

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему Конструювання автоматичної коробки швидкостей токарного
верстата для удосконалення технологічного процесу виготовлення
деталі "Ступиця шасі-84707С"

Виконав: студент	4	курсу, групи	МВ-41
напряму підготовки (спеціальності)	133	–	
	Галузеве машинобудування		
	(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)		
Студент	Тимошик М.П.		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)	
Керівник	Шанайда В.В.		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)	
Нормоконтроль	Кобельник В.Р.		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)	
Завідувач кафедри	Крупа В.В.		
	(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)

(прізвище та ініціали)

« » січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студенту Тимошику Максиму Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Конструювання автоматичної коробки швидкостей токарного верстата для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі "Ступиця шасі-84707С"

Керівник роботи Шанайда Володимир Васильович, к.т.н., доцент

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

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення деталі; базовий технологічний процес виготовлення деталі; паспорт верстата мод. 1П732РФ3; складальні креслення основних вузлів верстата.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналітична частина. Аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі.

Аналіз базового технологічного процесу механічної обробки деталі.

Провести аналіз схем технологічного налагодження. Обґрунтування раціонального маршруту оброблення деталі. Розрахунок режимів оброблення. Конструкторська частина: Кінематичний розрахунок верстата; конструювання АКШ. Розробити заходи БЖД та основ охорони праці.

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

Креслення деталі – 1 арк. ф.А2; Аналіз технологічного процесу мехобробки – 1 арк. ф.А1;

Карти наладки та розмірний аналіз – 2 арк. ф.А1;

Кінематична схема верстата – 1 арк. ф.А1;

Коробка швидкостей – 1 арк. ф.А1; Креслення виконавчого органу – 1 арк. ф.А1

Креслення комбінованого металорізального інструменту – 1 арк. ф.А2;

Креслення контрольно-вимірювального пристрою – 1 арк. ф.А2

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності			
основи охорони праці	к.т.н., доц. Мариненко С.Ю.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 27 січня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва	29.01.2025 р.	
	Аналіз технологічності конструкції деталі	30.01. 2025 р.	
	Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	30.01. 2025 р.	
	Вибір способу одержання заготовки	30.01. 2025 р.	
	Вибір технологічних баз	31.01. 2025 р.	
	Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки	31.01. 2025 р.	
	Розмірний аналіз технологічного процесу	31.01. 2025 р.	
	Розробка структурно-кінематичної схеми	03.06. 2025 р.	
	Кінематичний розрахунок верстата	06.06. 2025 р.	
	Конструювання автоматичної коробки швидкостей	17.06. 2025 р.	
	Розробка схем наладки на операції	19.06. 2025 р.	
	Конструювання комбінованого інструмента	20.06. 2025 р.	
	Розробити заходи з основ охорони праці	22.06. 2025 р.	
	Розробити заходи з БЖД	22.06. 2025 р.	
	Оформлення пояснювальної записки	22.06. 2025 р.	
	Оформлення листів графічного матеріалу	22.06. 2025 р.	

Студент

(підпис)

Тимошик М.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шанайда В.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Конструювання автоматичної коробки швидкостей токарного верстата для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі "Ступиця шасі-84707С": робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 133 – галузеве машинобудування/ кер. В.В. Шанайда. Тернопіль: факультет інженерії машин, споруд та технологій; кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин, група МВ-41: ТНТУ, 2025.

Об'єктом вивчення у кваліфікаційній роботі є технологічний процес механічної обробки деталі "Ступиця шасі-84707С", а також токарно-револьверний верстат мод. 1П732РФ3.

Мета роботи: провести аналіз конструктивних і функціональних особливостей токарно-револьверного верстата, виконати конструювання коробки швидкостей та револьверної головки верстата, металообробного інструмента та контрольно-вимірювального пристрою на базі аналізу технологічного процесу механічної обробки деталі "Ступиця шасі-84707С", функціональних карт наладок на технологічні операції.

У кваліфікаційній роботі:

- проведено аналіз варіантів механічної обробки поверхонь і вибір раціональних схем оброблення;
- проведено аналіз технологічності деталі;
- запропоновано раціональний технологічний механічної обробки деталі "Ступиця шасі-84707С" шляхом концентрації операцій в межах вибраного верстатного обладнання;
- -проведено розрахунок режимів різання;
- -розроблено структурно-кінематичну та кінематичну схеми верстату;
- -проведено повний кінематичний та силовий розрахунок приводу головного руху верстату;
- сформовано інструкцію з безпеки життєдіяльності та виконані розрахунки з основ охорони праці.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	АНОТАЦІЯ	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив	Тимошик						4	1
Перевірів	Шанайда							
Рецензент						ТНТУ, ФМТ каф. ВІ, гр. МВ-41		
Н. контр.	Кобельник							
Зав. каф.	Крупа							

З М І С Т

стор.

	Вступ	7
1.	Аналітична частина	9
1.1	Аналіз завдання	9
1.2	Характеристика об'єкта виробництва	10
1.2.1	Службове призначення	10
1.2.2	Аналіз деталі на технологічність	12
1.3	Огляд літератури	16
2.	Технологічний розділ	18
2.1	Вибір та техніко-економічне обґрунтування раціонального технологічного маршруту обробки деталі	18
2.1.1	Вибір маршруту обробки	18
2.1.2	Обґрунтування вибору базових поверхонь, технологічного обладнання та оснастки	20
2.2	Обґрунтування та вибір металообробного обладнання	21
2.3	Розрахунок режимів різання та припусків	24
3	Верстатне забезпечення механічної обробки	29
3.1	Кінематичний розрахунок розглядуваного верстата	29
3.1.1	Розрахунок діапазону регулювання для головного руху верстата.	29
3.1.2	Побудова структурних сіток і графіків чисел обертів	29
3.1.3	Визначення передаточних відношень і чисел зубів коліс зубчастих передач	31
3.1.4	Вибір потужності і типу двигуна	34

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тимошик				Зміст	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Шанайда						5	2
Рецензент						ТНТУ, ФМТ каф. ВІ, гр. МВ-41		
Н. контр.	Кобельник							
Зав. каф.	Крупа							

3.2	Конструювання та розрахунок коробки швидкостей	35
3.2.1	Опис конструкції коробки швидкостей	35
3.2.2	Силовий розрахунок приводу	35
3.2.3	Конструкція та силовий розрахунок приводу головного руху	37
3.3	Конструкція та розрахунок виконавчого механізму верстата	40
3.3.1	Конструювання та розрахунок револьверної головки	40
3.3.1.1	Опис конструкції револьверної головки	40
3.3.1.2	Силовий розрахунок приводу револьверної головки	41
3.4	Конструювання та розрахунок різального інструменту	43
3.5	Розробка вимірювального пристрою та схеми вимірювання	48
4	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	55
4.1	Заходи безпеки життєдіяльності, які необхідні для обслуговування верстату	55
4.2	Перевірочний розрахунок муфти електроприводу верстату	57
	Висновки	60
	Перелік посилань	61
	Додатки	66

Вступ

Верстатобудування – базова галузь машинобудування. Наявний виробничий парк металообробного обладнання визначає виробничий, технічний та економічний потенціал виробництва. Верстати, машини та устаткування, які виготовляють у верстатобудівній галузі складають близько 60% від частини виробничих фондів машинобудівної галузі в цілому.

Розвиток верстатобудівної галузі має йти випереджаючими темпами. В іншому випадку економіки може стикнутися з такими негативними явищами, як незадовільний стан продуктивності праці, не належна якість продукції, дефіцит кваліфікованої робочої сили, сповільнені темпи оновлення продукції та підвищення її ринкової вартості.

Сфера ефективного використання металообробного обладнання варіюється стосовно програми випуску деталей та їх номенклатури. У масовому виробництві характерне використання високопродуктивного спеціального та спеціалізованого обладнання, яке не потребує суттєвого переналагодження. Серійне виробництво є найбільш поширеним способом виробництва, який охоплює до 75% продукції машинобудівної галузі. Таке виробництво має бути забезпечене обладнанням, яке поєднує високу продуктивність з необхідною універсальністю та гнучкістю. Такий підхід що дає можливість інтенсивно оновлювати номенклатуру виробництва. Ці можливості є притаманними для обладнання з ЧПК.

Іншим принципом, який застосовують для підвищення продуктивності є використання технології групової обробки. Сумісне використання групових технологій обробки з гнучкістю металообробного обладнання дозволяє досягати зростання темпів оновлення продукції та збереження високої продуктивності виробництва. Для новоствореного обладнання підвищення продуктивності має складати 1,5-2 рази.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Вступ			Літ	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Тимошик										
Перевірів	Шанайда									7	2
Рецензент								ТНТУ, ФМТ каф. ВІ, гр. МВ-41			
Н. контр.	Кобельник										
Зав. каф.	Крупа										

Висока ефективність нових металорізальних верстатів і верстатних комплексів може бути забезпечена тільки за умови їх інтенсивної експлуатації з раціональним використанням робочого часу. Головне завдання, яке вирішують при створенні металорізальних верстатів чи верстатних систем - це підвищення продуктивності. Його слід оцінювати за параметрами скорочення штучного часу операцій стосовно спеціальних і спеціалізованих верстатів.

Одним із рішень, котрі значно впливають на економію часу є концентрація операцій в межах одного верстата. Ідеальним рішенням такого напрямку є забезпечення обробки деталей з 5-ти боків за один установ. До суттєвої економії виробничого часу на обробку деталей веде суміщення виконання кількох операцій у часі.

Одна із головних властивостей металорізальних верстатів і верстатних комплексів є їх переналагоджуваність. Вона передбачає можливість виготовлення різних деталей на одному і тому ж верстатному обладнанні. Суттєвий прогрес у нових технічних рішеннях і в технології виробництва у поєднанні із досягненнями в галузі систем керування дозволяє здійснити активну міграцію від окремих гнучких виробничих систем до створення комплексного автоматизованого і комп'ютеризованого виробництва.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

1 Аналітична частина

1.1 Аналіз завдання

Відповідно до виданого завдання основна увага при виконанні кваліфікаційної роботи приділена питанням раціонального вибору верстатного обладнання та металорізальних інструментів для забезпечення максимальної продуктивності обробки та якості сформованих поверхонь. Ці завдання можна виконати спираючись на комплекс технологічних розрахунків та аналіз технологічного процесу механічної обробки. Виконавши комплекс технологічних розрахунків, а саме, здійснивши розрахунок режимів різання на обрані технологічні операції, виконавши аналіз технічних умов щодо забезпечення якості оброблених поверхонь можна запропонувати технічні рішення щодо вибору технологічного устаткування, металорізальних інструментів та контрольно-вимірювальних пристроїв. З огляду на окреслені проблемні питання визначено завдання кваліфікаційної роботи:

- здійснити аналіз показників, які характеризують об'єкт виробництва;
- з'ясувати можливість концентрації операцій;
- розрахувати режими різання для окремих операцій;
- виконати аналіз формотвірних рухів для обраного верстатного обладнання;
- виконати аналіз інструментального забезпечення процесу механічної обробки;
- провести розрахунок кінематичної схеми верстата;
- обґрунтувати вибір контрольно-вимірювального устаткування;
- сформулювати заходи із забезпечення безпеки життєдіяльності;
- розкрити питання з Основ охорони праці.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Аналітична частина				Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив	Тимошик										
Перевірів	Шанайда									9	9
Рецензент									ТНТУ, ФМТ каф. ВІ, гр. МВ-41		
Н. контр.	Кобельник										
Зав. каф.	Крупа										

1.2 Характеристика об'єкта виробництва

1.2.1 Службове призначення

Шасі для тракторного причепа моделі 84707С виготовляють як двовісну конструкцію. Воно призначене для транспортування різного великогабаритного обладнання, серед котрого слід виокремити перевезення будинків мобільного типу, будиночків вагонного типу, малогабаритних будинків виробничого призначення, житлових та виробничих блоків. Його вантажопідйомність складає 6.5 ... 10 тон. Розміри робочої площадки, яку можна встановити на шасі, складає 8000 x 2300 (2800) мм. Для роботи у режимі завантаження-розвантаження шасі причепа обладнано висувними гвинтовими опорами.

Причепа на базі такого шасі агрегуються з колісними тракторами класу 20-30 кН з двигунами потужністю 100-225 кВт (140-300 к.с.) типу МТЗ-100/102/142, ЛТЗ-155, Т155К, К-701.

В окремих випадках шасі обладнують двокаанальною тормозною системою для експлуатації причепів у тандемі із вантажним автомобілем.

Деталь Ступиця шасі-84707С призначена для встановлення та закріплення колеса до осі причепа. Ця деталь є основним складовим елементом вузла "Вісь у зборі". У ступицю запресовують обойми підшипників, на котрих проходить обертання колеса, а також болти, за допомогою котрих диск колеса притягують до опорної площини ступиці.

Ступицю конструктивно виконано у формі тіла обертання з різними посадочними та кріпильними отворами. Остання розміщені як на осі обертання, так і радіально.

Відповідно до базового варіанту технологічного процесу механічної обробки деталь "Ступиця..." утворює складальний вузол, який включає дві зварні між собою деталі (Втулка 84707С-3504015.1 і Фланець 84707С-3504015.2).

У процесі експлуатації ступиця сприймає знакозмінні радіальні навантаження. Так як вона є складальним вузлом, то необхідно забезпечити

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

високі вимоги до якості зварного з'єднання (збільшені катети зварювального шва), щоб уникнути руйнування конструкції при експлуатації.

Матеріал виготовлення ступиці - сталь 35. Механічні та хімічні властивості матеріалу подані в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 Хімічний склад сталі Сталь 35 ГОСТ 1050-74

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
Не більше %								
0,32-0,40	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

Таблиця 1.2 Механічні властивості матеріалу Сталь 35 ГОСТ 1050-74

ГОСТ	Вид постачання	Січення, мм	$\sigma_{\text{в,}}$ МПа	$\delta_5,$ (δ_4)	ψ	НВ, не більше
				%		
			не менше			
1577-81	Листи відпалені або високо-відпущені	80	480	22	-	-
	Полоси нормалізовані або гарячекатані	6-25	530	20	45	-
8731-87, 8733-87	Труби гарячі, -холодно-і тепло-деформовані, термооброблені	-	510	17	-	187

Заготованка деталі іноді є зварною конструкцією 1-го класу відповідно до ОСТ23.2.429-80. Граничні відхилення посадкових місць під обойми підшипників відносять до 7 квалітету точності (P7). Не вказані граничні відхилення розмірів поверхонь, які підлягають механічній обробці призначають за ОСТ 37.001.246-82.

