

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Цільова розробка технологічного процесу відновлення зчеплення автомобіля

Рівень вищої освіти бакалавр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»
Освітня програма «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр КРБМТВА 2521158.000 ПЗ

Виконав студент 4-го курсу
група МТВА 21-1
Шифр



Підпис

Валентин ДЯЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник д.т.н., проф.
Науковий ступінь, звання



Підпис

Павло КАПЛУН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Нормоконтролер



Підпис

Олег БАБАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ
Назва



Підпис

Олександр ДИХА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 9.06.25

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність – 132 «Матеріалознавство»

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

20-07 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дячука Валентина Васильовича

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи «Цільова розробка технологічного процесу відновлення зчеплення автомобіля»

керівник роботи Каплун Павло Віталійович д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025р. № 23 (Д14)

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по стабілізатору підвіски, складанню і регулюванню вузла дослідження; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз вихідних даних та відомих технічних рішень; 2 Розробка технологічного процесу відновлення зчеплення автомобіля; 3. Обґрунтування конструктивного рішення і способу відновлення зчеплення автомобіля; 4. Безпека та екологічність проектного технологічного процесу; 5. Оцінка економічної ефективності.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання_----


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строки виконання	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	20.05.2025	
2	<i>Технологічний розділ</i>	25.05. 2025	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	30.05. 2025	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	2.06. 2025	
5	<i>Оформлення презентації кваліфікаційної роботи</i>	5.06. 2025	
6	<i>Нормоконтроль кваліфікаційної роботи</i>	9.06. 2025	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	10.06. 2025	

Студент


Підпис

Керівник роботи


Підпис

Валентин ДЯЧУК
Ім'я, прізвище

Павло КАПЛЮН
Ім'я, прізвище

РЕФЕРАТ

У рамках випускної кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено технологічний процес відновлення деталі зчеплення автомобіля – шийки валу під вижимний підшипник. Проведено визначення підходу, вибір устаткування, матеріалів і умов для ремонту поверхонь валу.

Кваліфікаційна робота бакалавра (КРБ) складається із п'яти розділів.

У вступі була обґрунтована доцільність відновлення дороговартісних деталей в сучасних умовах.

В першому розділі була дана характеристика конструкції зчеплення, його функції та умови експлуатації.

У технологічному розділі проаналізовано технічні умови на відновлення поверхні деталі. Зроблено вибір і обґрунтування методу для відновлення поверхні шийки валу вижимного підшипника.

Третій розділ присвячений розробці технологічного маршруту передбачає підготовку деталі, відновлення робочих поверхонь і їх обробку після нанесення шару. Обрані методи та режим підготовки поверхонь під відновлення, вибране обладнання, режими механічної обробки відновленої поверхні шийки валу вижимного підшипника за нормативами.





У економічному та розділу охорони праці та техніки безпеки надані рекомендації з економічної доцільності та заходах безпеки при проведенні таких робіт.

Випускна кваліфікаційна робота складається з 66 сторінок, і містить у собі 6 ілюстрації, 15 джерел, 18 таблиць, 1 додаток.

Ключові слова: ЗВАРЮВАЛЬНА ДІЛЬНИЦЯ, НАПЛАВЛЕННЯ В ВУГЛЕКИСЛОМУ СЕРЕДОВИЩІ, НАПЛАВЛЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Мета роботи.....	7
1.2 Аналіз конструкції та умов експлуатації зчеплення автомобіля	8
1.3 Типові дефекти зчеплення автомобіля та зношування елементів	10
1.4 Обґрунтування доцільності відновлення зчеплення автомобіля	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1 Матеріали для відновлення деталей зчеплення	16
2.2 Методи відновлення деталей зчеплення.....	17
2.3 Переваги розробки технології відновлення деталей зчеплення.....	18
2.4 Будова та принцип роботи вузла і агрегату автомобіля.....	20
2.5 Технічне обслуговування та експлуатація.....	25
2.6 Типові несправності зчеплення автомобіля	28
2.7. Аналіз і технічні вимоги на деталь.....	30
2.8. Вибір та обґрунтування методу відновлення поверхні.....	32
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	44
3.1 Розробка маршруту технологічного процесу обробки та відновлення поверхні деталі	44
4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	59
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	61
ВИСНОВОК.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64
ДОДАТКИ.....	66

КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ				
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
Розроб.		Дячук		
Перевір.		Каплун		
Реценз.				
Н. Контр.		Бабак		
Затверд.		Диха		
Цільова розробка технологічного процесу відновлення зчеплення автомобіля			Літ.	Арк.
				4
			ХНУ група МТВА 21-1	

ВСТУП

Сучасна автомобільна промисловість стрімко розвивається, висуваючи підвищені вимоги до надійності, довговічності та ремонтпридатності транспортних засобів. Одним із ключових вузлів у системі трансмісії будь-якого автомобіля є зчеплення — механізм, що забезпечує короткочасне роз'єднання двигуна та трансмісії з метою перемикавання передач, запуску двигуна та зупинки транспортного засобу без вимкнення двигуна. Зчеплення виконує важливу функцію згладжування крутильних коливань, захисту елементів трансмісії від перевантаження та забезпечення плавного рушання з місця.

У процесі експлуатації автомобіля деталі зчеплення піддаються значним механічним та термічним навантаженням. Найбільше зносу зазнають фрикційні елементи, зокрема, ведений диск з фрикційними накладками, поверхні маховика та нажимного диска. В результаті зменшується коефіцієнт тертя, погіршується передача крутного моменту, виникає пробуксовування, вібрації та шум. В деяких випадках вихід з ладу зчеплення призводить до повної зупинки транспортного засобу та потреби у складному ремонті.

З огляду на високу вартість нових деталей, а також зростаючу необхідність оптимізації витрат на технічне обслуговування, все більшої актуальності набувають технології відновлення деталей зчеплення. Завдяки застосуванню сучасних відновлювальних методів, таких як наплавлення, термічне напилення, склеювання фрикційних матеріалів, механічна обробка та термічна стабілізація, вдається не лише подовжити термін служби зношених компонентів, а й відновити або навіть покращити їх експлуатаційні характеристики.

Цільове проектування технологічного процесу відновлення зчеплення автомобіля дає змогу забезпечити науково обґрунтований підхід до вибору

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

методів ремонту, враховуючи тип зносу, матеріал деталі, конструктивні особливості та умови експлуатації. Це дозволяє зменшити собівартість ремонту, підвищити ефективність обслуговування та зменшити технічні простої автотранспорту. У роботі особлива увага приділяється розробці комплексного технологічного маршруту для відновлення типових деталей зчеплення з урахуванням сучасних технологічних можливостей підприємств автосервісу.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Загальний розділ

1.1. Мета роботи

У науково-технічній літературі та практиці підприємств технічного обслуговування автомобілів накопичено значний досвід з вивчення особливостей зносу елементів зчеплення, обґрунтування доцільності їх відновлення та розробки відповідних технологічних процесів. Цей досвід відображено в монографіях, наукових статтях, методичних рекомендаціях і технічній документації виробників.

Так, у праці Погорілого В.О. «Технологія технічного обслуговування і ремонту автомобілів» [1] детально проаналізовано поширені дефекти дисків зчеплення, зокрема знос фрикційних накладок, викривлення нажимного диска та термічне руйнування робочої поверхні маховика. Автор акцентує увагу на доцільності локального відновлення деталей при збереженні їх геометрії та механічної цілісності. Зазначається, що за умови правильної організації процесу ремонту можна забезпечити повторне використання до 60–70% таких елементів.

У монографії Лещенка В.П. "Ремонт автомобільної техніки: технологія і організація" [2] наведено типові технологічні маршрути для відновлення деталей зчеплення за методами термічного напилення, наплавлення та клеєвого з'єднання фрикційних елементів. Особливу увагу автор приділяє відновленню геометрії робочих поверхонь та забезпеченню балансу компонентів після ремонту.

Досвід виробничих підприємств, таких як АТ "АвтоКрАЗ" та "УкравтоРемонт", свідчить про широке застосування комплексного підходу до ремонту зчеплень, який включає дефектацію, очищення, механічну підготовку поверхонь, напилення зносостійких покриттів (з використанням сплавів на основі Ni-Cr), а також динамічне балансування вузла. Цей досвід

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

висвітлено у фахових виданнях, зокрема у журналі "Автомобільна промисловість і сервіс" [3].

Науковці з Національного транспортного університету (м. Київ), зокрема О. П. Сидоренко та І. Б. Пастернак, у своїх статтях [4] висвітлюють впровадження CAD/CAE-технологій для моделювання зносу елементів зчеплення та розробки адаптивних технологічних процесів відновлення, що враховують умови навантаження, тип тертя, температурні режими та вид матеріалу.

Міжнародний досвід також підтверджує актуальність теми. У звітах SAE International (наприклад, публікація SAE Technical Paper 2016-01-2135) [5] досліджено ресурсощадні технології, зокрема фрикційне зварювання та використання полімерних композиційних накладок, які дозволяють відновлювати деталі зчеплення зі зниженим рівнем вібрації та підвищеним терміном служби.

Таким чином, проведений огляд свідчить про широкий спектр підходів до постановки задачі з розробки технології відновлення зчеплення, що об'єднує класичні методи ремонту та сучасні технологічні інновації. Актуальність проблеми підтверджується як вітчизняними, так і зарубіжними джерелами, що відкриває можливості для комбінованих рішень у реальних умовах сервісного обслуговування автомобілів.

1.2. Аналіз конструкції та умов експлуатації зчеплення автомобіля

Зчеплення автомобіля є складовою частиною трансмісії, що забезпечує короткочасне роз'єднання двигуна і коробки передач, а також плавну передачу крутного моменту під час рушання автомобіля з місця, перемикання передач і зупинки. Основною вимогою до зчеплення є його здатність швидко та без ударів передавати обертовий момент від двигуна до трансмісії, забезпечуючи при цьому зносостійкість, надійність і простоту обслуговування.

