

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу відновлення вал шестерні
№21080-340135-00 рульового механізму

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Ігор ГУМЕНЮК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Роман ХОРОШУН
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Марія СІПРАВСЬКА
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«24» січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Гуменюк Ігор Богданович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу відновлення вал шестерні №21080-340135-00 рульового механізму

Керівник роботи Хорошун Роман Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2025 року № 4/7-46

2. Термін подання студентом завершеної роботи 09 червня 2025

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення вал шестерні №21080-340135-00 рульового механізму

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Рульовий механізм – 1А1;

Автомобільний гідропідсилювач – 1А1;

Приспосіблення для розбирання-збирання рульової рейки – 1А1;

Карта дефектів – 1А1;

Операційні ескізи – 1А1;

Патентино-інформаційний пошук – 1А1;

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. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24.січня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	05.02.2025	
2	Технологічний розділ	02.06.2025	
3	Конструкторський розділ	29.05.2025	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	16.06.2025	
5	Оформлення графічної частини	17.06.2025	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	25.06.2025	

Студент

(підпис)

Гуменюк Ігор Богданович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хорошун Роман Васильович

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Удосконалення технологічного процесу відновлення вал шестерні №21080-340135-00 рульового механізму».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра асистент Хорошун Роман Васильович.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 53 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини сторінок додатків.

Ключові слова: зношення, наплавлення, міцність, надійність, довговічність.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Конструкційні та функціональні особливості деталі.....	7
1.2 Технічні вимоги.....	9
1.3 Обґрунтування вибору методу відновлення деталі.....	10
1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
2.1 Обґрунтування вибору технологічних баз.....	13
2.2 Технологічний процес усунення дефектів.....	14
2.3 Технологічний маршрут відновлення деталі.....	17
2.4 Вибір обладнання та засобів технологічного оснащення.....	23
2.5 Розрахунок норми часу.....	25
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	32
3.1 Розрахунок вузлів системи рульового керування.....	32
3.1.1 Аналіз передаточних характеристик рульового механізму.....	32
3.1.2 Аналіз параметрів рульового механізму.....	33
3.1.3 Оцінка параметрів рульового приводу.....	33
3.2 Розрахунок на міцність елементів рульового керування.....	37
3.2.1 Аналіз міцності рульового вала.....	37
3.2.2 Розрахунок зачеплення типу «рейка – шестерня».....	38
3.2.3 Розрахунок поздовжньої тяги.....	40
3.2.4 Розрахунок кульових пальців.....	41
3.3 Модернізація рульового механізму.....	43
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	46
4.1 Основи електробезпеки та захист працівників.....	46
4.2 Порядок оформлення робіт з підвищеною небезпекою.....	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	51
БІБЛІОГРАФІЯ.....	52
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасних умовах експлуатації автомобільної техніки особливого значення набувають питання забезпечення надійності та довговічності її основних вузлів і агрегатів. Одним із найбільш навантажених та відповідальних елементів у системі керування є рульовий механізм, а зокрема його складова – вал шестерня, яка виконує функцію передавання крутного моменту від рульового колеса до виконавчих органів. Внаслідок інтенсивної експлуатації, дії циклічних навантажень, впливу абразивних частинок та недостатнього змащування, відбувається зношення та пошкодження поверхонь вал-шестерні, що призводить до зниження ефективності керування автомобілем і потреби у відновленні деталі.

Зважаючи на вартість нових запасних частин, терміни їх постачання та необхідність мінімізації витрат на технічне обслуговування автопарку, значна увага в автотранспортних підприємствах приділяється саме технологіям відновлення деталей. Традиційні методи, хоча й довели свою ефективність, потребують удосконалення з метою підвищення ресурсу деталей, зменшення трудомісткості та покращення економічної доцільності відновлювальних робіт.

У даній кваліфікаційній роботі розглядається удосконалення технологічного процесу відновлення валу шестерні №21080-340135-00 рульового механізму. Мета дослідження полягає у виборі раціонального способу ремонту, розробці технологічної послідовності операцій, підборі необхідного обладнання та обґрунтуванні техніко-економічних показників процесу. В результаті впровадження удосконаленої технології очікується підвищення ефективності експлуатації рульового механізму та зниження вартості обслуговування транспортного засобу.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструкційні та функціональні особливості деталі

Вал-шестерня рульового механізму автомобіля (номер деталі 21080-340135-00) виготовляється зі легованої конструкційної сталі марки 40Х. Цей елемент функціонує у взаємодії з зубчастою рейкою, утворюючи кінематичну пару, що забезпечує передачу зусилля від рульового колеса до елементів рульового приводу і, зрештою, до напрямних коліс транспортного засобу.

Конструктивне призначення вала полягає у трансформації обертального руху рульового вала в поступальний рух рейки з відповідним зусиллям. Для забезпечення довговічності та зносостійкості в умовах циклічних навантажень, опорні шийки деталі піддаються високочастотному поверхневому гартуванню (індукційному нагріву) на глибину щонайменше 0,3 мм. Після термічної обробки проводиться відпуск для зниження внутрішніх напружень та стабілізації структури, в результаті чого досягається твердість на рівні HRC 46...52, що відповідає вимогам до елементів, які працюють в умовах інтенсивного тертя.

Рульовий вал-шестерня конструктивно оснащений опорними циліндричними шийками, які слугують посадковими поверхнями для підшипників кочення. Ці ділянки виготовляються з точністю 7-го квалітету та шорсткістю поверхні не гірше $Ra = 1,25$. Окрім цього, деталь містить зубчасті та шліцьові елементи зовнішнього зачеплення, що є робочими поверхнями, схильними до інтенсивного зношування і руйнування внаслідок механічного навантаження та циклічних контактів.

На торцевих частинах деталі передбачені центрові отвори, які використовувалися як установчі технологічні бази під час первинного виготовлення. У процесі відновлення ці бази також будуть застосовані для точної орієнтації деталі відносно обробного інструменту.

На рисунку 1.1 умовно зображені типові ушкодження, які можуть виникати в процесі експлуатації. Відповідно до аналізу технічного стану, виявлено такі дефекти: знос шийки під кульковий підшипник (поз. 1),

зменшення ширини шліцевого профілю (поз. 5), а також наявність тріщини на функціональній поверхні (поз. 3). Основними факторами, що спричиняють появу зазначених дефектів, є динамічні перевантаження та інтенсивне тертя в умовах підвищених зусиль на рульовому колесі, зокрема під час руху по деформованих ділянках дороги з утвореними коліями, які викликають різке зростання навантаження на вузол рульового управління.

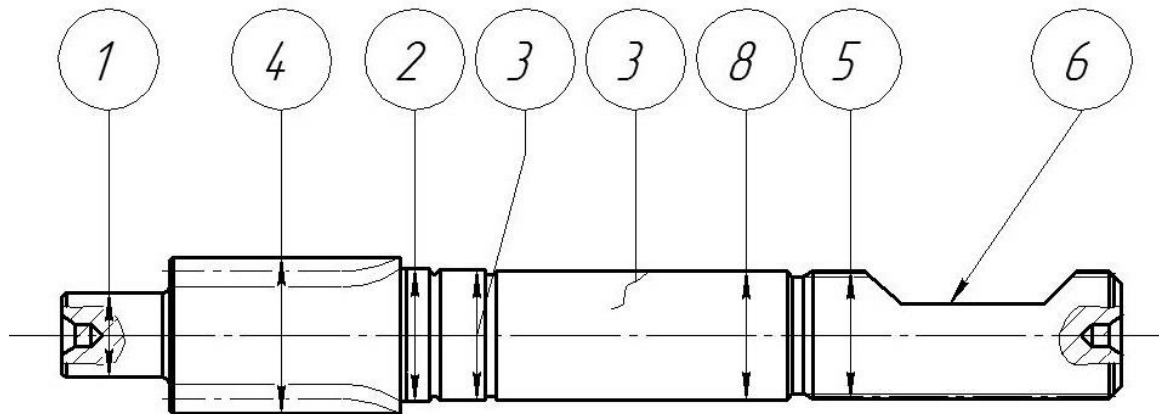


Рис. 1.1. Конструкція вала-шестерні рульового механізму.

Аналізуючи конструкцію та технічний стан вала-шестерні рульового механізму, можна сформулювати такі основні висновки:

Для відновлення геометричної точності опорних шийок доцільно застосовувати метод шліфування. У разі суттєвого відхилення від номінальних розмірів обробку необхідно виконувати поетапно – з використанням чорнової та чистової обробки.

В якості установчих технологічних баз доцільно використовувати торцеві центрові отвори, які були застосовані і на етапі первинного виготовлення деталі. Це дозволяє забезпечити співвісність оброблюваних поверхонь і високу точність фіксації в процесі ремонту.

Конструкційне виконання вала-шестерні відповідає вимогам до деталей класу "тіла обертання", що дає можливість ефективно застосовувати стандартні методи механічної обробки в процесі його ремонту та відновлення.

Деталь класифікується як стержневий елемент циліндричної форми. Її маса становить 0,659 кг, при цьому основні габаритні параметри включають загальну довжину 146 мм та номінальний діаметр 16 мм з допуском $\pm 0,035$ мм.

1.2 Технічні вимоги

У процесі відновлення веденого вала-шестерні, що входить до складу рульового механізму, необхідно дотримуватись низки критичних технічних вимог, які забезпечують його працездатність та довговічність у складі вузла. Основними з них є:

Якість обробки центрових базових отворів повинна відповідати вимогам мікрогеометрії з досягненням параметра шорсткості не гіршого за $Ra = 1,25$ мкм. Це забезпечує точне базування деталі в процесі механічної обробки та монтажу.

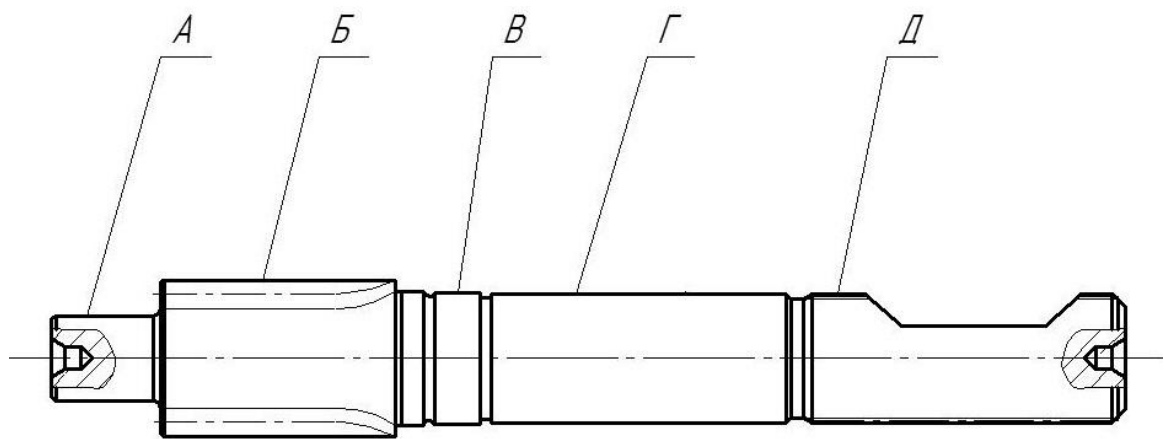


Рис. 1.2. Відновлений вал-шестерня рульового механізму.

Поверхні з умовними позначеннями А, В та Г, які виконують функціональні ролі у взаємодії з підшипниковими вузлами або іншими елементами рульового механізму, повинні мати однаковий рівень чистоти – $Ra = 1,25$ мкм. Такий параметр поверхні дозволяє зменшити контактне тертя та підвищити надійність у зоні посадки.

Відхилення форми зазначених циліндричних поверхонь (А, Б, Г) за параметром конусності не повинно перевищувати 0,016 мм, що гарантує належну точність взаємного з'єднання деталей та відсутність люфтів у спряженнях.

Особливу увагу слід приділити додатковому контролю якості базових центрів після кожного етапу обробки, оскільки їх геометрична точність безпосередньо впливає на кінцеву точність оброблюваних поверхонь.

1.3 Обґрунтування вибору методу відновлення деталі

З метою ефективного усунення виявлених дефектів валу-шестерні рульового механізму легкового автомобіля, проведено аналіз можливих способів відновлення з урахуванням технічних характеристик пошкоджень, наведених у завданні на проектування.

Дефект №1 – знос посадкової шийки під кульковий підшипник.

Номінальний розмір ділянки – $d = 10$ мм з допуском $-0,012$ мм. Фактичне перевищення зносу становить $0,12$ мм, що значно перевищує допустимі межі, тому виникає потреба у відновленні розміру.

Серед найбільш доцільних технологічних варіантів ремонту цієї ділянки розглядаються наступні методи:

- вібродугове наплавлення;
- гальванічне хромування;
- дифузійне залізнення.

Для обґрунтування вибору було проведено порівняння за двома ключовими показниками – коефіцієнтом довговічності (K_d) та техніко-економічної ефективності (K_e):

Спосіб відновлення	Коефіцієнт довговічності (K_d)	Техніко-економічна ефективність (K_e)
Вібродугове наплавлення	0,98	0,256
Хромування	1,72	0,087
Залізнення	0,91	0,837

Усі зазначені способи забезпечують відновлення з ресурсом не нижче 80% від номінального, що є достатнім для міжремонтного періоду експлуатації.