У зв'язку з тим, що після технологічного процесу зварювання можливе підгартування матеріалу заготовки, то доцільно, перед процесом механічної обробки, провести для цієї заготованки технологічну операцію "відпал".

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2.2 Аналіз деталі на технологічність

Деталь – "Ступиця..." виготовляють методом зварювання заготованок, що передбачає збільшення припусків на обробку для подальшого усунення похибок, які виникли у процесі зварювання та короблення. Також слід взяти до уваги необхідність виконання додаткової операції відпалу для зняття зварних напруг, що також впливає на затратну частину у трудомісткості деталі.

Слід відзначити, що можуть виникати технологічні проблеми при обробці внутрішніх поверхонь $\varnothing 120P7_{-0,059}^{-0,024}$ і $\varnothing 125P7_{-0,068}^{-0,028}$. Ці отвори мають бути виконаними в межах зазначених відхилень. Серед таких параметрів відзначаємо вимогу щодо відхилення від циліндричності – 0, 02 мм а також граничне значення для радіального та торцевого биття в межах до 0, 05 мм.

Певні складнощі можуть виникати при обробці глухих різьбових отворів малого діаметру М6–7Н. Ускладнення полягають у проблематичності відводу стружки при різенарізанні а також через можливі поломки металорізального інструменту (мітчика).

За рештою показників деталь є технологічною. Є можливість призначення високопродуктивних та високоефективних режимів механічної обробки, має належним чином підготовлені базові поверхні для першочергових операцій та достатньо проста за конструкцією. Розміщення кріпильних отворів допускає можливість багатоінструментальної обробки, а також обробку на верстатах оснащених системами числового програмного керування.

Для подальшого аналізу деталі на технологічність необхідно позначити оброблювані поверхні певними номерами позицій.

Для забезпечення найвищої якості механічної обробки та забезпечення експлуатаційної обробки доцільно зварну конструкцію замінити на гаряче штамповану.

За попередніми оцінками трудомісткості виконання зварних операцій та операції гарячого штампування остання може бути на 15-20% дешевшою, а отже і економічно більш вигідною.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

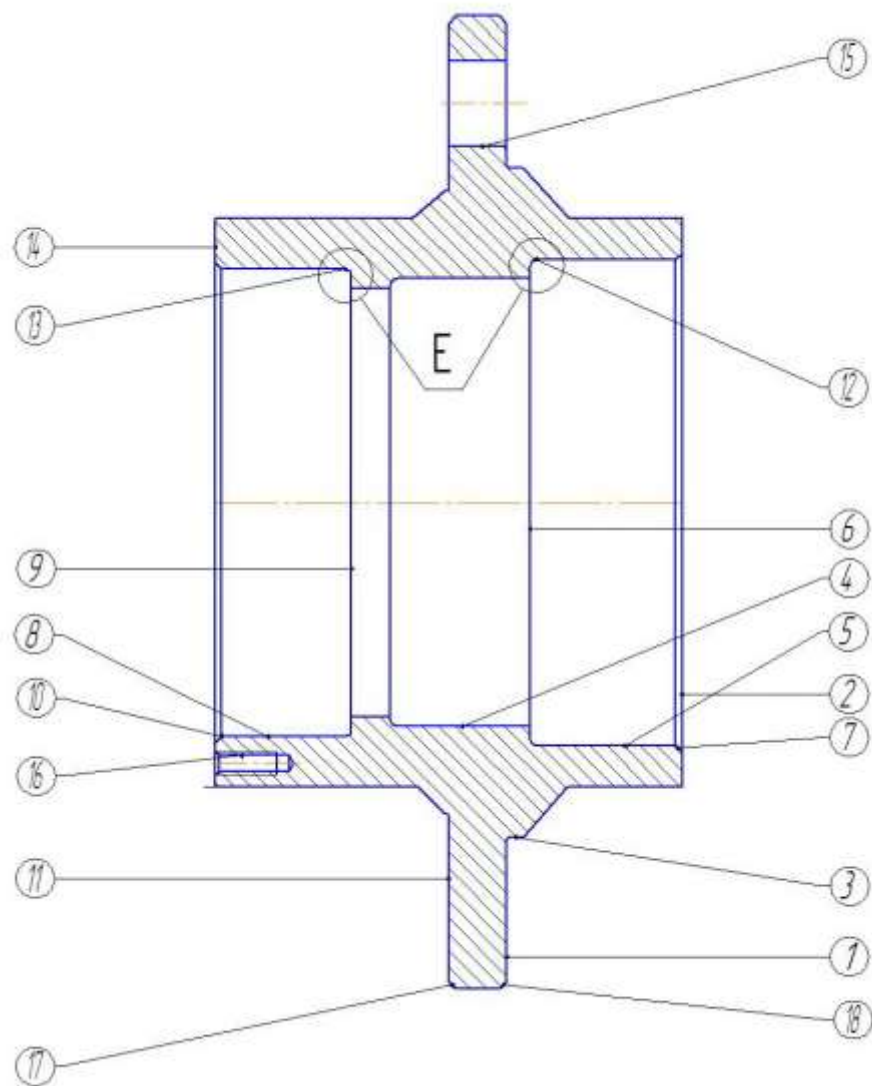


Рисунок 1.1 - Оброблювані поверхні

Основні показники технологічності деталі:

а) рівень технологічності по трудомісткості:

$$K_{\text{ут}} = \frac{T_{\text{и}}}{T_{\text{би}}}, \quad (1.1)$$

де $T_{\text{и}}$ – трудомісткість за проектним варіантом

$T_{\text{би}}$ – трудомісткість за базовим варіантом.

$$K_{\text{ут}} = \frac{T_{\text{и}}}{T_{\text{би}}} = \frac{5,6 + 8,87}{15,09 + 8,87} = 0,60$$

За цим показником деталь є технологічною, оскільки зниження трудомісткості складає 40% , що > 25% (нормативно визначені);

б) рівень технологічності за технологічною собівартістю:

$$K_{\text{ус}} = \frac{C_{\text{т}}}{C_{\text{бт}}}, \quad (1.2)$$

де $C_{\text{т}}$ – собівартість проектної деталі

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ

Арк.

$C_{\text{бт}}$ – собівартість базової деталі.

$$K_{\text{yc}} = \frac{C_{\text{т}}}{C_{\text{бт}}} = \frac{232,36}{497,14} = 0,47.$$

За цим показником виріб є технологічним, оскільки зниження трудомісткості складає $53\% > 25\%$

в) Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{\text{BM}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}}, \quad (1.3)$$

де $m_{\text{д}} = 9,67 \text{ кг}$ – маса деталі

$m_{\text{з}} = 12,83 \text{ кг}$ – маса заготовки

$$K_{\text{BM}} = \frac{9,67}{12,84} = 0,75.$$

Додаткові показники технологічності деталі:

Таблиця 1.3 Конструкторський аналіз деталі

Позначення поверхні	Номер оброблюваної поверхні	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих елементів	Квалітет точності	Параметр шорсткості
1	2	3	4	5	6
Зовнішні поверхні (діаметральні)					
$\varnothing 250$	не обробляють	1	1	14	80
$\varnothing 172h10$	3	1	-	10	6,3
$\varnothing 146$	не обробляють	2	-	14	80
$\varnothing 160_1$	11	1	-	15	6,3
Внутрішні поверхні (діаметральні)					
$\varnothing 120P7$	8	1	1	7	2,5
$\varnothing 125P7$	5	1	1	7	2,5
$\varnothing 115$	4	1	1	14	12,5
$\varnothing 110$	не обробляють	1	1	14	80
$\varnothing 22H9$	15	6	6	9	2,5

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6
Поверхні визначені лінійними розмірами					
120±0,7	2;14	1	1	15	6,3
35	9	1	1	14	2,5
46h14	6	1	-	14	2,5
6	1;6	1	-	14	6,3
15	1;11	1	1	14	6,3
10	9	1	1	14	12,5
19	16	3	-	14	12,5
Разом		Q _е =24	Q _{уе} =19		

г) Коефіцієнт уніфікації

$$K_{ye} = \frac{Q_z}{Q_{yz}}, \quad (1.4)$$

де Q_е – кількість оброблюваних поверхоньQ_{уз} – кількість типових (уніфікованих) елементів

$$K_{ye} = \frac{Q_z}{Q_{yz}} = \frac{19}{24} = 0,789$$

За показником коефіцієнта уніфікації деталь можна віднести до технологічних, оскільки K_{уе}>0,6;

д) Коефіцієнт точності обробки

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (1.5)$$

де A_{ср} – середній квалітет точності

$$A_{cp} = (n_1 + 2n_2 + \dots + 19n_{19}) / \sum n_i, \quad (1.6)$$

де n_i – квалітет точності

$$A_{cp} = (7 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 14 \cdot 10 + 15 \cdot 2) / 24 = 8,46$$

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{8,46} = 0,88$$

Отже, за показником коефіцієнта точності параметрів механічної обробки деталь слід віднести до технологічних, оскільки K_{тч}>0,8

е) Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (1.7)$$

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де B_{cp} – середня шорсткість поверхні

$$B_{cp} = (0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + 40n_{13} + 80n_{14}) / \sum n_i, \quad (1.8)$$

де n_i – кількість поверхонь i -го класу шорсткості

$$B_{cp} = (2,5 \cdot 5 + 6,3 \cdot 5 + 12,5 \cdot 3 + 80 \cdot 3) / 24 = 13,4$$

$$K_{ш} = \frac{1}{13,4} = 0,07$$

За коефіцієнтом шорсткості деталь технологічна, тому що $K_{ш} < 0,32$

У відповідності до результатів кількісної оцінки параметрів технологічності деталі "Ступиця шасі-84707С", можна зробити висновок, що деталь є технологічною.

1.3 Огляд літератури

При виконанні кваліфікаційної роботи ми проводимо детальний аналіз виробничого технологічного процесу механічної обробки, вивчаємо номенклатуру верстатного обладнання, перелік металорізальних інструментів, технологічне устаткування та перелік контрольно вимірювальних пристроїв. Виконуючи аналіз ймовірних варіантів вдосконалення базового технологічного процесу слід виконати комплекс проектних робіт та конструкторсько-технологічних розрахунків, встановити можливість та доцільність заміни верстатного обладнання чи металорізальних інструментів. У більшості випадків ми знаходимо рекомендації а також результати науково-пошукових робіт у періодичних виданнях та збірниках матеріалів наукових конференції. навчальних та методичних посібниках.

Технологічні аспекти щодо обробки різних матеріалів при використанні сучасних інструментальних матеріалів, розрахунку режимів різання і технічного нормування механічної обробки [1, 2] досить широко представлені в літературі і в мережі Internet. Не менш важливо володіти практичними аспектами [3] щодо підготовки проектної технологічної документації. Проектування нових технологічних маршрутів нерозривно пов'язане із знаннями технологічних можливостей верстатного обладнання [4, 5]. На кожному етапі проводимо розрахунок силових параметрів, що мають прямий вплив на процес механічної

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

обробки і котрі залежать від складових компонентів режимів різання [1, 2, 6]. В подальшому процес проектування може проходити за першочерговості одного із напрямів: або модернізація верстатного обладнання і розробка спеціального інструментального устаткування для забезпечення високоефективних методів обробки [7, 8] або створення нових, високопродуктивних металорізальних інструментів [9-11], які можна використати для задіяного у технологічному процесі верстатному обладнанні. Поряд з тим слід зазначити, що виконання проектних робіт за будь яким із зазначених напрямів нерозривно пов'язане із використанням засобів автоматизованого конструювання та проектування [12]. Спираючись на відомі алгоритми та використовуючи засоби автоматизації виконання конструкторських робіт [13-16] активно вивчають методи прогресивного конструювання металообробного устаткування [17, 18] та металорізальних інструментів [19], забезпечення точності обробки при різних схемах навантаження [20-22], якість оброблених поверхонь [23, 24].

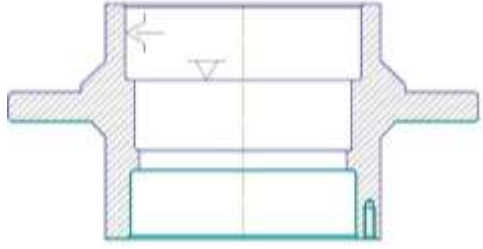
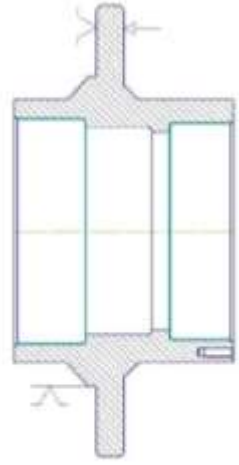
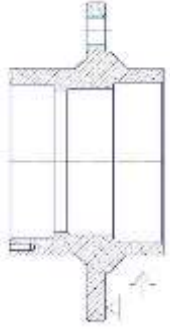
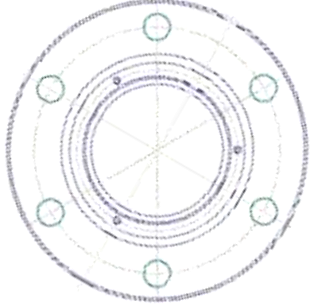
Також важливо акцентувати увагу на доброчесності щодо використання матеріалів з дослідженнями інших авторів, а також при аналізі конструктивних рішень з патентних джерел [25- 28].

Не менш важливий аспект при розробці нової техніки та устаткування, спеціальних металорізальних інструментів та обробних систем є забезпечення умов безпеки життєдіяльності [29, 30] та дотримання вимог охорони праці на виробництві [31, 32].

Спираючись на теоретичну базу та методики, які були проаналізовані у процесі підготовки огляду літературних джерел можна виконати комплекс технологічних та конструкторських розрахунків. Технологічна частина роботи формує базис для виконання конструкторсько-проектних робіт, а конструктивні розрахунки спрямовані на забезпечення міцності, жорсткості та параметрів надійності верстатно-інструментального забезпечення технологічного процесу.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					<i>КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Технологічний розділ	<i>Лім</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Тимошик</i>						
<i>Перевірів</i>		<i>Шанайда</i>					<i>18</i>	<i>11</i>
<i>Рецензент</i>						<i>ТНТУ, ФМТ</i> <i>каф. ВІ, гр. МВ-41</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Кобельник</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Крупна</i>						

1	2	3
010	Токарна Підрізати торець 11,14 Розточити пов. 8,9,10,13 Свердли 3 отв. 16, нарізати різьбу	
015	Алмазно-розточна Розточити отвори 8 и 5	
020	Складальна	
025	Свердлильна Свердли 6 отв. 15	 

2.1.2 Обґрунтування вибору базових поверхонь, технологічного обладнання та оснастки

Операція 005 «Токарна» і 010 «Токарна»

Перші операції технологічного процесу спрямовані на формування основних баз. Ці базові поверхні використовують на наступних операціях як технологічні бази. На Операціях 005 «Токарна» і 010 «Токарна» за направляючу базу використовують зовнішню циліндричну поверхню, а в якості установчої використано торець фланця. При такому базуванні обробляють поверхні 1, 3 і 5 (див. рис. 1.1.), котрі можна використати в якості технологічних баз на наступних операціях механічної обробки.