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Конструктивні особливості

У більшості легкових автомобілів застосовується однодискове сухе фрикційне зчеплення постійно замкнутого типу, яке складається з таких основних елементів:

- маховик, жорстко з'єднаний з колінчастим валом двигуна;
- ведений диск, який включає маточину, демпферну пружинну систему та фрикційні накладки;
- нажимний диск, який разом із пружинами і корпусом утворює так звану «корзину» зчеплення;
- виконавчий механізм — вичавний підшипник і механізм приводу (механічний або гідравлічний);
- корпус зчеплення, який об'єднує вузол і кріпиться до двигуна.

У робочому стані пружини корзини притискають нажимний диск до веденого, який, у свою чергу, з'єднаний з маховиком за допомогою фрикційних накладок. Під час натискання на педаль зчеплення виконується роз'єднання, що дозволяє перемикає передачі.

Умови експлуатації

Експлуатація зчеплення відбувається в умовах значного тертя, циклічного навантаження, коливань температури та механічних навантажень.

Основні навантаження включають:

- тертя ковзання при взаємодії фрикційних накладок з маховиком і нажимним диском;
- термічне навантаження — локальне нагрівання поверхонь при пробуксовуванні зчеплення, що може призводити до зміни структури металу;
- ударні навантаження, що виникають при різкому вмиканні зчеплення;
- вібрації та резонансні явища, особливо при роботі на малих обертах двигуна;

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пил та волога, які можуть потрапляти в зону фрикційного контакту, особливо в умовах експлуатації на поганих дорогах.

Типові причини зносу та відмов

До найчастіших причин зносу зчеплення належать:

- зменшення товщини фрикційних накладок;
- деформація веденого або нажимного диска;
- пошкодження демпферної системи;
- пригар фрикційних матеріалів до сталевих поверхонь маховика;
- втрата пружинної сили натискної пружини;
- зношення маточини або підшипників.

Особливо важливо враховувати, що конструкція зчеплення має бути розрахована на багаторазове спрацьовування без втрати функціональності, тому при розробці технології відновлення необхідно зберегти як геометричну точність елементів, так і параметри пружинного зусилля, балансування і тертя.

Висновок

Таким чином, конструкція зчеплення є комплексом точно узгоджених елементів, що працюють у складних умовах дії комбінованих навантажень. Знання конструктивних особливостей і умов експлуатації є основою для правильного вибору способів відновлення, що дозволить не лише відновити працездатність вузла, але й продовжити його строк служби з мінімальними витратами.

1.3. Типові дефекти зчеплення автомобіля та зношування його елементів

У процесі експлуатації автомобіля зчеплення піддається інтенсивним механічним, термічним і вібраційним навантаженням. Це призводить до виникнення дефектів і поступового зносу окремих елементів. Типові дефекти класифікуються за характером пошкоджень, причинами виникнення, ступенем впливу на працездатність. Найчастіше пошкоджуються деталі, що беруть участь у фрикційній взаємодії та передають крутний момент.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Зношення фрикційних накладок веденого диска

- Суть дефекту: зменшення товщини накладок до граничного значення або повне стирання матеріалу.
- Причини: часте використання зчеплення в умовах міського циклу, пробуксовування, перевантаження автомобіля.
- Наслідки: зниження коефіцієнта тертя, пробуксовування диска, перегрів, зниження ресурсу зчеплення.

2. Тріщини або викришування накладок

- Причини: перегрів, нерівномірне навантаження, старіння або низька якість фрикційного матеріалу.
- Наслідки: вібрації, зменшення контактної поверхні, нерівномірне зношування.

3. Деформація веденого або нажимного диска (викривлення площин)

- Причини: різкі перепади температур, неправильне встановлення, нерівномірне притискне зусилля.
- Ознаки: биття при роботі, ривки під час зчеплення, утруднене перемикання передач.
- Наслідки: передчасний знос накладок, зниження плавності роботи зчеплення.

4. Пригар поверхонь фрикційного контакту

- Суть дефекту: локальне спікання металевих частинок маховика і фрикційного матеріалу.
- Причини: перегрів зчеплення через пробуксовування.
- Наслідки: зниження ресурсу, нерівномірне тертя, пошкодження маховика.

5. Зношення маточини веденого диска і шліців

- Причини: недостатнє змащення, люфт, осьові навантаження.
- Наслідки: збільшений вільний хід, гул, труднощі при ввімкненні передач.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Втрата пружинного зусилля натискної пружини

- Причини: втомне руйнування, тривала експлуатація, вплив високих температур.

- Наслідки: недостатнє притискне зусилля, прослизання зчеплення.

7. Зношення маховика (робочої поверхні)

- Суть дефекту: утворення борозен, тріщин, припикання на поверхні.

- Причини: дія твердих частинок, недостатнє зчеплення, пригар.

- Наслідки: зниження якості фрикційної взаємодії, нерівномірне зношування накладок.

8. Пошкодження демпферного вузла веденого диска

- Суть дефекту: ослаблення або поломка пружин у демпферній системі.

- Ознаки: клацання, ривки при запуску або зупинці, вібрації.

- Наслідки: погіршення амортизації крутильних коливань, зменшення комфорту і ресурсу.

Найбільш уразливі до зносу елементи зчеплення:

1. Фрикційні накладки веденого диска.

2. Робочі поверхні маховика та нажимного диска.

3. Пружини демпферної системи та натискного механізму.

4. Маточина зчеплення (особливо шліци).

5. Підшипник виключення зчеплення.

Висновок

Найчастіше зчеплення втрачає свою працездатність через комбінований знос фрикційних елементів, деформації та втрату пружних властивостей. Своєчасна діагностика та грамотна технологія відновлення дозволяють значно подовжити термін служби вузла без потреби повної заміни.

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трансмисії без необхідності повної заміни вузла. Особливо це актуально для комерційного транспорту, спецтехніки та автомобілів з великим пробігом, де вартість нових комплектуючих є значною. У конструкції зчеплення найбільше піддаються зносу ведений диск, маховик, нажимний диск (корзина) та демпферна система, які можна цілеспрямовано відновлювати за допомогою відомих технологій.

1. Ведений диск

У автомобілях марок Volkswagen, Renault, Ford, Toyota тощо ведений диск зазвичай оснащений фрикційними накладками на заклепках або за допомогою термостійкого клею. Замість повної заміни деталі можливе відновлення шляхом зняття зношених накладок та встановлення нових. Для вантажівок типу Mercedes-Benz Actros, DAF XF, IVECO Eurocargo, відновлення накладок дозволяє скоротити витрати в 3–5 разів у порівнянні з новими комплектами. У деяких майстернях також практикується відновлення демпферних пружин, що продовжує ресурс диска.

2. Нажимний диск і корзина

Нажимний диск з часом втрачає плоскість, а пружини – пружність. У таких випадках, як для моделей MAN TGA, Scania R-series або ЗІЛ-130, виконують шліфування поверхні, правку або заміну окремих пружин. Застосування сучасних методів наплавлення дозволяє відновити навіть локальні пошкодження на контактній поверхні диска. При правильному балансуванні вузла відновлена корзина може повністю відповідати заводським вимогам.

3. Маховик

На автомобілях з двомасовими маховиками (наприклад, BMW, Audi, Peugeot) можливе лише часткове відновлення, у той час як класичні одноступеневі маховики (як у ГАЗель, ВАЗ, Opel Astra, Toyota Land Cruiser) добре піддаються механічній обробці — шліфуванню, проточуванню, з

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

нанесенням додаткового зносостійкого шару. Це дозволяє зекономити до 60–70% вартості нової деталі.

4. Демпферні вузли

У випадку з вантажним транспортом та комерційними автомобілями, такими як Renault Master, Fiat Ducato, Ford Transit, застосовується заміна або відновлення демпферних пружин. Це дозволяє зберегти заводський диск, уникнувши втрат при повторному балансуванні та збереженні геометрії деталі.

Висновок

Досвід сервісних центрів, ремцентрів та заводів-виробників доводить, що цільове відновлення зношених деталей зчеплення є економічно виправданим при умові дотримання технології та контролю якості. Це особливо актуально в умовах зростання цін на запасні частини та дефіциту оригінальних комплектуючих. Відновлення забезпечує повторне використання базових елементів вузла, зменшує витрати, скорочує час простою техніки та знижує вплив на довкілля.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Методи відновлення деталей зчеплення

Відновлення фрикційних накладок

- Механічне зняття зношених накладок
- Нанесення нових накладок на заклепках або за допомогою клеїв
- Балансування відновленого веденого диска

Наплавлення

- Газополуменеве наплавлення — застосовується для відновлення шліців, країв дисків.
- Дугове наплавлення електродами — для глибших дефектів сталевих частин корзини або маховика.
- Плазмове наплавлення — дозволяє створювати високоякісні зносостійкі шари на поверхні нажимного диска.

Термічне напилення

- Металізація порошковими матеріалами (NiCr, Fe-based) — для відновлення робочих поверхонь маховика та нажимного диска.
- Плазмове або детонаційне напилення — застосовується при високих вимогах до зносостійкості.

Шліфування і механічна обробка

- Точне шліфування маховика та дисків — для усунення пригару, тріщин, мікронерівностей.
- Проточування робочих поверхонь під точний зазор та плоскість

Клеєві з'єднання

- Сучасні термостійкі клеї (Loctite, Permatex, Henkel) використовують для фіксації накладок у разі відсутності можливості заклепок.

Відновлення шліцьових з'єднань

- Наплавлення з наступною механічною обробкою
- Вставка металевих втулок або антифрикційних вкладишів

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасні комбіновані технології

У сучасних умовах активно впроваджуються комбіновані технології: напилення + шліфування, накладки + балансування, клей + армуючі елементи. Це дозволяє досягти точності та стійкості відновлених елементів навіть у важко навантажених вузлах.

Висновок

Сучасні матеріали та технології відновлення дозволяють ефективно ремонтувати більшість зношених деталей зчеплення без втрати їх функціональних властивостей. Це знижує витрати на обслуговування, подовжує строк служби автомобіля та забезпечує високий рівень ремонтпридатності трансмісійного вузла.

