

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

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу контролю жорсткості поршневих кілець на базі легкових автомобілей

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

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

ГУГЛЕВИЧ О.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник ПИНДУС Т.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль ХОРОШУН Р.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри ЦЬОНЬ О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент ДУБИНЯК Т.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль - 2025

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

ЦЬОНЬ О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 25 » червня 2025 р.

З А В Д А Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гуглевич Олег Романович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу контролю жорсткості поршневих кілець на базі легкових автомобілей

Керівник роботи Пиндус Т.Б., асистент
(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 24 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Авторське свідоцтво «Пристрій для контролю пружності поршневих кілець».

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)
Типові пристрої для випробування та вимірювання поршневих кілець – 1 аркуш формату А1.

Пристрій для контролю пружності поршневих кілець. Функціональна схема – 1 аркуш формату

А1. Схема для контролю пружності поршневих кілець. Кінематична схема – 1 аркуш формату А1.

Установка для контролю пружності поршневих кілець – 1 аркуш формату А1.

Завантажувальний механізм – 1 аркуш формату А1. Схема для контролю пружності поршневих кілець. Функціональна схема – 1 аркуш формату А1. Пристрій для контролю поршневих кілець двигунів внутрішнього згорання. Схема керування – 1 аркуш формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання

24.01.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	28.01.2025	
2	Технологічний розділ	04.02.2025	
3	Конструкторський розділ	05.06.2025	
4	Безпеки життєдіяльності та основи хорони праці	10.06.2025	
5	Оформлення графічної частини	18.06.2025	
6	Захист бакалаврської роботи	26.06.2025	

Студент

(підпис)

Гуглевич О.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пиндус Т.Б.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Удосконалення технологічного процесу контролю жорсткості поршневих кілець на базі легкових автомобілей».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра – Пиндус Т. Б.

Пояснювальна записка складається з 4 розділів, 64 сторінок формату А4 та 7 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова: пристрій, контроль, поршневі кільця, параметри поршневих кілець, зусилля, дослідження.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНО – ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1. Аналіз контрольних пристроїв для поршневих кілець ДВЗ	7
1.2 Вимоги, що стосуються поршневих кілець ДВЗ.....	8
1.3 Огляд пристроїв, які використовуються для контролю поршневих кілець ДВЗ.....	12
1.4 Пристрій, на базі якого виконуватиметься робота	17
1.5 Загальні висновки та пояснення завдання кваліфікаційної роботи	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Розрахунок напружень, що виникають у кільці в робочому положенні	21
2.2.1 Функціональна схема пристрою для контролю поршневих кілець	22
2.2.2 Аналіз принципу роботи і конструкції пристрою	23
2.2.3 Визначення геометричних параметрів черв'ячної передачі	23
2.3 Удосконалення технологічного процесу контролю поршневих кілець	25
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	40
3.1 Підбір пружини кручення та оцінка точності пристрою	40
3.2 Огляд давача кутового переміщення і його технічних параметрів.....	41
3.3 Вибір двигуна та розрахунок компонентів системи керування виконавчим пристроєм	45
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ , ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	53
4.1 Розробка моделей ризиків виникнення травмонебезпечних	53
4.2 Розробка заходів покращення умов праці під час ремонту та обслуговування автомобілів	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	61
БІБЛІОГРАФІЯ.....	63
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Автоматизація технічного контролю в сучасному виробництві, а також актуальність проектування автоматизованих пристроїв для контролю якості продукції є важливим елементом технологічного процесу.

Ключові аспекти, та їх значення для промисловості: автоматизація технічного контролю – це підвищення якості продукції, а саме: автоматизований контроль, що дозволяє мінімізувати людський фактор, який понижує вірогідність помилок та збільшує точність вимірювань. Забезпечується стабільність параметрів виробів, що особливо важливо в галузях з високими вимогами до точності (авіація, автомобілебудування тощо).

Автоматизація контролю дозволяє скоротити витрати на ручну працю та зменшити кількість бракованої продукції, а також виявляє дефекти під час виробництва, що дозволяє уникнути дорогого перероблення, або утилізації.

Автоматичні пристрої можуть працювати безперервно, що значно прискорює процес контролю.

Вони дозволяють інтегрувати контроль у технологічний процес, що зменшує загальний час виробництва. Бувають сучасні системи автоматизації, які можна легко переналаштувати для роботи з різними типами виробів, або параметрами контролю.

1 ЗАГАЛЬНО – ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз контрольних пристроїв для поршневих кілець ДВЗ

Пристрої для контролю пружності поршневих кілець використовуються для перевірки їхньої якості та відповідності технічним вимогам. Основні типи таких пристроїв включають: пристрої для вимірювання радіального зусилля, пристрої для перевірки торцевого зазору, пристрої для перевірки форми кільця, стенди для комплексного тестування, індикаторні пристрої, електронні вимірювальні системи, пристрої для перевірки навантаження на кільце, оптичні системи контролю.

Пристрої для вимірювання радіального зусилля вимірюють силу, яку поршневе кільце прикладає до стінки циліндра. Використовуються для перевірки радіальної пружності кілець. Принцип роботи: кільце розтягується, або стискається і вимірюється сила, необхідна для цього.

Пристрої для перевірки торцевого зазору вимірюють зазор між кінцями поршневого кільця у вільному стані та встановленому в циліндрі. Це допомагає оцінити пружність кільця та його здатність щільно прилягати до стінок циліндра.

Пристрої для перевірки форми кільця використовуються для оцінки того, наскільки форма кільця відповідає заданій геометрії. Наприклад, перевіряється, чи кільце має правильну круглу форму у вільному стані.

Стенди для комплексного тестування використовуються для одночасного вимірювання кількох параметрів: радіального зусилля, торцевого зазору, форми тощо. Такі стенди забезпечують повний контроль якості поршневих кілець.

Індикаторні пристрої використовують індикатори (наприклад, годинникового типу) для точного вимірювання деформацій, або зусиль. Дозволяють отримувати точні дані про пружність кільця.

Електронні вимірювальні системи використовують тензометри, датчики сили та електронні блоки для автоматичного збору та аналізу даних. Такі

системи забезпечують високу точність і можуть інтегруватися з комп'ютерними програмами для аналізу.

Пристрої для перевірки навантаження на кільце використовуються для тестування кілець під різними навантаженнями, щоб перевірити їхню здатність зберігати пружність у робочих умовах.

Оптичні системи контролю використовують лазери, або камери для оцінки форми та розмірів кільця. Дозволяють виявляти навіть незначні відхилення від норми.

Ці пристрої забезпечують якісний контроль поршневих кілець, що є критично важливим для їхньої надійної роботи в двигунах.

Об'єктом контролю даного пристрою є поршневі кільця двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ). Основна мета контролю – перевірити їхню якість, пружність та відповідність технічним вимогам, щоб забезпечити надійну роботу двигуна.

Основні параметри, які контролюються: радіальне зусилля, торцевий зазор, форма кільця, товщина та висота кільця, міцність та зносостійкість, пружність.

1.2 Вимоги, що стосуються поршневих кілець ДВЗ

Радіальне зусилля - це сила, з якою кільце притискається до стінки циліндра. Це важливо для забезпечення щільного прилягання та ефективного ущільнення.

Вплив радіального зусилля на роботу двигуна:

- недостатнє радіальне зусилля впливає погано на герметизацію камери згорання, що призводить до втрати потужності двигуна, або сприяє надмірному потраплянню мастила у камеру згорання, що викликає задимлення вихлопних газів і збільшує витрати мастила;

- надмірне радіальне зусилля підвищує знос стінок циліндра та кільця, також можливе збільшення втрати на тертя, що знижує ККД двигуна.

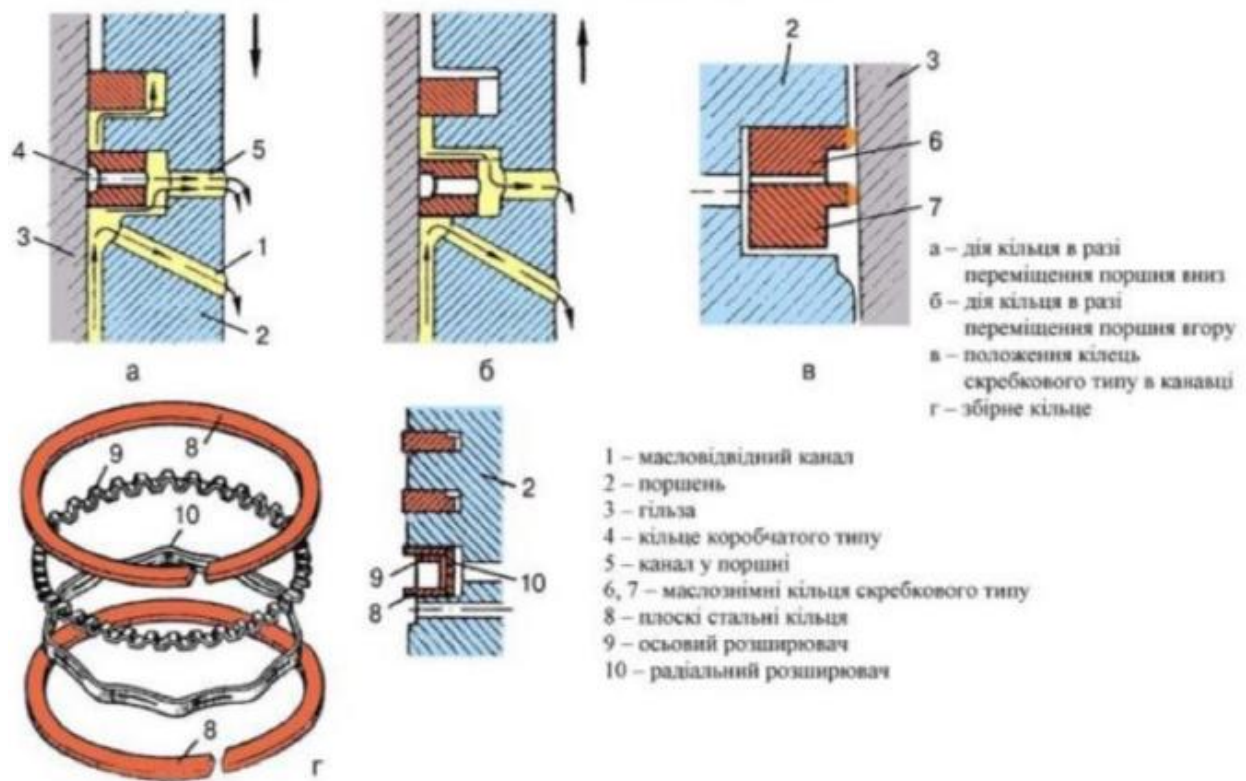


Рисунок 1.1. Огляд та робота маслосіжних кілець.

Торцевий зазор - це зазор між кінцями кільця у вільному стані та встановленому в циліндрі. Цей параметр вказує на пружність кільця та його здатність компенсувати теплове розширення.

Цей зазор відіграє ключову роль у забезпеченні надійної роботи двигуна, оскільки він враховує теплове розширення матеріалу кільця під час експлуатації.

Важливі параметри торцевого зазору:

- теплове розширення - це явище, при якому матеріал кільця розширюється під дією високої температури під час роботи двигуна. Торцевий зазор дозволяє кільцю вільно розширюватися, уникаючи заклинювання;
- герметизація – це зазор, який забезпечує щільне прилягання кільця до стінок циліндра, що необхідно для ефективної герметизації камери згоряння;
- знос – явище, при якому може бути недостатній зазор, що може спричинити заклинювання кільця та пошкодження циліндра.

Форма кільця, показує, чи кільце має правильну круглу форму у вільному стані. Відхилення від форми можуть призвести до нерівномірного зносу, або втрати ущільнення.

Товщина та висота кільця контролюються, щоб розміри відповідали заданим параметрам. Це важливо для правильного монтажу та роботи кільця в циліндрі.