Проте, з позицій економічної доцільності найбільш вигідним виявився метод залізнення, який забезпечує найвищий показник $K_e = 0,837$.

Виходячи з балансу експлуатаційної надійності та економічної ефективності, для усунення зносу посадкової шийки під підшипник рекомендовано застосувати метод залізнення, як оптимальне рішення в умовах заданих обмежень.

Беручи до уваги результати техніко-економічного аналізу, серед розглянутих методів найвищий показник ефективності продемонструвало електродугове зварювання, що й обумовлює доцільність його застосування для усунення виявленого дефекту.

З метою досягнення стабільної якості наплавленого шару та забезпечення належних експлуатаційних характеристик з'єднання, обрано напівавтоматичне електродугове зварювання із використанням порошкового самофлюсуючого дроту марки ПАНЧ–11. Цей витратний матеріал має високі показники технологічності та забезпечує формування рівномірного, щільного наплавленого шару з добрими механічними властивостями.

1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Виконати техніко-технологічне обґрунтування вибору базування деталі при проведенні ремонтно-відновлювальних операцій. Оцінити можливі технологічні бази, що забезпечують точність та надійність обробки. Обрати оптимальні схеми базування для конкретного виду обробки.

Розробити поетапний технологічний процес усунення виявлених дефектів валу-шестерні рульового механізму. Визначити типові дефекти та методи їх усунення. Вибрати відповідні способи наплавлення, термообробки, шліфування тощо.

Сформувати повний технологічний маршрут відновлення деталі. Зазначити послідовність операцій з урахуванням технологічної доцільності та економічності. Визначити контрольні точки перевірки якості.

Здійснити обґрунтований вибір обладнання, пристроїв та вимірювального інструменту. Обрати верстати, оснащення, засоби контролю для виконання всіх передбачених технологічних операцій.

Виконати розрахунок норм часу на окремі технологічні операції. Визначити складові штучного часу. Провести розрахунок такту виробництва, коефіцієнта серійності, підготовчо-заклучного та штучно-калькуляційного часу.

Провести аналітичне дослідження передаточних і конструктивних параметрів рульового механізму. Побудувати передаточні характеристики. Проаналізувати кінематику та ефективність функціонування системи керування.

Здійснити розрахунок на міцність ключових елементів рульового приводу. Розрахувати допустимі навантаження на рульовий вал, тяги, зачеплення. Перевірити відповідність елементів умовам експлуатаційної надійності.

Запропонувати технічне рішення з удосконалення рульового механізму. Сформулювати варіант конструктивної модернізації або покращення матеріалів/технологій відновлення.

Розробити заходи безпеки життєдіяльності при виконанні ремонтних робіт. Сформулювати правила електробезпеки, інструктажів та оснащення робочих місць. Визначити вимоги до організації робіт з підвищеною небезпекою.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Обґрунтування вибору технологічних баз

У процесі відновлення геометрії центрових отворів важливим етапом є вибір раціональних технологічних баз, які забезпечують точне встановлення деталі відносно координат обробки.

У даному випадку в якості базових елементів приймаються циліндрична поверхня однієї з опорних шийок та торцева поверхня вала, яка слугує упорною площиною. Такий підхід дозволяє досягти необхідної співвісності при позиціюванні заготовки на токарному верстаті.

Монтаж деталі здійснюється за допомогою трьохкулачкового самоцентруючого патрона, що охоплює базову шийку, з одночасним упором торця деталі в установчу поверхню патрона. Це забезпечує одночасно надійне закріплення й точне орієнтування по осі обертання. Схематичне розташування баз при такій установці наведено на рисунках 2.1 та 2.2.

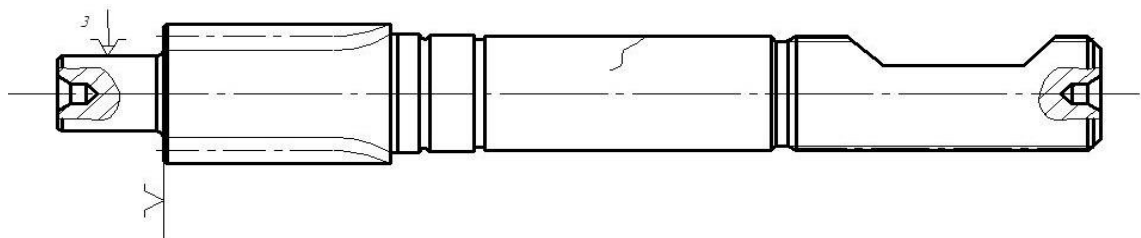


Рис. 2.1. Вал-шестерня рульового механізму.

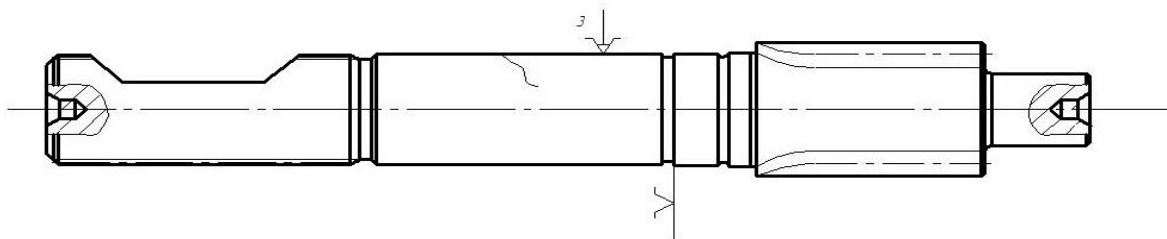


Рис. 2.2. Вал-шестерня рульового механізму.

Під час виконання операції шліфування опорної шийки в якості основних технологічних баз доцільно використовувати центрувальні отвори, які забезпечують точне встановлення деталі по осі симетрії. Такий принцип базування дає змогу гарантувати високу геометричну точність обробки,

зокрема дотримання співвісності між оброблюваною шийкою та іншими конструктивними елементами вала.

Схематичне зображення обраної системи базування представлено на рисунку 2,3, де показано положення деталі в центрах шліфувального верстата, що дозволяє забезпечити мінімальні відхилення за параметрами форми і розміру.

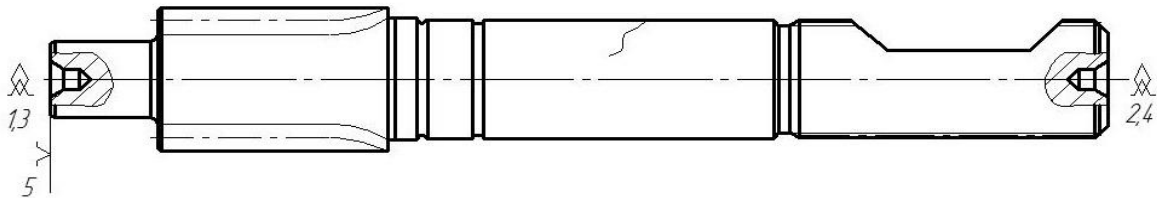


Рис. 2.3. Вал-шестерня рульового механізму.

2.2 Технологічний процес усунення дефектів

З метою ефективного відновлення функціональних властивостей вала-шестерні рульового механізму, сформовано раціональну послідовність операцій для ліквідації виявлених дефектів відповідно до проєктного завдання.

Дефект №1 – знос посадкової шийки під кульковий підшипник (номінальний розмір $d = 10_{-0,012}$ мм, твердість HRC 46...52)

Для усунення зносу даної ділянки передбачається наступна технологічна схема:

Токарна операція.

Обробити центрові отвори за схемою «на чисто», з метою повного видалення пошкоджених шарів та забезпечення точності встановлення деталі при подальшій обробці.

Шліфування (попереднє).

Виконати шліфування зношеної шийки до діаметра $d = 9,7_{-0,020}$ мм. Дана операція передбачає створення рівномірної поверхні для забезпечення надійного зчеплення при подальшому нарощуванні матеріалу.

Залізнення (відновлювальне наплавлення).

Провести нарощування матеріалу на зношеній ділянці методом залізнення до розмірного припуску $d = 10,4^{+0,26}$ мм, що забезпечить достатній надлишок для чистового шліфування.

Шліфування (проміжне).

Здійснити проміжну шліфувальну обробку для зняття надлишків наплавленого шару до діаметра $d = 10,1_{-0,018}$ мм, з наближенням до номінального розміру.

Шліфування (остаточне).

Виконати фінішну шліфовку відновленої шийки до остаточного розміру $d = 10_{-0,012}$ мм, забезпечивши необхідну геометричну точність та клас шорсткості.

Дефект №2 – знос шліцьових елементів по ширині.

(Номінальний розмір: $b = 1,375_{-0,02}$ мм, твердість HRC 46...52).

Для відновлення функціональності шліцьової частини вала-шестерні передбачено послідовність технологічних операцій, що включає механічну, зварювальну та термічну обробку:

Токарна обробка.

Провести зачистку центрувальних отворів шляхом обточування "на чисто" до повного усунення пошкоджень, що утворилися під час попередньої експлуатації.

Токарна обробка.

Виконати повне зрізання зношених шліців до діаметра $d = 15_{-0,14}$ мм, створивши поверхню для подальшого наплавлення.

Наплавлення.

Провести відновлення матеріалу у зоні шліцьової частини методом дугового наплавлення: спочатку повздовжніми, а потім круговими швами. Досягти діаметра $d = 18^{+1,1}$ мм. Під час виконання операції необхідно своєчасно видаляти шлакові включення до повного охолодження металу.

Токарна обробка.

Обробити зовнішню поверхню до розмірного припуску $d = 16,2_{-0,036}$ мм, формуючи основу для нарізання шліців.

Фрезерування.

Нарізати шліци з дотриманням заданої ширини – $b = 1,375_{-0,02}$ мм, забезпечуючи точність форми та взаємозамінність спряжених деталей.

Гартування.

Здійснити поверхневе гартування шліцьової частини: нагріти зону обробки до $920\text{ }^{\circ}\text{C}$ за допомогою індукційного нагріву, після чого провести охолодження в масляній ванні.

Відпуск.

Для зниження внутрішніх напружень і стабілізації структури матеріалу провести відпуск: повторно нагріти шліцьову ділянку до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ та охолодити на повітрі.

Шліфування.

Виконати остаточну шліфовку зовнішнього діаметра шліцьової частини до розміру $d = 16_{-0,015}$ мм, досягаючи високої точності та чистоти поверхні.

Фрезерування шпонкового паза

Обробити шпонкове з'єднання, витримуючи розміри ширина – $b = 4,2$ мм, глибина – $a = 14$ мм, відповідно до конструкційної документації.

Дефект №3 – Тріщини різного походження на поверхні вала.

У разі виявлення тріщин будь-якого типу на поверхневих ділянках вала-шестерні рульового механізму необхідно здійснити низку відновлювальних операцій, що дозволяють повністю усунути зону пошкодження та відновити структурну цілісність матеріалу.

Слюсарна обробка.

Виконати ретельне зачищення країв тріщини з метою видалення оксидів, забруднень і дефектного шару металу. Це забезпечує якісну підготовку зони до подальших ремонтних операцій.

Свердлильна операція.

На обох кінцях тріщини виконати наскрізне свердління отворів діаметром $d = 2^{+0,1}$ мм. Така операція дозволяє локалізувати поширення тріщини і запобігти її подальшому росту в процесі експлуатації.

Зварювальні роботи.

Здійснити зварювання підготовленої ділянки з дотриманням режимів, відповідних до типу сталі. Наплавлення виконується в напрямку від одного

отвору до іншого, забезпечуючи заповнення зони дефекту та надійне з'єднання структури матеріалу.

Шліфування.

Провести остаточне шліфування відновленої поверхні до стану «на чисто» з метою усунення слідів зварювання та відновлення заданої геометрії поверхні. Контроль шорсткості і співвісності проводиться відповідно до вимог технічної документації.

2.3 Технологічний маршрут відновлення деталі

Для забезпечення раціонального та ефективного відновлення працездатності вала-шестерні рульового механізму обрано оптимізовану послідовність технологічних операцій, яка враховує характер пошкоджень і вимоги до точності обробки.

Операція 005 – Токарна обробка (код 4110).

Виконати обточування центрових отворів з мінімальним припуском, дотримуючись умов "на чисто", з метою повного усунення слідів пошкоджень та забезпечення точного базування на наступних етапах.

Установче положення – схема А.