2.3. Практичне значення та переваги розробки технології відновлення деталей зчеплення

Розробка цільової технології відновлення деталей зчеплення автомобіля має важливе практичне значення як для підприємств технічного обслуговування, так і для кінцевих споживачів. Урахування конструктивних особливостей вузла, типових видів зносу, доступних матеріалів та методів ремонту дозволяє реалізувати ефективний ремонтний процес, який забезпечує довготривалу і надійну роботу агрегату з мінімальними витратами.

Основні переваги та практичні вигоди:

1. Економічна доцільність

- Вартість відновлення деталей зчеплення в середньому в 2–5 разів нижча, ніж заміна на нові вузли, особливо при використанні оригінальних або імпортованих компонентів.
- Значне зниження собівартості ремонту дозволяє зменшити витрати автопарків, комерційного транспорту, служб таксі, тощо.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2. Подовження строку служби деталей

- Відновлення робочих поверхонь, фрикційних накладок, пружин та інших елементів дозволяє повторно використовувати деталі ще на кілька циклів експлуатації.

- Це особливо важливо для вузлів, які працюють у важких умовах (вантажівки, спецтехніка, міжміський транспорт).

3. Зменшення простоїв автотранспорту

- Швидке та локальне відновлення дозволяє повернути автомобіль до експлуатації за короткий термін — без очікування постачання нових вузлів.

- Це критично для підприємств, де кожна доба простою транспорту несе фінансові втрати.

4. Екологічна ефективність

- Повторне використання базових металевих елементів знижує кількість відходів, що утворюються при демонтажі та утилізації деталей.

- Зменшується потреба у видобутку сировини, плавці металів та виробництві нових компонентів, що позитивно впливає на вуглецевий слід виробництва.

5. Адаптація до різних моделей і виробників

- Уніфікація технології відновлення забезпечує її використання для зчеплень різних марок — від легкових авто (VW, Toyota, Opel) до вантажних машин (Mercedes, MAN, DAF, КамАЗ).

- Це дає можливість сервісним центрам розширити спектр послуг та зменшити залежність від імпортних запчастин.

6. Технологічна універсальність

- Можливість поєднання різних методів (механічна обробка, наплавлення, напилення, склеювання) забезпечує гнучкий підхід до ремонту, незалежно від типу дефекту або матеріалу деталі.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.4. Будова та принцип роботи вузла і агрегату автомобіля

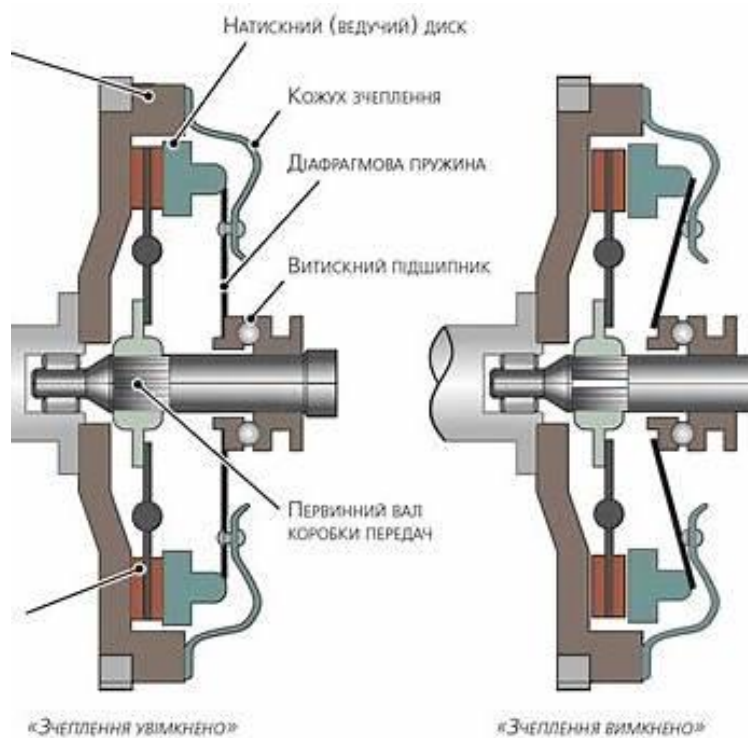


Рис. 1 – Схема типового однодискового сухого зчеплення автомобіля::

Принцип роботи зчеплення

Зчеплення в автомобілі слугує для короткочасного роз'єднання двигуна від трансмісії, що дозволяє перемикати передачі без зупинки двигуна.

Основні компоненти:

Маховик: жорстко з'єднаний з колінчастим валом двигуна та обертається разом з ним.

Ведений диск: розташований між маховиком і натискним диском; має фрикційні накладки та з'єднаний з первинним валом коробки передач.

Натискний диск: притискає ведений диск до маховика, забезпечуючи передачу крутного моменту.

Діафрагмова пружина: створює зусилля, яке притискає натискний диск до веденого диска.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ

Арк.

20

притискається до маховика. Таким чином, крутний момент передається від двигуна до трансмісії.

Вимкнене зчеплення: при натисканні на педаль зчеплення вижимний підшипник тисне на пелюстки діафрагмової пружини, змушуючи її вигинатися. Це відводить натискний диск від веденого диска, роз'єднуючи їх, і передача крутного моменту припиняється.

Цей механізм дозволяє водієві плавно перемикає передачі та зупинити автомобіль без заглушення двигуна.

Зчеплення вантажного автомобіля, схема якого надана на рис. 2, встановлюється в чавунному картері (позиція 7), який кріпиться безпосередньо до двигуна. До маховика (позиція 1) двигуна за допомогою болтів приєднується штампований сталевий кожух зчеплення (позиція 13), що утворює корпус вузла.

Чавунний натискний диск (позиція 2) з'єднується з кожухом через чотири пари пластинчастих пружин (позиція 15), які забезпечують передачу крутного моменту від кожуха до натискного диска. Ці пружини компенсують нерівномірності навантаження та забезпечують рівномірний притиск по всій площі контакту.

Між кожухом і натискним диском рівномірно по колу встановлено шістнадцять циліндричних натискних пружин (позиція 14). Кожна пружина центрується за допомогою спеціальних виступів, виконаних на поверхнях натискного диска і кожуха. Це гарантує правильне положення пружин під час роботи та запобігає їх зсуву.

Для захисту пружин від перегріву під час роботи зчеплення між натискним диском і пружинами встановлюються теплоізолювальні шайби. Ці елементи зменшують нагрівання пружин, зберігаючи їх пружні властивості та запобігаючи втраті еластичності при високих температурах.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимикання зчеплення здійснюється за допомогою чотирьох важелів (позиція 5), які з'єднані з натискним диском через осі з голчастими підшипниками (позиція 8) і пов'язані з вилками (позиція 6).

Опорами вилок на кожусі слугують сферичні гайки, які забезпечують можливість здійснення коливального руху вилок під час роботи. Ці гайки також використовуються для регулювання положення важелів вимикання зчеплення під час складання вузла, що дозволяє точно налаштувати роботу механізму.

Муфта 11 вимикання зчеплення оснащена нерозбірним вижимним підшипником 9 з постійним запасом мастильного матеріалу, який не потребує поповнення протягом усього строку експлуатації.

У веденому диску зчеплення встановлено пружинно-фрикційний гасник крутильних коливань. До тонкого сталевого веденого диска 3 з обох боків приклепані фрикційні накладки, виготовлені з пресованої металлоазбестової композиції. Ці накладки забезпечують надійне тертя при передачі крутного моменту.

Ведений диск з'єднується з маточиною 24 за допомогою восьми пружин 28 гасника крутильних коливань. Маточина встановлюється на шліцах первинного вала 4 коробки передач, що дозволяє здійснювати передачу крутного моменту. Пружини 28 встановлюються з попереднім стискуванням у суміщених прямокутних вікнах дисків 23, 27 та фланці маточини 24. Вони рівномірно розташовані по колу для забезпечення симетричного навантаження.

Завдяки такій конструкції ведений диск 3 може здійснювати обмежені кутові переміщення відносно маточини 24, стискаючи при цьому пружини 28. Кут повороту веденого диска обмежується повним стисненням пружин до зіткнення витків, що запобігає їх перевантаженню.

Диск 23 приклепаний до маточини разом з оливовідбивачем 26 і притискається до фрикційних пластин 25, закріплених на диску 27, який у

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

свою чергу приклепаний до веденого диска 3. При кутових переміщеннях веденого диска відносно маточини, що виникають під дією крутильних коливань у трансмісії, між дисками та фрикційними пластинами 25 виникає тертя. Це тертя сприяє гасінню крутильних коливань, енергія яких перетворюється на тепло і розсіюється в навколишнє середовище.

Пружини 28 гасника крутильних коливань виконують кілька важливих функцій:

- знижують частоту коливань деталей трансмісії;
- запобігають резонансним явищам, які можуть виникати під час експлуатації;
- забезпечують плавну передачу крутного моменту під час початку руху або перемикання передач, що сприяє комфортності керування та зменшує ударні навантаження.

Таким чином, гасник крутильних коливань значно підвищує довговічність і надійність механізмів трансмісії автомобіля.

Привід зчеплення

Привід зчеплення є механічним і включає такі основні елементи:

- педаль 16 з валом 19;
- важелі 18 і 21;
- регулювальну тягу 20;
- вилку 12 вимикання зчеплення.

При натисканні на педаль 16 обертається вал 19, який через важелі та регулювальну тягу впливає на вилку 12. Вилка передає зусилля на муфту вимикання 11 з вижимним підшипником 9. При цьому муфта переміщується і тисне на внутрішні кінці важелів 5, які своїми зовнішніми кінцями відводять натискний диск від веденого диска. В результаті стискаються натискні пружини 14, зчеплення розмикається, і крутний момент від двигуна до трансмісії не передається.