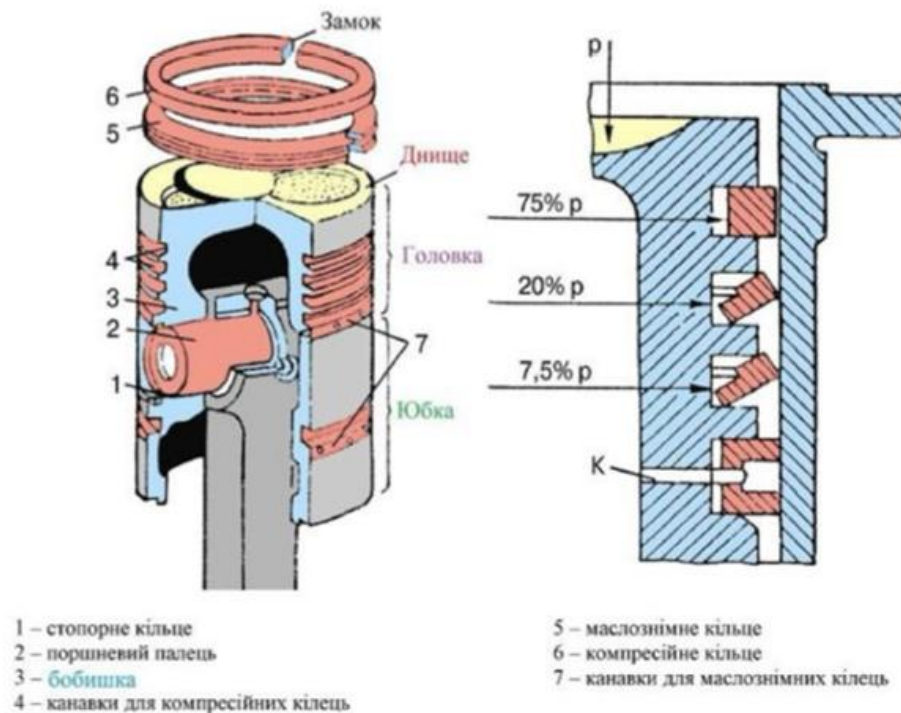


Рисунок 1.2. Розподіл тиску газів на поршневі компресійні кільця.

Міцність та зносостійкість, дає змогу зрозуміти здатність кільця витримувати навантаження та знос під час експлуатації.

Основні фактори, які впливають на міцність.

Матеріал кільця:

- чавуни (з високим вмістом графіту) – часто використовуються для поршневих кілець через гарну зносостійкість і теплопровідність;
- леговані сталі – забезпечують високу міцність і стійкість до високих температур;
- керамічні матеріали – використовуються в особливо важких умовах експлуатації.

Термічна обробка:

- загартування, відпал або азотування покращують міцність і стійкість до зносу.

Конструкція кільця:

- форма кільця (наприклад, прямокутна, конічна, з розрізом) впливає на розподіл навантаження.

Фактори, які впливають на зносостійкість.

Покриття кільця:

- хромове покриття – підвищує зносостійкість і стійкість до корозії;
- молибденове покриття – забезпечує високу стійкість до високих температур і зносу;

- керамічні покриття – використовуються в екстремальних умовах.

Умови експлуатації:

- температура, тиск, швидкість руху, наявність абразивних частинок.

Якість поверхні:

- поліровані поверхні зменшують тертя і знос.

Пружність показує здатність кільця повертатися до початкової форми після деформації.

Фактори, які впливають на пружність:

- матеріал кільця, а саме легovanі сталі, чавуни та спеціальні сплави, які мають високу пружність;

- термічна обробка, загартування, або відпал покращують пружні властивості;

- конструкція кільця, наявність розрізу (замка) дозволяє кільцю розширюватися і стискатися, зберігаючи пружність.

1.3 Огляд пристроїв, які використовуються для контролю поршневих кілець ДВЗ

Принцип роботи пристрою: кільце встановлюється в пристрій, де воно піддається різним видам навантажень (розтягнення, стиснення), за допомогою датчиків (механічних, електронних, або оптичних) вимірюються параметри, такі як: зусилля, зазор, форма тощо. Отримані дані порівнюються з технічними вимогами і визначається, чи кільце придатне для використання.

Приклади застосування: виробництво, ремонт, дослідження і розробка двигунів, а саме контроль якості кілець перед установкою в двигун, перевірка стану кілець під час технічного обслуговування, тестування нових матеріалів, або конструкцій кілець.

Поршневі кільця – це ключові елементи двигуна внутрішнього згоряння, які виконують багато функцій, а саме:

- герметизація камери згоряння, аби запобігти прориву газів між поршнем і стінками циліндра;
- відведення тепла, щоб передавати тепло від поршня до стінок циліндра;
- контроль мастила, маслоснімні кільця знімають зайве мастило зі стінок циліндра, запобігаючи його потраплянню у камеру згоряння.

Типи поршневих кілець:

- компресійні кільця – це кільця, які розташовані у верхній частині поршня, основна їхня функція це герметизація камери згоряння. Виготовляються з високоміцних матеріалів, стійких до високих температур;
- маслоснімні кільця – це кільця, які розташовані нижче компресійних кілець, їхня функція полягає у знятті зайвого мастила зі стінок циліндра. Мають спеціальну конструкцію для ефективного збору мастила.

Конструкція поршневих кілець:

- розріз (замок) - забезпечує пружність кільця та можливість його встановлення на поршень;

- форма поперечного перерізу є прямокутною, конічною, трапецієвидною – залежно від призначення;
- покриття буває хромове, молібденове, або керамічне для підвищення зносостійкості.

Розробку пристрою будемо проводити виходячи з наступних параметрів кілець згідно ДСТУ 3884-99. Цей стандарт встановлює вимоги до розмірів, матеріалів, допусків та інших характеристик кілець.

Для розробки пристрою необхідно враховувати наступні параметри кілець: зовнішній діаметр кільця, який визначає зовнішній розмір кільця; внутрішній діаметр кільця, що відповідає внутрішньому розміру; товщина кільця, яка вказує на товщину матеріалу; матеріал кільця, що визначає його механічні властивості, такі як міцність, зносостійкість і корозійна стійкість; допуски та посадки, які вказують на точність виготовлення та впливають на функціональність; форма кільця, яка може бути круглою, овальною, прямокутною тощо; та призначення кільця, що визначає умови його експлуатації (наприклад, для підшипників, ущільнень, кріплень). Ці параметри є ключовими для забезпечення відповідності вимогам ДСТУ 3884-99 та ефективної роботи пристрою.

Для успішної розробки пристрою необхідно детально вивчити вимоги ДСТУ 3884-99, враховуючи конкретні умови експлуатації та функціональні вимоги до пристрою.

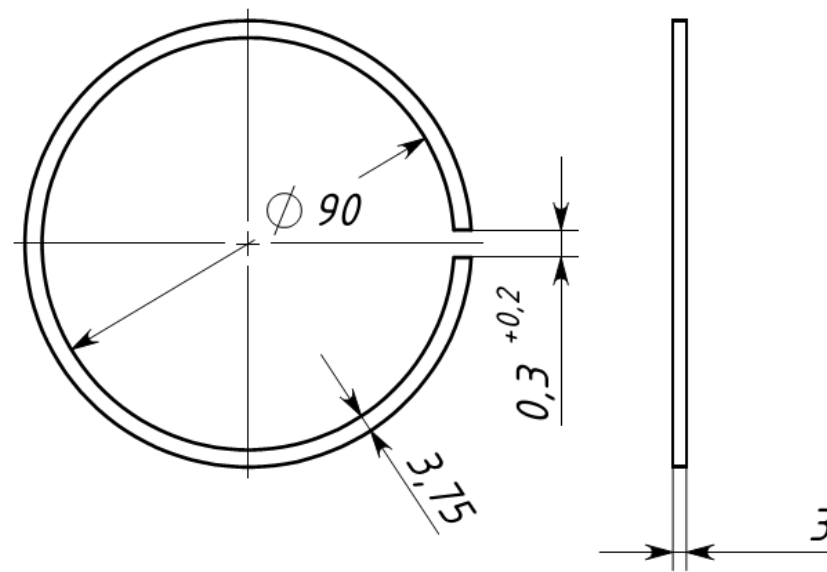


Рисунок 1.3. Кільце поршневе.

Зусилля згідно якого кільце повинне досягнути робочого зазору становить:

$$Q = 25H \pm 20\%$$

Даний пристрій розробляється для контролю пружності поршневих кілець двигунів внутрішнього згорання.

Пружність – це важлива фізична властивість матеріалів, яка визначає їх здатність деформуватися під дією зовнішніх сил і повертатися до початкової форми після припинення цих сил. Пружні властивості матеріалів залежать від їхньої внутрішньої структури, температури та інших факторів.

Кожен матеріал має границю пружності – тобто навантаження після якого тіло перестає вести себе, як пружне і наступає його руйнування, або незворотня деформація тіла. Якщо навантаження не створює напружений стан, що перевищує границю пружності – тіло після зняття навантаження повернеться у початкову форму.

Отже, пружність це міра напруженого стану, в якому напруження не перевищують границю пружності матеріалу.

В даному випадку дослідження на пружність поршневих кілець відіграє важливу роль, оскільки при монтажі поршневих кілець на поршень, та циліндр двигуна внутрішнього згорання, запобігається декомпресія камери згорання. Щоб кільце щільно прилягало до стінок циліндру – кільце деформується – стискається і монтується у циліндр внаслідок чого, воно намагається повернутись у стан спокою – розтискається. Стінки циліндру не дають розтиснутись кільцю і забезпечують зазор між кінцями кільця для термічного розширення. Отже, якщо кільце буде занадто пружне – воно занадто сильно прилягатиме до стінок циліндру, що приведе до надмірного зношування циліндру та кільця, або заклинення двигуна, а якщо занадто м'яке – виникне декомпресія циліндру. Саме тому питання контролю пружності кілець досить актуальне.

Приклади пристроїв, що контролюють технологічний процес поршневих кілець.

Винахід торкається пристроїв, які контролюють виготовлення поршневих кілець шляхом вимірювання витрати повітря, що проходить через зазор між робочою поверхнею контрольованого кільця і поверхнею циліндра.

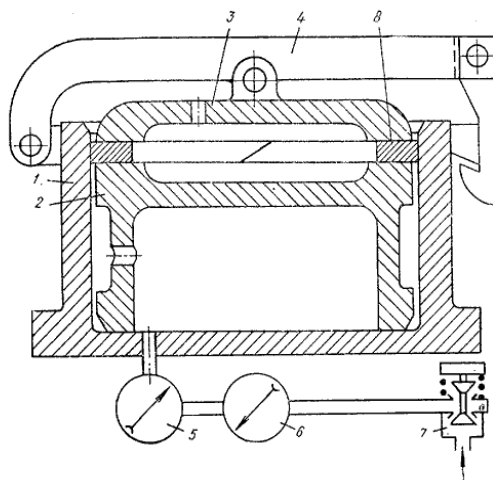


Рисунок 1.4. Пристрій для випробування поршневих кілець.

Пристрій складається із закритої внизу гільзи 1, внутрішній діаметр якої рівний діаметру циліндра, для якого призначені кільця, для їх подальшої

перевірки, нижньої 2 і верхньої 3 плит, встановлених в гільзу із зазором, розмір якого більше можливого зазору між гільзою і перевіряючим кільцем, важеля 4 із засувкою, витратоміра 5, манометра 6, клапана 7. Порожнина між плитами 2 і 3 з'єднана з атмосферою, отвором в плиті 3. Плита 3 шарнірно з'єднана з важелем 4. Кільце 8, що перевіряється при відкинутому важелі 4 і плиті 3 встановлюється в гільзу 1 і ставиться над плитою 2. Плита 3 опускається на кільце і закріплюється в опущеному стані важеля 4 за допомогою засувки. Відкривається клапан 7. Стиснене повітря через витратомір 5 подається під плиту 2. Плита 2 стисненим повітрям дещо піднімається вгору і щільно притискає кільце 8 до плити 3. Через зазори між кільцем і стінкою гільзи повітря виходить назовні. Витрата повітря вимірюється витратоміром 5, а його тиск контролюється манометром 6. За величиною витрати повітря оцінюється ущільнююча здатність кільця. Після випробування кільця клапаном 7 повітря із плити 2 виходить в атмосферу, відкидається важіль 4 з плитою 3, замість перевіреного кільця встановлюється і випробовується нове кільце.

Інший подібний прилад має назву «Інтегральний прилад для вимірювання тангенціальної пружності поршневих кілець».