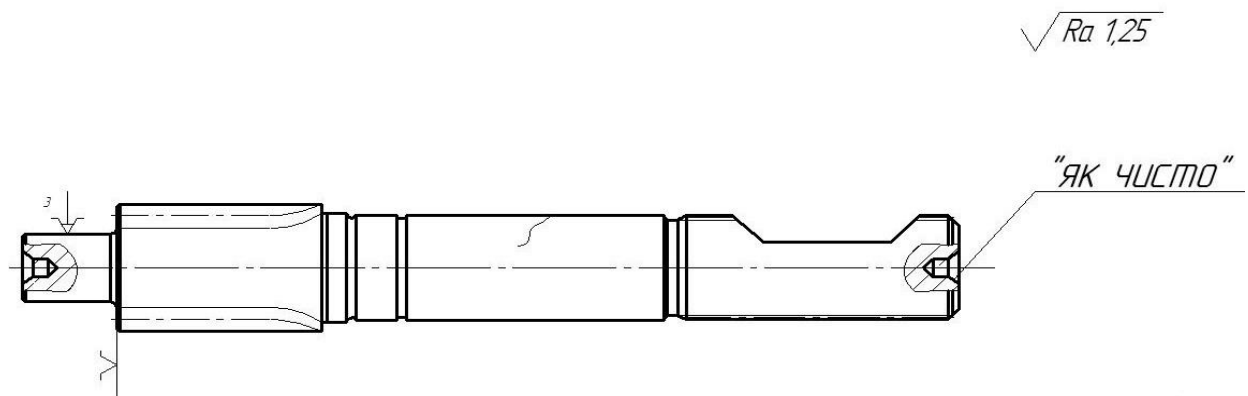


Рис. 2.4. Вал шестерня рульового механізму.

А

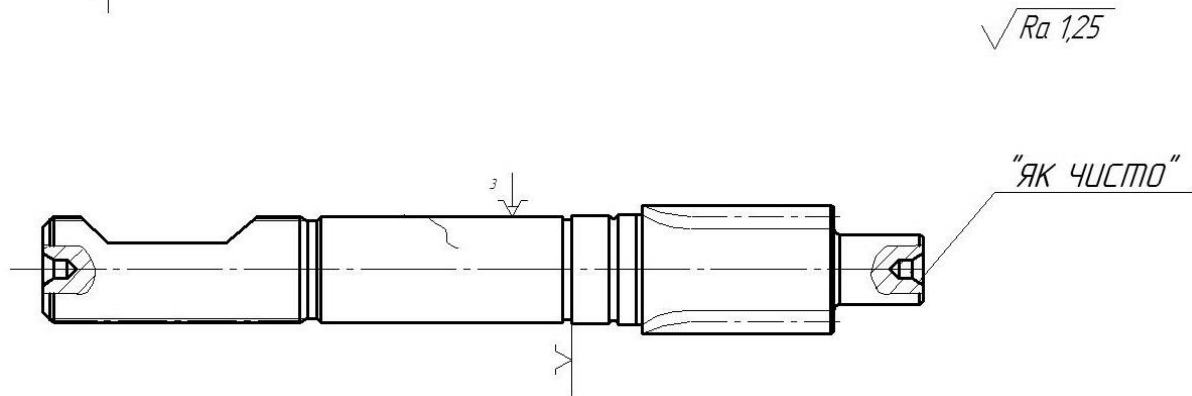


Рис. 2.5. Вал шестерня рульового механізму.

Операція 010 – Шліфувальна (код 4130).

Виконати шліфування опорної шийки до проміжного розмірного значення $d = 9,7_{-0,020}$ мм, дотримуючись заданих параметрів точності та шорсткості поверхні. Операція спрямована на формування рівномірного базового шару під подальше нанесення наплавленого матеріалу в процесі відновлення номінального діаметра.

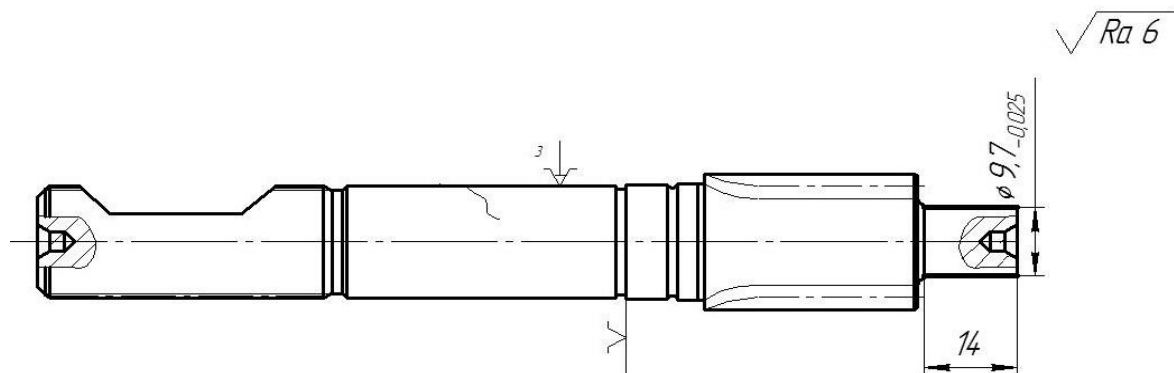


Рис. 2.6. Вал шестерня рульового механізму.

Операція 015 – Залізнення (код 7144).

Виконати нарощування металу на попередньо підготовлену поверхню шийки шляхом дифузійного залізнення до розмірного припуску $d = 10,4^{+0,26}$ мм. Операція має забезпечити достатній технологічний надлишок матеріалу для подальшої чистової обробки при збереженні адгезійної міцності нанесеного шару.

Операція 020 – Шліфувальна (код 4130).

Провести попереднє шліфування наплавленої шийки до діаметра $d = 10,1_{-0,018}$ мм. Завданням даного етапу є вирівнювання поверхні, забезпечення співвісності та підготовка до остаточного чистового шліфування відповідно до вимог креслення.

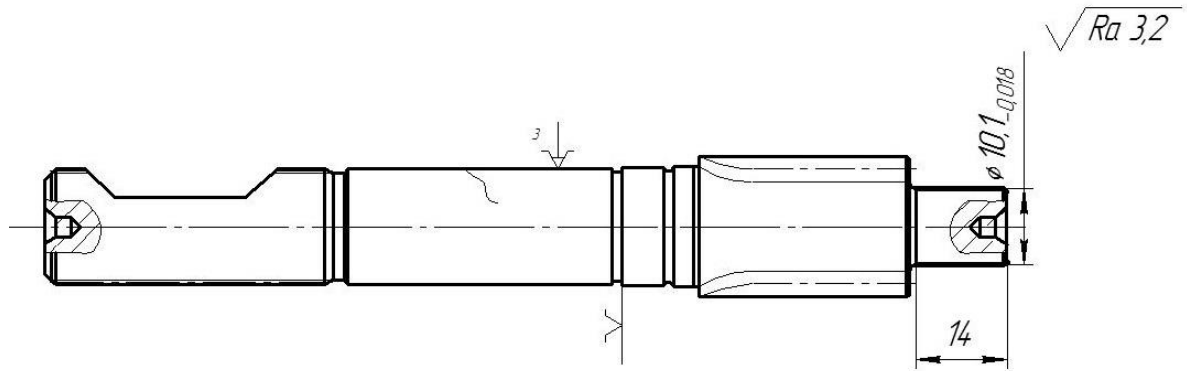


Рис. 2.7. Вал шестерня рульового механізму.

Операція 025 – Шліфувальна (код 4130).

Виконати фінішну шліфувальну обробку відновленої шийки до остаточного розміру $d = 10_{-0,012}$ мм. Операція має на меті досягнення остаточної геометричної точності, необхідної шорсткості поверхні та забезпечення відповідності технічним вимогам щодо взаємозамінності та посадки під кульковий підшипник.

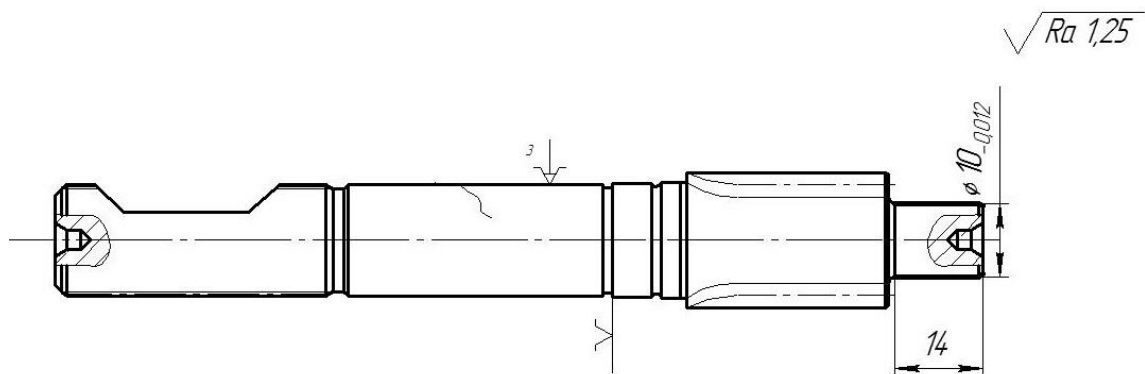


Рис. 2.8. Вал шестерня рульового механізму.

Операція 030 – Токарна (код 4110).

Виконати обточування шліцьової частини деталі з повним видаленням зношених елементів профілю. Обробку здійснити до діаметра $d = 15_{-0,14}$ мм, забезпечуючи необхідну точність і підготовку поверхні під подальше наплавлення. Дотримання допуску є критичним для формування рівномірного шару при відновленні шліцьової зони.

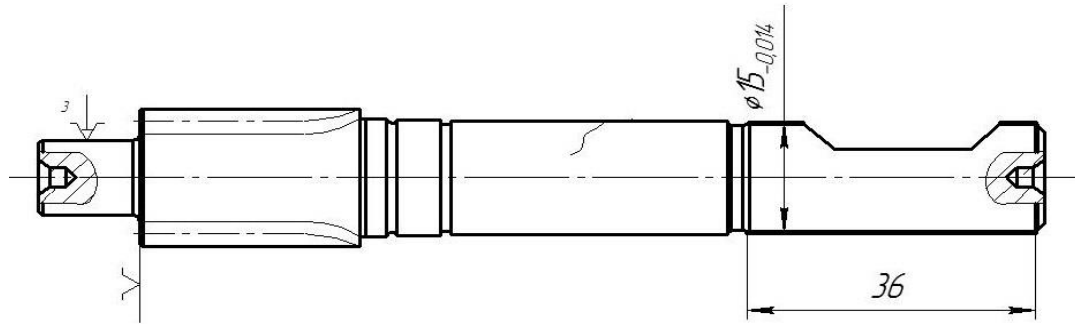


Рис. 2.9. Вал шестерня рульового механізму.

Операція 035 – Наплавлення (код 9300).

Виконати відновлення профілю шліцьової частини шляхом наплавлення зруйнованої зони. Процес проводити у два етапи: спочатку здійснити нанесення металу повздовжніми швами, а потім – круговими, із поступовим формуванням об'ємного шару. Контрольований припуск має становити $d = 18^{+1,1}$ мм. У процесі зварювання необхідно регулярно видаляти шлакові залишки з поверхні до моменту повного охолодження, щоб запобігти утворенню дефектів у металі шва.

Операція 040 – Токарна (код 4110).

Після завершення наплавлення виконати попереднє обточування зовнішньої поверхні шліцьової ділянки до розміру $d = 16,2_{-0,036}$ мм. Метою цієї операції є надання заготовці правильної геометричної форми для наступного фрезерування шліців та забезпечення точності базових параметрів.

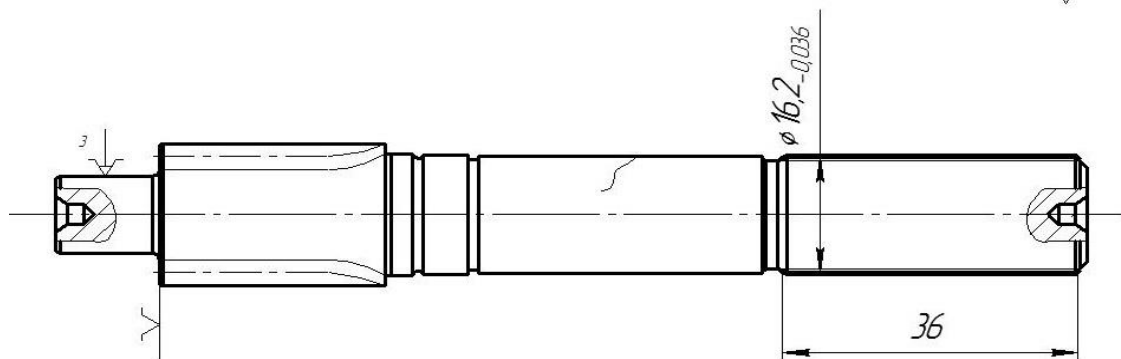


Рис. 2.10. Вал шестерня рульового механізму.

Операція 045 – Фрезерування (код 4260).

Виконати нарізання шліцьових пазів на попередньо обробленій ділянці вала. Параметри обробки повинні відповідати встановленому розміру по ширині шліців – $b = 1,375_{-0,02}$ мм. Необхідно забезпечити точність профілю та відповідність геометрії стандартам з'єднань, що гарантує надійність взаємодії деталі з контрдеталлю у складі рульового механізму.