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після відпускання педалі муфта зчеплення з підшипником повертається у вихідне положення під дією пружин 10 і 17. Одночасно під дією натискних пружин 14 натискний диск притискається до маховика. Зчеплення замикається, і крутний момент знову передається від двигуна до трансмісії

2.5. Технічне обслуговування та експлуатація

Технічне обслуговування зчеплення

При виконанні технічного обслуговування механізму зчеплення перевіряють:

- величину вільного ходу педалі зчеплення;
- характер роботи зчеплення під час перемикавання передач, що включає:
 - відсутність пробуксовування при передачі крутного моменту;
 - повноту вимкнення зчеплення;
 - плавність вмикання (за умови справності та належного змащення приводу зчеплення).

Правильна робота зчеплення досягається шляхом точного регулювання величини вільного ходу педалі.

Регулювання зчеплення

Перед проведенням регулювання обов'язково перевіряють величину вільного ходу педалі. Для цього використовують лінійку з поділками та двома повзунками. Лінійку встановлюють на підлогу, один повзунок підводять до педалі зчеплення, після чого натискають на педаль до моменту різкого збільшення опору (цей момент відповідає вибору вільного ходу). Вимірювання проводять за шкалою лінійки — відстань між повзунками відповідає величині вільного ходу.

Регулювання вільного ходу педалі здійснюють зміною довжини тяги, яка з'єднує педаль з важелем вмикання зчеплення.

Для збільшення вільного ходу тягу подовжують.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зменшення вільного ходу – тягу вкорочують.

У більшості автомобілів цю операцію виконують без роз'єднання тяги з важелем, за допомогою регулювальної гайки, розташованої на тязі.

У цій конструкції автомобіля на кінці тяги встановлена сферична гайка. Щоб зменшити вільний хід педалі, гайку необхідно нагвинчувати на тягу; для збільшення вільного ходу – відгвинчувати.

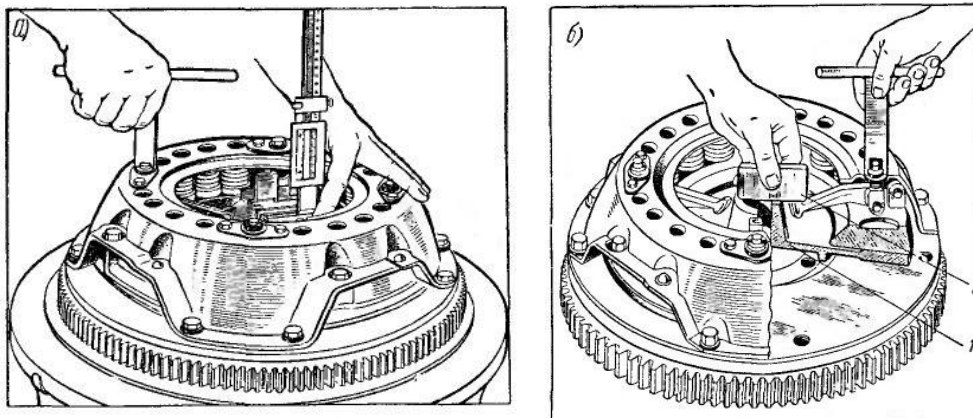


Рис. 3 – Регулювання зчеплення:

а – регулювання і перевірка розміщення важелів за допомогою штанген-
глубоміра, б – регулювання і перевірка розміщення важелів за допомогою
пристосування і контрольної пластини: 1 – пристосування, 2 – контрольна
пластина

Нормативне значення вільного ходу педалі зчеплення для цього автомобіля становить 35–50 мм.

Регулювання важелів вимикання зчеплення

Окрім регулювання вільного ходу педалі, в конструкції зчеплення цього автомобіля передбачено регулювання положення важелів вимикання.

Регулювання виконують без демонтажу зібраного натискного диска з допоміжного маховика (який використовується як пристосування).

Ключем обертають регулювальні гайки важелів (див. рисунок 3 а), встановлюючи їх у таке положення, щоб відстань від робочої поверхні натискного диска до вершин сферичних виступів на внутрішніх кінцях важелів становила 39,7–40,7 мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ

Арк.

26

При цьому кінці важелів повинні розташовуватись в одній площині, паралельній робочій поверхні натискного диска, з допуском не більше 0,5 мм.

У разі складання натискного диска зчеплення на спеціальному пристосуванні для регулювання положення важелів, правильність їхнього встановлення слід перевіряти за допомогою контрольної пластини (див. рисунок 3, б). При цьому сферичні виступи важелів повинні щільно прилягати до контрольної пластини 2, яка встановлюється на маточині пристосування 1.

Розбирання, складання та регулювання вузла зчеплення можна виконувати на спеціальному пристосуванні ГАРО моделі Р-207.

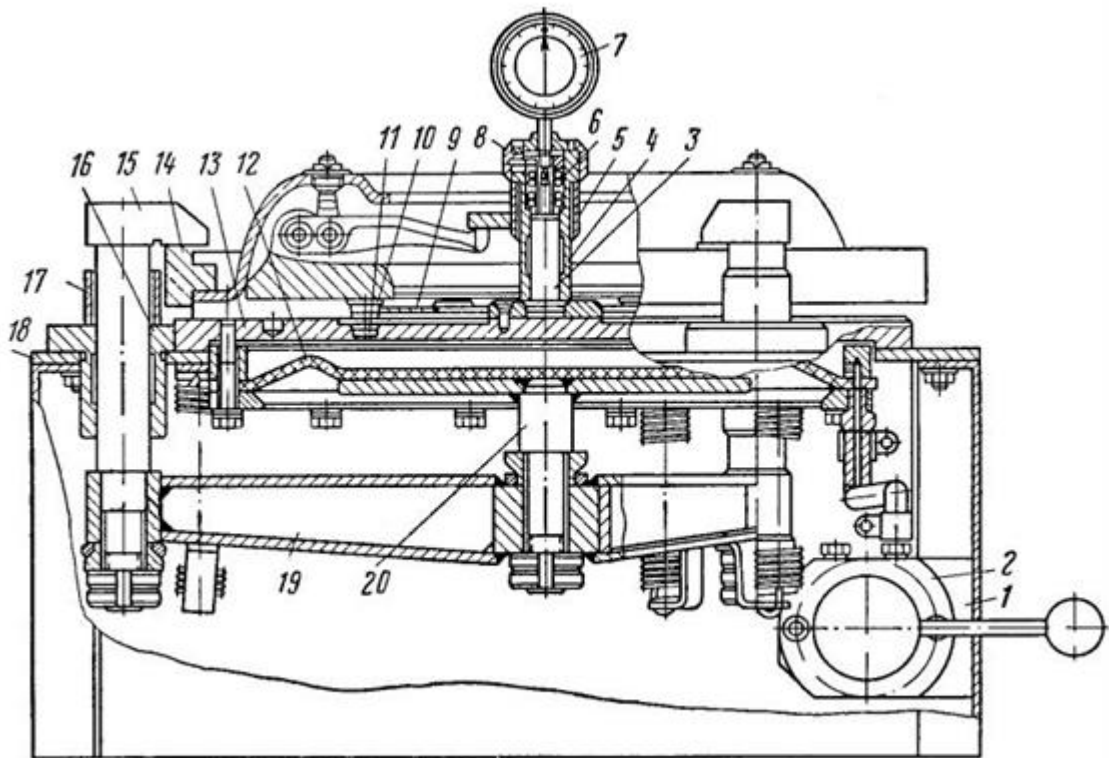


Рис. 4 – Пристосування для регулювання зчеплення:

1 – корпус, 2 – кран, 3, 20 – штоки, 4 – корпус вимірювального пристрою, 5 – вимірювальна втулка, 6 – пружина, 7 – індикатор, 8 – рухоме кільце, 9 – диск, 10, 11 – штифти, 12 – діафрагма, 13 – кришка, 14 – притискне кільце, 15 – важіль, 16 – втулка, 17 – обмежувальна втулка, 18 – плита, 19 – хрестовина.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ

Арк.

27

Регулювання зчеплення на пристосуванні ГАРО Р-207.

На зібраному зчепленні, встановленому на пристрої ГАРО моделі Р-207, виконують регулювання положення важелів вимикання. Для цього, обертаючи регулювальні гайки за допомогою ключа, важелі встановлюють у таке положення, щоб відстань від робочої поверхні натискного диска до вершин сферичних виступів на внутрішніх кінцях важелів знаходилася в межах 39,7–40,7 мм.

При цьому всі кінці важелів повинні бути розташовані в одній площині, паралельній робочій поверхні натискного диска. Допуск по площинності не повинен перевищувати 0,5 мм. Контроль цього параметра здійснюється за допомогою індикатора 7.

Після завершення регулювання необхідно:

- затягнути болти кріплення опорних пластин із моментом затягування 1,0 – 1,5 кгм;
- зашплінтувати болти м'яким відпаленим сталевим дротом діаметром 1 мм;
- закернити різьбове з'єднання регулювальної гайки з різьбовим кінцемвилки в одній точці для запобігання самовідгвинчуванню.

На завершення відкручують болти кріплення кожуха зчеплення до допоміжного маховика та знімають натискний диск у зборі з кожухом. При цьому болти слід відкручувати поступово та рівномірно по колу, щоб уникнути деформації кожуха зчеплення.

2.6. Типові несправності зчеплення автомобіля, їх причини та способи усунення

1. Пробуксовування зчеплення

Ознаки:

Пробуксовування зчеплення проявляється під час рушання автомобіля з місця або при русі на підйом. При цьому, навіть при повністю відпущеній

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

педалі зчеплення, спостерігається збільшення обертів колінчастого вала двигуна, але швидкість руху автомобіля або не зростає, або навіть знижується.

Причини:

- Відсутність або неправильне регулювання вільного ходу педалі зчеплення.
- Знос або замаслювання фрикційних накладок (часто через надлишок мастила в підшипнику муфти вимикання).
- Ослаблення або поломка відтягувальної пружини муфти вимикання.
- Поломка або втрата пружних властивостей натискних пружин.
- Короблення ведених дисків.
- Знос шліців на первинному валу коробки передач.

2. Неповне вимикання зчеплення

Ознаки:

При перемиканні передач чутно характерний шум, навіть якщо педаль зчеплення повністю натиснута.

