:

- на робочому місці не повинно бути нічого зайвого, всі для роботи предмети повинні знаходитись поруч з працівником, але не заважати;
- ті предмети, котрими користуються частіше, розташовують ближче, ніж ті предмети котрими користуються рідше;
- предмети, котрі беруть лівою рукою, повинні знаходитись зліва, а ті предмети котрі беруть правою рукою повинні знаходитись з права – якщо використовують обидві руки, то місце розташування пристосувань вибирається з врахуванням зручності захоплення його обома руками;
- небезпечне, з точки зору можливостей травмувати працівника, обладнання повинно розташовуватись вище, ніж предмети менш небезпечні;
- робоче місце не повинно захаращуватися заготовками і готовими деталями;
- організація робочого місця повинна забезпечувати необхідну освітленість.

Ергономіка виробила конкретні вимоги до антропометричних показників обладнання:

- загальна висота: сидючи – 1650 мм, стоячи – не більше 1800 мм.;
- висота розміщення органів керування для положення сидючи – 530...1040 мм, стоячи – 1000...1500 мм.
- Характеристика крісла:
 - форма сидіння – квадратна;
 - форма спинки – прямокутна вгнута;
 - розмір сидіння - 400×400 мм, спинки - 300×120 мм;
 - кут нахилу сидіння назад – 50 ... 60°;
 - кут нахилу спинки – 50 ... 100°.
- Розміри вільного місця для ніг:
 - висота – не менше 600 мм;
 - ширина – не менше 500 мм;

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

-глубина — не менее 400 мм.

Представимо організацію робочого місця на проектованому верстаті-автоматі. На верстаті-автоматі проводять наступні роботи: фрезерування пазу дисковою фрезою та зенкування (фрезерування) фаски. Для здійснення цих операцій ріжучий інструмент отримує обертотий рух, а заготовка - осьове переміщення – подачу.

На рис. 4.1 зображено варіант організації робочого місця верстатника, що обслуговує проєктований верстат-автомат для обробки деталі «Втулка».