Обладнання.

В якості металообробного обладнання на цих операціях вибираємо сучасний токарно – револьверний верстат моделі 1П732РФ3, який дозволяє поєднати ці токарні операції і оформити їх в якості технологічних переходів. В такий спосіб на виробництві можна економити підготовчо-заклучний час, підвищити точність обробки, тому що значна кількість поверхонь може бути обробленою при мінімальній кількості установів.

Оснащення.

Для закріплення деталі рекомендуємо використати токарні патрони механізованого типу фірми BISON - BIAL (Польща) тип 2404- м Ø 250 мм.

Узагальнені дані зводимо в таблицю:

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 Технологічні бази, устаткування, оснащення

№ опер.	Технологічна база	Обладнання	Оснащення
005	Торець фланця Зовнішній діаметр фланця	1П732РФ3	Патрон токарний механізований BISON-BIAL тип 2404-м Ø 250
010	Поверхні 1,5	1П732РФ3	Патрон токарний механізований BISON-BIAL тип 2404-м Ø 250
015	Поверхні 1,3	ОС 2706	Приспособа установочна з пневматичним затиском
020		Пресс П2326	
025	Поверхні 1,5	СС 2157	Приспособа установочна, головка 6-ти шпиндельна

2.2 Обґрунтування та вибір металообробного обладнання

Напівавтомат 1П732РФ3 призначений для обробки у патроні деталей діаметром до 400мм в умовах серійного і крупносерійного виробництва. Напівавтомат проводить чорнову і чистову обробку різних деталей з циліндричними, конічними та фасонними поверхнями. Привід шпинделя - через автоматичну коробку швидкостей типу АКС- 5, яка забезпечує перемикання дев'яти швидкостей шпинделя в автоматичному циклі. Поздовжнє і поперечне переміщення супорта, а також швидкий хід здійснюються від крокового двигуна з гідропідсилювачем через кулькову гвинтову пару. Напівавтомат забезпечений інструментальним магазином на 12 позицій. Зміна інструменту в супорті проводиться автоматично. Необхідна державка з інструментом встановлюється на супорті магазином.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Гідростанція розташована поруч з напівавтоматом для зменшення його теплових деформацій. Велика потужність головного приводу і жорсткість основних вузлів напівавтомата забезпечують високу продуктивність при чорнових проходах і високу точність при чистовій обробці. У литому піддоні напівавтомата розміщені резервуар для охолоджуючої рідини і шнековий транспортер для видалення стружки. Змащування вузлів напівавтомата повністю автоматизоване. Для змащення механізмів головного руху використана циркуляційна система змащування від окремої станції. Змащування супорта дозаторне. Пристрій числового програмного керування по двох координатах типу Н22-1М забезпечує отримання заданих розмірів і конфігурації оброблюваного виробу, а також виконання необхідних технологічних команд: вибір частоти обертання шпинделя і подачі супорта; включення прискореного переміщення супорта; зміну інструменту; включення охолодження та ін.

Програма записується на стандартну восьмидорожжову стрічку в кодах відповідно до ГОСТ 13057-67 і рекомендаціям ІСО. Передбачена можливість ручного введення корекцій з переміщення в заданий кадр до 99,99 мм. Напівавтомат може також працювати в режимі попереднього набору координат. У цьому випадку на пульті управління вручну задаються величини переміщення супорта, подач, частоти обертання шпинделя і т. д. Застосування напівавтомата даної моделі дає високий економічний ефект за рахунок підвищення продуктивності обробки в порівнянні з універсальними верстатами, підвищення точності обробки та ін. Клас точності напівавтомата Н.

Операція 005

Операція 010

Токарна з ЧПК - верстат 1П732РФЗ

Технічна характеристика верстату

Клас точності по ГОСТ 8-77	Н
Найбільший діаметр виробу оброблюваного	
- над станиною, мм.	620
- над супортом, мм.	400
Найбільший діаметр обробки, мм.	400
Найбільша довжина обробки, мм.	

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- при діаметрі обробки над супортом до 400 мм.	300
- при діаметрі обробки понад 400 мм. При установці різців в пази	75
Найбільший діаметр свердління в центрі, мм.	40
Конус в шпинделі шпиндельної бабки по ГОСТ 2847-67	Метричний 100
Конус в шпинделі фланцевий по ГОСТ 12595-72 , умовний розмір	I-11M
Діаметр отвору в шпинделі, мм.	72
К-ть частот обертання шпинделя	18 або 21*
К-ть частот обертання шпинделя, які автоматично перемикаються в циклі	9 або 12*
Границі частот обертання шпинделя, об./хв..	25...1250 12,5...1250
К-ть діапазонів обертання шпинделя	4 або 8*
Найбільший робочий хід супорта, мм.	
- поздовжній	900
- поперечний	365
Діапазон робочих подач супорта, мм./об.	
- поздовжній	0,1...1200
- поперечний	0,1...1200
Швидкість швидкого переміщення супорта, мм./хв..	
- поздовжнього	4800
- поперечного	2400
Величина переміщення супорта на один імпульс, мм.	
- поздовжнього напрямку	0,01
- поперечного напрямку	0,005
Відстань від основи до осі центрів, мм.	1160
К-ть позицій в револьверній головці	
1740РФЗ. 760.000-02	12 розт.
1740РФЗ. 761.000	6 розт. і 6 поз.
Система програмного управління	Контурна з кроковим приводом
Програмоносії	Восьмидорожкова перфострічка по ГОСТ 10860-68
- ширина програмоносія, мм.	25,4
Система кодування інформації	ISO
Зчитування програми	фотоелектричне
Габаритні розміри напівавтомата (без пристрою ЧПК, електрошафи і гідростанції), мм.	
- довжина	3915
- ширина	2390
- висота	2800

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.3 Розрахунок режимів різання та припусків

Режими різання :

Призначаємо режими різання для чорнової обробки торця (поверхня 1), припуск на обробку $h = 2,5$ мм.

Чорнової обробку поверхні виконуємо різцем підрізним, оснащеним пластинкою з твердого сплаву T15K6 .

Глибина різання для зняття припуску за один прохід $t = h = 2,5$ мм.

Рекомендоване значення подачі $s_{\text{дод.}} = 0,70$ мм/об

Розраховуємо швидкість різання в залежності від глибини різання, подачі і стійкості інструменту .

Значення швидкості різання розраховуємо за формулою , м/хв:

$$V_{\text{розр.}} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot k_{M_v} \cdot k_{P_v} \cdot k_{H_v} \quad (2.1)$$

де C_v коефіцієнт;

T - період стійкості інструменту, хв;

t - глибина різання, мм;

s - подача, мм / об;

x, y , - показники степеня у формулі швидкості різання;

k_{M_v} - коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

k_{P_v} - коефіцієнт стану поверхні заготовки;

k_{H_v} - коефіцієнт для вибору матеріалу ріжучої частини інструмента.

$$V_{\text{розр.}} = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 \cdot 0,8 = 120 \text{ м/хв}$$

За розрахункової швидкості різання та враховуючи діаметр оброблюваної поверхні знаходимо число обертів шпинделя:

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$n_{розр.} = \frac{1000 \cdot V_{розр}}{\pi \cdot D} \text{ об/хв,} \quad (2.2)$$

де $V_{розр}$ – розрахункова швидкість різання, м/хв;

D – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

$$n_{розр.} = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 250} = 153 \text{ об/хв} \quad (2.3)$$

Коректуємо кількість обертів шпинделя у відповідності до значень чисел обертів шпинделя верстата $n_{шт.} = 160$ об/хв.

На решту переході призначення режимів різання здійснюємо за допомогою нормативів. У таблиці 2.3 подано режими різання для токарної операції № 005.

Таблиця 2.3 Таблиця режимів різання для токарної операції 005.

Поверхня, рисунок 1.1	Перехід	Режими різання			
		глибина різання, мм	подача, мм/об	швидкість різання, м/хв	число обертів, об/хв
		t	s	V	n
1	2	3	4	5	6
1.	підрізати торець начорно	2,50	0,70	120	160
2.	підрізати торець начорно	2,80	0,70	175	400
2.	підрізати торець начисто	1,0	0,80	175	400
4.	розточити начорно Ø115	3,70	0,54	118	400
5.	розточити начорно Ø118,5 ^{+1.5}	1,3	0,78	112	315
5.	розточити полу напівчисто Ø122,8 ^{+1.0}	1,25	0,78	115	315
5.	розточити напів- чисто Ø124,34 ^{+0,16}	0,75	0,78	116	315
7.	розточити фаску 2x45°	2,5	0,66	122	315
12.	розточити канавку	1,5	0,78	115	315
3.	точити начорно Ø176 _{-1,0}	1,8	0,90	176	315

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.	точити на півчисто Ø174,5 _{-0,3}	0,75	0,90	176	315
3.	точити начисто Ø172 _{-0,16}	0,75	0,90	176	315
6.	підрізати торець начисто 39 _{-0,62}	0,5	0,80	240	630

Визначення основного (машинного) часу:

$$T_o = \frac{L+l}{s \cdot n} \cdot i \text{ хв}, \quad (2.4)$$

де L – довжина обробки, мм;

l – величина врізання й перебігу, мм;

s – подача, мм/об;

n – число обертів шпинделя, об/хв;

i – число проходів.

У таблиці 2.4 наведено розрахунок основного часу для токарної операції 005.

Таблиця 2.4 Основний час для токарної операції 005

Поверхня	Перехід	Довжина обробки, мм	Довжина врізання і перебігу, мм	Число проходів	Основний час, хв
		L	l	i	T_o
1	2	3	4	5	6
1.	підрізати торець начорно	35,2	2,0	1	0,35
2.	підрізати торець начорно	14,3	4,0	1	0,07
2.	підрізати торець начисто	14,3	4,0	1	0,06
4.	розточити начорно Ø115	39,5	2,0	1	0,21
5.	розточити начорно Ø118,5 ^{+1.5}	39,0	2,0	1	0,17
5.	розточити на півчисто Ø122,8 ^{+1.0}	39,0	2,0	1	0,17
5.	розточити на півчисто Ø124,34 ^{+0,16}	39,0	2,0	1	0,18

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

7.	розточити фаску 2x45°	2,5	4,0	1	0,03
12.	розточити канавку	8,0	0	1	0,04
6.	підрізати торець начисто 39 _{-0,62}	5,0	2,0	1	0,01
3.	точити начорно Ø176 _{-1,0}	3,5	2,0	1	0,02
3.	точити на півчисто Ø174,5 _{-0,3}	3,5	2,0	1	0,02
3.	точити начисто Ø172 _{-0,16}	3,5	2,0	1	0,02
					Σ=1,35

На всі переходи операції 010 призначаємо режими різання за нормативними таблицями. У таблиці 2.5 подано режими різання для токарної операції 010.

Таблиця 2.5 Таблиця режимів різання для токарної операції 010

Поверхня, рисунок 1.1	Перехід	Режими різання			
		глибина різання, мм	подача, мм/об	швидкість різання, мм/хв	кількість обертів, об/хв
		<i>t</i>	<i>s</i>	<i>V</i>	<i>n</i>
1	2	3	4	5	6
11.	підрізати торець начорно в розмір 15	2,50	0,70	120	160
14.	підрізати торець начорно	2,80	0,70	175	400
14.	підрізати торець начисто в розмір 120±0,7	1,0	0,80	175	400
8.	розточити начорно Ø115 ^{+1,5}	1,2	0,78	115	315
8.	розточити напів- чисто Ø117,5 ^{+1,0}	1,25	0,78	116	315
8.	розточити напів- чисто Ø119 ^{+0,2}	0,75	0,78	118	315
10.	розточити фаску 1,6x45°	2,5	0,66	122	315
13.	розточити канавку	1,5	0,78	115	315
9.	підрізати торець начисто в розмір 35	0,5	0,80	231	630

16.	свердли́ти 3 отвори Ø 5	2,5	0,2	90	500
16.	нарі́зати різьбу М6-7Н в 3 отворах		1,0	8	50

У таблиці 2.6 наведено розрахунок основного часу до токарно-гвинторізної операції 010.

Таблиця 2.6 Основний час до токарно-гвинторізної операції 010

Поверхня	Перехід	Довжина обробки, мм	Довжина врізання і перебігу, мм	Число проходів	Основний час, хв
		L	l	i	T_o
11.	підрізати торець начорно в розмір 15	45,0	2,0	1	0,44
14.	підрізати торець начорно	16,7	4,0	1	0,08
14.	підрізати торець начисто в розмір 120±0,7	16,7	4,0	1	0,07
8.	розточити начорно Ø115 ^{+1,5}	35,0	2,0	1	0,15
8.	розточити напів- чисто Ø117,5 ^{+1,0}	35,0	2,0	1	0,15
8.	розточити напівчисто Ø119 ^{+0,2}	35,0	2,0	1	0,15
10.	розточити фаску 1,6x45°	2,5	4,0	1	0,03
13.	розточити канавку	8,0	0	1	0,03
9.	підрізати торець начисто в розмір 35	5,0	2,0	1	0,01
16.	свердли́ти 3 отвори Ø 5	19,0	4,0	3	0,06
16.	нарі́зати різьбу М6-7Н в 3 отворах	16,0	4,0	3	0,12
					Σ=1,29

3 Верстатне забезпечення механічної обробки

3.1 Кінематичний розрахунок розглядуваного верстата.

3.1.1 Розрахунок діапазону регулювання для головного руху верстата

Діапазон частот обертання для приводу головного руху будують у відповідності до закону геометричної прогресії [33, 35].

Першочергово розраховуємо діапазон регулювання R_n та визначаємо коефіцієнт φ для формування ряду частот обертання:

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} \quad (3.1)$$

$$R_n = \frac{1250}{25} = 50$$

Відповідно до загальних рекомендацій [34, 35] округлюємо розрахункове значення до найближчого з рекомендованих $\varphi = 1.26$.