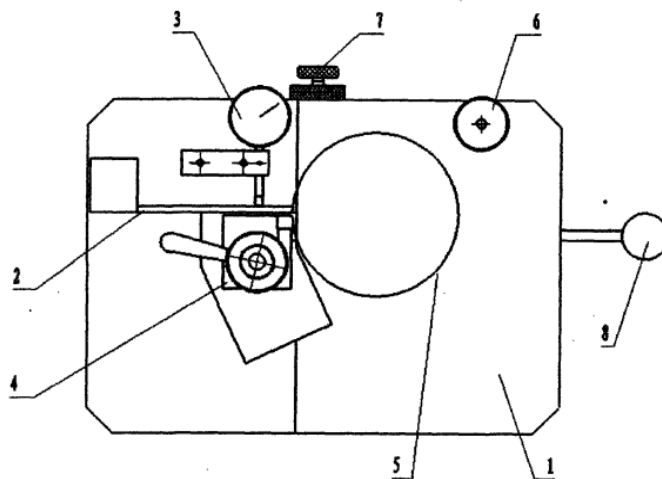


Рисунок 1.5. Інтегральний прилад для вимірювання тангенціальної пружності поршневих кілець.

Прилад складається з панелі 1 і сталеві стрічки 5, а також фіксуючого пристрою 6 на панелі 1, де сталеві стрічка 5 розташована посередині панелі 1,

кінець з'єднаний з намотувальним механізмом 4, а інший кінець з'єднаний з пружинною планкою 2. Показчик 3 контактує з пружинною планкою 2 через шток. У верхній частині панелі 1 розташовані фіксуючий пристрій 6 та мікрометричний регулятор 7. В намотувального механізму 4 є важіль прикладання сили 8, який може обертатися.

Принцип роботи пристрою:

- пристрій що фіксує 6, розблокувати;
- всередину сталеві стрічки 5 помістити поршневе кільце;
- важіль 8 повернути, щоб натягнути стрічку навколо поршневого кільця;
- щоб кільце стиснулося до заданого розміру, потрібно затягнути фіксуючий пристрій 6;
- мікрометричний регулятор 7 відрегулювати для досягнення потрібного зазору;
- на показнику 3 переглянути кінцеве значення тангенціальної сили.

1.4 Пристрій, на базі якого виконуватиметься робота

Проведемо аналіз авторського свідоцтва №808880 «Пристрій для контролю пружності поршневих кілець», в якому описаний пристрій для контролю поршневих кілець.

В даного пристрою є ряд переваг та недоліків.

До переваг даного пристрою можна віднести:

- простота експлуатації;
- простота пристрою;
- швидкий процес вимірювання та зміни контрольованої деталі.

Але пристрій, володіє і рядом наступних недоліків:

- низька автоматизація пристрою;
- низька точність вимірювання;
- низький діапазон досліджуваних кілець.

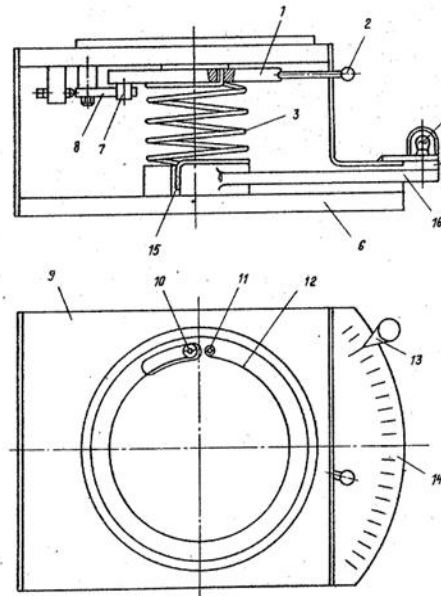


Рисунок 1.6. Пристрій для контролю пружності поршневих кілець.

Пристрій містить рухомий диск 1, рукоятку 2, пружину кручення 3, сигнальну лампу 4, привід 5, основу 6, електричні контакти 7 та 8, плиту 9, стержні 10 та 11, стягуючу стрічку 12, стрілку 13 та лімб 14.

Принцип роботи полягає в наступному.

Стягуюча стрічка 12 за допомогою стержня 11 одним кінцем закріплена до плити 9, а за допомогою стержня 10 до рухомого диску 1. Один із електричних контактів 8 кріпиться на плиті 9, а другий – 7 на диску 1. На кінці приводу 5 встановлена стрілка 13 і сигнальна лампа 4. Рукоятка 2 закріплена на рухомому диску 1. Пружина кручення 3 є пружним чутливим елементом 15. За допомогою рукоятки 2 зменшується закрутка стрічки 12, а потім встановлюється в вимірювальну позицію деталь і за допомогою важільного приводу 5 закручується вимірювальна пружина 3, зусилля пружини передається через рухомий диск 1 на стрічку 12 і досліджувану деталь.

Результат вимірювання визначається по положенню стрілки 13 на поділках лімба 14 в момент включення сигнальної лампи 4.

Конструкція пристрою буде розроблятися якомога простіше, в якій ручний привід буде замінений на автоматичний, встановлені датчики, що регламентуватимуть кут повороту пружини.

Розроблений пристрій дасть можливість визначити, чи придатне кільце до експлуатації та визначити напруження, що виникають у кільці під час роботи.

1.5 Загальні висновки та пояснення завдання кваліфікаційної роботи

Метою дослідження є аналіз існуючих методів контролю жорсткості поршневих кілець, виявлення їхніх недоліків та розробка пропозицій щодо удосконалення технологічного процесу для підвищення точності та ефективності контролю.

Поршневі кільця є критично важливими елементами двигуна внутрішнього згоряння, які забезпечують герметичність камери згоряння, контроль мастила та тепловідвід. Жорсткість поршневих кілець безпосередньо впливає на їхню довговічність, ефективність роботи двигуна та екологічні показники. Удосконалення технологічного процесу контролю жорсткості дозволить підвищити якість виробництва, знизити витрати на виробництво та поліпшити експлуатаційні характеристики автомобілів.

Основні завдання роботи це: провести аналіз існуючих методів вимірювання жорсткості поршневих кілець; дослідити фактори, що впливають на жорсткість поршневих кілець (матеріали, геометрія, технології виробництва); розробити методику удосконалення процесу контролю жорсткості; запропонувати нові підходи, або інструменти для підвищення точності вимірювань; оцінити економічну доцільність запропонованих рішень.

Очікувані результати роботи: покращення точності контролю жорсткості поршневих кілець; зниження виробничих витрат за рахунок оптимізації технологічного процесу; підвищення якості готової продукції та її відповідності міжнародним стандартам; розробка рекомендацій для виробників автомобілів щодо впровадження нових методів контролю.

Результати дослідження можуть бути використані на автомобільних підприємствах для впровадження нових технологій контролю якості поршневих кілець. Це дозволить підвищити конкурентоспроможність продукції на ринку, забезпечити відповідність екологічним стандартам та зменшити кількість бракованих виробів.

Робота містить нові підходи до оцінки жорсткості поршневих кілець, а також пропозиції щодо впровадження сучасних інструментів, або методів контролю, які раніше не використовувалися в автомобілебудуванні.

Ця тема є актуальною для автомобільної промисловості, оскільки постійне вдосконалення технологій виробництва та контролю якості є ключовим фактором успіху на ринку. Успішне виконання роботи може стати основою для подальших наукових досліджень, або практичного впровадження на виробництві.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок напружень, що виникають у кільці в робочому положенні

Проведемо розрахунок напружень, що виникають у кільці в робочому положенні. Дане кільце можна розглядати, як плоску спіральну пружину із одним витком для якої напруження визначаються згідно формули:

$$\sigma = \frac{M}{W_0} \quad (2.1)$$

де $M = Q \cdot R_c = 25 \cdot 46,875 = 1172$ Нм – момент, що діє на кільце.

$W_0 = b \cdot t^2 = 3 \cdot 3,75^2 = 42,18$ мм³. – момент осьового опору.

$$\sigma = \frac{1172}{42,18} = 27,8 \text{ МПа}$$

Оскільки в ДСТУ 3884-99 не вказані зазори в стані спокою кілець, проведемо розрахунок кута повороту вільного кінця кільця з напруженого стану у стан спокою. Кут повороту визначається згідно формули:

$$\varphi = \frac{M \cdot L}{E \cdot I} \quad (2.2)$$

де $M = 1172$ Нм – момент, який діє на кільце.

$L = 2 \cdot \pi \cdot R_c = 2 \cdot 3,14 \cdot 46,875 = 294,4$ мм². – довжина кільця.

$E = 1,07 \cdot 10^5$ - модуль пружності СЧ 18-36.

$$I = \frac{b \cdot t^3}{12} = \frac{3 \cdot 3,75^3}{12} = 13,18 \text{ мм}^4. \text{ - осьовий момент інерції прямокутного}$$

січення витка.

$$\varphi = \frac{1172 \cdot 294,4}{1,07 \cdot 10^5 \cdot 13,18} = 0,24 \text{ рад} = 13,75^\circ \text{ С}$$

Допустима відносна похибка прикладання зусилля становить:

$$\delta = \pm 20\%$$

Отже допустиме відхилення напружень становить:

$$\Delta \sigma = 0,2 \cdot \sigma \quad (2.3)$$

$$\Delta \sigma = 0,2 \cdot 27,8 = 5,56 \text{ МПа}$$

Допустиме відхилення кута повороту становить:

$$\Delta\varphi = 0,2 \cdot \varphi \quad (2.4)$$

$$\Delta\varphi = 0,2 \cdot 13,75 = 2,75^\circ$$

Отже кільця вважаються придатними до експлуатації якщо їхні напруження в робочому стані становлять:

$$\sigma = 27,8 \pm 5,56 \text{ МПа}$$

А кут повороту:

$$\varphi = 13,75 \pm 2,75^\circ$$

2.2.1 Функціональна схема пристрою для контролю поршневих кілець

Наглядно функціональна схема представлена на рис. 2.1.

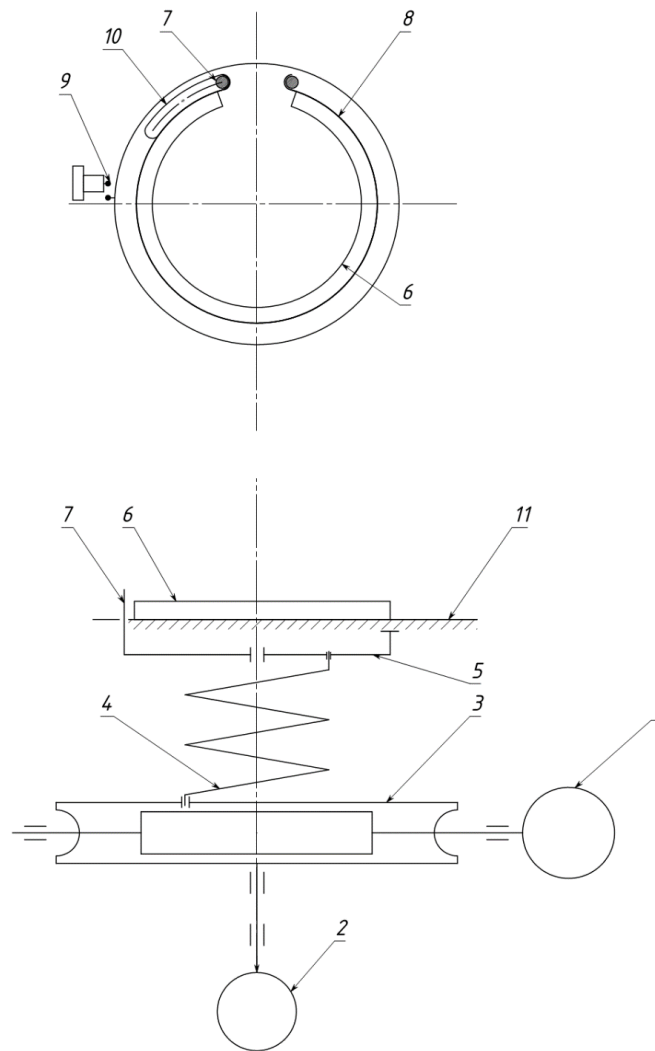


Рисунок 2.1. Функціональна схема пристрою для контролю поршневих кілець.