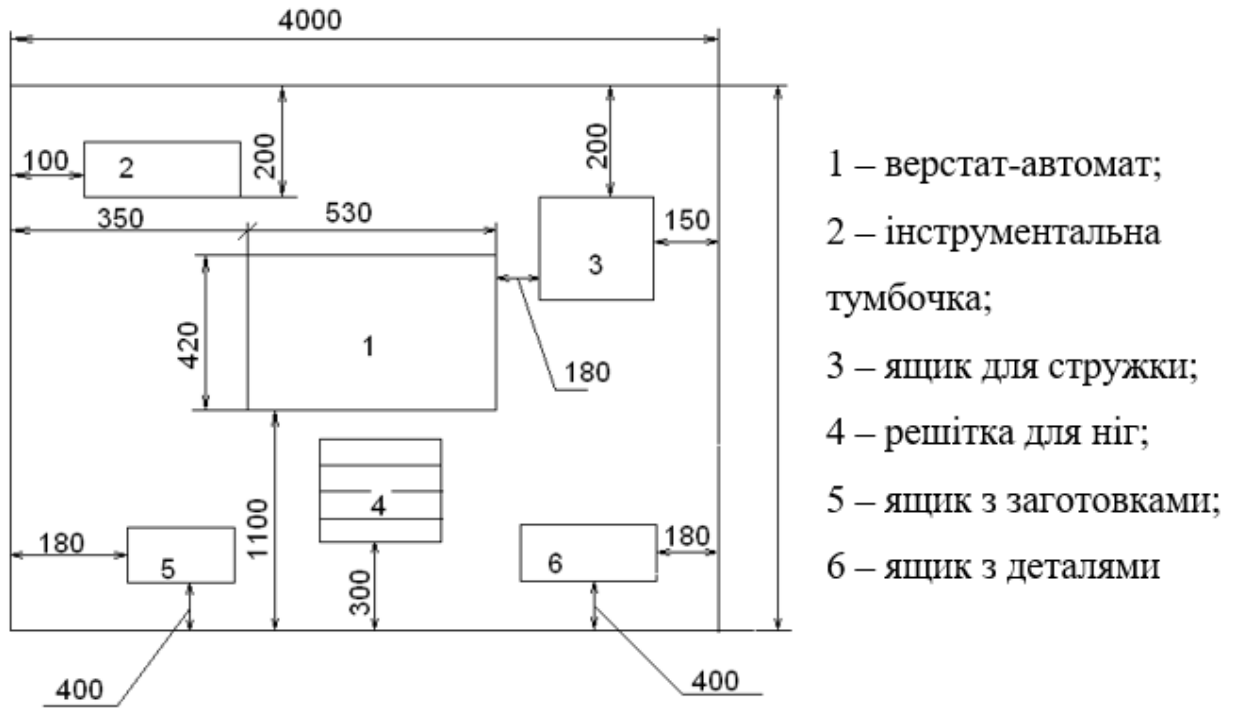


Рисунок 4.1 - Організація робочого місця проектного верстату

Верстат-автомат (позиція 1) знаходиться в центрі плану, перед ним знаходиться решітка для ніг (позиція 4), яка служить захисним засобом робітника автоматника. Зліва від робітника знаходиться ящик з заготовками (позиція 5), які засипаються в бункер автомата. Також на робочому місці є ящик для прибирання стружки (позиція 3). За верстатом знаходиться інструментальна тумбочка (позиція 2), в якій зберігають інструмент, оправки, пристосування. Готові деталі складаються в ящик з деталями (позиція 6).

4.3 Пожежна безпека процесів механічної обробки речовин та матеріалів

Одним з найбільш поширених технологічних процесів на виробництві є процеси механічної обробки речовин та матеріалів. Прикладом обробки твердих матеріалів можуть бути процеси механічної обробки різноманітних металів та сплавів [31].

Заходи пожежної безпеки при проведенні процесів механічної обробки металів:

- не допускається порушувати режим обробки;
- забороняється використання в роботі несправного і неправильно заточеного інструменту, а також верстатів, що не пристосовані для обробки даного матеріалу;
- металеву стружку, промащені обтиральні матеріали необхідно в міру накопичення прибирати в металеві ящики з кришками, які щільно закриваються, і після закінчення зміни видаляти з виробничих приміщень в спеціально відведені місця;
- необхідно контролювати справність і ефективність роботи систем охолодження і змащування верстатів;
- при мокрому шліфуванні слід застосовувати змащувальні присадки відповідно до умов технологічного процесу.

Промислові підприємства мають високий ризик виникнення пожеж через технічне обладнання, хімічні речовини або вибухонебезпечні зони. Тут використовують газові, порошкові або модульні системи пожежогасіння. Вони ефективні в умовах обмеженого простору або там, де вода може пошкодити обладнання. Усе обладнання має бути сертифіковане і протестоване згідно з державними нормами.

На сьогоднішній день на підприємствах машинобудівного профілю найчастіше застосовуються п'ять типів систем пожежогасіння:

- автоматичні спринклерні системи (активуються при підвищенні температури, для гасіння пожежі застосовують воду);

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- газові системи пожежогасіння (передбачають використання інертних газів, які витісняють кисень та запобігають горінню);
- порошкові системи пожежогасіння (переважно використовують для гасіння горючих металів та електрообладнання);
- пінні системи пожежогасіння (створюють шар піни, який дозволяє ізолювати горючі матеріали від кисню);
- аерозольні системи пожежогасіння (до складу аерозолів вводять компоненти, що пригнічують процес горіння).

					КРБ 21-04 1.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

ВИСНОВКИ

В першому розділі КРБ на основі аналізу технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка» та її креслення проведено аналіз деталі на технологічність. Проведений аналіз показав, що деталь є технологічною, в якості заготовки обрано пруток $\varnothing 30$ мм.

Проведений аналіз дозволив виявити набір формоутворюючих рухів, які повинен забезпечити верстат при обробці деталі «Втулка». Для обробки деталі «Втулка» доцільно застосувати спеціальний верстат-автомат.

Також нами був здійснений аналіз публікацій, що стосуються теми КРБ, вони зокрема присвячені особливостям обробки деталей на верстатах-автоматах, проектуванню з використанням сучасних засобів САПР, а також факторів які впливають на точність обробки.

В другому розділі КРБ представлено раціональний ТП обробки деталі «Втулка», в якому технологічні операції та переходи передбачають використання спеціального свердлильно-фрезерного верстату.