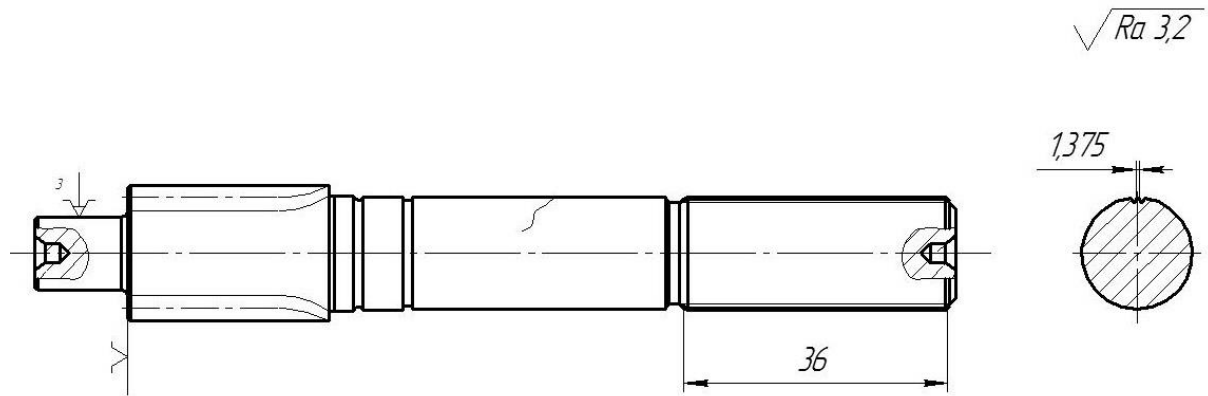


Рис. 2.11. Вал шестерня рульового механізму.

Операція 050 – Гартування (код 5130).

Виконати індукційне нагрівання шліцьової частини деталі до температури 920 °С, забезпечуючи рівномірний прогрів зони обробки. Після досягнення необхідної температури провести інтенсивне охолодження в масляній ванні, що забезпечує утворення мартенситної структури й підвищення твердості робочої поверхні.

Операція 055 – Відпускання (код 5140).

Провести термічну стабілізацію гартованої зони шляхом відпуску при температурі 250 °С з використанням індукційного нагріву. Після витримки здійснити охолодження на повітрі, що сприяє зменшенню внутрішніх напружень і підвищенню опору втомі.

Операція 060 – Шліфувальна (код 4130).

Здійснити фінішну шліфувальну обробку зовнішньої поверхні шліцьової ділянки, доводячи розмір до $d = 16_{-0,015}$ мм. Обробка повинна забезпечити високий клас точності та відповідну шорсткість, необхідну для забезпечення коректного спряження з відповідними елементами механізму.

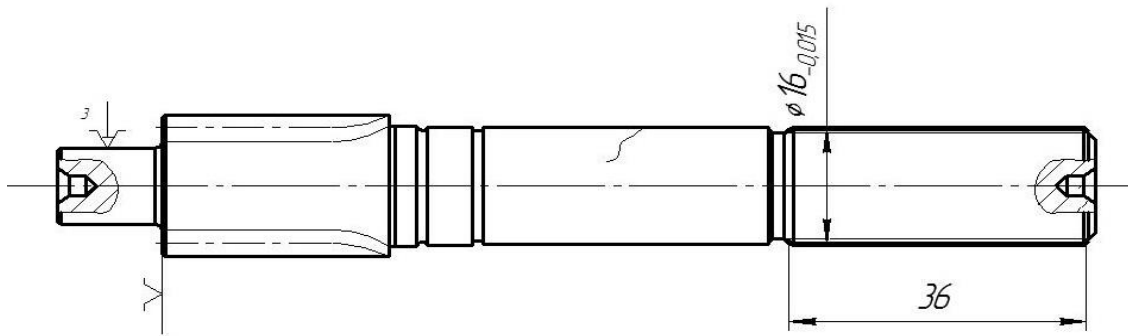


Рис. 2.12. Вал шестерня рульового механізму.

Операція 065 – Фрезерування (код 4260).

Виконати механічну обробку шпонкового з'єднання шляхом фрезерування паза згідно з конструкторською специфікацією. Необхідно забезпечити точне дотримання геометричних параметрів: ширина паза – $b = 4,2$ мм, глибина – $a = 14$ мм. Обробку слід проводити з урахуванням вимог до чистоти поверхні, щоб гарантувати надійність з'єднання з відповідною материнською деталлю вала.

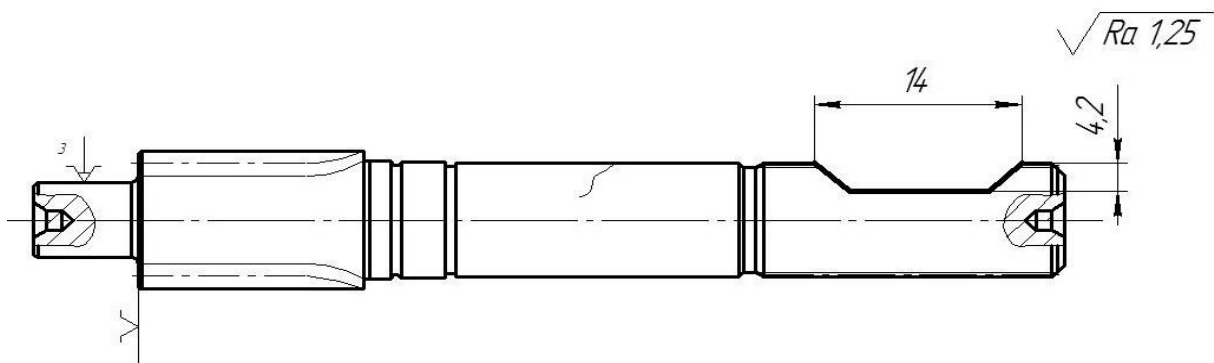


Рис. 2.13. Вал шестерня рульового механізму.

Операція 070 – Слюсарна (код 0190).

Виконати механічне зачищення країв виявленої тріщини з метою видалення оксидного шару, мікротріщин і деформованого металу. Ця операція забезпечує якісну підготовку поверхні до подальших відновлювальних процедур.

Операція 075 – Свердлильна (код 4120).

На кінцях виявленої тріщини просвердлити два отвори діаметром $d = 2^{+0,1}$ мм. Дана технологічна дія спрямована на запобігання подальшому поширенню тріщини шляхом зняття напруження в її крайових зонах.

Операція 080 – Зварювання (код 9100).

Здійснити зварювання дефектної ділянки з дотриманням технології, що відповідає типу матеріалу деталі. Необхідно забезпечити повне заповнення тріщини металом шва із формуванням рівномірного наплавлення по всій довжині пошкодження.

Операція 085 – Шліфувальна (код 4130).

Провести остаточну шліфовку зовнішньої поверхні дискової частини вала до стану "на чисто", з метою видалення залишків зварювання та відновлення необхідної геометричної форми й чистоти поверхні.

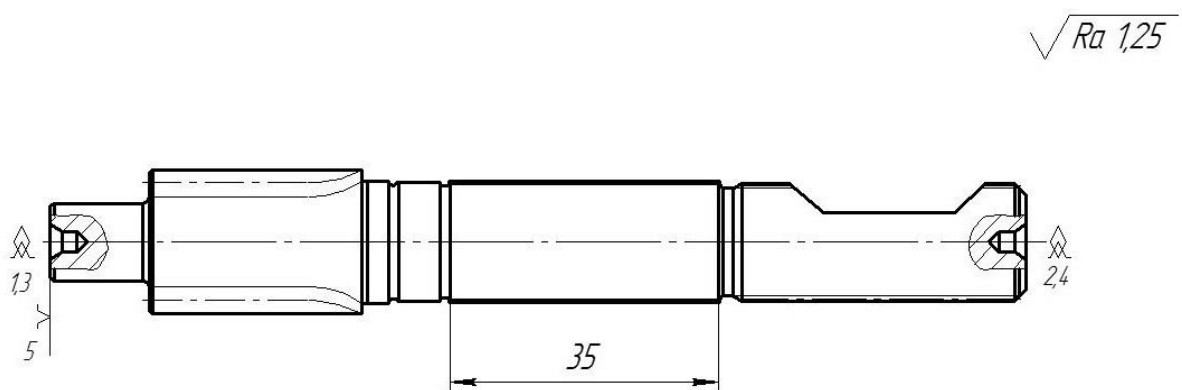


Рис. 2.14. Вал шестерня рульового механізму.

2.4 Вибір обладнання та засобів технологічного оснащення

Для реалізації технологічного маршруту відновлення вала-шестерні рульового механізму було здійснено підбір відповідного обладнання, оснащення та вимірювального інструменту з урахуванням характеру виконуваних операцій, необхідного рівня точності та кваліфікації виконавців.

Операції токарної обробки (коди 4110).

Для токарних операцій (005, 030, 040) застосовується токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20 у комплекті з самоцентруючим трьохкулачковим патроном або повідковим патроном, а також заднім центром, що обертається. В якості ріжучого інструменту використовуються різці T15K6. Контроль геометричних параметрів здійснюється за допомогою штангенциркуля ЩЦ-1-125-0,05 та скоби індикаторної С1. Роботи виконують токарі 2–3-го розрядів.

Шліфувальні операції (коди 4130).

Шліфування здійснюється на круглошліфувальному верстаті ЗУ142 у комбінації з повідковим патроном та обертовим центром. Залежно від етапу шліфування застосовуються абразивні круги типу 25А, 15А або 24А з параметрами. Виконання забезпечується шліфувальниками 3–5-го розряду.

Операція залізнення (код 7144).

Для дифузійного залізнення застосовується електролітична установка, спеціалізоване пристосування та гальванічний розчин. Контроль розмірів здійснюється штангенциркулем ЩЦ-1-125-0,05. Операцію виконує гальванік 3-го розряду.

Операція наплавлення (код 9300).

Наплавлення виконується на універсальному напівавтоматичному зварювальному агрегаті У-653 з використанням електродів Нп-30ХГСА та флюсу АН-20. Зняття шлаку здійснюється вручну гаком до повного охолодження. Вимірювання після обробки – штангенциркулем ЩЦ-1-125-0,1. Роботи виконує електрозварник 4-го розряду.

Фрезерні операції (код 4260).

Фрезерування шліців і шпонкового паза проводиться на шліцефрезерному верстаті моделі 5350 з використанням чистової фрези з прямобічним профілем. Для перевірки профілю використовуються калібри для шліцевих з'єднань за. Роботи виконуються фрезерувальником 5-го розряду.

Термічна обробка (коди 5130, 5140).

Гартування та відпуск проводяться на високочастотній установці ЛГПЗ-60, оснащений термічним інструментом (гартівні щипці, теплозахисні рукавиці). Роботи виконує терміст 3-го розряду.

Слюсарні та свердлильні операції (0190, 4120).

Підготовка поверхні до зварювання та обробка тріщин виконується вручну на слюсарному верстаку із застосуванням шліфувальної машинки ІЭ-2008 та стандартного слюсарного інструменту. Свердління здійснюється на радіально-свердлильному верстаті 2Е52, з використанням свердел Р6М5. Роботи виконують відповідні фахівці 2-го розряду.

Зварювальні роботи (код 9100).

Зварювання тріщин виконується на зварювальному стенді ССН-3 з використанням установки А-825М та дроту ПАНЧ-11 діаметром 1,8 мм. Роботу виконує електрозварник 2-го розряду.

2.5 Розрахунок норми часу

З метою встановлення обґрунтованої трудомісткості виконання операції 030 – Токарна обробка, виконується поетапний розрахунок норми часу, враховуючи задані параметри виробничої програми та тривалість основного технологічного циклу.

Вихідні дані:

Річна програма виготовлення деталей: $N = 1500$ шт.

Ефективний фонд часу одного робітника на рік: $F = 2003$ год.

Основний машинний час на виконання операції: $T_o = 0,186$ хв.

Наступним кроком є визначення допоміжного часу, який враховує витрати на установку, зняття деталі, налаштування інструменту та технічні перерви.

$$T_{don} = T_{вс} + T_{np}, \quad (2.1)$$

$$T_{вс} = 0,35 \text{ хв. } T_{np} = 0,5 \text{ хв.}$$

$$T_{don} = 0,35 + 0,5 = 0,85 \text{ хв.}$$

Розрахунок оперативного часу. На наступному етапі виконується розрахунок оперативного часу, який включає як основний, так і допоміжний час, що витрачається безпосередньо на виконання технологічної операції.

$$T_{on} = T_o + T_{don}, \quad (2.2)$$

$$T_{on} = 0,186 + 0,85 = 1,036 \text{ хв.}$$

Розрахунок додаткового часу. На цьому етапі визначається додатковий час, який включає витрати, пов'язані з обслуговуванням робочого місця, технічним контролем, доглядом за інструментом, а також з перервами, передбаченими нормами охорони праці та умовами колективного договору.

Розрахунок проводиться на основі нормативних коефіцієнтів або відсоткових надбавок до оперативного часу згідно з діючими методичними вказівками.

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{орг}} + T_{\text{вн}} = \frac{T_{\text{он}}}{100} \cdot k, \quad (2.3)$$

де $T_{\text{орг}}$ – час на організаційно-технічне обслуговування, хв;

$T_{\text{вн}}$ – час на власні потреби робітника, хв.