До двигуна 1 кріпиться черв'ячна передача 3. На вал черв'ячного колеса фіксується давач кутового положення 2, а також вимірювальна пружина 4. Пружина 4 вільним кінцем кріпиться до рухомої платформи 5. На платформі розміщений палець 7, що прикріплений до стягуючої стрічки 8. Палець рухається в прорізі 10 плити 11.

На рухомій платформі та плиті також розміщений кінцевик 9.

2.2.2 Аналіз принципу роботи і конструкції пристрою

Кільце, що досліджується 6 вставляється в петлю стягуючої стрічки 8. За допомогою двигуна 1, через черв'ячну передачу 3, пружину 4, палець 7, обертовий момент передається на стягуючу стрічку 8 і стискає досліджуване кільце 6. Кут повороту пружини 4 визначається за допомогою давача кутового положення 2. Кінцеве положення визначається кінцевиком 9.

Після того як двигун 1 увімкнений, досліджуване кільце починає стискатись і стискається до тих пір, поки кінцевик 9 не замкнеться, як тільки він замкнувся, фіксується кут повороту давача 2.

Маючи фізичні характеристики і кут повороту пружини 4, можна визначити напруження, що виникають у досліджуваному кільці 6.

2.2.3 Визначення геометричних параметрів черв'ячної передачі

Для розрахунку геометричних параметрів черв'ячної передачі спочатку необхідно визначити основні параметри, такі як: число заходів черв'яка, число зубців черв'ячного колеса, відношення передачі, модуль зубчастого зачеплення та коефіцієнт, що характеризує діаметр черв'яка.

Матеріал черв'яка: сталь 40Х із гартуванням та відпуском.

Матеріал для виготовлення черв'ячного колеса: бронза марки БрА9ЖЗЛ.

Число заходів черв'яка: $z_1 = 1$. Число зубців черв'ячного колеса: $z_2 = 38$.

Передаточне відношення: $u = 38$. Модуль зачеплення: $m = 2$ (вибирається зі стандартного ряду). Коефіцієнт діаметру черв'яка: $q = 8$.

Діаметри ділення черв'яка та черв'ячного колеса:

$$d_1 = m \cdot q = 2 \cdot 8 = 16 \text{ мм.}$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 2 \cdot 38 = 76 \text{ мм.}$$

Діаметри верхніх точок витків черв'яка та зубців черв'ячного колеса:

$$d_{a1} = m \cdot q + 2 \cdot m = 16 + 2 \cdot 2 = 20 \text{ мм.}$$

$$d_{a2} = m \cdot z_2 + 2 \cdot m = 76 + 2 \cdot 2 = 80 \text{ мм.}$$

Відстань між осями черв'яка та черв'ячного колеса у передачі:

$$a_w = 0,5 \cdot (d_1 + d_2) = 0,5 \cdot (16 + 76) = 46 \text{ мм.}$$

Ширина зубчастого вінця черв'ячного колеса:

$$b_2 \leq 0,75 \cdot d_{a1} = 0,75 \cdot 20 = 15 \text{ мм.}$$

Значення беремо:

$$b_2 = 15 \text{ мм.}$$

Довжина ділянки черв'яка, на якій виконано нарізку:

$$b_1 \geq (11 + 0,06 \cdot z_2) \cdot m = (11 + 0,06 \cdot 38) \cdot 2 = 27 \text{ мм.}$$

Значення беремо:

$$b_1 = 35 \text{ мм.}$$

Кут підйому лінії витка черв'яка на ділильному циліндрі:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{8} = 0,125$$

$$\gamma = 7,125^\circ$$

Коефіцієнт корисної дії (ККД) передачі розраховуємо за формулою:

$$\eta = \frac{(0,95 \dots 0,96) \cdot \operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi)}$$

$\varphi = 1,5^\circ$ – еквівалентний кут тертя.

$$\eta = \frac{(0,95 \dots 0,96) \cdot \operatorname{tg} 7,125^\circ}{\operatorname{tg}(7,125^\circ + 1,5^\circ)} = \frac{(0,95 \dots 0,96) \cdot 0,1249}{0,1516} = 0,78 \dots 0,79$$

Крутний момент, що виходить на черв'ячному колесі, дорівнює:

$$M = 1,172 \text{ Нм}$$

2.3 Удосконалення технологічного процесу контролю поршневих кілець

Класифікація типових конструкцій і основні розміри поршневих кілець для нового проектування двигунів - для кілець діаметром понад 300 мм за робочими кресленнями.

Дозволяється поєднувати елементи конструкції кілець різних типів, або застосовувати нові конструктивні рішення, а також встановлювати радіальну товщину, висоту і зазор в замку кільця в робочому стані за погодженням між виробником і споживачем.

Ремонтні збільшення діаметрів поршневих кілець двигунів автомобілів, мотоциклів і мопедів, повинні відповідати зазначеним у табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Ремонтні збільшення діаметрів поршневих кілець двигунів автомобілів, мотоциклів і мопедів.

Група двигунів	Ремонтні збільшення, мм
Двигуни автомобілів	0,5; 0,75*; 1,0; 1,5**
Двигуни мотоциклів, скутерів і мопедів	0,25; 0,5; 1,0

* Застосовувати не рекомендується.

** Ремонтне збільшення 1,5 мм — для двигунів вантажних автомобілів з монометалічною гільзою.

Поршневі кільця слід виготовляти відповідно до вимог цього стандарту з робочих креслень, затверджених у порядку.

Характер розподілу радіальних тисків кільця на стінку циліндра – за робочими кресленнями.

Верхні компресійні кільця для тракторних та комбайнових двигунів повинні мати зносостійке покриття.

Параметр шорсткості R_a за ДСТУ 2413-94 повинен бути, мкм, не більше:

- 0,63 мкм - для робочих поверхонь з твердим зносостійким покриттям та торцевих поверхонь; на торцевих поверхнях допускається

наявність окремих ділянок (не більше 20% загальної поверхні) з параметром шорсткості не більше 0,8 мкм;

- 0,80 мкм - для конічної торцевої поверхні трапецієподібних компресійних кілець; допускається наявність окремих ділянок (не більше 20% загальної поверхні) з параметром шорсткості не більше 1,25 мкм;
- 2,50 мкм - для робочих поверхонь без покриття.

Зовнішній вигляд зносостійких пористих покриттів та параметр шорсткості внутрішньої поверхні та торців замку – за робочими кресленнями.

Короблення торцевих поверхонь кільця в окружному напрямку не повинно перевищувати:

для кілець симетричного профілю

- діаметром до 100 мм - 0,02 мм;
- понад 100 до 115 мм - 0,03 мм;
- від 115 до 145 мм - 0,04 мм; для кілець двигунів автомобілів, мотоциклів та мопедів - 0,03 мм;
- від 145 до 210 мм - 0,06 мм;
- від 210 до 300 мм - 0,08 мм, а для кілець, що мають відношення висоти до зовнішнього діаметру, менше 1/30 - за робочими кресленнями;

для кілець несиметричного перерізу та маслознімних, для двигунів тракторів, комбайнів, автомобілів, мотоциклів та мопедів:

- діаметром до 100 мм - 0,06 мм;
- понад 100 до 145 мм - 0,08 мм;
- для кілець діаметром понад 300 мм - за робочими кресленнями.

Всі поршневі кільця із зносостійким покриттям для двигунів автомобілів, мотоциклів і мопедів, а також кільця симетричного профілю для тракторних та комбайнових дизелів повинні мати 100% (360°) контакт із поверхнею гладкого кільцевого калібру номінального діаметра.

Усі поршневі кільця без зносостійкого покриття для двигунів автомобілів, мотоциклів та мопедів, кільця несиметричного профілю для тракторних та комбайнових дизелів, а також кільця симетричного профілю для суднових, тепловозних та промислових дизелів повинні мати не менше 90% (324°) контакту з поверхнею калібру за обов'язкового прилягання на ділянці 15° з кожного боку замку.

Контакт може бути безперервним, або точковим (як пунктир). Поршневі кільця несиметричного профілю для суднових, тепловозних та промислових дизелів повинні мати щонайменше 85 % контакту з поверхнею калібру.

Розташування ділянок втрати контакту кільця з калібром і значення допустимих радіальних зазорів, у тому числі для кілець двотактних двигунів - за робочими кресленнями.

На поверхнях кілець не допускаються: тріщини, вибоїни, рихлості, сліди засміченості та сліди корозії; раковини та вм'ятини на ділянці, обмеженій дугою 30°, розташованому в 180° від замку, на торцевих поверхнях одна над одною та над дренажними пазами, на інших ділянках розміром більше 0,5 мм та глибиною понад 0,3 мм більше 3 шт., на робочій поверхні - на відстані менше 10 мм між ними та 0,5 мм від кромки робочої поверхні кільця; сколи більше 0,5 мм на гострих кутах замку по внутрішній поверхні кільця і на внутрішніх поверхнях дренажних пазів маслоснімних поршневих кілець, а також 0,3 мм на робочій кромці замка; слід від виведення інструменту глибиною понад 0,1 мм та шириною понад 0,3 мм на внутрішній поверхності кільця.

Видимі ознаки – раковини, вм'ятини, задирки, викрашування, подряпини, газовий висип, дефекти шліфування розміром до 0,01 мм, для яких не існує економічно обґрунтованих методів контролю, допускається контролювати візуально.

Кільця мають бути розмагнічені.

Ресурс поршневих кілець автотракторних двигунів повинен забезпечувати ресурс двигуна, для якого вони призначені.

Ресурс поршневих кілець до заміни суднових, тепловозних та промислових дизелів повинен забезпечувати ресурс дизеля, котрим вони призначені, до перебірки.

Поршневі кільця слід виготовляти із спеціальних сірих чавунів із пластинчастим графітом, або з міцних чавунів з кулястим графітом.

Значення межі міцності має бути $H / \text{м}^2 (\text{кгс} / \text{мм}^2)$, щонайменше:

- $34,3 \cdot 10^7$ (35) $H / \text{м}^2 (\text{кгс} / \text{мм}^2)$ для сірого чавуну;
- $98 \cdot 10^7$ (100) $H / \text{м}^2 (\text{кгс} / \text{мм}^2)$ для високоміцного чавуну;
- $108 \cdot 10^7$ (110) $H / \text{м}^2 (\text{кгс} / \text{мм}^2)$ для кілець автомобільних двигунів.

Межа міцності поршневих кілець суднових, тепловозних і промислових дизелів, що виготовляються з антифрикційного, з кулястим графітом чавуну, складнолегованого хромом, нікелем, молібденом, міддю, марганцем, або іншими елементами, з вмістом зазначених елементів сумарно не менше 2,3% - за технічними умовами та робочими кресленнями, на кільця конкретних типів.

Значення твердості має бути:

- 94-112 HRB - для сірого чавуну, для кілець автомобільних двигунів, мотоциклів та мопедів - не менше 96 HRB;
- 98-112 HRB - для високоміцного чавуну, для кілець автомобільних двигунів, мотоциклів та мопедів - не менше 100 HRB.

Твердість поршневих кілець з високоміцного чавуну, що піддається спеціальної термічної обробки для отримання необхідних властивостей при виготовленні кілець з олив, з наступним нанесенням зносостійкого покриття - з технічної документації на кільця конкретних типів, затверджених у встановленому порядку.

Різниця показань твердості в межах одного кільця не повинна перевищувати 4 одиниць HRB.

Хімічний склад чавунів – за робочими кресленнями.

Мікроструктура кілець із спеціальних сірих чавунів має задовольняти наступні вимоги:

- графіт - рівномірно розподілений, тонкопластинчастий, завихрений, або пластівчастий;
- металева основа - тонко-, дрібно- та середньопластинчастий, або сорбітоподібний перліт;
- структурно-вільний цементит не допускається;
- ферит допускається у вигляді дрібних включень, трохи більше 5 % площі;
- фосфідна евтектика має бути рівномірними включеннями у вигляді розірваної сітки.

Мікроструктура кілець із високоміцних чавунів має задовольняти наступним вимогам:

- графіт - рівномірно розподілений, кулястий. Допускається наявність окремих включень пластинчастого графіту трохи більше 10 % загальної площі, зайнятої графітом будь-якому полі зору шліфу;
- металева основа - сорбітоподібний і тонкопластинчастий перліт, допускається троостомартенсит та бейніт.

Для кілець оливної виливки ферит допускається, як облямівок навколо включень графіту площі шліфу трохи більше 10 %; цементит допускається у вигляді окремих дрібних включень на площі шліфу не більше 10 %.