Розраховуємо кількість ступеней регулювання приводу головного руху:

$$z_n = 1 + \frac{\lg(R_n)}{\lg(\varphi)} \quad (3.2)$$

$$z_n = 1 + \frac{\lg(50)}{\lg(1,26)} = 1 + \frac{1,69897}{0,1} = 17,9$$

Приймаємо $Z_n = 18$.

3.1.2 Побудова структурних сіток і графіків чисел обертів.

Проводимо розрахунок коробки переміни швидкостей на 18 ступеней.

Використання коробки швидкостей з автоматичним перемиканням пар зубчастих коліс суттєво розширює технологічні можливості металообробного обладнання.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Верстатне забезпечення механічної обробки			
Розробив	Тимошик							
Перевірив	Шанайда							
Рецензент								
Н. контр.	Кобельник							
Зав. каф.	Крупа				ТНТУ, ФМТ каф. ВІ, гр. МВ-41			
					Літ		Аркуш	Аркушів
							29	26

Вихідний вал автоматичної коробки швидкостей забезпечує діапазон у 9 швидкостей. Структурна формула:

$$Z = 3_{(1)} \cdot 3_{(3)} = 9 \quad (3.3)$$

де $x_1 x_2$ - характеристика груп.

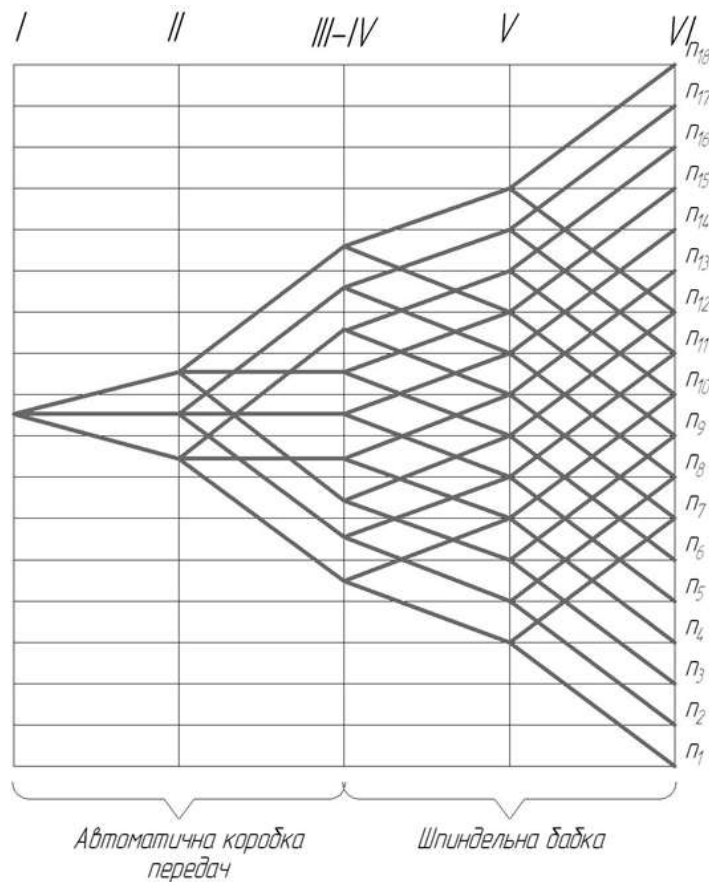
Далі визначаємо число передач, які необхідно забезпечити шпиндельною бабкою:

$$Z = P_3 \cdot P_4 = 2 \cdot 2 = 4 \quad (3.4)$$

Враховуючи, що 9 швидкостей забезпечено автоматичною коробкою швидкостей, решту діапазону має забезпечити шпиндельна бабака з ручним перемиканням передач.

Побудову структурної сітки приводу головного руху верстата виконуємо спираючись на структурну формулу (3.5). Структурна сітка приводу головного руху подана на рисунку 3.1.

$$Z = 18 = 3_{(1)} 3_{(3)} 2_{(3)} 2_{(6)} \quad (3.5)$$



$P=3$	$P=3$	$P=2$	$P=2$
$x=1$	$x=3$	$x=3$	$x=6$

Рисунок 3.1 - Структурна сітка верстату 1П732РФЗ.

Побудову графіка чисел обертів виконуємо у відповідності до структурної сітки. Величина зміщення окремих відрізків відповідає пропорційному значенню передаточного відношення, яке виражене через знаменник ряду ф. Графік чисел обертів без врахування зміни числа обертів на двигуні подано на рисунку 3.2. Графік чисел обертів з врахуванням можливого регулювання числа обертів на двигуна подано у графічній частині кваліфікаційної роботи.

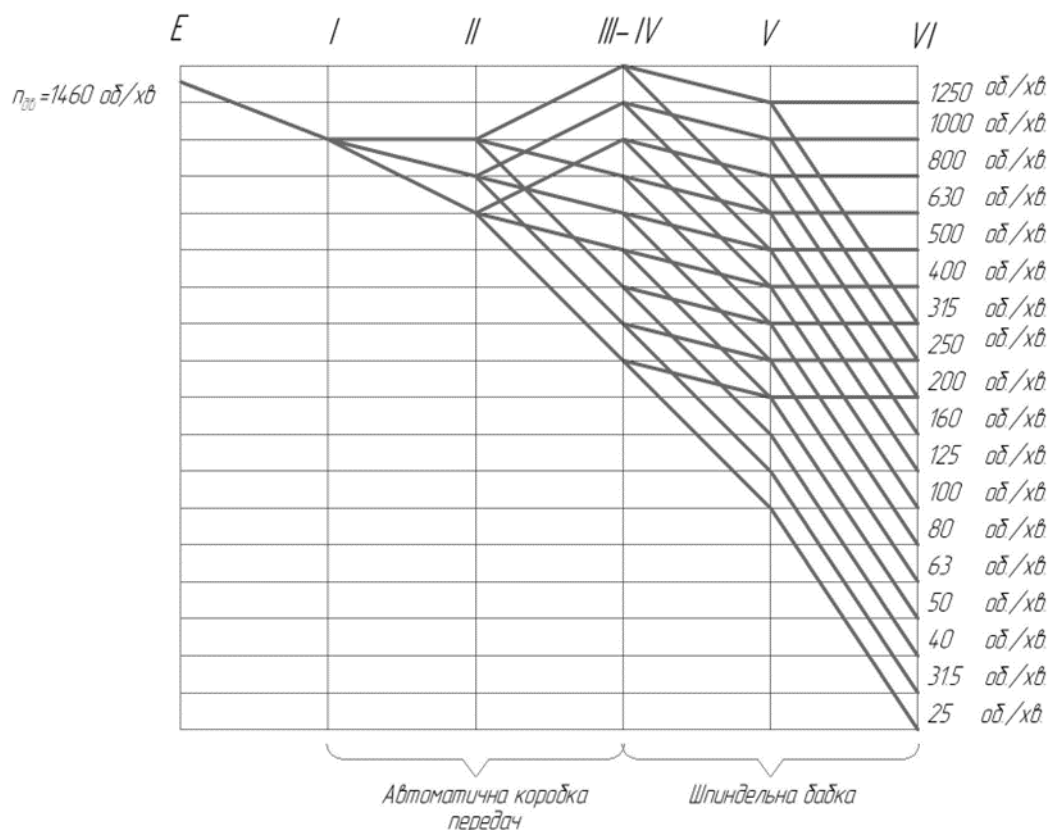


Рисунок 3.2 - Графік частот обертання шпинделя верстату 1П732РФЗ.

3.1.3 Визначення передаточних відношень і чисел зубів коліс зубчастих передач

Число зубів у парі шестерень визначаємо за формулою [34, 35]

$$z_i = \sum_z \cdot \frac{f_x}{f_x + g_x} \quad (3.6)$$

де f_x - чисельник передаточного відношення;

g_x - знаменник передаточного відношення;

$\sum_z$ - сумарне значення чисел зубів у парі зубчастих коліс.

Перша пара зубчастих коліс для АКШ

$$Z_5 = 80 \cdot \frac{1}{1.26+1} = 35.4$$

Приймаємо $Z_5 = 35$. Тоді, $Z_6 = \sum Z - Z_5 = 80 - 35 = 45$. Приймаємо: $Z_6 = 45$

Друга пара зубчастих коліс для АКШ

$$Z_9 = 80 \cdot \frac{1}{2.1+1} = 22.86$$

Приймаємо $Z_9 = 23$. Тоді, $Z_{10} = \sum Z - Z_9 = 80 - 23 = 57$. Приймаємо: $Z_{10} = 57$

Для першої пари зубчастих коліс передач зі шпиндельної бабки:

- сумарне значення числа зубів $\sum Z = 85$,

$$Z_{15} = 85 \cdot \frac{1}{2.5+1} = 24.29$$

Приймаємо $Z_{15} = 24$. Тоді, $Z_{14} = \sum Z - Z_{15} = 85 - 24 = 61$. Приймаємо: $Z_{14} = 61$

Для другої пари зубчастих коліс передач зі шпиндельної бабки:

- сумарне значення числа зубів $\sum Z = 105$,

$$Z_{21} = 105 \cdot \frac{1}{4+1} = 21$$

Приймаємо $Z_{21} = 21$.

Тоді, $Z_{20} = \sum Z - Z_{21} = 105 - 21 = 84$. Приймаємо: $Z_{20} = 84$

Результати всі обрахунків заносимо в таблицю 3.1.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 Прийняті значення чисел зубів шестерень

У структурі приводу головного руху		Позначення шестерень на кінематичній схемі	Значення передаточних відношень			Сумарне число зубів пари $\sum Z$	Числа зубів для шестерень	
			φ^{-x}	Натур.	Факт.		Z_i	Z_{i-1}
Пасова передача		D_1-D_2	φ^{-2}	0,63	0,715	-	$D_1=236$	$D_2=330$
Коробка швидкостей головного руху	АКШ	Z_4-Z_3	φ^0	1	1	80	40	40
		Z_6-Z_5	φ^{-1}	0,79	0,786		45	35
		Z_8-Z_7	φ^{-2}	0,63	0,6		50	30
		$Z_{10}-Z_9$	φ^{-4}	0,396	0,404		5745	23
		$Z_{12}-Z_{11}$	φ^{-1}	0,79	0,778		45	35
		$Z_{13}-Z_8$	φ^2	1,587	1,66		30	50
	Шпиндельна бабка	$Z_{15}-Z_{14}$	φ^{-4}	0,396	0,393	85	61	24
		$Z_{17}-Z_{16}$	φ^{-1}	0,79	0,771		48	37
		$Z_{19}-Z_{18}$	φ^0	1	1	126	63	63
		$Z_{21}-Z_{20}$	φ^{-6}	0,25	0,25	106	84	21

Формуємо ланцюг головного руху.

Беручи за основу структурну формулу приводу голвного руху формуємо кінематичну схему для приводу головного руху верстата [33]. Ланцюг головного руху містить з електродвигун, клинопасову передачу, АКШ та шпиндельну бабку.

Кінематичний ланцюг приводу головного руху можна подати у вигляді наступної структури [32-34]:

$$1460 \cdot \frac{236}{330} (I) - \frac{\frac{40}{40}}{\frac{35}{45}} - (II) - \frac{\frac{23}{57}}{\frac{55}{45}} - (III - IV) - \frac{\frac{24}{61}}{\frac{37}{48}} (V) - \frac{\frac{63}{21}}{\frac{84}{84}}$$

Рівняння кінематичного балансу для ланцюга з мінімальним числом обертів виглядає наступним чином:

$$n_{\text{об}} \cdot \frac{D_1}{D_2} \cdot \frac{Z_8}{Z_7} \cdot \frac{Z_{10}}{Z_9} \cdot \frac{Z_{15}}{Z_{14}} \cdot \frac{Z_{21}}{Z_{20}} = 24,56 \text{ об/хв.}$$

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де D_1 і D_2 - діаметри шківів, мм;

Z - кількість зубів у відповідному зубчастому колесі.

$$1460 \cdot \frac{236}{330} \cdot \frac{30}{50} \cdot \frac{23}{57} \cdot \frac{24}{61} \cdot \frac{21}{84} = 24,56 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_{\text{шп. min}} = 25 \text{ об/хв.}$

3.1.4 Вибір потужності і типу двигуна

Потужність електродвигуна приводу головного руху металорізального верстата розраховуємо за формулою:

$$N_{\text{дв.}} = \frac{N_{\text{псз}}}{\eta} \quad (3.7)$$

де η – коефіцієнт корисної дії:

$$\eta = \eta_{\text{nn}} \cdot \eta_{\text{m}} \cdot \eta_{\text{z}} \cdot \eta_{\text{n}} = 0.96 \cdot 0.98 \cdot 0.99^{10} \cdot 0.995^{20} = 0.77$$

де η_{nn} - к.к.д. пасової передачі, $\eta_{\text{nn}} = 0.96$;

η_{m} - к.к.д. муфти, $\eta_{\text{m}} = 0.98$;

η_{z} - к.к.д. зубчастої передачі, яка працює на холостому ході з електромагнітною муфтою. $\eta_{\text{z}} = 0.99$;

η_{n} - к.к.д. пари підшипників кочення $\eta_{\text{n}} = 0.995$

$$N_{\text{дв.}} = 25,3 / 0,77 = 32.86 \text{ кВт}$$

Для приводу головного руху можна обрати електродвигун асинхронного типу 4А2504УЗ з можливістю частотного регулювання кількості обертів.

Потужність $N_{\text{дв.}} = 37 \text{ кВт}$, номінальна частота обертання $n_{\text{дв.}} = 1460 \text{ об/хв.}$

Номінальний момент двигуна $M_{\text{n}} = 215 \text{ Н·м}$

Максимальне прискорення $\xi = 4680 \text{ рад/с}$

Момент інерції $I = 0,042 \text{ кг·м}$

Довжина $L = 555 \text{ мм}$,

Ширина $B = 220 \text{ мм}$,

Висота $H = 290 \text{ мм}$

Утвердження вибору двигуна проводимо за номінальним моментом:

$$M_{\text{n}} > M_{\text{ста}} \quad (3.8)$$

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Враховуючи значення розрахункових моментів кручення на валах приводу головного руху, можна стверджувати, що $M_n = 215 > M_{ста} = 200$. Обраний двигун задовольняє умову (3.8).

Для розширення технологічних характеристик, а саме збільшення діапазону частот обертання шпинделя можна використати дискретну систему частотного регулювання кількості обертів або двоступінчастий мотор обраного типу. Це дозволить отримати додаткові частоти обертання

3.2 Конструювання та розрахунок коробки швидкостей

3.2.1 Опис конструкції коробки швидкостей

АКШ це автономний вузол, котрий в автоматичному циклі виконує перемикання 9 швидкостей. Вихідний вал АКШ має з'єднання з валом шпиндельної бабки через втулко-пальцеву муфту. Коробка містить 3 вали на яких розміщено 6 електромагнітних муфт. При вмиканні електромагнітних муфт, які забезпечують зчеплення суміжних валів, забезпечують необхідну кількість обертів на вихідну валу.