У процесі виконання токарних операцій додатковий час, пов'язаний з обслуговуванням робочого місця, контрольними вимірюваннями та перервами регламентного характеру, приймається на рівні 8 % від величини оперативного часу. Зазначене значення відповідає нормативним даним для умов серійного виробництва та враховується при визначенні повної норми часу на обробку деталі.

$$T_{\text{доп}} = \frac{1,86}{100} \cdot 8 \approx 0,149 \text{ хв.}$$

Визначення підготовчо-заключного часу ($T_{\text{пз}}$). Згідно з методичними рекомендаціями, підготовчо-заключний час розраховується з урахуванням конкретних виробничих умов. Для даного випадку передбачається встановлення деталі в центрах, за умови середнього рівня складності підготовки до роботи, із використанням одного-двох інструментів у наладці.

Висота центрів верстата становить 200 мм, а в процесі обробки передбачається заміна установчих пристроїв. Усі ці фактори враховуються при виборі нормативного значення підготовчо-заключного часу, який буде використано у складі повного штучно-калькуляційного часу для розрахунку виробничої трудомісткості операції.

$$T_{\text{пз}} = 15 \text{ хв.}$$

Розрахунок штучного часу ($T_{\text{шт}}$). На даному етапі виконується визначення штучного часу, який є складовою повного нормативу тривалості технологічної операції. Цей показник включає в себе оперативний час, а також додаткові витрати, що обумовлені специфікою обробки та характером технологічного процесу.

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{дон}} + T_{\text{доп}}, \quad (2.4)$$

$$T_{\text{шт}} = 0,186 + 0,85 + 0,149 = 1,185 \text{ хв.}$$

За аналогією до попередніх етапів, виконується визначення всіх складових штучного часу (оперативного, додаткового), а також підготовчо-заклучного часу для кожної технологічної операції, що входить до маршруту обробки деталі.

Отримані результати систематизуються і впорядковуються у форматі зведеної таблиці 2.1, що дозволяє провести комплексну оцінку трудомісткості всього процесу та обґрунтувати планову норму часу на виготовлення виробу.

Таблиця 2.1. Складові штучного часу для основних технологічних операцій відновлення вала-шестерні рульового механізму.

№ з/п	Найменування операції	Основний час, T_o (хв)	Додатковий час, T_d (хв)	Штучний час, $T_{шт}$ (хв)	Підгот.-заклуч. час, $T_{пз}$ (хв)
1	Токарна (005)	0,186	0,015	0,201	1,20
2	Шліфувальна (010)	0,250	0,020	0,270	1,25
3	Залізнення (015)	0,380	0,030	0,410	1,30
4	Шліфувальна (020)	0,300	0,024	0,324	1,25
5	Шліфувальна (025)	0,260	0,021	0,281	1,25
6	Токарна (030)	0,186	0,015	0,201	1,20
7	Наплавлення (035)	0,450	0,036	0,486	1,40
8	Токарна (040)	0,220	0,018	0,238	1,25
9	Фрезерування (045)	0,300	0,024	0,324	1,35
10	Гартування (050)	0,160	0,013	0,173	1,10
11	Відпускання (055)	0,140	0,011	0,151	1,10
12	Шліфувальна (060)	0,240	0,019	0,259	1,25
13	Фрезерування (065)	0,200	0,016	0,216	1,20
14	Слюсарна (070)	0,150	0,012	0,162	1,10
15	Свердлильна (075)	0,180	0,014	0,194	1,15
16	Зварювання (080)	0,260	0,021	0,281	1,30
17	Шліфувальна (085)	0,230	0,018	0,248	1,25

Наступним етапом є визначення тактового часу випуску продукції – одного з ключових параметрів, який характеризує ритмічність виробничого процесу та дозволяє оцінити ступінь завантаженості робочих центрів.

$$t_{\varepsilon} = \frac{F_{\partial} \cdot 60}{N}, \quad (2.5)$$

$$t_{\varepsilon} = \frac{2003 \cdot 60}{1500} = 80,12 \text{ хв/шт.}$$

Для узагальнення витрат часу на виконання всього комплексу технологічних операцій здійснюється обчислення середнього штучного часу, який характеризує середню трудомісткість виготовлення однієї одиниці продукції. Для проведення розрахунку використовуються підсумкові дані, отримані в результаті нормування кожної окремої операції, включаючи основний, допоміжний та підготовчо-заклучний час. На основі цих даних визначається середнє значення штучного часу, яке дозволяє більш точно оцінити завантаження обладнання та потребу в трудових ресурсах.

$$T_{um_{cp}} = \frac{\sum T_{um}}{m}, \quad (2.6)$$

$$T_{um_{cp}} = \frac{1,78 + 1,812 + 18,39 + 1,872 + 1,33 + 1,266 + 2,46}{17} + \frac{2,21 + 4,48 + 2,12 + 2,12 + 1,451 + 4,78 + 1,37 + 3,417 + 3,42 + 1,63}{3} = 3$$

хв.

На завершальному етапі нормувального аналізу визначається коефіцієнт серійності (k_c), який дозволяє врахувати тип виробництва (одиничне, дрібносерійне, середньосерійне або масове) при уточненні нормативів часу та підборі режимів обробки.

$$k_c = \frac{t_{\varepsilon}}{T_{um_{cp}}}, \quad (2.7)$$

$$k_c = \frac{80,12}{3} = 26$$

На основі проведеного розрахунку отримано значення коефіцієнта серійності $k_c = 16$. Порівнюючи це значення з нормативними класифікаційними

межами, встановлюємо, що при $k_c < 20$ характер виробництва відповідає дрібносерійному типу. Такий тип виробничого процесу передбачає повторюваність партій з обмеженою номенклатурою деталей та часткове використання спеціального оснащення.

Залежно від типу виробництва, приймається відповідне значення коефіцієнта K , який враховує питомі витрати часу на підготовчо-заклучні роботи при виготовленні партії деталей. Для умов дрібносерійного виробництва нормативно рекомендований діапазон становить $K = 0,14 \dots 0,18$. У подальших розрахунках приймаємо $K = 0,14$ як найдоцільніше значення, що відповідає поточному виробничому завантаженню та кількості переходів. На цьому етапі визначається кількість деталей у виробничій партії n , що є необхідною величиною для подальших розрахунків штучно-калькуляційного часу, визначення тривалості виготовлення партії та оптимізації логістичних циклів.

$$n = \frac{\sum T_{nz}}{K \cdot \sum T_{шт}}, \quad (2.8)$$

$$n = \frac{15 + 7 + 10 + 7 + 7 + 15 + 10 + 15 + 7 + 7 + 7 + 7 + 10 + 5 + 5 + 10 + 7}{0,15 \cdot 56,178} \approx 18 \text{ шт.}$$

На завершальному етапі нормування виконується обчислення штучно-калькуляційного часу ($T_{шк}$), який включає не лише тривалість безпосереднього виконання операції, а й частину підготовчо-заклучного часу, що припадає на одну деталь.

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{nz}}{n}, \quad (2.9)$$

$$T_{шк} = 1,18 + \frac{15}{18} = 2,09 \text{ хв.}$$

Розрахунок штучно-калькуляційного часу для кожної операції виконується за відповідною формулою з урахуванням раніше визначених параметрів: штучного часу ($T_{шт}$), підготовчо-заклучного часу ($T_{пз}$) та обсягу партії деталей (n). Кожна операція технологічного маршруту аналізується окремо, а результати розрахунків систематизуються у форматі зведеної таблиці 2.2, що дає змогу наочно представити розподіл трудових витрат і визначити найбільш ресурсоємні етапи обробки.

Таблиця 2.2. Штучно-калькуляційний час ($T_{\text{шк}}$) за операціями технологічного маршруту.

№ з/п	Найменування операції	Штучний час, $T_{\text{шт}}$ (хв)	Підгот.- закл. час, $T_{\text{пз}}$ (хв)	$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз/п}}$ (хв)
1	Токарна (005)	0,201	1,20	0,249
2	Шліфувальна (010)	0,270	1,25	0,320
3	Залізнення (015)	0,410	1,30	0,462
4	Шліфувальна (020)	0,324	1,25	0,374
5	Шліфувальна (025)	0,281	1,25	0,331
6	Токарна (030)	0,201	1,20	0,249
7	Наплавлення (035)	0,486	1,40	0,542
8	Токарна (040)	0,238	1,25	0,288
9	Фрезерування (045)	0,324	1,35	0,378
10	Гартування (050)	0,173	1,10	0,217
11	Відпускання (055)	0,151	1,10	0,195
12	Шліфувальна (060)	0,259	1,25	0,309
13	Фрезерування (065)	0,216	1,20	0,264
14	Слюсарна (070)	0,162	1,10	0,206
15	Свердлильна (075)	0,194	1,15	0,240
16	Зварювання (080)	0,281	1,30	0,333
17	Шліфувальна (085)	0,248	1,25	0,298

Аналізуючи конструкцію та особливості виконання ремонтно-відновлювальних операцій для вала-шестерні рульового механізму, можна дійти висновку, що дана деталь не належить до складних у технологічному плані. Завдяки наявності чітко виражених базових поверхонь, деталь може бути надійно закріплена у патронах як токарних, так і шліфувальних верстатів, що забезпечує достатню точність у процесі обробки.

Водночас, враховуючи характер пошкоджень, особливості термообробки та потребу в точній відновній обробці (зокрема шліцьової та посадкової

частин), усі відновлювальні роботи доцільно виконувати в умовах спеціалізованих виробничих підрозділів. Це може бути ремонтно-механічна дільниця підприємства, авторемонтний завод (АРП) або сертифікована станція технічного обслуговування, оснащена лініями токарної, шліфувальної та фрезерної обробки, що відповідають вимогам до точності, чистоти поверхні та термічної обробки деталей рульового механізму.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок вузлів системи рульового керування

3.1.1 Аналіз передаточних характеристик рульового механізму

У межах цього етапу проводиться аналітичне визначення кінематичних i_{ω} та силових i_p передаточних чисел, що характеризують рульове управління:

$$i_{\omega} = \frac{\alpha_{p.k}}{\alpha_{k.k}} = i_{\omega.m} \cdot i_{\omega.n} \quad (3.1)$$

$$i_p = \frac{\Sigma M_{k.k} \cdot R}{M_{p.k} \cdot C} = i_{p.m} \cdot i_{p.n} \quad (3.2)$$

де $\alpha_{p.k}$, $\alpha_{k.k}$ – кути повороту відповідно рульового й керованого коліс,
 $\alpha_{p.k} = 540 \dots 1080^\circ$, $\alpha_{k.k} = 35 \dots 40^\circ$;

$i_{\omega.m}$ і $i_{\omega.n}$, $i_{p.m}$ і $i_{p.n}$ – кінематичне і силове передавальні числа відповідно рульового механізму і рульового приводу;

Сумарний момент опору, що виникає під час обертання керованих коліс, є ключовим параметром при аналізі роботи рульового механізму. Для подальших інженерних розрахунків встановлюється його числове значення на основі експлуатаційних умов, типу покриття дороги, навантаження на передню вісь та конструктивних особливостей шин.

$$\Sigma M_{k.k} = 1.25 \cdot G(f + \varphi \cdot r_{ковз}); \quad (3.3)$$

$$\Sigma M_{k.k} = 1.25 \cdot 6062,6(0.018 + 0.7 \cdot 0.0405) = 351,24 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$G=6062,6\text{Н}$ – вага, що припадає на керовані колеса;

$f=0,025$ – коефіцієнт опору коченню;

$\varphi = 0,6 \dots 0,8$ – коефіцієнт зчеплення шини з полотном дороги; $\varphi = 0,7$;

$r_{ковз} = (0,12 \dots 0,27) r_k$ – радіус ковзання шини, м; $r_{ковз} = 0,15 \times 0,27 = 0,0405$;

r_k – радіус кочення колеса, м ($r_k \approx r_{cm} \approx r_d$);

$R = 0,2 \dots 0,25$ м – радіус рульового колеса, м;

$M_{pk} = P_{pk} \cdot R = 350 \cdot 0.25 = 87,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – момент, який прикладається до рульового колеса;

$P_{p.k}$ – зусилля, яке водій прикладає до рульового колеса, Н; Необхідно виконання умови $P_{p.k} \leq 400 \text{ Н}$.