Причини:

- Надмірний вільний хід педалі зчеплення.
- Заїдання або «залипання» ведених дисків.
- Перекіс важелів вимикання зчеплення.
- Попадання повітря в гідравлічну систему приводу зчеплення.
- Знос ущільнювальних манжет головного або робочого циліндрів гідроприводу.

3. Різке або ривкове вмикання зчеплення

Причини:

- Заїдання муфти вимикання на ведучому валу коробки передач внаслідок зносу або задирів робочих поверхонь.
- Руйнування або відшарування фрикційних накладок.

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3. Фізичні та механічні властивості сталі 35 після нормалізації за ДСТУ 7809:2015

Марка сталі	Фізичні властивості				Механічні властивості			
	НВ	γ , г/см ³	λ , Вт/(м·°К)	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°С	МПа		δ_5 , %	КСУ, Дж/см ²
					$\sigma_{пл}$	σ_B		
Сталь 35	170	7,850	48	11,9	315	530	20	49-52

Сталь 35 характеризується хорошими механічними властивостями та оброблюваністю, що робить її придатною для виготовлення деталей, які працюють в умовах помірних навантажень. Завдяки своїм властивостям, вона широко використовується в машинобудуванні для виготовлення валів, осей, шестерень та інших відповідальних деталей. Після нормалізації (нагріву до 850–880°С і охолодження на повітрі) сталь 35 має помірну твердість і високу ударну в'язкість, що робить її придатною для деталей, що працюють під помірними навантаженнями, зокрема для вилок вимикання зчеплення, валів та інших конструкційних елементів [7].

До поверхонь валу рульового механізму не висувається підвищених вимог щодо точності та якості, за винятком опорних шийок, для яких встановлені такі норми:

- Клас точності – 9-й;
- Шорсткість поверхні – Ra = 1,6 мкм.

Для інших поверхонь спеціальні вимоги до точності або шорсткості не передбачаються.

Отримання точних розмірів та необхідної шорсткості на опорних шийках забезпечується за рахунок механічної обробки на металорізальному обладнанні відповідно до технологічного процесу виготовлення деталі.

2.8. Вибір та обґрунтування методу відновлення поверхні

Таблиця 2.4. Порівняння методів відновлення посадочних місць під підшипники

Метод	Суть технології	Переваги	Обмеження / Недоліки
Хромування	Електролітичне осадження шару хрому	Висока твердість, зносостійкість, точна геометрія	Складність контролю товщини, обмеження по розмірах деталей
Залізнення	Електролітичне осадження заліза	Хороша сумісність з основним металом, менший ризик тріщин	Менша твердість і зносостійкість, ніж при хромуванні
Наплавлення в середовищі CO ₂	Наплавлення металу дугою у захисному середовищі газу	Універсальність, можливість ремонту великих поверхонь, доступність обладнання	Підвищене теплове навантаження, ризик деформацій і тріщин

Найбільш сучасним і гнучким методом для відновлення посадочних місць під підшипники є дугове наплавлення у середовищі вуглекислого газу.

- Цей метод широко застосовується у сучасній ремонтній практиці завдяки універсальності, доступності обладнання, можливості використання різних наплавлюваних матеріалів (у тому числі легованих для підвищення зносостійкості).

- Можна відновлювати поверхні будь-якої геометрії та розмірів без значних обмежень.
- Наплавлений шар дозволяє досягти підвищеної міцності, а при правильно підбраному режимі – і високої зносостійкості.
- Технологія постійно вдосконалюється (введення імпульсного режиму, контроль мікроструктури), що робить її більш перспективною порівняно з традиційним хромуванням або залізненням.

Хромування – чудово підходить для точних поверхонь і невеликих деталей, але поступається в гнучкості та можливості відновлення великих посадочних місць.

Залізнення – менш популярне сьогодні через обмежену зносостійкість.

Хромування деталей: принципи та процес

Хромування застосовують для створення міцних, зносостійких покриттів, особливо коли потрібно забезпечити високу твердість. Електролітичний хром характеризується твердістю в діапазоні 400–1200 НВ, відмінною стійкістю до зношування, низьким коефіцієнтом тертя (0,13 по бабіту, 0,16 по сталі), значною теплопровідністю та малим коефіцієнтом теплового розширення. Електрохімічний еквівалент хрому становить 0,324 г/А×год.

Електроліт – це розчин хромової кислоти, що утворюється при розчиненні хромового ангідриду у воді. Для осадження металу на катоді у ванну додають сірчану кислоту, дотримуючись співвідношення $\text{CrO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4 = 100$. При таких умовах утворюються якісні покриття з максимальним виходом хрому по струму. Однак коефіцієнт корисної дії низький – лише 13...15%. Для стабільного процесу тривалентний хром у розчині має бути в межах 5–20 г/л. Баланс концентрації підтримується співвідношенням площ: аноди мають перевищувати площу катодів у 1,8–2 рази.

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Щоб зберегти склад електроліту, періодично додають хромову кислоту. Аноди виготовляють із свинцю, легованого 6–12% сурми. Під час експлуатації вони окислюються, потребуючи регулярного очищення.

Етапи хромування:

- 1) Очищення – видалення забруднень за допомогою лужних розчинів у мийних установках.
- 2) Попереднє шліфування – формування необхідної геометрії та шорсткості поверхні.
- 3) Промивання – обробка лужним розчином, протирання вапном, очищення гарячою та холодною водою для запобігання корозії.
- 4) Ізоляція – нанесення захисних лаків (наприклад, целулоїдний, перхлорвініловий або клей АК-20, БФ) у 2–3 шари для захисту поверхонь, що не підлягають хромуванню.
- 5) Навішування – правильне розташування деталей, забезпечення контакту та налаштування анодів, екранів.
- 6) Знежирення – або хімічне (у бензині чи водному розчині з тринатрійфосфатом, їдким натром, рідким склом, ПАР ОП-7/ОП-10 при 60–70°C, 3–5 хв), або електрохімічне (у ванні з їдким натром, содою, рідким склом, при 70–75°C, щільності струму 3–10 А/дм², напрузі 8–10 В, 5–8 хв). Після обробки — промивання в теплій проточній воді.
- 7) Анодне декапіювання – видалення окислів у слабкому розчині сірчаної кислоти (3–5 г/л) або в хромовій ванні на зворотному струмі (30–50 с, 8–10 А/дм²), промивання дистильованою водою.
- 8) Хромування – отримання твердого покриття із використанням ванни з 150–200 г/л хромового ангідриду та 1,5–2,0 г/л сірчаної кислоти, при щільності струму 35–45 А/дм², температурі 56–58°C. Швидкість осадження становить 0,5–0,7 мкм/хв.

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В залежності від вибраного режиму хромування можна отримати три типи захисних шарів:

Сірі – характеризуються найвищою твердістю (900–1200 НВ), проте мають значну крихкість і обмежену стійкість до зносу.

Блискучі – середня твердість (600–900 НВ), помірна крихкість.

Молочні – достатня пластичність і помірна зносостійкість при меншій твердості (~600 НВ).

Хромові покриття погано взаємодіють із мастильними матеріалами. Для покращення змочуваності використовують пористі шари, отримані хімічним, механічним або електрохімічним способами:

Хімічний варіант – короткочасне травлення розведеною соляною кислотою.

Механічний – створення заглиблень (насічка, накатка, дробоструминна обробка).

Електрохімічний – найпоширеніший. У процесі анодного травлення деталь не виймають з ванни, змінюють полярність струму (катод – анод), щільність струму 50–55 А/дм², тривалість обробки 5–7 хв.

Після хромування підвіску промивають у дистильованій воді для видалення залишків електроліту, далі – в проточній воді, у 3–5% лужному розчині для нейтралізації, знову промивають та остаточно очищують у воді, нагрітій до 70–80°C.

Далі здійснюють демонтаж деталей із підвісок та видаляють ізоляційні матеріали.

Щоб уникнути водневої крихкості, деталі піддають термічній обробці: нагрівають у сушильних шафах або масляних ваннах до 150–220°C і витримують 1,5–2 години.

Сьогодні застосовують саморегулюючі електроліти, до складу яких входять: 200–300 г/л хромового ангідриду, 5,5–6,5 г/л сульфату стронцію, 18–

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20% кремнефториду калію. При щільності струму 60 А/дм² протягом години формується покриття товщиною 45–50 мкм.

Метод реверсивного хромування дозволяє подвоїти швидкість осадження та підвищити клас чистоти шару на 1–2 позиції у порівнянні зі звичайною методикою. Полярність змінюється циклічно: катодний період триває 10–15 хв, анодний – 10–15 с. Склад електроліту типовий (CrO₃ 200–250 г/л, H₂SO₄ 2,0–2,5 г/л), щільність струму підвищується до 60–150 А/дм².

Струминне хромування циліндричних поверхонь валів та осей дає змогу збільшити продуктивність процесу у 4–8 разів без втрати якості. У цьому випадку електроліт активно переміщується й оновлюється безпосередньо в зоні обробки катода.

Сучасні тенденції і рекомендації:

1. Використання більш безпечних електролітів

Перехід на електроліти на основі тривалентного хрому (Cr³⁺).

Вони менш токсичні, мають кращий вихід по струму (до 25–30%), але поки що поступаються за властивостями твердого хрому.

Стандарти: ISO 6158, ASTM B849.

Приклади: електроліти на основі сульфатів або комплексів Cr³⁺.

2. Покращені процеси хромування

Використання імпульсного струму:

Дозволяє зменшити внутрішні напруження, підвищити мікротвердість шару та покращити адгезію.

Застосування каталітичних добавок у ванну (фториди, сурма, селен):

Підвищують швидкість осадження, покращують якість покриття, знижують пористість.

Використання анодів зі спеціальних сплавів (наприклад, свинець-кальцій-олово), що мають більший термін служби та менше забруднюють ванну.

3. Екологізація процесу

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безпечніші та енергоефективніші варіанти. Найперспективнішими напрямками є:

- Електроліти на основі тривалентного хрому.
- Імпульсне хромування з додаванням каталітичних компонентів.
- Закриті екологічно безпечні системи із рекуперацією хрому.
- Розвиток альтернативних методів (PVD, CVD) для високоточних деталей.