Шпиндельна бабка містить 3 вали. На вхідному валі встановлені дві шестерні 10 і 11, а на валу 2 блок з двох шестерень 13 і 15 з можливістю переміщення вздовж осі вала і мають зв'язок з шестернями 16, 17 на шпинделі.

3.2.2 Силевий розрахунок приводу

Розрахунок елементів приводу головного руху слід виконувати за умови роботи верстата при найбільшому навантаженні елементів приводу і при максимальній силі різання $P_z = 17$ кН.

Ця сила навантажує привід головного руху при швидкості різання і роботі кінематичного ланцюга в діапазоні:

$$1460 \cdot \frac{236}{330} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{23}{57} \cdot \frac{37}{48} \cdot \frac{21}{84} = 80 \text{ об/хв}$$

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розраховуємо швидкість та крутні моменти на валах ланцюга приводу.

Частота обертання:

- ведучого шківa клинопасової передачі: $n_1 = 1460 \text{ об/хв}$;

- веденого шківa клинопасової передачі I -го вала:

$$n_1 = n_{\text{ДВ}} \cdot D_1/D_2 = 1460 \cdot 236/330 = 1000 \text{ об/хв.} \quad (3.9)$$

- II -го вала: $n_2 = n_1 \cdot Z_4/Z_3 = 1000 \cdot 40/40 = 1000 \text{ об/хв}$

- III - IV -го вала: $n_3 = n_2 \cdot Z_9/Z_{10} = 1000 \cdot 23/57 = 400 \text{ об/хв}$

- V -го вала: $n_4 = n_3 \cdot Z_{16}/Z_{17} = 400 \cdot 37/48 = 315 \text{ об/хв}$

- VI -го вала: $n_{\text{ун}} = n_5 = n_4 \cdot Z_{20}/Z_{21} = 315 \cdot 21/48 = 80 \text{ об/хв}$

Розраховуємо крутні моменти на валах приводу головного руху: - на шпинделі (VI-го вала):

$$M_{\text{ун}} = M_6 = \frac{N_{\text{пиз}} \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n_6} = \frac{27.9 \cdot 30 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 80} = 3400 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.10)$$

- на V-му валу:
$$M_5 = \frac{M_6 \cdot i_6}{\eta_{\text{зн}} \cdot \eta_n} = \frac{3400 \cdot 21/84}{0.99 \cdot 0.995^2} = 867 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.11)$$

де $\eta_{\text{зн}}$ - к.к.д. зуючастої передачі, $\eta_{\text{зн}} = 0.98$;

η_n - к.к.д. підшипників, $\eta_n = 0.995$;

- на IV - III-му валу:
$$M_3 = M_4 = \frac{M_5 \cdot i_5}{\eta_{\text{зн}} \cdot \eta_n} = \frac{867 \cdot 37/48}{0.99 \cdot 0.995^2} = 682 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- на II-му валу:
$$M_2 = \frac{M_3 \cdot i_3}{\eta_{\text{зн}} \cdot \eta_n} = \frac{682 \cdot 23/57}{0.99 \cdot 0.995^2} = 281 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- на I-му валу:
$$M = \frac{M_2 \cdot i_2}{\eta_{\text{зн}} \cdot \eta_n} = \frac{281 \cdot 40/40}{0.99 \cdot 0.995^2} = 287 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- на валу електродвигуна:
$$M = \frac{M_1 \cdot i_1}{\eta_{\text{зн}} \cdot \eta_n} = \frac{287 \cdot 237/330}{0.99 \cdot 0.995^2} = 215 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Перевіряємо потужність електродвигуна:

$$N_{\text{ДВнеобхідне}} = \frac{M_{\text{дв}} \cdot \pi \cdot n_{\text{дв}}}{30 \cdot 10^3} = \frac{215 \cdot 3.14 \cdot 1460}{30 \cdot 10^3} = 32,9 \text{ кВт}$$

Розрахунки моментів проведено вірно, потужність:

$$N_{\text{ДВнеобхідне}} \approx 33 \text{ кВт} < N_{\text{дв}} = 37 \text{ кВт}.$$

3.2.3 Конструкція та силовий розрахунок приводу головного руху

Для забезпечення компактної конструкції коробки швидкостей слід обрати матеріал для зубчастих коліс - Сталь 45 ГОСТ 1050 - 88. Сталь з $\sigma_{\text{Hр}}^0 = 800 \text{ Н/мм}^2$, термічна обробка – об'ємне гартування до HRC 40-52 $\sigma_{\text{Фр}}^0 = 230 \text{ Н/мм}^2$.

1. Допустимі напруження визначаємо за формулою:

$$\sigma_{\text{H}} = \sigma_{\text{Hр}}^0 \cdot K_{\text{Hр}} \quad (3.12)$$

$$\sigma_{\text{H}} = 800 \cdot 1 = 800 \text{ Н/мм}^2$$

Коефіцієнти $K_{\text{a}} = 49,5 \text{ Па}^{1/3}$, $K_{\text{м}} = 1,4$, $\psi_{\text{ба}} = 0.2$

$$\psi_{\text{bd}} = 0.5 \cdot \psi_{\text{ба}} \cdot (U_6 + 1) \quad (3.13)$$

$$\text{де } U_6 = \frac{z_{21}}{z_{210}} = \frac{84}{21} = 4$$

$$\psi_{\text{bd}} = 0.5 \cdot 0.2 \cdot (4 + 1) = 0.5$$

2. Розраховуємо міжцентрові відстані [21]:

$$a_{\text{вроз}} = K_{\text{a}} \cdot (U_6 + 1) \sqrt[3]{\frac{K_{\text{H}\beta} \cdot M_5}{U_6 \cdot \psi_{\text{ба}} \cdot \sigma_{\text{Hр}}^2}} \quad (3.14)$$

де M_5 - крутний момент на шестерні;

Коефіцієнти $K_{\text{H}\beta} = 1,04$, $K_{\text{F}\beta} = 1,07$, $K = 1$, $Y_{\text{F}} = 3.9$.

$$a_{\text{вроз}} = 49.5 \cdot (4 + 1) \sqrt[3]{\frac{1.04 \cdot 867000}{4 \cdot 0.2 \cdot 800^2}} \approx 299 \text{ мм.}$$

3. Розраховуємо модуль передачі:

$$m \geq K_{\text{м}} \sqrt[3]{\frac{K_{\text{з}} \cdot Y_{\text{F}} \cdot K_{\text{F}\beta} \cdot M_5}{\sigma_{\text{зр}} \cdot \psi_{\text{bd}} \cdot Z_{20}^2}} \quad (3.15)$$

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$m \geq 1.43 \sqrt{\frac{1 \cdot 3.9 \cdot 1.07 \cdot 867000}{800 \cdot 0.5 \cdot 21}} = 3.8$$

Приймаємо $m=6$ мм.

4. Розраховуємо ділильні діаметри, діаметри виступів і впадин зубів :

$$d_{20} = m \cdot z_{20} \quad (3.16)$$

$$d_{20} = 6 \cdot 21 = 126 \text{ мм}$$

$$d_{a20} = d_{20} + 2 \cdot m \quad (3.17)$$

$$d_{a20} = 126 + 2 \cdot 6 = 138 \text{ мм}$$

$$d_{f20} = d_{20} - 2.5 \cdot m \quad (3.18)$$

$$d_{f20} = 126 - 2.5 \cdot 6 = 111 \text{ мм}$$

$$d_{21} = m \cdot z_{21}$$

$$d_{21} = 6 \cdot 84 = 504 \text{ мм}$$

$$d_{a21} = d_{21} + 2 \cdot m$$

$$d_{a21} = 504 + 2 \cdot 6 = 516 \text{ мм}$$

$$d_{f21} = d_{21} - 2.5 \cdot m$$

$$d_{f21} = 504 - 2.5 \cdot 6 = 489 \text{ мм.}$$

5. Уточнюємо між центрову віддаль:

$$a_w = 0.5(d_{21} + d_{20}) \quad (3.19)$$

$$a_w = 0.5 (126 + 504) = 315$$

$a_w = 315 > a_{w\text{роз}} = 299$ - умова міцності передачі за контактними напруженнями виконана.

6. Ширина шестерень:

$$b = \psi_{ba} \cdot a_w \quad (3.20)$$

$$b = 0.2 \cdot 315 = 63 \text{ мм}$$

7. Розрахунок колової швидкості у передачі:

$$V = \frac{\pi \cdot d_{20} \cdot n_4}{60} = \frac{3.14 \cdot 126 \cdot 10^{-3} \cdot 315}{60} = 2.28 \text{ м/с} \quad (3.21)$$

8. Обчислюємо силу в зачепленні:

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- колова сила:

$$F_t = 2 \cdot M_5 / d_{20} \quad (3.22)$$

$$F_t = 2 \cdot 867 \cdot 103 / 126 = 13762 \text{ Н}$$

- радіальна сила:

$$F_r = F_t \cdot \tan 20^\circ \quad (3.23)$$

$$F_r = 13762 \cdot 0.364 = 5009 \text{ Н}$$

9. Перевірка зубів на контактну міцність:

(3.24)

$$\sigma_H = z_M \cdot z_U \cdot z_\varepsilon \cdot \sqrt{\left(\frac{K_H \cdot F_t}{d_{20} \cdot b} \right) \cdot \left(\frac{U_6 + 1}{U_6} \right)}$$

$$\sigma_H = 275 \cdot 1,77 \cdot 0,87 \cdot \sqrt{\left(\frac{1,1 \cdot 13762 \cdot (4+1)}{126 \cdot 52 \cdot 4} \right)} = 725 \text{ МПа}$$

10. Перевірка зубів на витривалість по напруженню на згин:

(3.25)

$$\sigma_F = \frac{Y_F \cdot K_F \cdot F_t}{m \cdot b}$$

$$\sigma_F = \frac{3,9 \cdot 1,12 \cdot 13762}{6 \cdot 52} = 193 \text{ МПа}$$

Таблиця 3.2 Параметри зубчастих коліс

Вал передачі	Число зубів зубчастих коліс		Сумарне число зубів зубчастих пар	Міжцентрова відстань a_w , мм	Модуль зубчастих коліс m , мм
I-II	$Z_3=40$	$Z_4=40$	80	160	4
II-III-IV	$Z_9=23$	$Z_{10}=23$	80	160	4
IV-V	$Z_{16}=37$	$Z_{17}=37$	58	215.5	5
V-VI	$Z_{20}=21$	$Z_{21}=21$	105	315	5

3.3 Конструкція та розрахунок виконавчого механізму верстата

3.3.1 Конструювання та розрахунок револьверної головки

3.3.1.1 Опис конструкції револьверної головки

Револьверна головка містить 12 позицій для установки різцетримачів і кріпиться до поперечної каретки супорта. До корпуса револьверної головки кріпиться редуктор з гідромотором Г15-23.

З лівого боку до головки прикріплено торцеву муфту (плоске колесо) поз. 97. В середині корпуса головки розміщено гідроциліндр. Через пальцевий шток циліндра проходить шліцевий вал поз. 7, один кінець якого жорстко зв'язаний з планшайбою поз. 31. До правого торця планшайби прикріплене друге плоске колесо торцевої муфти, поз. 98, котре взаємодіє з другим плоским колесом поз. 97. Планшайба може вільно повертатись на полюму штоку гідроциліндра. На другому кінці шліцевого вала на втулці розміщений мальтійський хрест. З пазами мальтійського хреста взаємодіє пара роликів поз. 36, сидячих на осі, поз. 37, яка закріплена в шестерні, поз. 35.

В отворах планшайби можуть одночасно бути встановленими 12 інструментальних державок. Ріжучий інструмент в різцетримачі встановлюється і закріплюється поза станком на спеціальному пристосібленні. Кріплення різцетримачів до базових поверхонь здійснюється клином, поз. 49 і пальцем поз. 56.

Затиск планшайби здійснюється при подачі масла в передню камеру циліндра. При цьому шток циліндра разом із планшайбою, переміщається назад і притискає торцеву муфту поз. 98 до торцевої муфти поз. 97. В результаті цих переміщень планшайба стає закріпленою у визначеному положенні. При подачі масла в задню камеру циліндра шток переміщується вперед, шток циліндра разом із з'єднаною з ним планшайбою, переміщається вперед і розтискає торцеві муфти поз. 98, поз. 97, в результаті чого планшайба може обертатись. Далі

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

здійснюється поворот планшайби. Гідромотор, передаючи оберт шестерням 39 і 35, переміщують ролики, закріплені на шестерні 35, а ролики під дією пазів – мальтійський хрест.

Два обороти гідро мора забезпечують половину оберта шестерні 35, повороту мальтійського хреста і відповідно планшайби на 30^0 , тобто планшайба повертається на одну позицію. При необхідності повороту планшайби на дві і більше позицій гідромотор має зробити чотири і більше обертів. Планшайба може повертатись в обидва боки за рахунок реверса мотора. Після повороту планшайби на потрібну позицію кінцевий вимикач, встановлений справа револьверної головки дає команду на заповнення маслом передньої камери затискного циліндра, тим самим проводиться фіксація револьверної головки в новому положенні.

Привід ЗОР приводиться через стінку корпусу до планшайби за допомогою штуцера поз. 27, шланга поз. 84 і втулки поз. 26. Далі ЗОР по системі каналів поступає до деталі поз.56 і далі до ріжучого інструменту.

3.3.1.2 Силовий розрахунок приводу револьверної головки

Період часу, за який проходить поворот на одну позицію револьверної головки розраховуємо за формулою :

$$T = \sqrt{S / a_m} \cdot \frac{1 + \gamma \left(V / \sqrt{a_m \cdot S} \right)^2}{V / \sqrt{a_m \cdot S}} \quad (3.26)$$

де S – шлях на переключення в наступну позицію, м; $S=0,28$ м.

V – швидкість усталеного руху; приймаємо $V=1,2$ м/с.

a_m – модуль прискорення при гальмуванні; приймаємо $a_m=4$ м/с².