Для кілець з індивідуального лиття в піщані форми допускається ферит до 15% площі шліфу, цементит у вигляді окремих дрібних включень до 15% площі шліфу.

Мікроструктура кілець із комплексно-легованого чавуну, чавуну з мартенситною металевою основою, зі структурно-вільними карбідами, або при застосуванні спеціальних видів термічної обробки, або лиття заготовок - за робочими кресленнями.

На одному з торців поршневих кілець, що вимагають спеціального орієнтування при встановленні на поршень, має бути виконане маркування положення. На всі типи кілець допускається наносити інші позначення.

Вид позначення, спосіб його нанесення та розташування - за робочими кресленнями.

На коробках та транспортній тарі з поршковими кільцями, або комплектами поршкових кілець має бути нанесене маркування, що містить:

- товарний знак підприємства-виробника, для тракторних та комбайнових двигунів - скорочена назва підприємства-виробника;
- позначення, код ОКП та найменування кільця або комплекту; діаметр (номінальний та ремонтний);
- число кілець чи комплектів;
- позначення цього стандарту.

Транспортне маркування вантажу – за ДСТУ 2887-94.

Маркування та пакування кілець, призначених для експорту, - на замовлення зовнішньоторговельної організації.

Поршкові кільця піддають пред'явницьким, прийомоздавальним та періодичним випробуванням.

При прийомоздавальних випробуваннях поршкові кільця слід перевіряти на відповідність вимогам ДСТУ 2413-94, зазначеним у характеристиках.

При періодичних випробуваннях кільця слід перевіряти на відповідність всім вимогам цього стандарту.

Обсяг вибірки, план контролю та порядок проведення періодичних та приймальних випробувань - за галузевими стандартами, технічними умовами, або технічною документацією на кільця конкретних типів, узгоджених між виробником та споживачем (замовником).

Приймання споживачем проводять відповідно до правил, встановлених у галузевих стандартах, технічних умовах, або технічної документації на кільця конкретних типів, узгоджених між виробником та споживачем (замовником).

Вимоги до умов виконання лінійних та кутових вимірів - за ДСТУ 2709-94.

Похибки, що допускаються при вимірі лінійних кутових розмірів - не більше 30 % допуску на виготовлення.

Короблення торцевих поверхонь кільця T_e , слід визначати при навантаженні його зосереджуваними силами.

При контролі поміщають кільце на горизонтально встановлену площину плити і навантажують торцеву поверхню зосередженими силами в осьовому напрямку в п'яти точках по середній лінії згідно зі схемою, наведеною на рис.2.2. Допускається усунення точок прикладених сил від середньої смуги.

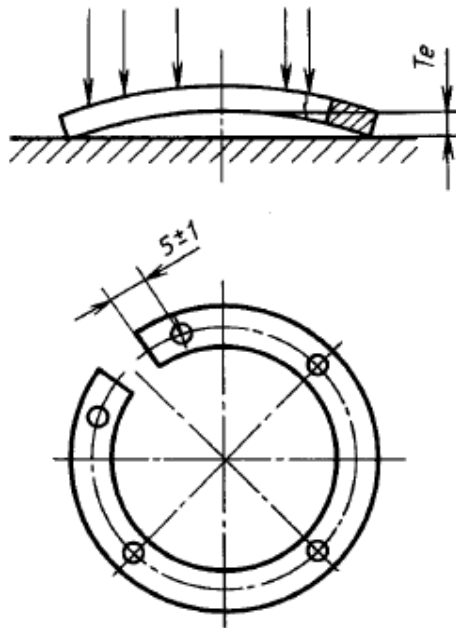


Рисунок 2.2. Значення зосереджених сил на кожную точку.

Плита повинна відповідати вимогам, що пред'являються до плити класу 00. Значення зосереджених сил на кожную точку повинні відповідати зазначеним у табл. 2.2.

Короблення вимірюють на чотирьох ділянках, розташованих між точками докладання сил. За значення короблення T_e , слід набувати найбільшого значення з чотирьох вимірів.

Таблиця 2.2 - Значення зосереджених сил на кожну точку.

Діаметр кільця, мм	Зосереджена сила, Н	
	Номін.	Попер.вимкнути
До 125 включ.	2,5	±0.2
Понад 125 до 150	4,0	
Більше 150	5,0	

Допускається контролювати короблення кільця пропусканням його між двома плитами, встановленими вертикально, згідно зі схемою, наведеною на рис. 2.3.

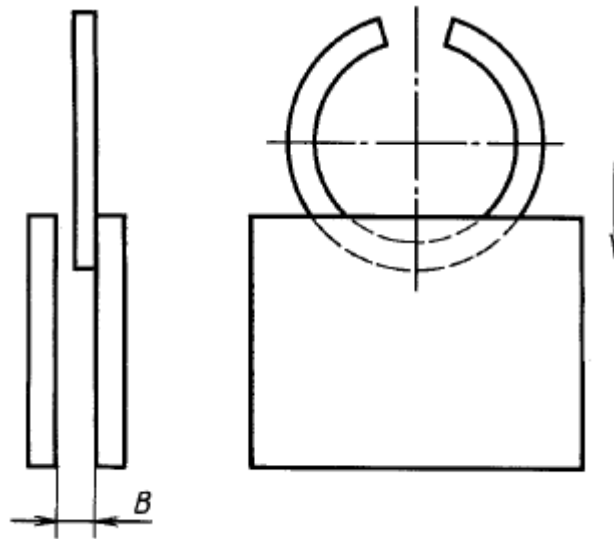


Рисунок 2.3. Короблення кільця пропусканням його між двома плитами.

Кільце повинне проходити між плитами без застосування зовнішніх сил.

Розміри плит по ширині повинні бути не меншими за найбільший діаметр кільця у вільному стані. Висота плит повинна відповідати номінальному діаметру кільця.

Відстань між плитами B у міліметрах обчислюють за формулою:

$$B = b + T_k$$

де b – найбільший розмір висоти кільця, мм;

T_k - зазор, що визначається експериментально для кожного типу кільця - за робочими кресленнями.

Контакт кільця з калібром з внутрішнім діаметром, що дорівнює номінальному діаметру кільця та радіальний зазор слід контролювати візуально на просвіт за схемою, наведеною на рис. 2.4., методом порівняння із зразком.

Зона контакту кільця з калібром повинна проводитися джерелом розсіяного світла потужністю 25 Вт.

Контакт вважається повним, якщо при контролі радіальний зазор по периметру не виявлений, або якщо в області з необхідним щільним приляганням є просвіти, що перериваються безліччю несучих точок.

Контроль контакту з калібром поршневого кільця, що складається із двох, або більше деталей, що встановлюються в один паз поршня, виконують у зборі.

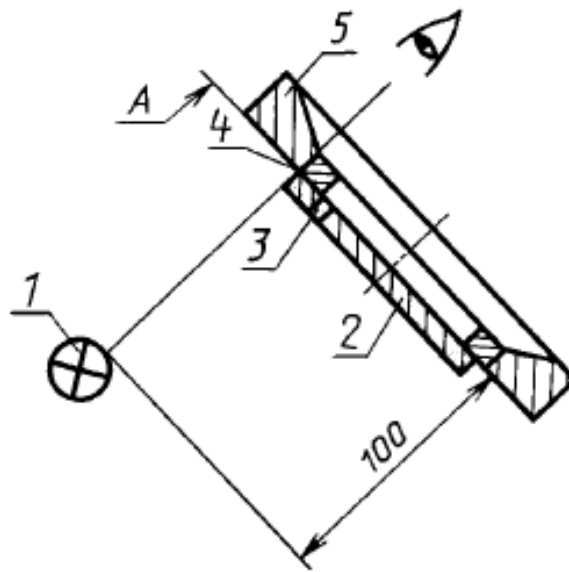


Рисунок 2.4. Контакт кільця з калібром:

1 – джерело світла з матовим балоном; 2 – непрозорий екран; 3 – зразок радіального зазору; 4 - контрольоване кільце; 5 - гладкий кільцевий калібр

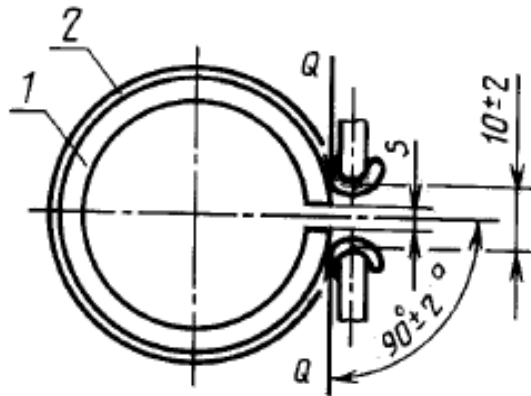


Рисунок 2.5. Визначення тангенціальної сили:

1 – кільце, що контролюється; 2 – гнучка стрічка

Контакт кільця, що працює з розширювачем, слід контролювати в комплекті з розширювачем, або в пристосуванні, що імітує його дію. При цьому має забезпечуватись номінальний тиск, відповідне значення сили, що характеризує пружні властивості кільця (значення сили - за робочими кресленнями).

Тангенціальна сила Q визначається при стисканні кільця до зазору S гнучкою сталевую стрічкою товщиною не більше 0,15 мм згідно схеми, наведеної на рис. 2.5.

При контролі кільця в комплекті з розширювачем, розширювач слід змастити трансформаторним маслом, кільце стиснути до зазору в замку, що дорівнює S .

За значення сили, що характеризує пружні властивості кільця, приймають середньоарифметичне результатів трьох вимірювань.

Допускається визначати діаметральну силу Q_1 , при стисканні кільця згідно схеми, наведеної на рис. 2.6.

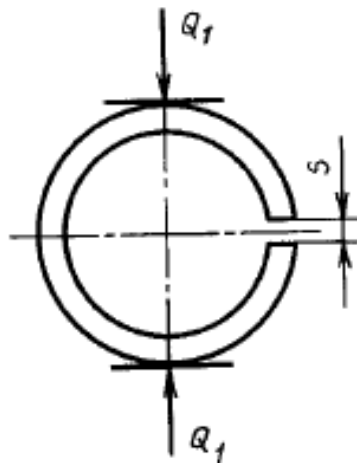


Рисунок 2.6. Визначення діаметральної сили.

Похибка вимірювання сили, що характеризує пружні властивості кільця, за абсолютним значенням не повинна перевищувати $0,04 Q$ і $0,04 Q_1$.

Твердість матеріалу кільця слід визначати за середньою лінією на трьох ділянках плоскої поверхні заготовки згідно схеми, наведеної на рис. 2.7.

За число твердості слід приймати середньоарифметичне значення результатів трьох вимірювань, виконаних на кожній з трьох ділянок.

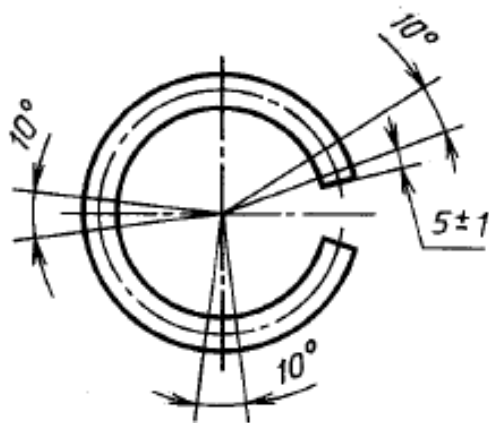


Рисунок 2.7. Визначення твердості матеріалу кільця.

Межу міцності матеріалу кілець слід визначати на заготовках кілець прямокутного перерізу після термообробки. Допускається визначення значення межі міцності матеріалу кілець діаметром понад 200 мм проводити на зразках,

що пройшли термообробку, форма та розміри, яких погоджено із споживачем (замовником).

Межа міцності при згинанні $\sigma_{в.н.}$ матеріалу кілець слід визначати при додатку тангенціальної руйнівної сили P_b , згідно схеми, наведеної на рис. 2.8.