Радіус повороту, також відомий як радіус обкочування керованого колеса, визначається як відстань від центра плями контакту шини з дорожнім покриттям до точки перетину осі поворотного шворня, відкладена у вигляді перпендикуляра. Цей параметр суттєво впливає на значення моменту опору обертанню колеса. У межах проведеного аналізу величину цього радіуса прийнято на рівні $C=0,02 \text{ м}$, що відповідає типовим умовам для даної конструкції рульового вузла.

$$i_{\omega} = \frac{1080^{\circ}}{40^{\circ}} = 27$$

$$i_p = \frac{351,24 \cdot 0.25}{87.5 \cdot 0.02} = 19,3$$

3.1.2 Аналіз параметрів рульового механізму

На даному етапі визначається необхідне зусилля, що прикладається до ободу рульового колеса для забезпечення повороту керованих коліс. Це зусилля залежить від сумарного моменту опору повороту, передаточного числа рульового механізму та геометрії елементів систем:

$$P_{p.k} = \frac{M_{k.k}}{u_{\omega} \cdot \eta_{p.k} \cdot \eta_{p.l} \cdot R_{p.k}}; \quad (3.4)$$

$$P_{p.k} = \frac{351,24}{19,3 \cdot 0.7 \cdot 0.85 \cdot 0.25} = 122,35 \text{ Н}$$

де $\eta_{p.m} - \eta_{p.l} = 0,7$; $\eta_{p.k} = 0$ $\eta_{p.k} = 0,93$.

Оскільки отримано при розрахунку $400 \text{ Н} > 122,35 \text{ Н}$.

3.1.3 Оцінка параметрів рульового приводу

Для проведення розрахунку рульового приводу визначаються значення

кутів повороту керованих коліс транспортного засобу, при цьому вплив бокового уводу шин на етапі оцінки не враховується

$$\operatorname{ctg} \alpha_z - \operatorname{ctg} \alpha_{\text{вн}} = \frac{M}{L} = \frac{1.04}{2.46} = 0.423; \quad (3.5)$$

де α_z , $\alpha_{\text{вн}}$ – кути повороту відповідно зовнішнього і внутрішнього коліс;
 M – відстань між осями повороту керованих коліс (між осями шворнів);
 L – база автомобіля.

Головні геометричні параметри рульової трапеції, зокрема відстані M , m та n , встановлюються відповідно до конфігурації, зображеної на рисунку 3.1.

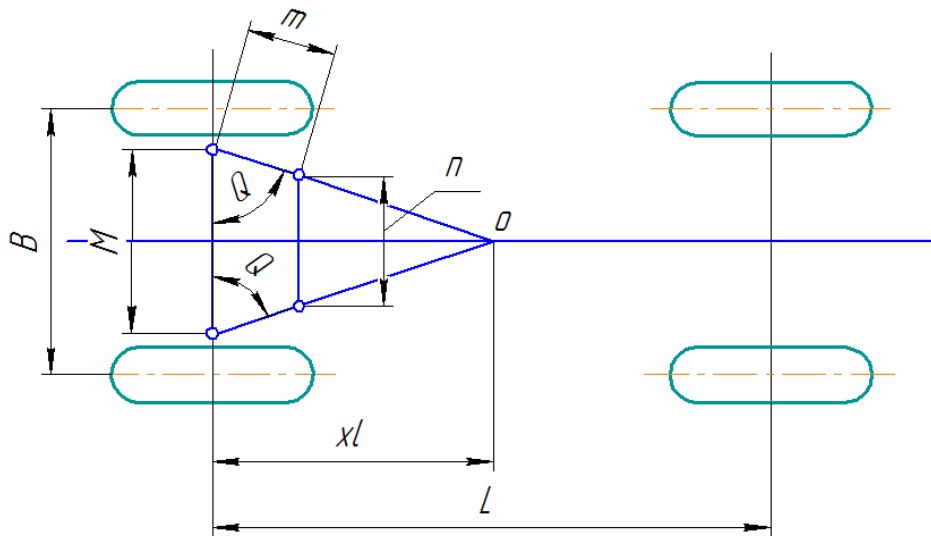


Рис. 3.1. Схематичне зображення для визначення геометричних параметрів рульової трапеції.

Для встановлення значення параметра M , що відповідає відстані між осями поворотних важелів, приймається довжина поворотної цапфи, обрана з урахуванням конструктивних особливостей вузла. Визначення кутових величин, необхідних для подальших інженерних обчислень, здійснюється на основі геометричних співвідношень, що відповідають конфігурації трапеції, зображених на рисунку.

$$\operatorname{ctg} \theta = \frac{M}{2 \cdot x \cdot L}; \quad (3.6)$$

$$\operatorname{ctg} \theta = \frac{1.04}{2 \cdot 0.7 \cdot 2.46} = 73^\circ$$

за умови, що $m/n = 0,12 \dots 0,16$.

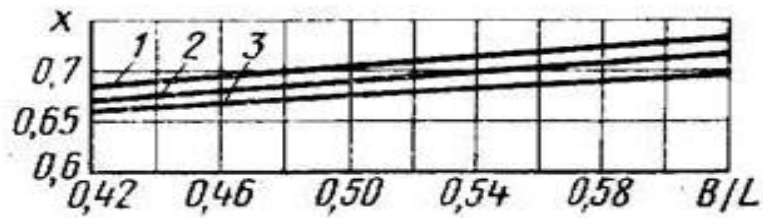


Рис. 3.2. Графічна залежність параметра x від співвідношення B/L .

На представленій графічній залежності по осі ординат відкладається величина x , яка відповідає конкретним значенням параметра u . Для трьох окремих випадків – 1,2,3 – відповідає значенням $u \rightarrow 0,12; 0,14; 0,16$ – побудовано відповідні криві, що ілюструють зміну параметра залежно від геометричного співвідношення ширини колії до колісної бази. У разі, коли вплив пружних деформацій шин не береться до уваги, допустимо прийняти усереднене значення $x=0,7$, що забезпечує достатню точність для інженерного аналізу.

$$n = \frac{M}{1 + 2 \frac{m}{n} \cos \theta}; \quad (3.7)$$

$$n = \frac{1.04}{1 + 2 \cdot 0.12 \cdot \cos 73} = 0.972 \text{ м}$$

Наступним етапом є перевірка відповідності побудованої геометричної моделі рульової трапеції теоретичним залежностям. Для цього, виходячи з отриманих розрахункових розмірів, у масштабі не менш ніж 1:10 виконується побудова схеми рульової трапеції (рисунок 3.3). Після цього здійснюється графічне моделювання процесу повороту одного з керованих коліс із кроком 5° у межах допустимого діапазону. Під час кожного такого кроку визначається відповідний кут повороту другого колеса. Отримані результати фіксуються в таблиці 3.1, після чого на основі цих даних уточнюється графічна залежність на рисунку 3.3.

На основі числових значень, наведених у таблиці 3.1, виконується побудова графічної залежності кута повороту зовнішнього колеса α_z від кута повороту внутрішнього колеса $\alpha_{\text{вн}}$. Відповідна крива відображається на рисунку

3.4, що дозволяє візуалізувати характер зміни взаємозв'язку між кутовими параметрами при повороті керованих коліс.

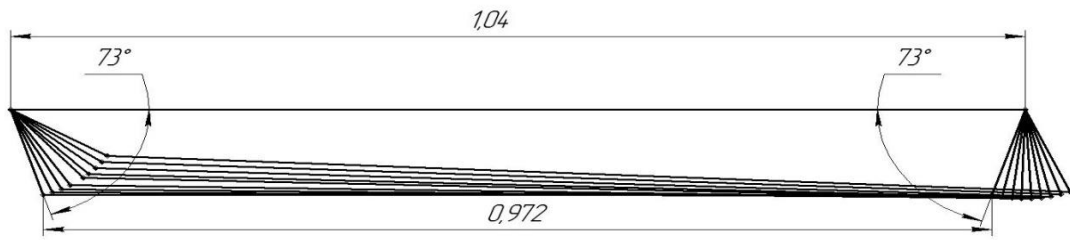


Рис. 3.3. Графічна схема для визначення взаємозв'язку між кутами повороту керованих коліс.

Таблиця 3.1 – Результати вимірювання кутів повороту керованих коліс.

Кути повороту колеса	Внутрішній $\alpha_{вн}$		5	10	15	20	25	30	35	40
	Зовнішній $\alpha_з$	теоретичний	4,97	9,3	13,5	17,5	21,3	24,9	28,4	32
		графічний	4,97	9,4	13,7	17,8	21,7	25,1	28	32,4

Геометричні характеристики рульової трапеції вважаються коректно підібраними, якщо при повороті керованих коліс до кута 20° спостерігається узгодженість між аналітичною та графічною залежностями, а величина розбіжності не перевищує $2-3^\circ$. На основі проведеного аналізу графічної побудови можна зробити висновок, що спроектована рульова трапеція повністю відповідає вимогам кінематики рульового приводу та була розрахована з дотриманням усіх необхідних технічних критеріїв.

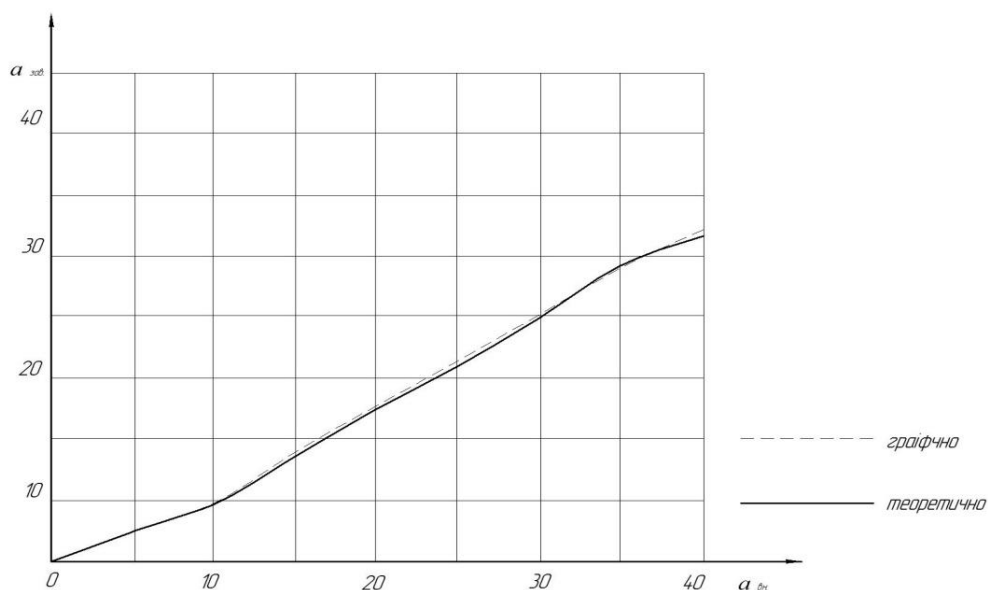


Рис. 3.4. Графік взаємозалежності між кутами повороту внутрішнього та зовнішнього керованих коліс автомобіля.

3.2 Розрахунок на міцність елементів рульового керування

3.2.1 Аналіз міцності рульового вала

На першому етапі розрахунку рульового вала виконується визначення крутного моменту, що передається через вал колонки кермового управління.

$$M_{pk} = P_{pk} \times R; \quad (3.8)$$

Де P_{pk} - необхідне зусилля на рульовому колесі, $P_{pk} = H$, R – радіус рульового колеса, $R = 0,25$ м.

$$M_{pk} = 122,35 \times 0,25 = 30,58 \text{ Н м.}$$

Визначаємо полярний момент опору поперечного перерізу рульового вала в його критичній (небезпечній) зоні, що зазнає найбільших навантажень.

$$W_p = \frac{\pi \cdot (d_3^4 - d_6^4)}{16 \cdot d_3}; \quad (3.9)$$

$$d_3 = 24 \text{ мм і } d_6 = 18 \text{ мм.}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot (24^4 - 18^4)}{16 \cdot 24} = 1855 \text{ мм}^3$$

Розраховуємо максимальні дотичні напруження, що виникають у матеріалі рульового вала в результаті дії крутного моменту.

$$\tau = \frac{M_{pk}}{W_p}; \quad (3.10)$$

$$\tau = \frac{30580}{1855} = 16,4 \text{ МПа.}$$

У якості конструкційного матеріалу для рульового вала використано сталь марки 20, для якої допустиме значення дотичних напружень становить $[\tau] = 100$ МПа. Порівнюючи розраховану величину максимальних дотичних напружень з гранично допустимою, отримаємо $\tau = 19,02 \text{ МПа} < [\tau] = 100 \text{ МПа}$, що свідчить про виконання умови міцності для заданих експлуатаційних режимів.

$$J_p = \frac{\pi \cdot (d_3^4 - d_6^4)}{32}; \quad (3.11)$$

$$J_p = \frac{\pi \cdot (24^4 - 18^4)}{32} = 22250 \text{ мм}^4$$

Визначення величини кута закручування рульового вала здійснюється з

урахуванням впливу прикладеного крутного моменту на пружну деформацію елемента в межах пружності матеріалу.

$$\alpha = \frac{180 \cdot M_{pk} \cdot L}{\pi \cdot J_p \cdot G}; \quad (3.12)$$

$$L = 318 \text{ мм}, G = 85 \text{ МПа}.$$

$$\alpha = \frac{180 \cdot 35,29 \cdot 0,318}{3,14 \cdot 22250 \cdot 85 \cdot 10^{-3}} = 1,03^\circ$$

Розрахуємо величину кута закручування вала за умови, що його довжина становить 1 метр.

$$\alpha = \frac{1000 \cdot 1,03}{318} = 3,24^\circ \quad (3.13)$$

Допустимий діапазон кута закручування вала становить $[\alpha] = 5 \dots 8^\circ$ на кожний метр його довжини. Оскільки обчислене значення кута становить $\alpha = 5^\circ$, що не перевищує гранично допустимих меж, умову міцності вала можна вважати такою, що виконується.