γ - коефіцієнт, який може бути змінним в залежності від співвідношення прискорення револьверної головки при розгоні і при гальмуванні; $\gamma=1$

$$T = \sqrt{0,28 / 4} \cdot \frac{1 + 1 \left(1,2 / \sqrt{4 \cdot 0,28} \right)^2}{1,2 / \sqrt{4 \cdot 0,28}} = 0,53 \text{ñ.}$$

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Діаметр гідроциліндра визначаємо за формулою :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot b \cdot F_{\max}}{\pi \cdot p}}$$

де $F_{\max}$ – граничне силове навантаження; $F_{\max} = 8500$ Н

b – коефіцієнт що залежить від типу ущільнень штоку; приймаємо $b=1,5$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 8500}{3,14 \cdot 6,27}} = 50,9 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр гідроциліндра 60 мм.

Визначаємо розхід рідини за формулою :

$$Q = V_{\max} \cdot S \quad (3.27)$$

де S – площа поршня

$$S = \pi \cdot R^2 = 3.14 \cdot 30^2 = 2826 \text{ мм}^2 = 0,003 \text{ м}^2$$

$V_{\max}$ – максимальна швидкість переміщення штоку, $V_{\max} = 6$ м/хв.

$$Q = 6 \cdot 0,003 = 18 \text{ л./хв.}$$

Розрахунок гідроциліндра у режимі затиску-розтиску револьверної головки проводимо в такій послідовності:

1. Визначення робочі площі гідроциліндра за формулою :

$$S = 0.25 \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \quad (3.28)$$

де D - зовнішній діаметр поршня; $D=160$ мм.

d - зовнішній діаметр поршня; $d=70$ мм.

$$S = 0.25 \cdot 3.14 \cdot (160^2 - 70^2) = 0.016 \text{ м}^2$$

2. Розрахунок тягової сили гідроциліндра:

$$F = S \cdot (p_1 - p_2) - F_{\text{тр}} \quad (3.29)$$

де p_1, p_2 – різниця тисків в порожнинах гідроциліндра

$$p_1 - p_2 = 6,27 - 0,7 = 5,57 \text{ Па}$$

$F_{\text{тр}}$ - сила тертя між корпусом циліндра і поршнем; $F_{\text{тр}} = 1500$ Н

$$F = 0,016 \cdot 5,57 - 0,0015 = 87,6 \text{ кН}$$

Оптимальна сила затяжки двох півмуфт з умови збереження жорсткості складає 54 кН. Цю силу забезпечує гідроциліндр $87,6 \text{ кН} > 54 \text{ кН}$.

3. Визначаємо час розтиску-затиску гідроциліндра за формулою:

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

(3.30)

$$t_z = \frac{60 \cdot l}{K} t_z = \frac{60 \cdot 0,006}{1,2} = 0,3c$$

де l – величина, яка забезпечує розчеплення двох зубчастих пів муфт; $l=0,006$ м.
Час виконання повороту револьверної головки на одну позицію розраховуємо за формулою:

$$T_c = t_p + t_n + t_z + t_{r.a.} \quad (3.31)$$

де t_p, t_z – час на розтиск і затиск РГ;

t_n – час на поворот РГ;

$t_{r.a.}$ – час на спрацювання гідравлічного реверсного золотника з електричним керуванням; $t_{r.a.} = 0,05c$.

$$T_c = 0,3 + 0,53 + 0,3 + 0,05 = 1,18 c.$$

3.4 Конструювання та розрахунок різального інструменту

На операції 025 «Свердлувальна» проводиться обробка отворів $\varnothing 22H9^{+0,052}$. Для отримання даного розміру з одного установу за один прохід застосовуємо комбінований інструмент «Свердло - розвертка».

Конструкція комбінованого інструмента залежить головним чином від форми отвору і технологічних умов обробки.

Ступінчастий свердлильний інструмент являє собою поєднання двох інструментів, де основним і вступає перший в роботу є свердло $\varnothing 21,7$, а потім розвертка $\varnothing 22^{+0,052}$.

Свердло і розвертка мають одну стружкову канавку, що значно спрощує виготовлення інструменту. При обробці отвори за допомогою кондукторної втулки робочу довжину меншого діаметру слід робити не більше $3d$:

$$l_1 = 3d = 3 \cdot 21,6 = 64,8 \text{ мм}$$

приймаємо $l_1 = 50 \text{ мм}$

Приймаємо кут при вершині $2\phi = 118 \pm 2^\circ$ з урахуванням властивостей оброблюваного матеріалу (сталь 35 ГОСТ 1050-88).

Кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 30^\circ \pm 2^\circ$.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Діаметр серцевини $k = 1,25 d = 1,25 \cdot 21,6 = 2,7$ мм , приймаємо $k = 2,5$ мм.

Ширина стрічки $f_0 = (0,32 \div 0,45) \sqrt{d}$, приймаємо $f_0 = 1,9^{+0,3}_{-0,5}$.

Форма заточки ДП (подвійна з підточуванням перемички) .

Кут нахилу поперечної кромки $\psi = 55^\circ$, задній кут $\alpha = 11^\circ$.

Зворотна конусність свердла на 100мм довжини $0,02 \div 0,08$ мм.

Ширина пера $B = 0,58 d = 0,58 \cdot 21,6 = 12,5$ мм

Радіальне биття по стрічечках на всій робочій частині свердла щодо осі хвостовика не більше 0,12 мм.

Термообробка ріжучої частини свердла 63 ... 65HRC .

Серцевина свердла повинна рівномірно потовщуватись по напрямку до хвостовика на 1,4 ... 1,8 мм на кожні 100мм довжини.

Інші технічні вимоги для свердла по ГОСТ 2034-80 .

Розраховуємо розміри розвертки , яка вступає в роботу після свердла.

Оброблюваний отвір $\varnothing 22H9^{(+0,052)}$.

Розвертка призначається для обробки точних отворів з високою чистотою поверхні , попередньо оброблених свердлом або зенкером. Так як розвертка знімає невеликий шар металу, вона тільки виправляє форму отвору, але не виправляє напрямок осі отвору .

Вибираємо циліндричну розвертку з прямими канавками.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Діаметр розвертки - найважливіший конструктивний елемент . При призначенні діаметра розвертування враховують розбивку отвори , запас на знос допуски на виготовлення розвертки.

Визначаємо max і min діаметри розвертки по ГОСТ 25347-82

$$D_{\max}=D_{\max \text{ отв}}-0,15JT \quad (3.32)$$

$$D_{\min}=D_{\max \text{ отв}}-0,35JT, \quad (3.33)$$

де JT – допуск отвору, який відповідає заданому квалітету.

$$JT=0,052$$

$$D_{\max}=22,052 - 0,15 \cdot 0,052=22,0442\text{мм}$$

$$D_{\min}=22,052 - 0,35 \cdot 0,052=22,0338\text{мм}$$

Виконавчий розмір розвертки $\varnothing 22,044_{-0,019}$

Визначаємо число зубів розвертки

$$Z=1,5\sqrt{D}+2 \quad (3.34)$$

$$Z=1,5\sqrt{22}+2=9, \text{ приймаємо } Z=8.$$

Кут ріжучої частини залежить від призначення розвертки і оброблюваного матеріалу, $\varphi=15^\circ$.

Передній кут $\gamma = 7^\circ$, так як розвертка є чистовим інструментом і знімає невелику стружку.

Задній кут $\alpha=10^\circ \pm 2^\circ$.

Ширина стрічки по циліндру - дуже важливий елемент розвертки, її роблять на калібрує розвертки $f=0,15 \pm 0,05$, приймаємо $f=0,3\text{мм}$

Зворотний конус – конструктивний елемент для зменшення тертя об стінки оброблюваного отвору. Калібровану частину розвертки роблять із зворотним конусом у напрямку до хвостовика . Величина зворотного конусності розвертки на 100 мм довжини не більше 0,03 мм

Довжина забірної частини розвертки

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$l_1 = \frac{D - D_2}{2} \operatorname{ctg} \varphi + m, \quad (3.35)$$

де $D_2 = D \cdot 2,6t = 22 - 2,6 \cdot 0,165 = 21,574 \text{ мм}$

$m = 1 \div 3 \text{ мм}$

$$l_1 = \frac{22 - 21,571}{2} 3,782 + 2 = 2,8 \text{ мм},$$

приймаємо $l_1 = 2,5 \text{ мм}$

Інші технічні вимоги по ГОСТ 1523-81

Нерівномірне розбивка кроків зубів розгортки по ГОСТ 7722-77

Термообробка ріжучої частини розгортки 63 ... 65 HRC_e.

Комбінований інструмент свердло-розвертка це зварна конструкція, котра складається з двох частин: різальної частини, яка виготовлена зі сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та хвостовика із сталі 9ХС ГОСТ 5950-71. Інструмент виконаний з конічним хвостовиком Морзе з лапкою по ГОСТ 25557-82.

Визначимо номер Конуси Морзе хвостовика.

Момент тертя між хвостовиком і втулкою:

$$M_{\text{тр}} = \frac{\mu \cdot P_o (D_1 + d_2) (1 - 0,4 \Delta \Theta)}{4 \sin \Theta} \quad (3.36)$$

Прирівнюємо момент тертя до максимального моменту, що створюється, при роботі затупленим свердлом, який збільшується до 3-х разів у порівнянні з моментом M , прийнятим для нормальної роботи свердла

$$3M_{\text{ср}} = M_{\text{тр}} = \frac{\mu \cdot P_o (D_1 + d_2) (1 - 0,4 \Delta \Theta)}{4 \sin \Theta} \quad (3.37)$$

Середній діаметр конуса хвостовика

$$d_{\text{ср}} = \frac{D_1 + d_2}{2}, \text{ або} \quad (3.38)$$

$$d_{\text{ср}} = \frac{6M_{\text{н0}} \sin \Theta}{\mu P_x (1 - 0,04 \Delta \Theta)}, \quad (3.39)$$

де $\mu = 0,096$ – коефіцієнт тертя стали по стали

$\Theta = 1^\circ 25' 16''$ – половина кута конуса (конусність рівна 0,05020, $\sin \Theta = 0,0251$)

$\Delta \Theta = 5'$ – відхилення кута конуса

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначаємо осьову силу

$$P_x = 10 C_p D^q \rho^y K_{mp}, \quad (3.40)$$

де – $C_p=68$, $q=1$, $y=0,7$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_a}{750} \right)^u,$$

де $u=0,75$

$$K_{mp} = \left(\frac{540}{750} \right)^{0,75} = 0,78$$

$$P_x = 10 \cdot 0,0345 \cdot 68 \cdot 21,7 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,78 = 3730 \text{ Н}$$

Визначаємо крутний момент

$$M = 10 C_H D^q \rho^y K_p, \quad (3.41)$$

де – $C_H=0,0345$, $q=2$, $y=0,8$, $K_p = K_{mp}=0,78$

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 21,7^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,78 = 34,8 \text{ Нм} = 3480 \text{ кг мм}$$

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 3480 \cdot \sin 1^\circ 26' 16''}{0,096 \cdot 373(1 - 0,04 \cdot 5)} = 18,3 \text{ мм}$$

по ГОСТ 25557-82 приймаємо Конус Морзе №3 з лапкою та з наступними основними конструктивними розмірами:

$$D_1=24,1 \text{ мм}, l_3=94 \text{ мм}, l_4=99 \text{ мм}, D=23,825 \text{ мм}$$

Приймаємо загальну довжину інструмента 295мм

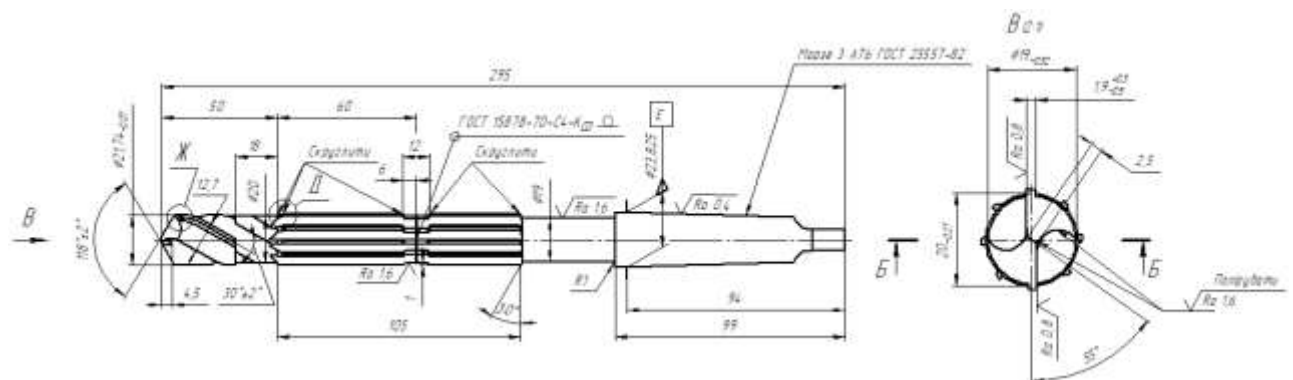


Рисунок 3.3 - Свердло-розвертка ø22

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.5 Розробка вимірювального пристрою та схеми вимірювання

Для контролю діаметрів отворів $\varnothing 120_{-0,059}^{-0,024}$ і $\varnothing 125_{-0,068}^{-0,028}$ деталі «Ступиця...» використовуємо індикаторний нутромір моделі НН-160М ГОСТ 862-82 з діапазоном вимірювань 100-160 мм 1 класу точності і з ціною поділки індикатора 0,01 мм.

Таблиця 3.3 Технічні характеристики нутроміра НН-160М

Діапазон вимірювання, мм	Найбільша глибина вимірювання, мм	Границя допустимої основної похибки, мм		Силовий фактор у процесі вимірювання, Н
		на довільній ділянці 1 мм діапазону вимірювання	в межах всього переміщення вимірювального стержня	
100-160	300	0,010	0,015	5-9

Нутромір (рисунок 3.4) складається з корпусу 9 і труби 6, на якій кріпляться ручка 4 і затиск 2. Зажим служить для закріплення індикатора 1. До корпусу приєднується вставка 11, в якій з одного боку переміщується рухливий вимірювальний стрижень 8, а з другого за допомогою контргайки 12 закріплюється змінний нерухомий вимірювальний стрижень 13. Рухомий вимірювальний стрижень через важіль 15, що посаджений на вісь 14 і шток 5 переміщає вимірювальний стрижень індикатора. Вимірювальне зусилля нутроміра дорівнює сумі вимірювального зусилля індикатора і зусилля пружини 3. Місток 10 призначений для поєднання лінії вимірювання нутроміра з площиною, яка проходить через вісь вимірюваного отвору, переміщається уздовж осі вставки під дією двох пружин 7.

Комплект змінних вимірювальних стрижнів дозволяє проводити встановлення нутроміра на розмір в межах діапазону вимірювань.