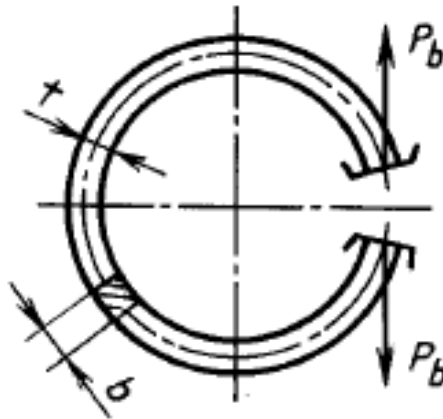


Рисунок 2.8. Визначення межі міцності при згинанні матеріалу кілець із додатком тангенціальної руйнівної сили.

При випробуванні слід встановити кільце на прилад та зафіксувати у вільному стані рухомими захватами. Плавню розсовуючи захвати, збільшити навантаження до руйнування кільця.

Межу міцності при вигині $\sigma_{в.н.}$ обчислюють за формулою:

$$\sigma_{в.н.} = \frac{6 \cdot P_b \cdot (D - t)}{b \cdot t^2}.$$

Похибка вимірювання сили P_b за абсолютним значенням не повинна перевищувати $0,04 P_b$.

При випробуванні кілець із високоміцного чавуну тангенціальне навантаження має бути не менше значення, що відповідає межі міцності при згині, зазначеній у робочих кресленнях.

При цьому руйнування кільця не є обов'язковим.

Допускається визначати межу міцності при згинанні матеріалу кілець із сірих спеціальних чавунів при застосуванні діаметральної сили P'_b згідно схеми, наведеної на рис. 2.9.

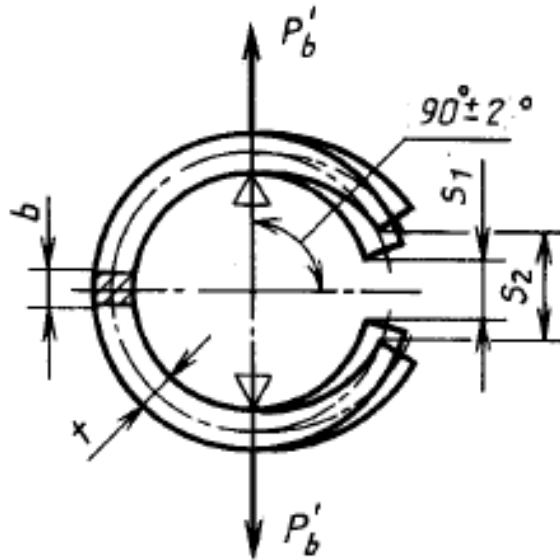


Рисунок 2.9. Визначення межі міцності при згинанні матеріалу кілець із сірих спеціальних чавунів із застосуванням діаметральної сили.

При випробуванні слід встановити кільце на прилад і зафіксувати у вільному стані рухомими призматичними опорами на протилежних кінцях діаметральної осі, перпендикулярної до осі симетрії, плавно розсовуючи опори, збільшувати навантаження до руйнування кільця.

Похибка вимірювання сили P'_b за абсолютним значенням не повинна перевищувати $0,04 P'_b$.

Межу міцності при згинанні матеріалу кілець $\sigma_{в.н.}$ обчислюють за формулою з округленням до 1 Н / м^2 .

$$\sigma_{в.н.} = \frac{3 \cdot P'_b \cdot (D - t)}{b \cdot t^2}.$$

Межу міцності готових кілець непрямокутного перерізу визначають за методикою, встановленою кресленням чи технічними умовами на кільця конкретних типів.

Міцність зчеплення гальванічного хромового покриття з основним металом кільця із сірих спеціальних чавунів слід визначати методом кручення до зламу згідно схеми, наведеної на рис. 2.10.

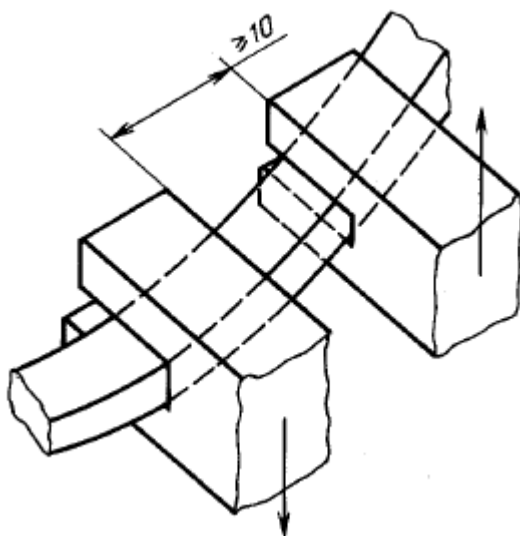


Рисунок 2.10. Визначення міцності зчеплення гальванічного хромового покриття з основним металом кільця із сірих спеціальних чавунів методом кручення до зламу.

Міцність зчеплення гальванічного покриття з основним металом кілець з високоміцних чавунів, а також міцність зчеплення газотермічних покриттів з основним металом кільця з сірих спеціальних, або високоміцних чавунів слід визначати методом вигину, згідно схемам, наведеним на рис. 2.8, 2.9.

При випробуванні кільце закріплюють у рухомих захватах і розтягують до зазору в замку S , відповідно вказаному в робочих кресленнях.

У місці вигину, або зламу кільця немає бути відшаровування.

Контроль хімічного складу та мікроструктури чавуну, кутових та лінійних розмірів, а також характеру розподілу радіальних тисків - за методиками, затвердженими в установленому порядку.

Допускається у маслознімних коробчастих поршневих кільцях зі спіральними розширювачами для суднових, тепловозних і промислових дизелів характер розподілу радіальних тисків, не контролювати.

Ресурс поршневих кілець перевіряють у комплекті, встановленому на двигун, при ресурсних випробуваннях двигуна.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Підбір пружини кручення та оцінка точності пристрою

У пристрої є пружина кручення, що передає крутний момент від черв'ячного зубчастого колеса до поршневого кільця, але завдяки пружині колесо повертається на більший кут, що дозволяє підвищити точність вимірювання, а також працює, як демпферний елемент.

Для розрахунку пружини приймемо наступні дані: число витків становить $i=16$, кут повороту пружини $\theta=2\cdot\pi$, максимальні допустимі напруження $[\sigma]=650$ МПа, індекс пружини $C=10$.

Проводимо розрахунок діаметру прутка дроту з якого буде виготовлена пружина з умови міцності:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M \cdot K}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (3.5)$$

$M=1172$ Нм – момент, який діє на пружину.

$K=1+\frac{1,4}{C}=1+\frac{1,4}{10}=1,14$ – коефіцієнт індексу пружини.

$$d \geq \sqrt[3]{32 \cdot 1172 \cdot \frac{1,14}{3,14 \cdot 650}} = 2,75 \text{ мм.}$$

Значення діаметру дроту візьмемо найближче до стандартного значення:

$$d = 2,8 \text{ мм.}$$

Визначаємо діаметр пружини виходячи з умови кута повороту $\theta=2\cdot\pi$:

$$\theta = \frac{M \cdot \pi \cdot D \cdot i}{E \cdot l} \quad (3.6)$$

Звідки :

$$D = \frac{\theta \cdot E \cdot l}{M \cdot \pi \cdot i} \quad (3.7)$$

де $M=1172$ Нм - момент, що діє на пружину.

$i=16$ – кількість витків пружини.

$E=2\cdot10^5$ МПа – модуль пружності сталі.

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 2,8^4}{64} = 3,01 \text{ мм}^2.$$
 - осьовий момент інерції січення прутка дроту.

$$D = 2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{3,01}{1172 \cdot 3,14 \cdot 16} = 64,2 \text{ мм.}$$

При оцінці точності пристрою слід взяти до уваги точність виготовлення пружини, точність давачів кутового переміщення, а також втрати крутного моменту на підшипниках.

Точність прикладання навантаження становить 20%, щоб наш пристрій був актуальний необхідно підібрати чутливі елементи, які будуть здатні вимірювати необхідні величини з вищою точністю, як мінімум 10% від номінального значення.

Згідно довідкової літератури відносна похибка виготовлення пружин кручення в залежності кута повороту від крутного моменту становить $\delta = 5\%$.

Втрати крутного моменту на ККД підшипників $\eta = 0,99 \dots 0,995$, на фоні похибки пружини є несуттєвими.

Отже допустима похибка пристрою $[\delta] = 10\%$, а похибка пружини становить $\delta = 5\%$. Виходячи з цих даних визначимо максимальну допустиму похибку давача кутового переміщення:

$$\delta_{д.} = \sqrt{[\sigma]^2 - \delta^2} \quad (3.8)$$

$$\delta_{д.} = \sqrt{10^2 - 5^2} = 8,6 \%$$

Далі проводимо вибір давача кутового переміщення.

3.2 Огляд давача кутового переміщення і його технічних параметрів

Підбір давача кутового переміщення (енкодера) та уточнення його похибки - це важливий етап проектування систем автоматизації, робототехніки, або інших пристроїв, де потрібно точно вимірювати кут повороту. Ось основні кроки та рекомендації для вибору та оцінки похибки:

Основні параметри для вибору давача:

- тип давача: абсолютний енкадер, який вимірює абсолютний кут повороту, зберігає значення навіть після вимкнення живлення, та інкрементальний енкадер, який вимірює відносний кут повороту, вимагає референсної точки для калібрування;
- дозвіл (роздільна здатність): кількість імпульсів на оберт (PPR) або кутовий крок (наприклад, $0,1^\circ$);
- точність: похибка вимірювання, яка зазвичай вказується виробником (наприклад, $\pm 0,1^\circ$);
- швидкість обертання: максимальна швидкість, з якою може працювати енкадер;
- інтерфейс передачі даних: аналоговий (наприклад, 0-10 В), цифровий (наприклад: RS-485, SPI, SSI), або інтерфейс Fieldbus (наприклад: CANopen, Profibus);
- механічні характеристики: діаметр валу, тип кріплення, ступінь захисту (IP);
- температурний діапазон: умови експлуатації (наприклад: від -20°C до $+80^\circ\text{C}$).

Уточнення похибки пристрою.

Похибка енкадера залежить від його типу, конструкції та умов експлуатації. Основні джерела похибок:

- механічні похибки: неточність виготовлення валу, підшипників, або монтажу;
- електронні похибки: неточність дискретизації сигналу, шуми, дрейф нуля;
- температурні впливи: зміна характеристик при зміні температури;
- вібрації та удари: можуть впливати на точність вимірювання.

При виборі енкадера враховуємо умови експлуатації (пил, вологість, вібрації) і точність, що критично важлива.

В даній роботі використовуються давачі кутового переміщення (енкодери) Autonics E30S4 з підвищеним класом точності, що проводить додаткове калібрування.



Рисунок 3.1. Загальний вигляд давача.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики.

Модель	E30S4
Роздільна здатність (імп/об)	3000
Вихідна напруга, В	2
Струм навантаження, мА	30
Споживаний струм, мА	60
Пусковий момент, Нм	0,0002
Момент інерції, $\text{кг}\cdot\text{см}^2$	20
Осьове навантаження, кгс	1
Радіальне навантаження, кгс	2
Максимально допустима частота обертання, об/хв	5000
Ступінь захисту	IP50
Ударостійкість	50G
Робоча температура, $^{\circ}\text{C}$	-10...+50
Вага(без кабеля), г	80

Геометричні параметри енкодера - це важливі характеристики, які визначають його механічну сумісність із системою, де він буде встановлений.

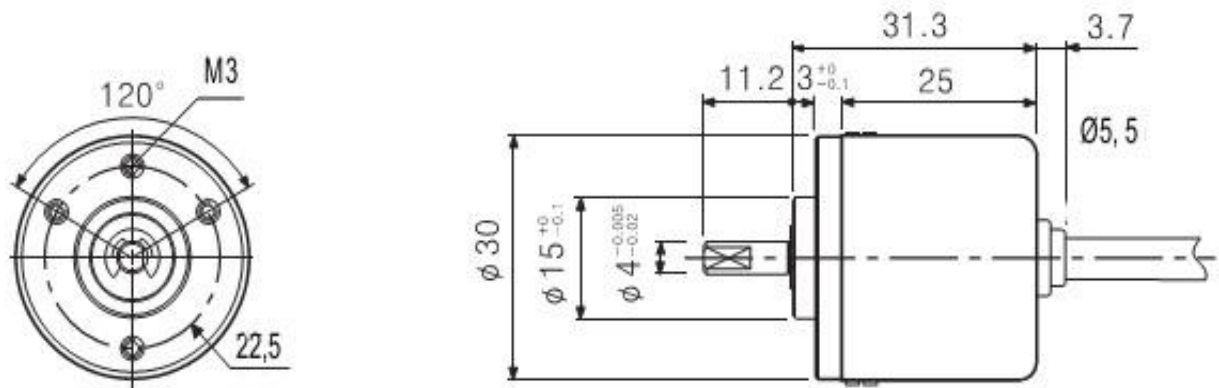


Рисунок 3.2. Габаритні розміри енкодера.