При обробці деталі «Втулка» ми будемо використовувати різальний інструмент фірми TAEGUTEC, а саме різці, свердла, фрези, розвертки. Даний інструмент дозволяє здійснювати обробку на високих частотах шпинделів верстатів, що забезпечує підвищення продуктивності обробки.

В третьому розділі КРБ вирішені питання конструювання спеціального верстату-автомату, який спроектовано для виготовлення деталі «Втулка».

На основі аналізу та оптимізації схем формоутворення розроблено структурно-кінематичну та кінематичну схему верстату. Проведено підбір двигунів для приводів свердлильної та фрезерної головок, а також розподільного валу.

					КРБ 21-04.1.00.00.000.ПЗ				
					ВИСНОВКИ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Слабаш Н.Ю.			Лит.		Арк.	Аркушів	
Перевір.		Склярів Р.А.					52	2	
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м.Тернопіль				
Н. Контр.		Кодельник В. Р.							
Затверд.		Крупя В.В.							

В результаті проведеного аналізу та відповідного розрахунку вихідних технічних характеристик окремих вузлів розроблені їх конструкції.

Запропонована конструкція верстату-автомату містить систему, яка забезпечує безпосереднє формоутворення поверхонь деталі «Втулка» та ряду функціональних механізмів, що дозволяють забезпечити роботу виконавчих механізмів верстату в автоматизованому режимі роботи.

Проведено розрахунок виконавчих вузлів верстату, а саме вертикальної та горизонтальної силових головок.

В четвертому розділі КРБ вирішені питання які стосуються безпеки життєдіяльності та охорони праці на машинобудівному підприємстві.

Так зокрема розглянуто питання, що стосується атестації робочого місця за умовами праці, визначені які фактори виробничого та трудового процесу при цьому слід врахувати.

Запропоновано варіант організації робочого місця верстатника, що обслуговує проектований верстат-автомат для обробки деталі «Втулка».

Розглянуто питання організації пожежної безпеки процесів механічної обробки речовин та матеріалів на відповідній ділянці машинобудівного підприємства.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.
2. Склярів Р.А. Четвержук Т. І., Полінкевич Р.М., Редько Р. Г., Системний підхід як основа автоматизації проектування та модернізації токарного верстатного обладнання // Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали V міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2021 р. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М. – 2021. – 436с, - С. 157-159
3. Четвержук Т. І., Статистичне моделювання технічних характеристик металорізальних верстатів / Четвержук Т. І., Полінкевич Р. М., Редько Р. Г., Залета О. М., Склярів Р. А. // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк : - 2021. Випуск №71, С. 322-329.
4. Кузнєцов Ю. М., Склярів Р. А., Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнєцов, Р. А. Склярів; під ред. Ю. М. Кузнєцова. – Київ : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
5. Склярів Р. А., Гагалюк А. В. Використання методу нейронних мереж для прогнозування металорізальних верстатів. Матеріали XXI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Тернопіль : ТНТУ, 2019. – 212 с. (Машинознавство та машинобудування). - С. 34
6. Склярів Р. А., Шанайда В. В. Використання багатофункціонального пакету Mathcad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів. Збірник тез XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (5 – 6 грудня 2012 р.). У 2Т. – Тернопіль : ТНТУ, 2012 – Т.2 Матеріалознавство та машинобудування. – 143 с., - С. 69.

					КРБ 21-04 1.00.00.000.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Слабаш Н.Ю.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Склярів Р.А.								
Реценз.									54	5
Н. Контр.		Кодельник В. Р.						ТНТУ ім. І. Пулюя зр. МВ-41, м. Тернопіль		
Затверд.		Крупа В.В.								

7. 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. Склярів, 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.

8. Сталь 45. *Steel group*. URL: https://steelgroup.com.ua/chornyj-metal/45/?srsltid=AfmBOopcOpAKUxFIpW_oPMM5NhJ3FKS9kY6Qn1sMUvqVbPFF_DkFus79 (дата звернення: 12.05.2025)

9. Складання класифікаційних характеристик виробів за класифікатором ЄСКД [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ., які навчаються за спеціальностями 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування», 142 «Енергетичне машинобудування», спеціалізацією «Тепло- і парогенеруючі установки»; спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізаціями «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів», «Комп'ютерно-інтегровані технології приладів точної механіки», / КПП ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. М. Надкернична, О. О. Лебедева.– Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 116 с.