Установка нутроміра на заданий розмір проводиться по калібр-кільцю.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

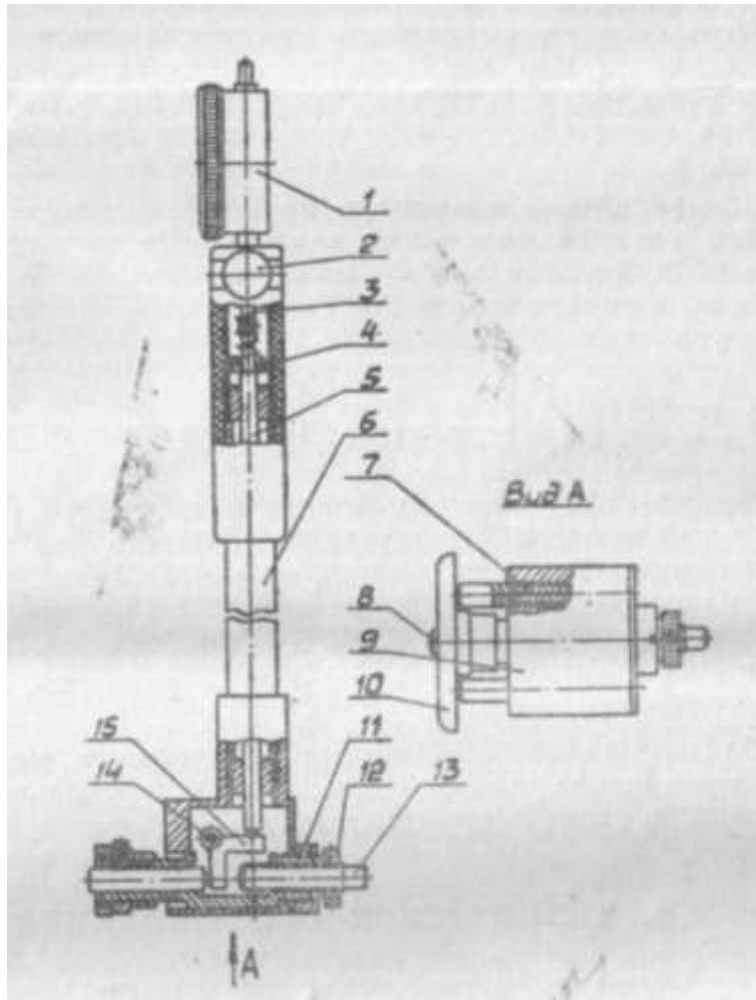


Рисунок 3.4 - Нутромір індикаторний НИ-160М

Нутромір вводиться в отвір, відповідно з малюнком 3.5, і, легко похитуючи, визначається максимальний показ індикатора. Різниця між максимальним показом і нульовим відліком визначає відхилення дійсного розміру від необхідного значення.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

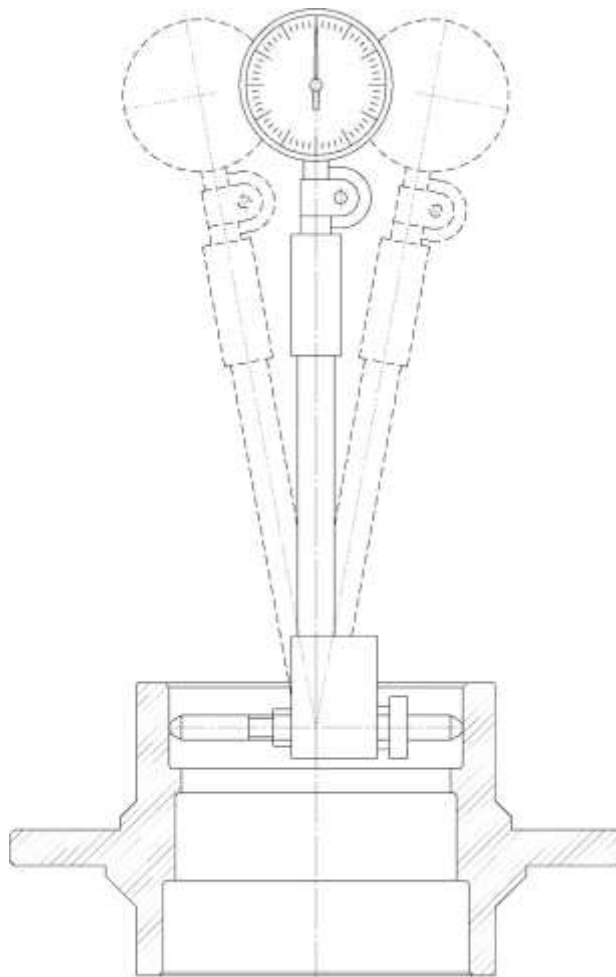


Рисунок 3.5 - Схема вимірювання $\varnothing 120^{+0,024}_{-0,059}$ і $\varnothing 125^{+0,028}_{-0,068}$

При вимірюванні діаметру отворів індикаторними нутромірами виникають похибки від приладу; температурних деформацій; варіацій показань; суміщення лінії вимірювання з діаметром у площині, перпендикулярній до осі отвору, і в осьовій площині; від установки нутроміра на заданий розмір; через шорсткості поверхні контрольованого отвору.

Температурні похибки нутромірів визначені з урахуванням рекомендацій і матеріалів при оптимальних температурних умовах вимірювання. Найбільш часто порушують ці умови, коли нутромір тримають не за теплоізоляційну ручку, а за корпус. При цьому температурні похибки будуть значно більші від розрахункових.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Похибка від суміщення лінії вимірювання з діаметром у площині, перпендикулярній до осі отвору , дорівнює похибці центрування через неточність розташування центрального містка. Ця похибка нормується ГОСТ 868 - 82 .

Похибка центрування залежить від співвісності вимірювальних стержнів нутроміра. Систематично необхідно перевіряти співвісність всіх змінних вимірювальних стержнів нутроміра. Така перевірка може бути проведена при перестановці нутроміра з блоку кінцевих мір з боковинами в кільце того ж номінального розміру, що і блок мір .

Похибка від суміщення лінії вимірювання з діаметром отвору в осьовій площині обумовлена нахилом лінії вимірювання щодо діаметру на деякий кут .

При установці нутромірів на розмір по атестованому кільцю вимірювання рекомендується проводити в межах двох-трьох поділів по відліковому пристрою. У цьому випадку можна отримати максимальну точність не тільки за рахунок власне нутроміра, але і за рахунок складових похибки: при вимірюванні нутроміром в межах, більших, ніж 0,03 мм, установка по кільцю не дає помітного зменшення сумарної похибки через відносно великі величини інших складових похибок, в першу чергу похибку приладу.

Похибки вимірювання, при певних параметрах нутромірів, обумовлюються шорсткістю поверхні вимірюваного отвору. Якщо при вимірюванні нутромірами вимірювальні поверхні змінних стержнів будуть мати радіуси сфери менші, ніж у стандартних стержнів, то це може привести до збільшення похибки вимірювання , обумовленої шорсткістю поверхні , особливо при шорсткості нижче 7 -го класу.

Ця похибка може зрости в порівнянні з розрахунковою, також при зменшенні вимірювального зусилля нутроміра в порівнянні з нормованим.

Похибки, обумовлені шорсткістю поверхні, необхідно визначити експериментально і врахувати їх при розрахунку сумарної похибки вимірювання.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У індикаторного нутроміра необхідно розрізняти похибку власне нутроміра, яка нормується за ГОСТ 868-82 і похибку нутроміра при вимірюванні, яка обумовлена розрахунком. Другий вид похибки виникає через відсутність фіксованого положення початку відліку, і приводить до різних погрішностей приладу, що виявляють при його перевірці. Основні складові похибки вимірювання індикаторним нутроміром є нормовані в ГОСТ 868 - 82 .

Сумарна похибка результату вимірювань складається з не виключеної систематичної похибки (НСП) і випадкової похибки. Знаходимо довірчу межу НСП результату вимірювань , згідно РМГ 29 - 99 :

$$\Theta(D) = \pm \sum_{i=1}^N |\Theta_i|, \quad (3.42)$$

де Θ_i – межа і-ї складової не виключеної систематичної похибки при $N \leq 3$;
 N – число доданків, які складаються з меж допустимих основних і додаткових похибок, робочих еталонів і т. д.

$$\Theta(P) = 1,3 \sqrt{(\Delta_{\tilde{N}\tilde{E}})^2 + (\Delta_{\tilde{I}\tilde{d}\tilde{o}})^2 + (\Delta_{\tilde{d}\tilde{a}\tilde{d}.\tilde{y}\tilde{o}\tilde{d}\tilde{e}})^2}, \quad (3.43)$$

при $N \geq 4$ – складових НСП.

Знаходимо середнє арифметичне від спостережень:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{n}, \quad (3.44)$$

де x_i – результат і-го одиничного вимірювання;
 $\bar{x}$ – середнє арифметичне значення вимірюваної величини;
 n – число спостережень.

Розраховуємо середньоквадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (3.45)$$

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Якщо $\frac{\Theta(P)}{S(P)} \leq 0,8$, то одноразові вимірювання мають право на їх проведення

і тоді сумарна похибка буде на багато меншою ціни поділки приладу та поля допуску. Також можна ігнорувати випадковими похибками і приймають $\Delta(P) = \Theta_i(P)$. У цих випадках методика виконання вимірювань по ГОСТ Р 8.563 – 96 може бути суміщена з інструкцією на експлуатацію стрілкового індикатора (СІ) та норми, які закладені у конструкторську документацію та технологічну інструкцію до приладу.

Якщо $\frac{\Theta(P)}{S(P)} < 8$, то величиною $\Theta_i(P)$ – НСП нехтують і кінцево приймають

за похибку результат вимірювання

$$E(P) = Z_{(p/2)} \cdot S(x) = \varepsilon(P), \quad (3.46)$$

при довірчій ймовірності (P),

де $Z_{(p/2)}$ – коефіцієнт Лапласа (беремо у спеціальних таблицях в залежності від величини довірчої ймовірності (P)).

Якщо $0,8 \leq \frac{\Theta(P)}{S(P)} \leq 8$ то довірчу межу похибки результатів вимірювання

розраховують за формулами:

$$\Delta = K(P) \cdot [\Theta(P) + \varepsilon(P)], \quad (3.47)$$

$$\hat{E}(P) = K_{\Sigma(\gamma)} = \frac{\sqrt{1 + \gamma^2}}{1 + \gamma}, \quad (3.48)$$

$$\gamma = \frac{\Theta(P)}{[\sqrt{3} \cdot K(P) \cdot S(x)]}, \quad (3.49)$$

$$\Theta_i(P) = K(P) \sqrt{\sum_{j=1}^m \Theta_j^2}, \quad (3.50)$$

де $K(P)$ – коефіцієнт, який визначається прийняти параметром P і числом m складових НСП;

Θ_j – знайдені нестатистичними методами межі j-ої складової НСП (межі інтервалу, в середині котрого міститься ця складова, та яка визначається при відсутності даних про ймовірність її знаходження у цьому інтервалі).

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При $P=0,90$ $K(P)=0,95$, при $P=0,95$ $K(P)=1.1$ відповідно при довільному числі доданків m . Далі значення зведені в таблицю 3.4.

Таблиця 3.. Значення $K(P)$ від m при $P=0,99$

При $P=0.99$ значення $K(P)$ мають наступні значення	
m	$K(P)$
2	1,2
3	1,3
4	1,4
5	1,45
6	1,45

Результат вимірювання має наступний вигляд

$$A = \bar{x} \pm \Delta, \quad (3.51)$$

З метою зручності вимірювання в пропонованому технологічному процесі виготовлення деталі «Ступиця» пропонується доробка нутроміра НН-160М, яка описується в графічній частині проекту і полягає у вкороченні довжини труби поз.6 відповідно з малюнком 3.4.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи безпеки життєдіяльності, які необхідні для обслуговування верстату

У кваліфікаційній роботі розглянуті і розроблені питання підвищення безпеки обслуговування верстата-аналога і поліпшення умов праці на ньому. Верстат є токарним-револьверним з ЧПК. Робітник при його обслуговуванні виконує тільки операцію завантаження заготовок і зняття готових деталей за допомогою транспорно-підйомних механізмів. У верстаті використовується стрижневий різальний інструмент із досить високою міцністю і зносостійкістю.

При експлуатації проектного верстата в механічному цеху небезпечними і шкідливими виробничими факторами є:

- частини верстата, що рухаються - планшайба поворотного столу з установленими на ній пристосуваннями, на яку оператор завантажує заготовки, різальні інструменти і рухомі частини силових агрегатів;
- дрібна чавунна стружка, металева стружка великого перерізу;
- можлива поломка інструменти при великих навантаженнях;
- підвищена напруга в електричній мережі, запиленість і загазованість повітря робочої зони та ін..

Ці фактори враховані при проектуванні захисних елементів верстата з обліком його наступної експлуатації в механічному цеху в напрямку зниження їхнього шкідливого впливу.

Згідно вимог ДСТ12.2.009-80 центральна частина верстата з револьверною головкою, у котрій закріплені установчо-затискні пристосування, обгороджена щитками, надійно закріпленими на корпусі [28, 29]. Ці щитки захищають робітника від стружки, що відлітає, і МОР. Захисні пристрої виконані зі сталі товщиною не менше 0,8 мм чи листового алюмінію товщиною не менше 0,2 мм.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тимошик				Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Шанайда						55	5
Консульт.	Мариненко					ТНТУ, ФМТ каф. ВІ, гр. МВ-41		
Н. контр.	Кобельник							
Зав. каф.	Крупа							

Можливе застосування міцної пластмаси товщиною не менше 4 мм. При необхідності виконуються захисні вікна з оглядовим склом товщиною не менш 4 мм безпечним за ДСТ 5727-83.

Найбільш виступаючі при роботі за габарит планшайби зовнішні торці складальних одиниць, здатні травмувати ударом (максимальна кількість обертів яких, складає до 120 об/хв), зафарбовані смугами жовтого і чорного кольору, що чергуються під кутом 45 градусів з нанесенням попереджувачих знаків небезпеки на огороження.

Верстат має запобіжний пристрій від перевантаження, який запобігає продовженню обертання рухомих частин при поломці деталей верстата та інструменту. У верстаті впроваджені блокування, що забезпечують включення циклу обробки тільки після закінчення затиску деталі в пристосуванні. Використані також блокуючі пристрої для надійного механічного закріплення заготовок та інструменту при аварійному припиненні подачі електроенергії, падінні тиску масла чи повітря в системі пневмо та гідроприводів затискачів.