Зробимо уточнення щодо точності вимірювань пристрою з давачами цього типу.

Роздільна здатність пристрою $K = 3000$ імпульсів на оберт.

Таким чином, один імпульс відповідає певному куту повороту:

$$\Delta a = \frac{360^\circ}{K}$$

$$\Delta a = \frac{360^\circ}{3000} = 0,12^\circ$$

$$\delta_{Д.} = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\% \quad (3.9)$$

$$\delta_{Д.} = \frac{0,12}{360} \cdot 100\% = 0,03$$

Якщо відносна похибка датчика кутового переміщення є незначною, то основну роль у забезпеченні точності пристрою відіграє точність виготовлення пружини, що становить:

$$\delta_{прст.} = \delta_{пр.} = 5\%$$

Визначаємо абсолютну похибку вимірювання:

$$\Delta = \frac{\sigma \cdot \delta_{прст.}}{100\%} \quad (3.10)$$

$$\Delta = \frac{27,8 \cdot 5}{100} = 1,39 \text{ МПа}$$

Отже, цей пристрій здійснює вимірювання напруження в діапазоні:

$$\sigma = 0...27,8 \pm 1,39 \text{ МПа}$$

3.3 Вибір двигуна та розрахунок компонентів системи керування виконавчим пристроєм

Застосовуємо гібридний кроковий біполярний двигун FL28STH45-0674A, задля створення навантаження.

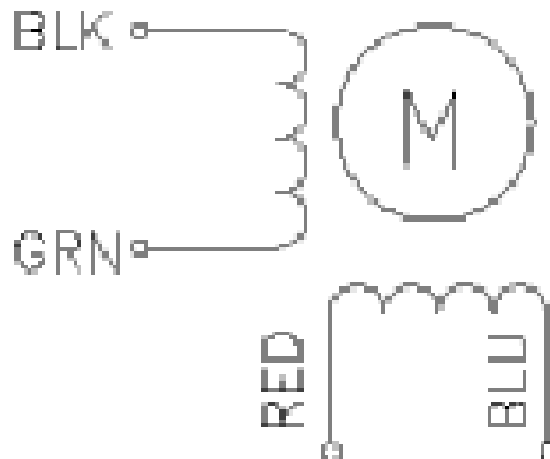


Рисунок 3.3. Розмітка виводів двигуна по кольорам.

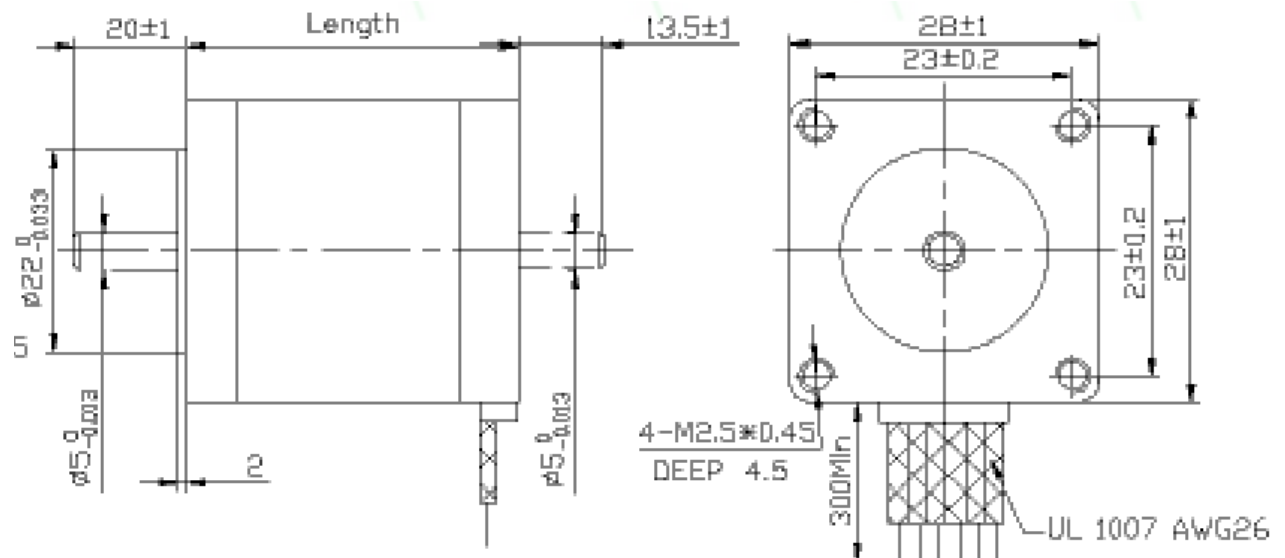


Рисунок 3.4. Габаритні та приєднувальні розміри.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики FL28ST45-0674A.

Струм фази, А	0,67
Опір фази, Ом	6,8
Індуктивність фази, мГн	4,9
Крутний момент, Нм	0,095
Довжина, мм	44,5
Момент інерції ротора г/см ²	12
Вага, г	140

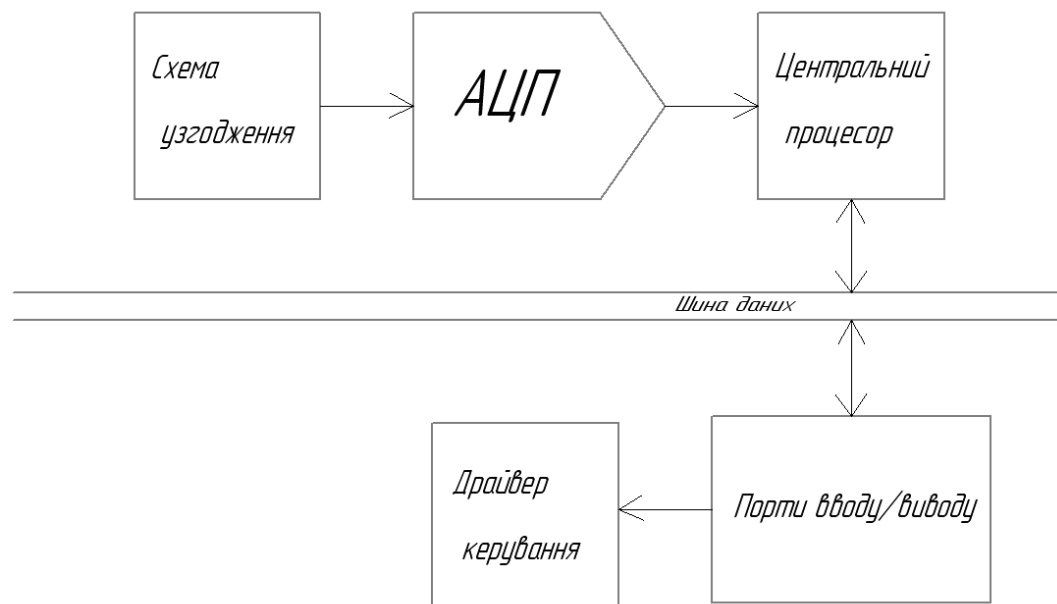


Рисунок 3.5. Структура модульного процесора.

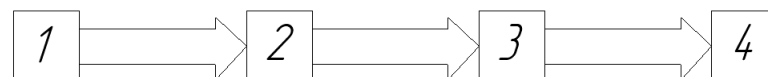


Рисунок 3.6. Структурна схема керування виконавчим пристроєм без зворотного зв'язку.

Система складається з центрального процесора (1), який формує команди, порту виводу контролера (2), що передає сигнали, драйвера

керування (3), який підсилює сигнали та виконавчого пристрою (4), який виконує відповідні дії.

Схема керування кроковим біполярним двигуном.

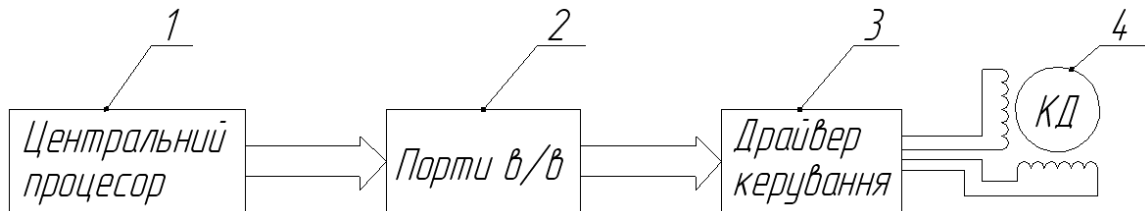


Рисунок 3.7. Функціональна схема керування кроковим біполярним двигуном.

На рис.3.7. (опис аналогічний до рис. 3.6.). зображена схема кроковим біполярним двигуном.

Саме цей драйвер є відмінним рішенням для керування кроковим біполярним двигуном із напругою живлення 27 В та струмом до 1 А.

Він дозволяє легко інтегрувати двигун у систему на базі мікроконтролера, забезпечуючи точне керування та простоту використання.

Схема драйвера реалізована на базі двох повномостових структур, які побудовані на польових, або біполярних транзисторах.

Така конструкція дозволяє ефективно керувати струмом у обмотках двигуна, забезпечуючи швидку зміну напрямку та величини струму.

Цей результат досягається завдяки застосуванню повномостової схеми, яка забезпечує оптимальну швидкість обертання двигуна та високий коефіцієнт корисної дії (ККД).

Захисні діоди, які має драйвер схеми керування зображені на рис.3.8, які працюють, щоб зменшити високу напругу яка відбувається у перехідному процесі перемикання схеми.

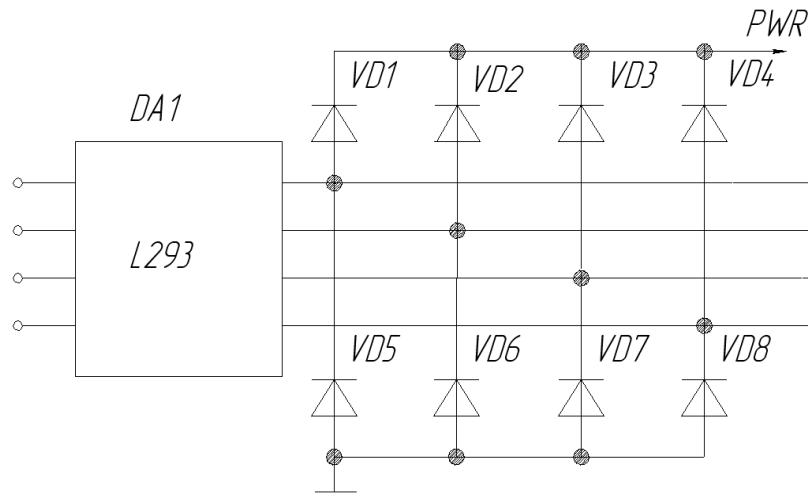


Рисунок 3.8. Схема підключення захисних діодів до схеми драйвера.

Основні властивості захисних діодів: придушення викидів напруги, швидкість спрацьовування, низьке пряме падіння напруги, висока стійкість до струму, теплова стабільність.

Під час швидкого перемикання транзисторів, або інших ключових елементів у індуктивних навантаженнях (наприклад, обмотках двигуна)

виникають високовольтні викиди (так звані викиди самоіндукції). Діоди спрямовують ці викиди назад у джерело живлення, або розсіюють їх, запобігаючи пошкодженню транзисторів, або інших компонентів.

Захисні діоди повинні мати високу швидкість перемикання, щоб ефективно придушувати викиди, які виникають протягом дуже короткого часу, низьке падіння напруги у прямому напрямку, щоб мінімізувати втрати енергії під час роботи, а також захисні діоди мають витримувати високі струми, які можуть виникати під час перемикання індуктивних навантажень, повинні бути стійкими до перегріву, оскільки під час придушення викидів вони можуть розсіювати значну кількість енергії.

Для роботи обираємо діод 1.5KE36CA-LF.