3.2.2 Розрахунок зачеплення типу «рейка – шестерня»

Визначення колового зусилля, що передається через зубчасте зачеплення шестерні:

$$F_1 = \frac{P_{pk} \cdot R}{r_{zc}}; \quad (3.14)$$

$$F_1 = \frac{122,35 \cdot 250}{10} = 3058,75 \text{ Н}$$

$$m = 1,3; t_B = 4; z = 7; y = 0,097.$$

Знаходимо відношення Ψ_{bd}

$$\Psi_{bd} = \frac{b}{2 \cdot r_{zy}}; \quad (3.15)$$

$$b = 12 \text{ мм};$$

$$\Psi_{bd} = \frac{12}{2 \cdot 10} = 0,6$$

$$\Psi_{bd} = 0,6 \quad k_{F\beta} = 1,3 \quad k_{H\beta} = 1,2.$$

Коефіцієнт перекриття характеризує ступінь одночасної участі кількох

пар зубців у процесі зачеплення та є важливим параметром для забезпечення плавності передачі. Його числове значення визначається з урахуванням геометрії зубчастих елементів і впливає на рівномірність навантаження та безперервність контакту між зубцями.

$$\varepsilon_{\alpha} = \left[1,88 - \left(\frac{3,2}{z} \right) \right] \cdot \cos \beta; \quad (3.16)$$

$$\beta = 0.$$

$$\varepsilon_{\alpha} = \left[1,88 - \left(\frac{3,2}{7} \right) \right] \cdot \cos 0 = 1,46$$

Коефіцієнт, що враховує вплив ступеня перекриття, відображає рівень участі додаткових зубців у передачі навантаження під час зачеплення.

$$K_{\epsilon} = (0,75 \dots 0,80) \cdot \varepsilon_{\alpha}; \quad (3.17)$$

$$K_{\epsilon} = 0,77 \cdot \varepsilon_{\alpha} = 0,77 \cdot 1,69 = 1,09.$$

Проводимо перевірку відповідності розрахункового нормального напруження згину допустимим значенням, з метою оцінки працездатності елемента під дією згинального моменту.

$$\sigma_F = \frac{k_{F\beta} \cdot F_1}{y \cdot b \cdot t_B \cdot K_{\epsilon}} \leq [\sigma_F]; \quad (3.18)$$

Як матеріал для виготовлення шестерні та поршня рейки використовується сталь марки 30ХГТ. Для даного сплаву границя допустимого напруження становить $[\sigma_F] = 800$ МПа, що враховується при розрахунках на міцність згідно з умовами експлуатаційного навантаження.

$$\sigma_F = \frac{1,3 \cdot 3058,75}{0,097 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 1,3} = 657 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_F < [\sigma_F] \text{ умова виконується.}$$

Розрахуємо еквівалентне (приведене) значення радіуса кривизни, яке враховує геометричні параметри взаємодіючих поверхонь у зоні контактної взаємодії зубців.

$$P_{np} = r_{zc} \cdot \sin \alpha; \quad (3.19)$$

$$\alpha = 20^\circ.$$

$$P_{np} = 10 \cdot 0,34 = 3,4$$

Визначимо значення нормального навантаження, що припадає на одиницю довжини лінії контакту зубця.

$$q = \frac{F_1 \cdot k_{H\beta}}{b \cdot \cos \alpha}; \quad (3.20)$$

$$q = \frac{3058.75 \cdot 1.2}{12 \cdot 0.94} = 325.4 \text{ Н/мм}$$

Виконуємо перевірку міцності елементів зачеплення за умовами найбільшого контактного напруження, що виникає у зоні взаємодії зубців, з метою оцінки працездатності передачі при граничних навантаженнях.

$$\sigma_H = \left[\frac{E \cdot q}{2 \cdot \pi \cdot (1 - \mu^2) \cdot P_{np}} \right]^{1/2} \leq [\sigma_H]; \quad (3.21)$$

$$E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ МПа}; \mu = 0.3. [\sigma_H] = 2540 \text{ МПа}$$

$$\sigma_H = \left[\frac{2.1 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 375.4 \cdot 10^3}{2 \cdot 3.14 \cdot (1 - 0.3^2) \cdot 3.4} \right]^{1/2} = 1394 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_H < [\sigma_H] \text{ умова виконується.}$$

3.2.3 Розрахунок поздовжньої тяги

Визначення площі поперечного перерізу та моменту інерції у критичній зоні навантаження:

$$F = \frac{\pi \cdot (d_3^4 - d_6^4)}{4}; \quad (3.22)$$

$$J = \frac{\pi \cdot (d_3^4 - d_6^4)}{64}; \quad (3.23)$$

$$d_{3m} = 24 \text{ мм і } d_{6m} = 12 \text{ мм.}$$

$$F = \frac{\pi \cdot (24^4 - 12^4)}{4} = 339 \text{ мм}^2. \quad J = \frac{\pi \cdot (24^4 - 12^4)}{64} = 15260 \text{ мм}^4.$$

Визначаємо значення напруження стиску, що виникає в перерізі тяги під дією осьового навантаження.

$$\sigma_{CT} = \frac{P_{np}}{F}; \quad (3.24)$$

$$P_{np} = 714 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{CT} = \frac{714}{339} = 2,1 \text{ МПа.}$$

Розрахуємо критичне значення напруження поздовжнього згину, при якому виникає втрата стійкості тяги.

$$\sigma_{Kp} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{L_T^2 \cdot F}; \quad (3.25)$$

$$L_T = 505 \text{ мм.}$$

$$\sigma_{Kp} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 15260}{505^2 \cdot 339} = 365,5 \text{ МПа.}$$

Визначимо коефіцієнт запасу жорсткості, який характеризує здатність тяги протистояти втраті стійкості під дією осьового навантаження.

$$\delta = \frac{\sigma_{Kp}}{\sigma_{CT}}; \quad (3.26)$$

$$\delta = \frac{365,5}{2,1} = 174,05 \text{ МПа}$$

Для виготовлення поздовжньої тяги застосовується сталь марки 20. Згідно з нормативними вимогами, коефіцієнт запасу для даного матеріалу становить $n = 1,5$, а допустиме значення напруження стиску дорівнює $[\sigma_{CT}] = 252 \text{ МПа}$. За результатами розрахунку встановлено, що отримані напруження не перевищують гранично допустимих, отже, умова міцності задовольняється."

3.2.4 Розрахунок кульових пальців

Визначення геометричних характеристик для оцінки міцності пальця.

На даному етапі проводимо розрахунок основних геометричних параметрів, необхідних для аналізу напруженого стану кульового пальця. Зокрема, визначаємо: момент опору перерізу пальця у площині можливого вигину (площині закладки), площу проєкції опорної поверхні кульової головки на діаметральну площину, площу зрізу пальця в критичному перерізі, що відповідає площині закладки.

$$W_i = \frac{\pi \cdot d_{en}^3}{32}; \quad (3.27)$$

$$F_{зп} = \frac{\pi \cdot d_{зп}^2}{4}; \quad (3.28)$$

$$F_{зм} = \frac{\pi \cdot d_{зм}^2}{32}; \quad (3.29)$$

$$d_{зм} = 20 \text{ мм} \text{ і } d_{зп} = 12 \text{ мм}.$$

$$W_i = \frac{3,14 \cdot 12^3}{32} = 170 \text{ мм}^3; F_{зп} = \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} = 113 \text{ мм}^2; F_{зм} = \frac{3,14 \cdot 20^2}{32} = 314 \text{ мм}^2.$$

Розрахуємо величину напруження згину, що формується у критичному перерізі пальця під дією прикладеного навантаження.

$$\sigma_{СТ} = \frac{P_{нр} \cdot l}{W_i}; \quad (3.30)$$

$$l = 60 \text{ мм}.$$

$$\sigma_{СТ} = \frac{318 \cdot 60}{170} = 112 \text{ МПа}.$$

Визначимо величину контактного напруження зминання в зоні взаємодії кульової поверхні, при якому забезпечується стійке збереження мастильної плівки. Це дозволяє гарантувати мінімізацію зношування та стабільність умов гідродинамічного мащення.

$$\sigma_{зм} = \frac{P_{нр}}{F_{зм}}; \quad (3.31)$$

$$\sigma_{зм} = \frac{318}{314} = 1,01 \text{ МПа}.$$

Розраховуємо значення дотичного напруження, яке виникає в зоні контакту під дією зсувних сил, з метою подальшої оцінки опору матеріалу елемента зрізу або тертя.

$$\tau = \frac{P_{нр}}{F_{зп}}; \quad (3.32)$$

$$\tau = \frac{318}{113} = 2,8 \text{ МПа}.$$

Кульові пальці виготовляються зі сталі марки 15ХН, яка характеризується наступними гранично допустимими значеннями напружень: нормальне напруження $[\sigma_u] = 400 \text{ МПа}$, контактне напруження $[\sigma] = 35 \text{ МПа}$, дотичне напруження $[\tau] = 35 \text{ МПа}$.

За результатами проведених розрахунків встановлено, що отримані

напруження не перевищують допустимих значень, отже, умову міцності кульового з'єднання дотримано.

3.3 Модернізація рульового механізму

Оскільки конструкція автомобіля передбачає заводську можливість подальшої модернізації системи рульового керування, у його конструкції наявне передбачене місце для встановлення гідравлічного підсилювача.

Впровадження гідропідсилювача рульового керування дозволяє суттєво зменшити фізичні зусилля, які водій прикладає до кермового колеса під час здійснення маневрів. Це забезпечує підвищений комфорт керування транспортним засобом, особливо в умовах щільного міського трафіку або при парковці.

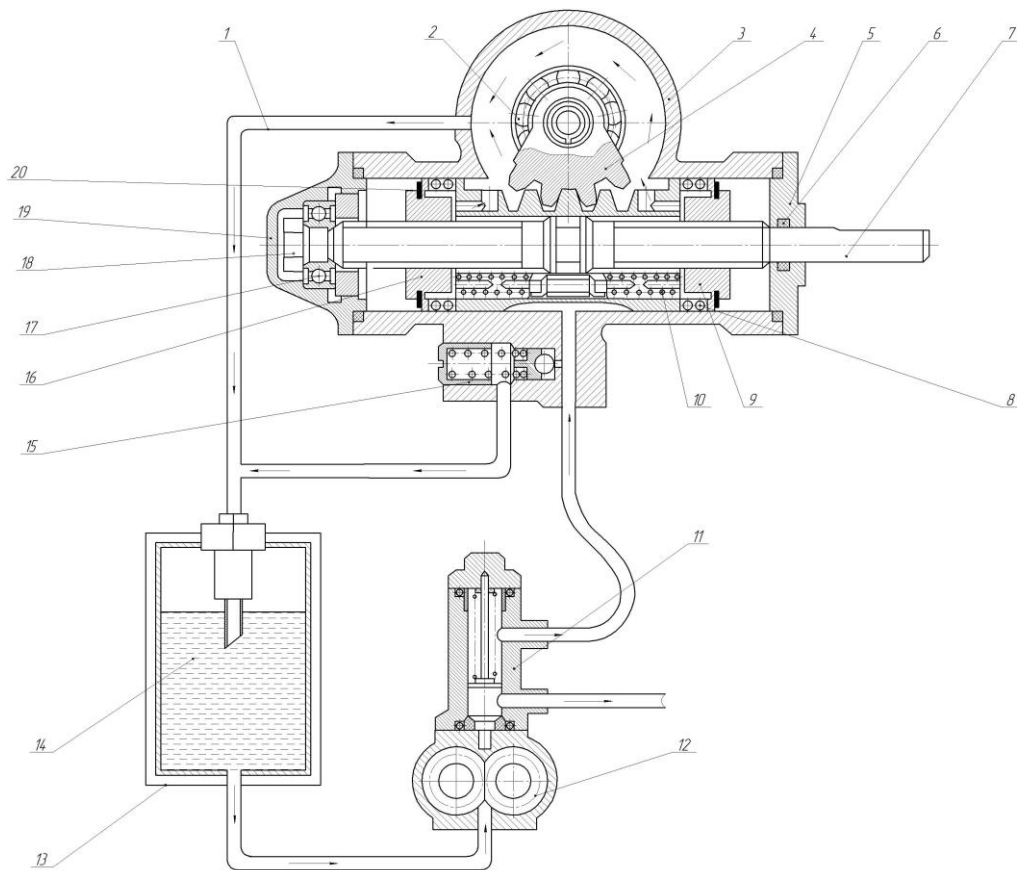


Рис. 3.3. Конструкція гідропідсилювача рульового керування автомобіля:

1 – патрубок; 2 – підшипник; 3 – корпус; 4 – ролик; 5 – кришка; 6 – ущільнювальна гумова манжета; 7 – гвинт гідропідсилювача; 8 – ущільнення; 9 – пружинна шайба; 10 – пружина; 11 – насос; 12 – шестерні; 13 –

розширювальний бачок; 14 – робоча рідина; 15 – перепускний клапан; 16 – передня гайка; 17 – кульковий підшипник; 18 – гайка; 19 – кришка; 20 – ущільнювальна прокладка.