10. Процеси виготовлення машин. Частина 1: технологічні основи машинобудування : навчальний посібник / А. В. Гагалюк, Ю. Є. Паливода. – Тернопіль: Осадца Ю. В., 2025. – 308 с.

11. Металорізальні верстати. Кінематичний аналіз. Практикум до виконання практичних та лабораторних робіт [Електронний ресурс]: Навч. посібник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Металорізальні верстати та системи» / О.В. Шевченко, А.Ю. Беляєва ; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 6,5 Мбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 86 с.

12. Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

13. Іскович-Лотоцький Р. Д. Обладнання автоматизованих виробництв. Частина 1. Верстати-автомати : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжілевський – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 92 с.

14. Абрашкевич Ю. Д. Процеси гнучких виробництв: навч. посібник / Ю. Д. Абрашкевич, Л. Є. Пелевін, О. А. Марченко. – Київ: КНУБА, 2019. – 212 с.

15. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні: Конспект лекцій для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» 7.05050201, 8.05050201 денної та заочної форми навчання / Сост.: В. Т. Саункін, С. Л. Міранцов, В. І. Тулупов. – Краматорськ: ДГМА, 2012. – 100 с.

16. Ковбашин В. І., Пік А. І., Балабан С. М. Моделювання технічних форм засобами Solidworks в курсі «Інженерна графіка та САД системи». *Сучасні проблеми моделювання* 2024. Вип. 26. С. 143–148. <http://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/article/view/3285>. (дата звернення: 14.05.2025)

17. Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка : навч. посіб. – Тернопіль : Підруч. і посіб., 2023. 240 с.

18. Гагалюк А. В., Склярів Р. А. Генетичні алгоритми в генеративному дизайні. *Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. до 60-річчя ТНТУ ім. І. Пулюя та 175-річчя з дня народження І. Пулюя, 14–15 травня 2020 р.* Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 56–57.

19. Гагалюк А., Крупа В. Моделювання станини токарного верстата з використанням методу топологічної оптимізації. *Вісник ТНТУ*. Тернопіль : ТНТУ, 2023. Т. 111, № 3. С. 67–75.

20. Nahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. *Scientific Journal of TNTU*. – Tern.: TNTU. 2023. Т. 111, № 3. С. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.

21. Кобельник В. Р., Кривий П. Д. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118. *Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. пр.* Житомир : ЖДТУ, 2010. Вип. 8. С. 99–108.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

22.Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Крупа В. В., Тимошенко Н. М. Метод оцінювання статичної точності кінематичних ланцюгів подач консольних фрезерних верстатів. *Прогресивні технології в машинобудуванні : зб. наук. пр.* Львів-Плай : Львів, 2020. С. 103–105.

23. *Taegutec. Каталог (Ріжучий інструмент). Токарні інструменти.* URL: https://www.taegutec.com/pages//wp-content/uploads/kboard_attached/11/202406/666a5be2049bf8139466.pdf (дата звернення: 22.05.2025).

24. *Taegutec. Каталог (Ріжучий інструмент). Обробка отворів.* URL: https://www.taegutec.com/pages//wp-content/uploads/kboard_attached/11/202406/666a5c137e38b4241552.pdf (дата звернення: 22.05.2025).

25. *Taegutec. Каталог (Ріжучий інструмент). Фрезерний інструмент.* URL: https://www.taegutec.com/pages//wp-content/uploads/kboard_attached/11/202406/666a5c90c42153877219.pdf (дата звернення: 22.05.2025).

26.Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

27. *АИР Україна. ЕЛЕКТРОДВИГУНИ 4А ТА 4АМ.* URL: <https://xn--80a9y.com.ua/elektrodvigateli-4a-i-4am/> (дата звернення: 24.05.2025).

28. Бочков В. М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів / В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко. – Львів, 2008. – 448 с.

29. Методичні рекомендації для проведення атестації робочих місць за умовами праці : МІНІСТЕРСТВО ПРАЦІ УКРАЇНИ від 01.09.1992, № 41.

30. НАКАЗ Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» : МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ від 08.04.2014, № 248.