Автоматизоване наплавлення вуглекислим газом для відновлення деталей

Метод автоматичного наплавлення у середовищі CO₂ використовують для ремонту циліндричних поверхонь з діаметром понад 10 мм. Оброблювану деталь закріплюють у центрах токарного верстата, подібно до виконання наплавлення під флюсом. Зменшення обертів шпинделя до 2–6 об/хв здійснюється через встановлений редуктор.

Касету з електродним дротом розміщують на супорті верстата. Під час виконання операції супорт здійснює повздовжню подачу зі швидкістю 3–5 мм/об. Відстань від наконечника, що подає газ, до оброблюваної поверхні підтримують у межах 12–35 мм. Зміщення дроту щодо вертикальної осі зазвичай складає 8–12 мм.

Твердість отриманого шару становить 248–293 НВ, що відповідає характеристикам поверхні основного матеріалу. При застосуванні хромистого дроту Св-10Х13 без додаткової термообробки шар набуває твердості HRC 50–52. Для підвищення цієї властивості до 61–65 HRC використовують комплексну обробку: цементацію, гартування та відпуск.

До переваг технології можна віднести:

- якісний шов, що перевищує результати ручного дугового або газового способу;
- відсутність потреби у ретельній зачистці кромки перед виконанням операції;

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- забезпечення високої точності завдяки добрій видимості відкритої дуги;
- менший обсяг виділення шкідливих газів порівняно з ручною зваркою електродами товстого покриття.

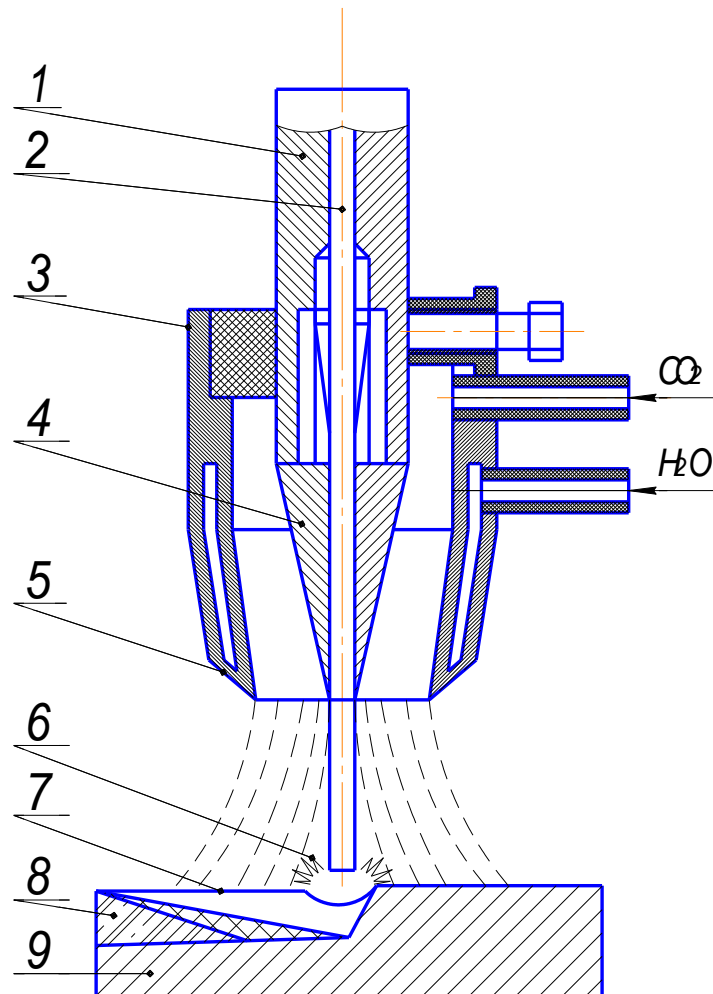


Рис. 5 – Схема наплавлення зовнішньої поверхні:

- 1 – мундштук, 2 – електродний дріт, 3 – пальник, 4 – наконечник, 5 – сопло пальника, 6 – електрична дуга, 7 – зварна ванна, 8 – наплавлений метал, 9 – деталь, що наплавляють.

Єдиним недоліком залишається необхідність захисту оператора від випромінювання дуги.

Сучасне бачення та тренди у технології наплавлення

- 1) Технологічний розвиток.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ

Арк.

39

Заміна CO₂ на суміші газів (MIG/MAG): використання аргону з додаванням CO₂, O₂ або He дозволяє зменшити розбризкування, поліпшити формування валика, підвищити якість металу.

Імпульсні режими наплавлення: застосування імпульсного струму (MIG Pulse) дає менший тепловклад, кращу контрольованість процесу, вищу якість покриття.

Синергетичні джерела струму (MIG Synergic): автоматичне підлаштування режимів під параметри деталі, що зменшує людський фактор.

Використання твердих або порошкових дротів спеціального призначення: наприклад, для високоміцних і жароміцних покриттів – наплавлення матеріалів із вмістом бору, хрому, вольфраму, ванадію.

Автоматизація процесу: застосування спеціалізованих установок для наплавлення валів (наприклад, Cladding machines), де токарний верстат замінюється на автоматичний комплекс із контролем температури, швидкості подачі, охолодження.

2) Сучасні матеріали для наплавлення.

Замість дроту Св-10Х13 дедалі частіше застосовують дроти зі складнішими системами легування (Cr-Ni-Mo, Cr-Mo-V, Fe-Cr-B-C).

Використання порошкових дротів із підвищеним вмістом легувальних елементів для створення шарів із твердістю HRC 60–65 вже на етапі наплавлення, без додаткової термообробки.

Застосування наплавлення зі зміцненням (Hardfacing), де наплавлений шар має властивості наближені до зносостійких сталей і сплавів.

3) Удосконалення безпеки та екології.

Системи витяжної вентиляції та фільтрації для захисту оператора від дрібнодисперсного пилу й газів.

Захисні екрани з фільтрами для захисту очей і шкіри.

Автоматизація процесу: сучасні системи дозволяють оператору контролювати процес дистанційно, що знижує вплив шкідливих факторів.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Властивості покриття (твердість, в'язкість, стійкість до зносу) регулюють зміною концентрації, температури електроліту та струмових режимів. При низькій щільності струму й високій температурі отримують дрібнозернисті, пластичні шари, а за підвищення щільності — більш тверді.

Рівень кислотності розчину контролюють за допомогою потенціометрів або індикаторного паперу. Підтримують кислотність шляхом додавання підкисленої води.

Технологічний цикл підготовки поверхонь у залізненні схожий на той, що застосовують для хромування, з окремими відмінностями:

- Знежирення проводять віденським вапном або карбідним мулом.
- Перед завантаженням у ванну деталь піддають анодному травленню у 30% сірчаній кислоті з додаванням 20–30 г/л сірчаноокислого заліза при струмі 10–40 А/дм² протягом 2–5 хв.
- Потім деталь промивають у чистій воді (40–60°C).
- Щоб зруйнувати плівку після травлення, деталь витримують у ванні без струму 30–70 сек, після чого вмикають живлення, встановлюючи початкову щільність струму 5 А/дм², поступово підвищуючи до необхідної протягом 10–15 хв.
- По завершенню залізнення деталь нагрівають до 300–350°C, витримують 30 хв у шафі для видалення водню та покращення властивостей покриття.

Вибір наплавлення у середовищі вуглекислого газу як методу відновлення деталей обумовлений їхньою геометрією, матеріалом, обробкою, характеристиками поверхні, точністю, шорсткістю, умовами з'єднання, навантаженнями та режимами тертя.

Сучасне бачення процесу залізнення

Заміна класичних електролітів на екологічніші склади з меншим вмістом агресивних компонентів, або перехід на тривалентні сполуки.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Автоматизація процесу: застосування установок із контролем температури, струму, концентрацій.

Використання імпульсного режиму струму для зниження внутрішніх напружень і підвищення міцності покриттів.

Підвищення точності та повторюваності результатів за рахунок програмованих систем управління.

Перехід на альтернативи залізненню: наприклад, використання легованих порошкових дротів для наплавлення, газотермічне напилення або PVD-покриття в окремих випадках.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Варіант	Склад мийного розчину	Метод застосування	Температура	Час обробки	Примітки
Ультразвукова очистка	Лужний або нейтральний розчин, ПАР	Ультразвукова ванна	50–60°C	3–5 хв	Максимальна ефективність для складних форм та отворів
Термічне випалювання + мийка	Без розчину (термообробка при 350–400°C), далі лужна ванна	Піч/камера + лужна мийка	350–400°C (випал)	30 хв (випал) + 5 хв (мийка)	Для важких масляних забруднень

Мета мийної операції: усунення забруднень масел, мастил, залишків СОЖ, оксидів, абразивних частинок після обробки, а також підготовка поверхні перед відновлювальними процесами.

Для деталі зі сталі 35 найкраще підходить:

Лужна мийка (30–50 г/л тринатрійфосфат, 10–15 г/л їдкий натр, 2–5 г/л ПАР) при 60–70°C, 5–7 хвилин.

У разі сильних забруднень (засмолені масла, графітові мастила) рекомендуємо додати випалювання при 350–400°C, а потім лужну обробку.

Саме лужна мийка добре очищає поверхню сталі 35 від мастил і технологічних забруднень, нейтралізує залишки кислотних середовищ (якщо застосовувались у попередніх операціях), сумісна з подальшими технологічними процесами (наплавлення, хромування, залізнення).

3.3. Сушильна операція 010

Метою операції є повне видалення залишків вологи після мийки або обробки, підготовка поверхні до наступних технологічних етапів (наплавлення, хромування, залізнення), запобігання утворенню корозії.

										Арк.
										46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ					

Рекомендований варіант для деталі зі сталі 35:

Сушіння у вентиляваній термошафі при температурі 100–120°C протягом 10–15 хвилин.

- Швидке та рівномірне видалення вологи.
- Мінімальний ризик корозії.
- Простота впровадження та контрольованість процесу.