Установлення гідропідсилювача сприяє підвищенню ергономічності, покращенню реакції автомобіля на кермові дії та створює сприятливі умови для тривалої експлуатації транспортного засобу.

Далі розглянемо принципову схему функціонування гідравлічного підсилювача рульового керування.

Визначення сили опору, що виникає на поверхні поршня:

$$P_{\Pi} = \frac{M_{\text{вс}}}{r_{\text{сее}}}; \quad (3.33)$$

Визначення крутного моменту, що передається на вал сошки:

$$M_{\text{вс}} = \frac{M_c}{\eta_{\text{pn}}}; \quad (3.34)$$

$M_{\text{вс}}$ – момент на валу сошки;

$R_{\text{сек}}$ – радіус сектора;

η_{pn} – ККД рульового приводу.

$$P_{\Pi} = \frac{301}{0,05} = 6020$$

$$M_{\text{вс}} = \frac{280}{0,9} = 301$$

Визначення робочої площі поршня:

$$F_n = \frac{P_n - P_{\text{р.к.}} \cdot \frac{R_{\text{р.к.}}}{R_{\omega} \cdot \text{tg}\beta}}{P_{\text{жс}}} \quad (3.35)$$

$$F_n = \frac{6020 - 15 \cdot \frac{0,2}{0,01 \cdot \text{tg}12}}{8 \cdot 10^6} = 5,87;$$

Діаметр циліндра визначається на основі загального ходу поршня разом із закріплювальним елементом – гайкою.

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_n + F_{\text{в}}}{3,14}} \quad (3.36)$$

$$F=3,14$$

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{5,87 \cdot 10^{-4} + 3,14 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 33$$

D для подальших розрахунків приймаємо 35 мм.

Розрахунок об'єму робочої порожнини циліндр:

$$V_{cy} = (F_n + F_{\theta}) \cdot S_n \quad (3.37)$$

S_n – хід поршня;

$$V_{cy} = (5,87 \cdot 10^{-4} + 3,14 \cdot 10^{-4}) \cdot 0,05 = 4,5$$

Номінальну подачу насоса приймаємо на рівні 2,56 л/хв. Визначимо потужність, що витрачається на привід гідравлічного насоса, яка залежить від тиску в системі, подачі рідини та ефективності приводу:

$$V_{cy} = \frac{P_{ж} \cdot Q_H}{1000 \cdot \eta_n} \quad (3.38)$$

$$P_{ж} = 8 \cdot 10^6.$$

$$V_{cy} = \frac{8 \cdot 10^6 \cdot 2,56 \cdot 10^{-5}}{1000 \cdot 0,95} = 0,2 \text{ кВт}.$$

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Основи електробезпеки та захист працівників

Порівняно з іншими небезпеками, електричний струм відрізняється тим, що людина не може його виявити заздалегідь за допомогою органів чуття (аналізаторів).

Початок практичного використання електричного струму пов'язаний з відкриттям у 1802 році російським фізиком В. Петровим (1761–1834) електричної дуги.

Вже у 1862 році з'явилися перші повідомлення про враження людини електричним струмом. В даний час електрострум не тільки добрий помічник людині, а й причина пожеж, вибухів та інших надзвичайних ситуацій. Щорічно в світі від електроструму гине приблизно до 25 тисяч і більше осіб.

Кількість електротравм на виробництві порівняно невелика (2-3 %) від загальної кількості виробничих травм. Однак з детальним результатом вони становлять 12–15 % від загальної кількості смертельних травм.

Статистика показує, що електротравматизм знаходиться в безпосередній залежності від рівня організації експлуатації електрогосподарства підприємства.

Електротравми відбуваються з таких причин:

організаційні (порушення вимог правил та інструкцій, недоліки в навчанні персоналу);

технічні (погіршення електричної ізоляції, відсутність огорожень, сигналізації та блокування, дефекти монтажу та ін);

психофізіологічні (перевтома, невідповідність психофізіологічних показань даної професії та ін.)

Види травм, пов'язаних з дією електричної енергії на людину, можуть бути різні за тяжкістю і залежать від ряду факторів, у тому числі від: фізичного стану живого організму; емоційного та фізичного напруження; роду і частоти електроструму; шляху протікання електроструму; схеми включення тіла людини в електромережу.

Проходячи через організм людини, електричний струм чинить термічну, електролітичну і біологічну дію в організмі. Біологічна дія струму на тіло людини проявляється подразненням і порушенням живих тканин, що супроводжується мимовільним судомним скороченням м'язів легенів і серця. Це відповідні реакції організму, які обумовлені порушенням біоелектричних процесів, що протікають в організмі людини. Подразнюючу дію струму на тканини організму може бути прямим або непрямим.

Пряма дія обумовлена проходженням струму безпосередньо через тканини, які відчують подразнення. Непряма або рефлекторна дія проявляється в порушенні тканин, по яких струм не протікає.

Загроза враження електричним струмом зростає із збільшенням тривалості його впливу на людину. Опір тіла людини протіканню електроструму вже через 30 секунд зменшується приблизно на 25 %, а через 90 секунд – на 70 %.

Ураження людини електричним струмом буває двох видів:

електротравми, які можуть бути у вигляді місцевого пошкодження тканин людини, опіків шкіри, механічних пошкоджень, засліпленні електродуги (електроофтальмія), опіку електродуги (температура більш 3500 °C). Можливі переломи кісток через сильне скорочення м'язів під дією електроструму. У місцях впливу електричного струму залишаються характерні плями на шкірі жовтого або сірого кольору;

електроудари, які виникають при проходженні електроструму через тіло людини. При цьому змінюється склад крові, можливі розриви м'язів і нервів, що призводять до паралічів.

За тяжкістю електроудари поділяються на чотири ступені:

- 1-й ступінь – спазматичне скорочення м'язів без утрати свідомості;
- 2-й ступінь – спазматичне скорочення м'язів зі втратою свідомості;
- 3-й ступінь – втрата свідомості з порушенням серцевої діяльності;
- 4-й ступінь – клінічна смерть (відсутнє дихання і серцева діяльність).

Приблизний розподіл нещасних випадків від електричного струму в промисловості за зазначеними видами травм такий: 20 % – місцеві електротравми; 25 % – електричні удари; 55 % – змішані травми, тобто

одночасно місцеві електротравми й удари. Травми обох видів часто супроводжують одна одну. Але вони різні і мають розглядатися окремо.

Характерні місцеві електротравми – це електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні пошкодження та електроофтальмія.

Електричний опік – найбільш поширена електротравма. Залежно від умов виникнення розрізняють два основних види опіків:

струмовий (або контактний), який виникає в електроустановках з відносно невеликою напругою – не вище 2 кВ, при проходженні струму безпосередньо крізь тіло людини внаслідок контакту зі струмопровідною частиною;

дуговий – при більш високій напрузі, як правило, утворюється електрична дуга або іскра, яка й спричиняє виникнення опіку.

Розрізняють чотири ступені опіків:

I – почервоніння шкіри; II – утворення пухирів; III – відмирання усієї товщі шкіри; IV – обвуглювання тканини.

Зазвичай тяжкість пошкодження організму при опіках визначається не ступенем опіку, а площею поверхні тіла, ураженою опіками.

Електричні знаки, які називаються ще позначками струму, це плями сірого або блідо-жовтого кольору у вигляді подряпин, невеликих ран, бородавок, мозолей на поверхні шкіри в місцях контакту зі струмопровідними частинами. Найчастіше знаки мають круглу або овальну форму і діаметр 1–5 мм із заглибленням у центрі.

Електричні знаки, як правило, є безболісними і з часом зникають.

Електрометалізація шкіри – проникнення у верхні шари шкіри дрібних частинок металу, що розплавився під дією електричної дуги. Уражена частина шкіри має жорстку поверхню, колір якої визначається кольором сполуки металу, який потрапив у шкіру. Електрометалізація шкіри не становить небезпеки і з часом зникає, як і електричні знаки.

Електроофтальмія – запалення зовнішньої оболонки ока, роговиці та кон'юнктиви (слизової оболонки, яка покриває очне яблуко), що виникає у разі дії потужного потоку ультрафіолетових променів, які енергійно поглинаються клітинами організму і викликають у них фізичні зміни. Таке можливе при появі

електричної дуги – джерела інтенсивного випромінювання не тільки видимого світла, а й ультрафіолетових та інфрачервоних променів. Зазвичай хвороба триває кілька днів. У разі ураження рогової оболонки лікування є складнішим і довготривалішим.

Клінічна смерть – короточасний перехідний стан від життя до смерті, який настає з моменту припинення діяльності серця та легенів.

У людини, яка перебуває у стадії клінічної смерті, відсутні усі ознаки життя: вона не дихає, серце не працює, больові подразнення не викликають ніякої реакції, зіниці ока дуже розширені й не реагують на світло. Тривалість клінічної смерті визначається з моменту припинення серцевої діяльності та дихання до початку загибелі клітин кори головного мозку, у більшості випадків вона триває 4–6 хвилин.

При загибелі здорової людини від випадкової причини, наприклад, від електричного струму, тривалість клінічної смерті може становити 7–8 хвилин, а в разі смерті людини через тяжку хворобу серця, легень тощо лише кілька секунд. Проте якщо в цей період надати постраждалому допомогу, тобто штучним диханням забезпечити збагачення його крові киснем, а непрямим масажем серця налагодити в організмі штучний кровообіг і тим самим забезпечити клітини організму киснем, то розвиток смерті можна буде припинити, а життя повернути.

Біологічна, або істинна, смерть – необоротне явище, яке характеризується зупинкою біологічних процесів у клітинах та тканинах і розпадом білкових структур. Вона починається після закінчення періоду клінічної смерті.

4.2 Порядок оформлення робіт з підвищеною небезпекою

Роботи на устаткуванні підвищеної небезпеки слід проводити за допусками чи розпорядженнями відповідно до «Форми нарядудопуску». Наряд на виконання газонебезпечних робіт у газовому господарстві видається відповідно до вимог Правил безпеки систем газопостачання України.

Залежно від обсягу ремонтних робіт та організації їх проведення бланк наряду може бути оформлений у вигляді:

наряду на виконання якої-небудь конкретної роботи на одному робочому місці чи на послідовне виконання однотипних робіт на декількох робочих місцях однієї схеми приєднання тепломеханічного устаткування;

загального наряду на виконання роботи в цілому на агрегаті, на декількох робочих місцях чи ділянках і т. д.;

проміжного наряду на виконання робіт на окремих вузлах агрегату та його допоміжному устаткуванні, на окремих робочих місцях, ділянках. Проміжний наряд видається тільки за наявності загального наряду.

Видається наряд на час дії заявки на ремонт устаткування і дозволяється його подовження тільки один раз.

З урахуванням місцевих умов до переліку робіт, виконуваних за нарядом, можуть вноситися додаткові роботи, затверджені головним інженером підприємства.

Наряд видає керівник цеху (ділянки), у веденні якого знаходиться устаткування і який включений у список працівників, що мають право видачі наряду.

За розпорядженням виконуються роботи, що не вимагають проведення технічних заходів щодо підготовки робочих місць, у тому числі й роботи, які можна виконувати одноосібно.

Перелік робіт, виконуваних одноосібно за розпорядженням, повинен визначатися, виходячи з місцевих умов, і цей перелік має затверджувати керівник підприємства.

Розпорядження носить разовий характер, термін його дії визначається тривалістю робочого дня (зміни) виконавців.

Облік і реєстрацію робіт за нарядом і розпорядженням слід проводити в спеціальному журналі, «Форма журналу обліку і реєстрації робіт за нарядами та розпорядженнями».

Сторінки цього журналу нумерують, крім того, журнал має бути прошнурований і скріплений печаткою. Термін зберігання журналу після останнього запису становить 6 місяців.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

БІБЛІОГРАФІЯ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
3. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.
4. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с
5. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
6. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
7. Dominique Paret (Author), Hassina Rebaine(Author), Autonomous and Connected Vehicles: Network Architectures from Legacy Networks to Automotive Ethernet 1st Edition Wiley; 1st edition (March 15, 2022) - 416 pages.
8. The Car Book: The Definite Visual Guide Dorling Kindersley 2022 рік,- 368 pages.
9. Per Enge (Author), Nick Enge (Author), Stephen Zoepf Electric Vehicle Engineering 1st Edition, Kindle Editio McGraw Hill; 1st edition (January 24, 2021) - 209 pages.
10. Tom Denton Electric and Hybrid Vehicles 2nd Edition, Kindle Edition Routledge; 2nd edition (June 29, 2020)- 222 pages.
11. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.

12. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
13. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).
14. Войналович, О. В., Марчиниша, Є. І., Кофто, Д. Г. (2020). Охорона праці в галузі (автомобільний транспорт): навчальний посібник. Харків: ХНАДУ. 695 с.
15. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.
16. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
17. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. — 400 с.
18. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. — К.: Либідь, 2016. — 400 с. 5. Ю.А.
19. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.