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

31. Пожежна безпека виробництв: курс лекцій. Для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» спеціалізації "Охорона праці" денної та заочної форми навчання. Освітній ступінь "бакалавр" . Укладач: О. М. Роянов. – Харків : НУЦЗУ, 2016. – 374 с.

					<i>КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ДОДАТКИ

					КРБ 21-04 1.00.00.000.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДОДАТКИ				
Розроб.		Слабаш Н.Ю.							
Перевір.		Склярів Р.А.							
Реценз.									
Н. Контр.		Кодельник В. Р.							
Затверд.		Крцпа В.В.			ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м.Тернопіль				
					Літ.	Арк.	Аркушів		
						59	7		

Технічні характеристики та загальний вигляд шестишпиндельного токарного автомату 1A240-6

Найменування параметра	1A240-6
Основні параметри	
Клас точності згідно з ГОСТ 8-82	H
Кількість робочих шпинделів	6
Діаметр отвору в шпинделях, мм	62,6
Найбільша довжина обробки, мм	160
Найбільша довжина подачі дроту, мм	180
Найбільший діаметр прутка, мм	40
Найбільша сторона квадратного дроту, мм	28
Найбільша сторона шестигранного дроту, мм	35
Найбільший діаметр різблення, що нарізається мітчиками по сталі, мм	30
Найбільший діаметр різблення, що нарізається мітчиками по латуні, мм	36
Найбільша довжина дроту, мм	
Найбільша маса оброблюваної деталі, кг	24
Інструментальні супорти	
Кількість поздовжніх супортів	1
Кількість поперечних супортів	6
Найбільший загальний/ робочий хід поздовжнього супорта, мм	180/160
Найбільший загальний/ робочий хід поперечного супорта I, II, III, мм	70/ 40
Найбільший загальний/ робочий хід поперечного супорта IV, V, мм	95/ 65
Найбільший загальний/ робочий хід відрізного супорта VI, мм	50/30
Частота обертання шпинделів, об/хв	142..1600
Величина подач поздовжнього супорта, мм/про	0..6,67
Величина подач поперечних супортів, мм/про	0..2,63
Електроустаткування	
Кількість електродвигунів на верстаті	
Електродвигун головного приводу (шпинделів), кВт	13
Електродвигун налагоджувального обертання, кВт	1,5
Електродвигун приводу транспортера стружки, кВт	1,1
Електродвигун насоса мастила, кВт	2,2
Електродвигун насоса охолодження, кВт	0,6
Встановлена потужність, кВт	24,9
Габарити та маса верстата	
Габарити верстата без приставного обладнання (довжина ширина висота), мм	6050 x 1600 x 1945
Маса верстата, кг	9000

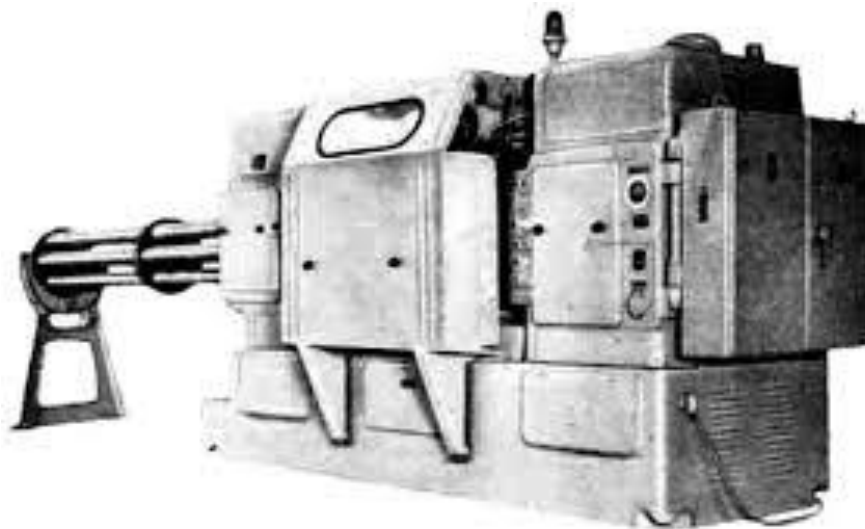


Рисунок А.1 – Загальний вигляд верстату 1А240-6

					КРБ 21-04.100.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61