Для деталей складної форми рекомендується поєднувати термічне сушіння з продувкою повітрям (наприклад, стисненим, попередньо осушеним). Після сушки бажано зберігати деталь у сухому середовищі (сухий склад, антикорозійна упаковка) до наступних операцій.

3.4. Контрольна операція 015

Для стандартних деталей виконують базовий пакет контролю, а саме:

- Геометрія: штангенциркуль, мікрометр, індикатор (перевірка діаметрів, биття, овальності).
- Якість поверхні: візуально-оптичний контроль при яскравому освітленні, лупа $\times 3-5$.
- Дефекти: капілярний контроль (за потреби – після наплавлення).
- Твердість: портативний твердомір типу ТКМ або Equotip.

Для відповідальних деталей або вузлів під навантаженням можливо додатково застосувати магнітопорошковий контроль або ультразвукову дефектоскопію для виявлення підповерхневих дефектів.

Засобами контролю є:

Штангенциркуль – для вимірювання діаметрів.

Мікрометр (0–50 мм) – для уточнення розмірів у межах допусків.

Індикатор годинникового типу з підставкою – для контролю співвісності та биття.

Лупа технічна $\times 3-5$ – для візуального огляду стану поверхні.

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Токарна операція 020

Розрахуємо режими різання за нормативами на операцію 020 токарно-гвинторізму, точити поверхню шийки валу під наплавлення.

Верстат – токарно-гвинторізний 16К20, базування – в центрах.

Вибираємо різальний інструмент і призначаємо його геометричні та конструктивні параметри. Приймаємо токарний прохідний різець $B \times H = 20 \times 32 \text{ мм}$; $L = 140 \text{ мм}$. Матеріал різальної частини – пластина твердого сплаву Т15К6. Геометричні параметри різця: $B = 10$; $l = 25$; $s = 6$; $\varphi = 90^\circ$; $\gamma_f = -5^\circ$; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\lambda = 0$; $r = 0,5 \text{ мм}$; $f = (1,0 \div 2,0) \times t = 2 \text{ мм}$.

Призначаємо режими різання.

Глибину різання визначаємо за формулою:

$$t = \frac{2Z}{2} = \frac{0,464}{2} = 0,232 \text{ мм}. \quad (3.1)$$

Призначаємо подачу на оберт заготовки за $S = 0,5 \dots 1 \text{ мм/об}$.

Вибрану величину подачі, корегуємо за паспортом верстата, приймаємо: $S = 0,5 \text{ мм/об}$.

Період стійкості різального інструменту, $T = 30 \text{ хв}$.

Призначаємо швидкість різання, яка допускається різальними властивостями інструмента:

$$V_{\text{різ}} = \frac{350}{30^{0,20} \times 0,232^{0,15} \times 0,5^{0,35}} 0,49 = 138 \text{ м/хв}. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт добутків коефіцієнтів, враховуючих вплив матеріалу заготовки K_{Mv} , стан поверхні $K_{пв} = 1$, матеріалу інструмента $K_{ив} = 1$,

$$K_v = 0,49 \times 1 \times 1 = 0,49. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки:

$$K_{Mv} = 1(750/1530)^1 = 0,49. \quad (3.4)$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times 138}{3,14 \times 62} = 709 \text{ хв}^{-1}. \quad (3.5)$$

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За паспортом верстата, $n_d = 500 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 62 \times 630}{1000} = 123 \text{ м/хв.} \quad (3.6)$$

Перевіримо потужність двигуна верстата, у якого $N_{\text{шп}} = 15 \text{ кВт}$.

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання, за формулою :

$$N_{\text{різ}} = 7904 \times 123 / 61200 = 15,8 \text{ кВт.} \quad (3.7)$$

Сила різання:

$$P_z = 10 \times 300 \times 6^1 \times 0,5^{0,75} \times 123^{-0,15} \times 1,520 = 7904 \text{ Н.} \quad (3.8)$$

Поправковий коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_p = 1,707 \times 0,89 \times 1 \times 1 = 1,520. \quad (3.9)$$

Фактичні умови різання:

$$K_{\text{MP}} = (1530/750)^{0,75} = 1,707. \quad (3.10)$$

Обробка можлива, так як потужність двигуна верстата:

$$N_{\text{шп}} \geq N_{\text{різ}}, \quad (18 \geq 15,8). \quad (3.11)$$

Основний час на операцію визначаємо:

$$T_o = \frac{72 \times 1,0}{500 \times 0,5} = 0,23 \text{ хв.} \quad (3.12)$$

Операція токарна 020, режими різання зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5. Режими різання операції токарна 020.

Номер операції	Інструмент	t <i>мм</i>	S_0 <i>мм/об</i>	V <i>м/хв</i>	n <i>об/хв</i>	N_p <i>кВт</i>	L_{px} <i>мм</i>	T_0 <i>хв</i>	Модель верстата
020	Точіння поверхню різцем 16x25 T5K10 ДСТУ 18869:2008	1,0	0,6	98,1	1250	1,76	49	0,07	Мод. 16K20

3.6. Відновлювальна операція 025

Що потрібно врахувати для сталі 35 при наплавленні

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					51

Таблиця 3.10. Режими різання операції токарна 035.

Номер операції	Інструмент	t <small>мм</small>	S_0 <small>$\frac{мм}{об}$</small>	V <small>$\frac{м}{хв}$</small>	n <small>$\frac{об}{хв}$</small>	N_p <small>кВт</small>	L_{px} <small>мм</small>	T_0 <small>хв</small>	Модель верстата
035	1. Підрізання шийки 1 різцем відрізний 16x25 Т5К10 ДСТУ 18884:2008	3,0	0,15	94,2	1000	2,0	6	0,04	Мод. 16К20
	2. Підрізання шийки 2 різцем відрізний 16x25 Т5К10 ДСТУ 18884:2008	3,0	0,15	94,2	1000	2,0	6	0,04	
	3. Точити поверхню 1 попередньо різець прохідний 16x25 Т5К10 ДСТУ18869:2008	2	0,4	98,1	1250	2,72	49	0,1	
	4. Точити поверхню 2 попередньо різець прохідний 16x25 Т5К10 ДСТУ18869:2008	2	0,4	98,1	1250	2,72	93	0,19	
	5. Точити фаску 1 різцем підрізним 16x25 Т5К10 ДСТУ 18871:2008	2	0,15	98,1	1250	1,28	4	0,02	
	6. Точити фаску 1 різцем підрізним 16x25 Т5К10 ДСТУ 18871:2008	2	0,15	98,1	1250	1,28	4	0,02	
	7. Точіння поверхні 1 різцем 16x25 Т15К6 ДСТУ 18869:2008	0,4	0,25	126,5	1600	0,48	49	0,12	
	8. Точіння поверхні 2 різцем 16x25 Т15К6 ДСТУ 18869:2008	0,4	0,25	126,5	1600	0,48	93	0,23 Σ0,76	
035	Точіння поверхню різцем 16x25 Т5К10 ДСТУ 18869:2008	1,0	0,6	98,1	1250	1,76	49	0,07	Мод. 16К20

3.9. Розрахунок та конструювання вимірювального інструмента для операції 040

Для перевірки однієї або кількох поверхонь деталі слід обрати відповідний вимірювальний інструмент, виконати розрахунок граничних розмірів та розробити схему взаємного розташування поверхонь і допусків деталі та калібру.

Розробимо та обчислимо параметри калібру-скоби для контролю діаметра поверхні $\varnothing 25h9_{-0.045}$.

Вихідні дані для розрахунку: граничні розміри вала складають:

$$D_{\max} = 25,0 \text{ мм}; D_{\min} = 24,955 \text{ мм}.$$

Використовуючи інформацію з джерела [11], отримаємо необхідні значення для обчислень:

$$\alpha_1 = 0; Z_1 = 9 \text{ мкм}; Y_1 = 0; H_1 = 6 \text{ мкм}.$$

На основі цих даних будемо схему розташування полів допусків (див. рисунок б).

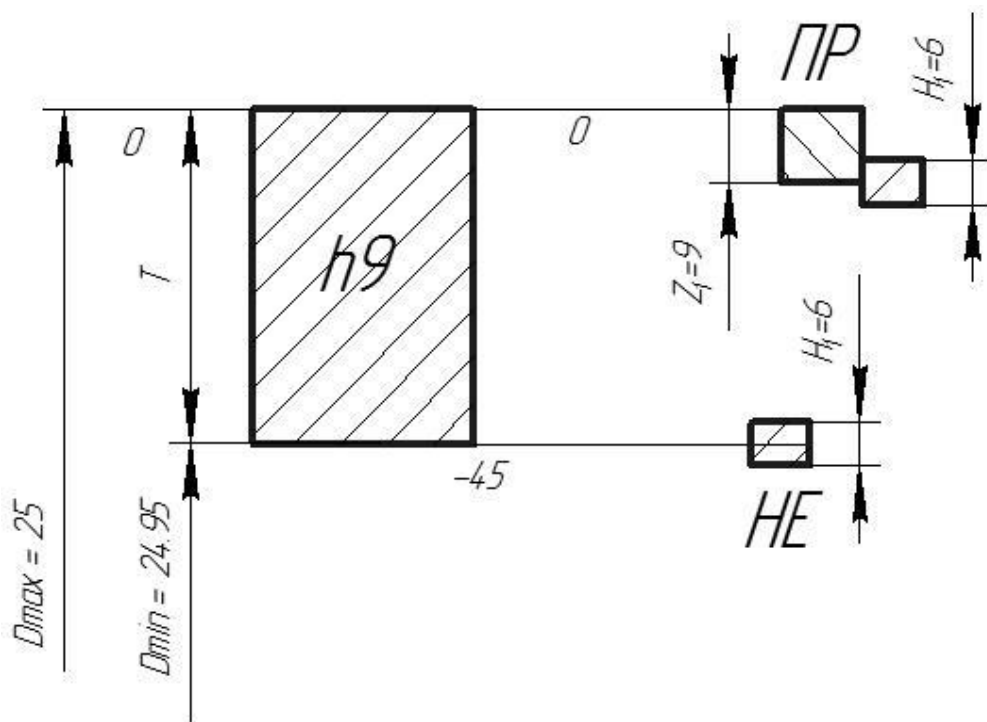


Рис. 6 – Схема розташування полів допусків

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ

Арк.