Органи ручного керування виконані і розташовані так, щоб ними було зручно користуватися, не приводило до випадків защемлення чи перетину з іншими органами керування і частин верстата. Відповідно до ДСТ12.2.009-80 кожна кнопка позначена написами і сигнальними лампами; написи виконані чіткими символами, що не піддаються стиранню. Надписи видимі на відстані не менш 500 мм. Нижній ряд кнопок розташований не нижче 600 мм, а верхній не вище 1700 мм від підлоги. Рукоятки й інші органи керування верстатом забезпеченні надійними фіксаторами, що не допускають мимовільне переміщення органів керування.

Пристрої для закріплення заготовок та інструменту мають гладкі зовнішні поверхні. Закріплення на верстаті патронів, планшайб, оправок інструмента й інших знімних елементів виключає мимовільне реверсування руху за допомогою запобіжних фіксуєчих механізмів.

Форма верстата і його елементів забезпечує зручний відвід стружки і МОР із зони різання і видалення стружки з зони планшайби. Верстат обладнаний

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

централізованою системою змащення періодичної дії відповідно до ДСТ12.2.009-80. Місце змащення зафарбовано у відмінний від основного кольору верстата колір. У резервуарах гідравлічної та мастильної систем, встановлених біля верстата, передбачені горловини для відкачування мастила гідравлічним насосом. Дно резервуара знаходиться на висоті не менш 100 мм від підлоги. Трубопроводи гідро- і пневматичних охолоджувальних систем, прокладені вище рівня підлоги, розташовані на висоті не менш 2000 мм над рівнем підлоги. Пристрої для підведення ЗОР в зону обробки верстата забезпечують можливість зручного і безпечного регулювання їхнього положення, надійної фіксації і необхідного розподілу рідини в зоні різання.

Згідно правил електроприладів (ПУЭ-87) [31] по небезпеці враження електричним струмом, механічний цех відноситься до II класу небезпеки. Напруга, яка подається на устаткування - 380 В, а для освітлення - 220 В.

Електробезпека забезпечується системою організаційних і технічних заходів. Струмопровідні частини захищені кожухами та діелектричним покриттям від випадкового дотику.

У цеху передбачена електрична мережа з заземленою нейтраллюю. Для захисту від поразки людини електричним струмом при дотику до корпусів устаткування, що знаходяться під напругою, передбачається занулення.

4.2 Перевірочний розрахунок муфти електроприводу верстату

Для передачі крутного моменту з вихідного вала редуктора на привідний вал застосовується пружна компенсувальна муфта зі сталевими стержнями. Пружними елементами даної муфти є сталеві циліндричні стержні аксіально розташовані. Стержні встановлюються в отвори напівмуфт по посадці H8 / h9. Монтаж і демонтаж муфти можна виконувати без осьового зсуву з'єднаних вузлів. Стержні виготовляють з рессорно-пружинних сталей, напівмуфти - з вуглецевих конструкційних сталей. Для розрахунку крутного моменту T_k , який навантажує муфту в приводі, використовується рівняння:

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$T_K = K \cdot T_h, \quad (4.1)$$

де: T_h – номінальний діючий момент, $T_h = 336,58 \text{ Нм}$;

K – коефіцієнт режиму роботи, $K=1,6$ при середньому режимі роботи.

$$T_K = 1,6 \cdot 336,58 = 538,52 \text{ Нм}$$

Вибираємо муфту за табличними даними для моменту $T=538,52 \text{ Нм}$ (рис. 4.1).

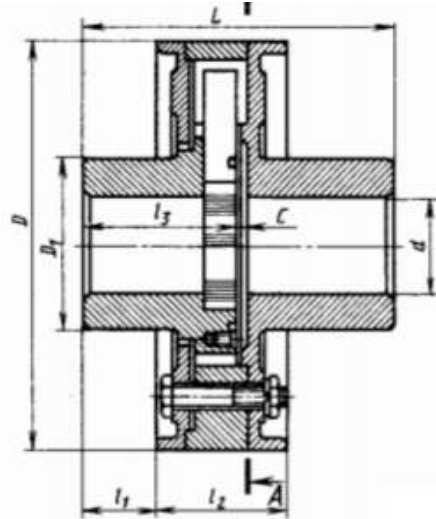


Рисунок 4.1. Переріз пружної муфти

В теоретичних розрахунках додаткове навантаження пружних елементів, викликане радіальним зміщенням валу, враховується при визначення крутного моменту [30].

$$T = K_p T_K \quad (4.2)$$

де: $K_p=1,1$ – коефіцієнт який враховує додаткове навантаження.

$$T = 1,1 \cdot 538,52 = 592,38 \text{ Нм}$$

Розраховуємо геометричні характеристики.

$$D_0 = 18 \cdot \sqrt[3]{T} = 18 \cdot \sqrt[3]{592,38} = 151,17 \text{ мм} \quad (4.3)$$

приймаємо $D_0 = 150 \text{ мм}$.

$$S = \xi D_0 = 0,26 \cdot 150 = 39 \quad (4.4)$$

$$l_c = 2,4 \cdot S = 93,6 \text{ мм} \quad (4.5)$$

приймаємо $l_c = 95 \text{ мм}$.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Діаметр стержнів.

$$d_c = \frac{4[\sigma]_u D \xi^2 (3 - \psi^2)}{3E\varphi} \quad (4.6)$$

де: $[\sigma]_u$ - допустиме напруження згину матеріалу стержня – Сталь 60С2ХА

$[\sigma]_u = 1260 \text{ МПа}$ [30 с. 307] ;

E – модуль пружності;

$\psi = 1$ - для муфт з постійною жорсткістю;

$\xi = 0,26$

$\varphi = 0,035$ рад – кут відносно повороту півмуфти.

$$d_c = \frac{4 \cdot 1260 \cdot 150 \cdot 0,26^2 \cdot (3 - 1^2)}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,035} = 4,35 \text{ мм}$$

приймається $d_c = 4,5 \text{ мм}$.

Число стержнів.

$$z = \frac{64 \cdot 10^3 \xi \psi T}{\pi [\sigma]_u d_c^3} = \frac{64 \cdot 10^3 \cdot 0,26 \cdot 1 \cdot 612}{3,14 \cdot 1260 \cdot 4,5^3} = 28,2 \quad (4.7)$$

Приймається $z = 30 \text{ шт.}$

Для зменшення зносу стержнів і їх гнізд в півмуфтах через масляний канал заповнюється пластичним мастилом.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проаналізовано технологічний процес механічної обробки деталі "Ступиця шасі-84707С", а також токарно-револьверний верстат моделі 1П732РФ3.

При виконанні кваліфікаційної роботи вдосконалено базовий технологічний процес механічної обробки деталі "Ступиця шасі-84707С", проведено аналіз конструктивних і функціональних особливостей токарно-револьверних верстатів; виконано аналіз схем технологічного налагодження, які реалізовані при обробці деталі; здійснено конструювання коробки швидкостей; спроектовано комбінований металорізальний інструмент та спеціальний нутромір.

У кваліфікаційній роботі слід виокремити наступні результати:

- запропоновано раціональний технологічний механічної обробки деталі "Ступиця шасі-84707С";
- -проведено розрахунок режимів різання по операціях;
- -модифіковано структурно-кінематичну та кінематичну схеми верстату на базі моделі 1П732РФ3;
- -проведено повний кінематичний та силовий розрахунок приводу головного руху модернізованого верстату на базі моделі 1П732РФ3;
- розраховано та сконструйовано спеціальний комбінований різальний інструмент " Свердло-розвертка $\varnothing 22$ ";
- запропоновані до впровадження заходи безпеки життєдіяльності, які необхідні для обслуговування верстату;
- в межах питань з основ охорони праці виконано перевірочний розрахунок муфти електроприводу верстату.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив	Тимошик						59	1
Перевірів	Шанайда							
Рецензент						ТНТУ, ФМТ каф. ВІ, гр. МВ-41		
Н. контр.	Кобельник							
Зав. каф.	Крупа							

Перелік посилань

1. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку: навч. посіб. Тернопіль: ФОП Осадца, 2023. 308 с.
2. 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.
3. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.
4. Технологія обробки на верстатах з ЧПК / Б. М. Гевко, А. В. Матвійчук, А. М. Артюхов, А. І. Пік, А. В. Гагалюк, Р. І. Лотоцький. Тернопіль: Крок, 2014. 131 с.
5. Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Крупа В.В., Мимрик Н.П. Підвищення продуктивності процесу і якості плоскої поверхні сформованої комбінаційним торцевим фрезеруванням. *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць*. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – № 3 (47).
6. Ревнівцев М.П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.
7. Склярів Р. А., Шанайда В.В. Розробка критеріальних оцінок для аналізу компоновок верстатів з паралельною кінематикою. *Матеріали XIX наукової конференції ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 18-19 травня 2016 р. Т.: ТНТУ, 2016. С. 74.*
8. Склярів Р. А., Шанайда В.В. Динамічна модель приводу автоматичної заміни інструментів багатоцільових верстатів. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції „Обладнання і технології сучасного машинобудування“, 11-12 травня 2017 року. Т. : ТНТУ, 2017. С. 155–156.*

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тимошик				Перелік посилань		Літ	Аркуш
Перевірів	Шанайда							61
Рецензент								5
Н. контр.	Кобельник						ТНТУ, ФМТ каф. ВІ, гр. МВ-41	
Зав. каф.	Крупа							

9. Кривий П. Д., Крупа В.В. Інструментальне забезпечення процесу розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів. *Вісник ЖДТУ*. 2012. №2. С. 23-34.
10. Шанайда В. Вирішення задач оптимізації параметрів різального інструменту з використанням пакета MathCAD. *Вісник ТДТУ*. Т.: ТДТУ, 2000. Том 5. № 1. С. 51–57.
11. Шанайда В.В., Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Проектування токарних різців. Методичний посібник до виконання практичної та курсової роботи, а також самостійної підготовки студентів з дисципліни «Проектування різальних інструментів» студентами денної та заочної форм навчання. Тернопіль, ТНТУ, 2020. 50 с.
12. Volodymyr Shanaida, Ruslan Skliarov, Valeriy Lazaryuk. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations. *Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, November 22–24, 2023, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland*. 2023, 3628, pp. 43-54.
13. V. Shanaida, V. Lazaryuk, A. Blavitskyi, J. Żylińska, S. Tkaczyk, V. Hutsaylyuk. Innovation Aproaces in CAD Systems Training Program. *2024 5th International Conference in Electronic Engineering, Information Technology & Education (EEITE)*, Chania, Greece, 2024, pp. 1-4.
14. Shanaida, V., Lazaryuk, V., Skliarov, R. Software module for project analysis in mechanical processing and welding of frame structures. *CEUR Workshop Proceedings*, 2024, 3896, pp. 532-539.
15. Скляр Р., Шанайда В. Використання багатофункціонального пакету MathCad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів. *Збірник тез доповідей XVI наукової конференції ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 5-6 грудня 2012 року*. Т. : ТНТУ, 2012 - Том II: Матеріалознавство та машинобудування. С. 69.
16. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках/ Шанайда В.В. Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001. 163 с.
17. Гагалюк А. В., Скляр Р.А. Генетичні алгоритми в генеративному дизайні. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 60-річчя з дня заснування*

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14–15 травня 2020 року. Т. : ТНТУ, 2020. С.56-57.

18. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization / Andriy Nahalyuk, Volodymyr Krupa. *Scientific Journal of TNTU*. — Tern.: TNTU, 2023. Vol 111. No 3. P. 67–75. <https://visnyk.tntu.edu.ua/?art=739>
19. Шанайда, В.В. Створення схем формоутворення внутрішніх різей на основі принципів структурно-векторного синтезу. *Збірник тез доповідей. наук. конф. ТНТУ МТФ «Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті»*. Тернопіль: ТНТУ (16 травня 2011 р.), 2011. С.109–110.
20. Кобельник В.Р., Крупа В.В., Тимошенко Н.М. Каровська О.М. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів. *Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 31 жовтня — 02 листопада 2018 року* / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-79.
21. Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М.І. Про характер зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів. *Вісник ТНТУ : Науковий журнал.*: Тернопіль : ТНТУ, 2012. № 4 (68). С. 114–127.
22. Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Конструкторсько-технологічне забезпечення зменшення задирок при наскрізному свердлінні. *Всеукраїнська молодіжна конференція «Машинобудування України очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво, 22 – 25 жовтня 2012 р. : тези допов.* К.: КПІ, 2012. Том 1. С. 71–73.
23. Кривий, П. Д., Крупа, В. В. Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. *Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки"*. 2016. 2(53). Т.1. С.45-56. [https://doi.org/10.26642/tn-2010-2\(53\)](https://doi.org/10.26642/tn-2010-2(53))
24. Кривий П., Крупа В., Продан В. Конструкторсько-технологічні передумови підвищення якості оброблення глибоких отворів тонкостінних циліндрів. *Вісник ТДТУ*. 2010. Т. 15, № 1. С. 147–156.

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

25. Склярів Р.А., Шанайда В.В., Редько Р.Г., Четвержук Т.І. Порівняльно-правовий аналіз законодавства у сфері захисту програмних продуктів у Франції, Німеччині та Україні. *Наукові записки. Серія: Право*. 2023. Випуск 14. Кропивницький, 2023. С. 27 - 39.
26. Редько Р.Г., Склярів Р.А., Шанайда В.В. Порівняльно-правовий аналіз законодавства в області інтелектуальної власності в країнах ЄС та Україні. *Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки»*. Луцьк, 2023, №75. С. 9 - 14.
27. Склярів Р. А., Шанайда В. В., Склярова Н. Р. Особливості захисту баз даних в країнах ЄС та в Україні. *НАУКОВІ ЗАПИСКИ. СЕРІЯ: ПРАВО*. Випуск 17, Кропивницький: 2024. С. 220-230.
28. Луців І.В., Склярів Р. А., Шанайда В.В. Інтелектуальна власність. (Частина 1). Система охорони інтелектуальної власності: навчальний посібник. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. 112 с.
29. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 276 с.
30. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
31. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000 – 352 с.
32. Правила улаштування електроустановок. Веб-сайт: Міненерговугілля України. <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/ПУЕ> (дата звернення: 24.05.2025).
33. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник/За ред Сіліна Р.І. Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2008. 448 с.
34. 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 ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні

					КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

текстові данні (1 файл: 6,5 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 86 с.

35. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник/За ред Сіліна Р.І. Львів: В-во держ. Ун-та "Львівська політехніка", 2000. 380 с.

					<i>КРБ 21-042.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		