57

Найменший розмір прохідного калібру-скоби визначаємо за формулою:

$$PP_{\min} = D_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 25 - 0,009 - \frac{0,006}{2} = 24,988 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Виконавчий розмір калібру-скоби $PP = 24,988^{+0,006}$.

Найбільший розмір зношеного прохідного калібру-скоби визначаємо за формулою:

$$PP_{\text{зн}} = D_{\max} + Y_1 = 25,0 + 0 = 25,0 \text{ мм.} \quad (3.14)$$

Коли калібр досягне цього розміру його вилучають з експлуатації.

Найменший розмір непрохідного калібру-скоби визначається за формулою:

$$HE_{\min} = D_{\min} - \frac{H_1}{2} = 24,955 + \frac{0,006}{2} = 24,952 \text{ мм.} \quad (3.15)$$

Виконавчий розмір калібру-скоби $HE_{\min} = 24,952^{+0,006}$.

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Економічний розділ

Аналіз економічної ефективності відновлення деталей вантажного автомобіля, наприклад, , дозволяє оцінити доцільність застосування методів ремонту порівняно з повною заміною деталей. Нижче наведено методику розрахунку та приклад для конкретного випадку.

Методика розрахунку економічної ефективності

Згідно з навчальними матеріалами, економічна ефективність відновлення деталей визначається за такими показниками:

Собівартість відновлення деталі (C_{op}): включає витрати на матеріали, енергію, оплату праці та інші прямі витрати.

Собівартість нової деталі (C_{nop}): вартість придбання нової деталі, включаючи транспортування та встановлення.

Економія на одиницю продукції (E_{op}): різниця між собівартістю нової деталі та відновленням [12].

Річний економічний ефект (E_r): добуток економії на одиницю продукції на кількість відновлених деталей за рік.

Термін окупності витрат на відновлення (T_o): відношення витрат на впровадження відновлювальної технології до річного економічного ефекту.

Приклад розрахунку для вантажного автомобіля

Вихідні дані:

Деталь: розподільчий вал [13]

Собівартість нової деталі (C_{nop}): 10,000 грн

Собівартість відновлення (C_{op}): 4,000 грн

Кількість деталей, що підлягають відновленню за рік (N): 50 шт.

Розрахунки:

Економія на одиницю продукції (E_{op}):

$$E_{op} = C_{nop} - C_{op} = 10,000 \text{ грн} - 4,000 \text{ грн} = 6,000 \text{ грн}$$

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річний економічний ефект (E_r):

$$E_r = E_{op} \times N = 6,000 \text{ грн} \times 50 = 300,000 \text{ грн}$$

Термін окупності витрат на відновлення (T_o):

Припустимо, що впровадження технології відновлення коштує 150,000 грн.

$$T_o = 150,000 \text{ грн} / 300,000 \text{ грн} = 0.5 \text{ року}$$

Висновок

Відновлення розподільчих валів вантажних автомобілів за допомогою сучасних технологій, таких як наплавлення у захисному середовищі, є економічно доцільним. Це дозволяє зменшити витрати на ремонт, скоротити терміни простою техніки та підвищити ефективність використання ресурсів підприємства [14].

					<i>КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Охорона праці та техніка безпеки

Загальні вимоги безпеки:

До роботи допускаються тільки особи, які пройшли інструктаж, навчання за програмою зварника/оператора наплавлення та медогляд. Необхідно мати чинну посвідку на право виконання зварювальних робіт. Робоче місце повинно бути обладнане системами вентиляції та відведення димів. Застосовувати лише справне обладнання, що має технічний огляд [15].

Таблиця 5.1. Індивідуальні засоби захисту

Засіб	Призначення
Зварювальна маска з автоматичним затемненням	Захист обличчя і очей від УФ-випромінювання та бризок металу
Спецодяг із негорючих матеріалів	Захист тіла від опіків, бризок металу
Рукавиці брезентові або шкіряні	Захист рук від опіків та механічних пошкоджень
Захисне взуття (черевики з металевим носком)	Запобігання травмам стоп
Респіратор або маска з фільтрами	Захист органів дихання від димів і парів металів
Беруші або навушники (за потреби)	Захист від шуму під час механічної обробки

Вимоги до обладнання та робочого місця: Заземлити обладнання згідно з ПУЕ. Застосовувати екрани для захисту оточуючих від дугового випромінювання. Організувати локальне відведення диму (витяжку). Перевіряти справність газових шлангів, редукторів, запірної арматури. У зоні

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ				

робіт мати первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники, пісок, кошму. Забезпечити освітлення робочого місця не менше 300 лк. При підйомі-спуску важких деталей – використовувати вантажопідйомні механізми.

Заходи безпеки під час наплавлення: Перед початком – перевірити відсутність легкозаймистих матеріалів у зоні робіт. Не торкатись руками електроодтримувача або деталей, що знаходяться під напругою. Не працювати у вологому одязі або з вологими руками. Слідкувати за температурою деталі: використовувати термозахисні підкладки або рукавиці. У разі зупинки роботи – знеструмити обладнання. Після завершення – дочекатися повного остигання деталей перед їх переміщенням.

Заходи безпеки при механічній обробці (токарні операції 020, 035): Надійно закріплювати деталь у центрах або патроні. Перевіряти справність інструменту та затискних пристроїв. Не допускати знаходження рук поблизу обертових частин верстата. Очищати стружку спеціальними гачками, не руками. Виключати потрапляння одягу, волосся, шнурків у рухомі вузли.

Пожежна безпека: Працювати лише на дільницях, обладнаних засобами пожежогасіння. При виникненні пожежі негайно припинити роботи, знеструмити обладнання та викликати пожежну службу. У зоні наплавлення зберігати тільки необхідний мінімум легкозаймистих матеріалів.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У рамках випускної кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено технологічний процес відновлення деталі зчеплення автомобіля – шийки валу під вижимний підшипник. Проведено визначення підходу, вибір устаткування, матеріалів і умов для ремонту поверхонь валу.

Кваліфікаційна робота бакалавра (КРБ) складається із п'яти розділів.

У вступі була обґрунтована доцільність відновлення дороговартісних деталей в сучасних умовах.

В першому розділі була дана характеристика конструкції зчеплення, його функції та умови експлуатації.

У технологічному розділі проаналізовано технічні умови на відновлення поверхні деталі. Зроблено вибір і обґрунтування методу для відновлення поверхні шийки валу вижимного підшипника.

Третій розділ присвячений розробці технологічного маршруту передбачає підготовку деталі, відновлення робочих поверхонь і їх обробку після нанесення шару. Обрані методи та режим підготовки поверхонь під відновлення, вибране обладнання, режими механічної обробки відновленої поверхні шийки валу вижимного підшипника за нормативами.

У економічному та розділу охорони праці та техніки безпеки надані рекомендації з економічної доцільності та заходах безпеки при проведенні таких робіт.

Випускна кваліфікаційна робота складається з 66 сторінок, і містить у собі 6 ілюстрації, 15 джерел, 18 таблиць, 1 додаток.

Ключові слова: ЗВАРЮВАЛЬНА ДІЛЬНИЦЯ, НАПЛАВЛЕННЯ В ВУГЛЕКИСЛОМУ СЕРЕДОВИЩІ, НАПЛАВЛЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Погорілий В.О. Технологія технічного обслуговування і ремонту автомобілів. - К.: Арістей, 2018. - 320 с.
2. Лещенко В.П. Ремонт автомобільної техніки: технологія і організація. - Харків: ХНАДУ, 2021. - 280 с.
3. Автомобільна промисловість і сервіс. - №2(74), 2022. С. 45-52.
4. Сидоренко О.П., Пастернак І.Б. Використання комп'ютерного моделювання для розробки технологій ремонту зчеплень автомобілів. // Вісник НТУ. - 2020. - №5. - С. 60-66.
5. SAE Technical Paper 2016-01-2135. Advanced Technologies for Refurbishment of Automotive Clutch Systems. - SAE International, USA.
7. Карагодін В.І. Ремонт автомобілів і двигунів. М., Академія. Майстерність, 2022. - 496 с.
6. ДСТУ 7809:2015. Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови.
7. Кулаков В.Є. Конструкційні матеріали: навч. посібник. - Харків: ХНАДУ, 2021.
8. Деркач Н.О. Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення молочного корозійностійкого хромового покриття: Дипломний проєкт. – Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2021. – Електронний ресурс.
9. Махмудов А.Р. Наплавлення в середовищі вуглекислого газу: Дипломний проєкт. – Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2021. – Електронний ресурс.
10. Дембицький Н.В. Відновлення та поверхневе зміцнення сталевих деталей методом залізнення: Кваліфікаційна робота. – Житомир: Поліський національний університет, 2021. – Електронний ресурс.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

11. Шепеленко І.В., Красота М.В., Василенко І.Ф., Осін Р.А. Проектування автотранспортних підприємств та станцій технічного обслуговування: методичні вказівки до виконання практичних занять для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». – Кропивницький: Центральноукраїнський національний технічний університет, 2023. – 41 с.

12. Ілюкович А.С. Техніко-економічна оцінка технології відновлення колінчастого валу двигуна ЯМЗ 238 методом металізації з нанесенням антифрикційного покриття. – Дніпро: Дніпровський державний аграрно-економічний університет, 2023. – 84 с.

13. Казарцев В.І., Шадрічев В.А. Обґрунтування економічної доцільності і розрахунок економічної ефективності відновлювального наплавлення композиційними матеріалами деталей машин. – Харків: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, 2021. – 9 с.

14. Пікуло С.І. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: конспект лекцій. – Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2023. – 94 с.

15. Косовічева Н.В. Охорона праці та безпечне виконання робіт при підготовці кваліфікованих робітників професій зварювального напрямку: навчальний посібник. – Харків: НМЦ ПТО, 2021. – 80 с.

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КРБМТВА 2521158. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66