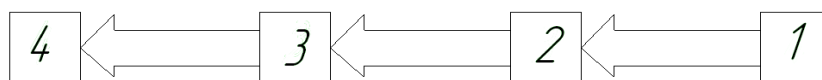


Рисунок 3.9. Структурна схема опрацювання результату вимірювання.

Вихідний сигнал від датчика 1 надходить на схему узгодження 2, яка перетворює його у відповідну аналогову (або цифрову) величину. Потім цей сигнал передається до блоку попередньої обробки 3, де він піддається оцифруванню. Після цього оцифрований сигнал надходить до центрального процесора контролера 4 для подальшої обробки та аналізу.

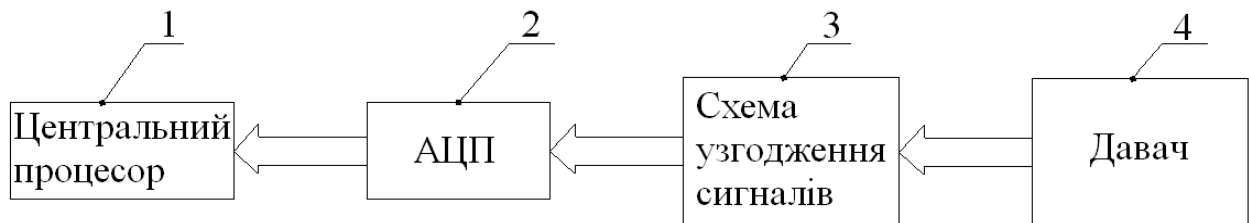


Рисунок 3.10. Функціональна схема підключення давача.

Схема містить центральний процесор (1), який приймає оцифрований сигнал від блока аналого-цифрового перетворювача (АЦП) (2). Також до її складу входить схема узгодження (3), що виконує перетворення даних, отриманих із датчика (4), у формат, придатний для подальшої обробки.

Для схеми узгодження використовується інтегральна мікросхема AD598.

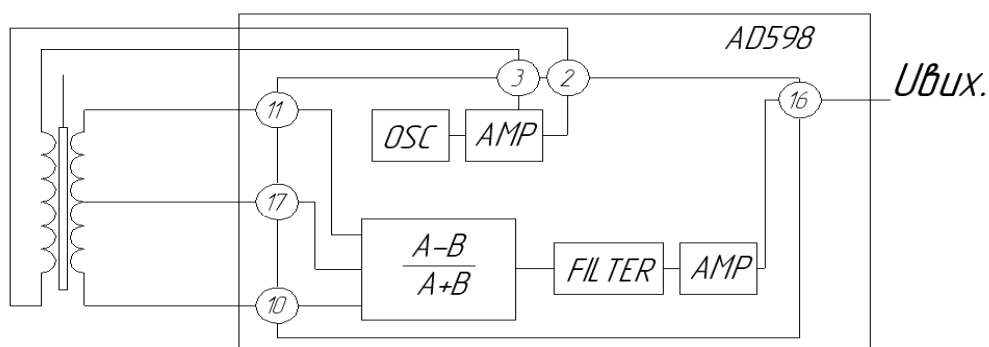


Рисунок 3.11. Функціональна схема підключення мікросхеми AD598.

Мікросхема AD598 (рис. 3.9) складається з таких основних блоків: генератор синусоїдної напруги (OSC), який призначений для створення синусоїдального сигналу з мінімальними спотвореннями та частоти генерації сигналу, яка визначається ємністю одного конденсатора і може регулюватися в

межах від 20 Гц до 20 кГц. Діюче значення амплітудних коливань складає 2-24 В. Підсилювач (АМР), призначений для підсилення сигналу, що збуджує первинну обмотку трансформатора, або іншого пристрою. Декодер обчислює співвідношення різниці вхідних сигналів до їх суми, що дозволяє отримати інформацію про зміну параметрів (наприклад, положення, або переміщення). Регульований фільтр, що забезпечує фільтрацію сигналу для видалення завад та небажаних частот. Вихідний підсилювач, який підсилює сигнал до необхідного рівня для подальшого використання.

AD598 використовує раціометричне перетворення для визначення положення осердя в індуктивних датчиках, таких як LVDT (лінійний трансформатор змінної індуктивності), або RVDT (обертальний трансформатор змінної індуктивності). Основна ідея полягає в тому, що AD598 збуджує первинну обмотку трансформатора, приймає сигнали з двох вторинних обмоток і обчислює сигнал, пропорційний положенню осердя. Формула передавальної функції мікросхеми:

$$V_{out} = \frac{V_A - V_B}{V_A + V_B} \cdot 500\mu \cdot A \cdot R_2 \quad (3.11)$$

Ключова особливість роботи лінійних диференціальних трансформаторів (ЛДТ) і мікросхеми AD598, це раціометричне перетворення сигналів, що дозволяє виключити вплив таких параметрів, як амплітуда збудження, затухання та коефіцієнт трансформації, оскільки вони є сталими множниками і не впливають на кінцевий результат вимірювання. Хоча умова $V_a + V_b = const.$ не завжди гарантується виробниками ЛДТ, на практиці вона часто виконується, що дозволяє отримати лінійну передавальну функцію.

Так, як конструкція пристрою передбачає кроковий двигун, для приводу натяжного гвинта, необхідно забезпечити керування ним.

Для керування двигуном пристрою потрібен спеціальний пристрій, який перетворює керуючі сигнали з малою потужністю на струми, які є достатніми для роботи двигуна. Пристрій має назву драйвер двигуна. У наш час є різні

схеми, що керують електродвигунами, які відрізняються за потужністю та елементною базою.

У нашому випадку ми розглянемо найпростіший драйвер, який виконаний у вигляді готової мікросхеми - L293D.

Ця мікросхема є однією з найпоширеніших для керування електродвигунами невеликої потужності.

L293D містить два незалежних драйвери, які об'єднані у чотири канали (дві пари). Вона має дві пари входів для отримання керуючих сигналів та дві пари виходів для підключення двигунів.

Крім того, мікросхема має два додаткові входи для активації кожного з драйверів. Ці входи дозволяють керувати швидкістю обертання двигунів за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).



Рисунок 3.12. Драйвер керування L293D.

Драйвер L293D - це популярна мікросхема для керування електродвигунами постійного струму, кроковими двигунами та іншими навантаженнями. Однією з ключових особливостей L293D є можливість поділу живлення для мікросхеми та керованих нею двигунів.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики L293D.

Напруга живлення мікросхеми, В	4,7...7
Напруга живлення двигунів, В	4,7...36
Робочий струм фаз, А	0,6
Максимальний струм фаз, А	1,2
Робочий діапазон температур, С	-65...150

Схема проходження сигналу від первинного датчика до здійснення управління виконавчим пристроєм зображена на рис.3.13.

Дані з датчика через схему зняття даних надходять на комутатор, звідки на АЦП :

$$(C = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \cdot 2^n)$$

Потім сигнал надходить до ЦП звідки через порти вводу/виводу на драйвер керування крокового двигуна.

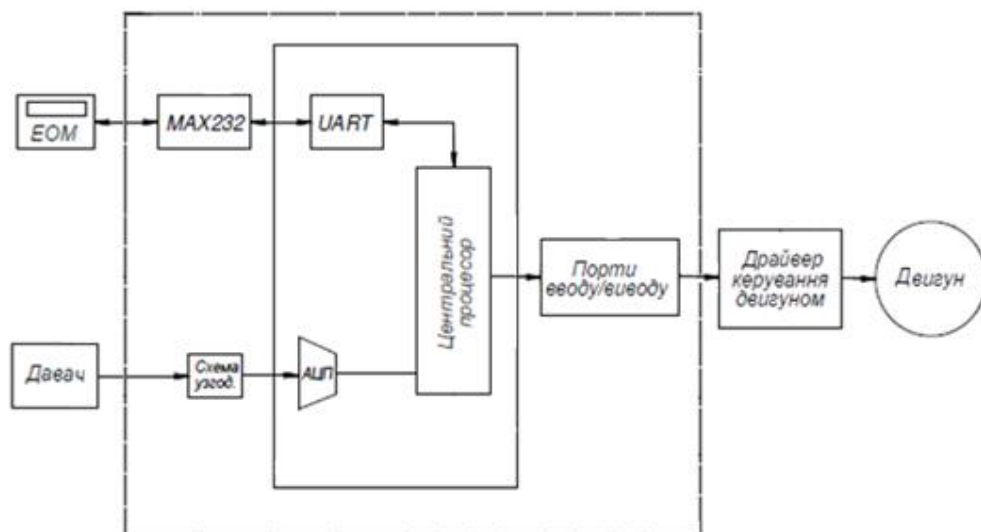


Рисунок 3.13. Схема проходження сигналів.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ , ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Розробка моделей ризиків виникнення травмонебезпечних ситуацій під час ремонтних та обслуговуючих робіт автомобілів

Причинами травмування робітників є поява небезпечних ситуацій (НС). Небезпечні ситуації (НС) виникають за умови сукупної дії небезпечних умов (НУ) та небезпечних дій (НД). У результаті небезпечної ситуації (НС) може виникнути аварія (А), яка може призвести до травми (отруєння) (Т) працівника. Формування небезпечних ситуацій (НС) належать до випадкових явищ. Тому слід виконувати моделювання процесів формування небезпечних ситуацій та їх наслідків, і на підставі їхнього аналізу розробляти заходи щодо попередження існуючих і потенційних небезпек.

Одним із особливо небезпечних виробничих процесів у автосервісі є ремонт та обслуговування автомобілів та їх частин. Виробничий процес ремонт та обслуговування автомобілів та їх частин входить до «Переліку робіт з підвищеною безпекою». Ця робота є дуже популярною для клієнтів автосервісу, оскільки майстри сервісу виконують її швидко та якісно. Необхідно забезпечити такі умови для виконання ремонтних та обслуговуючих робіт у автосервісі, щоб уникнути аварій та травм. Для цього розробимо моделі ризиків під час ремонт та обслуговування автомобілів у автосервісі.

Під час виконання робіт з ремонту та обслуговування автомобілів та їх частин у автосервісі можуть мати місце такі небезпечні та шкідливі виробничі ситуації:

НС1 - падіння автомобіля із автопідйомника або підставки;

НС2 - виліт часток зруйнованого інструменту та оброблюваного матеріалу під час роботи болгарки, металорізальних верстатів, загостренні інструменту;

НС3 - різке погіршення стану здоров'я робітника через дію фізичних або хімічних чинників;

НС4 - некерований та несподіваний рух автомобіля;

НС5 - ураження електричним струмом робітника;

НС6 - загорання горючих речовин;

НС7- вибух;

НС8 - отруєння робітників шкідливими хімічними речовинами, їх парами та аерозолями;

НС9 - падіння робітників під час роботи на висоті.

НС10 - захаращеність робочих місць агрегатами, деталями, інструментами, пристроями, матеріалами, яка зумовлюється недостатніми виробничими площами та культурою виробництва.

Під час ремонту та обслуговування автомобілів та їх частин у автосервісі можуть бути такі небезпечні виробничі умови:

НУ1 - до проведення ремонту та обслуговування автомобілів та їх частин допущені особи, які не навчені за професією слюсаря по ремонту транспортних засобів та не пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктажі;

НУ2 - після постановки автомобіля на ремонт не вивішено на кермо табличку «Двигун не запускати - працюють люди».

НУ3 - під час ремонту й обслуговування автомобіля на пульті керування електромеханічного підйомника не вивішено табличку «Не включати – працюють люди».

НУ4 - під час ремонту та обслуговування автомобіля підйомник в робочому (піднятому) положенні не зафіксований запобіжними упорами (штангами).

НУ5 - місця розливу мастила, охолоджуючої рідини, гальмівної рідини ретельно не прибрані, не засипані піском або тирсою.

НУ6 - Гайкові ключі мають тріщини і забоїни, а рукоятки – здирки.

НУ7 - ударні інструменти не стравні (мають тріщини, задирки, або на зубила не надягнуто запобіжну шайбу або кувалди, молотки мають відколи, вибої і тріщини).

НУ8 - для миття вузлів, деталей, агрегатів застосовується бензин, дизельне паливо.

НУ9 - робітник перед призначенням на роботу не пройшов медичний огляд;

НУ10 - робоче місце під час роботи на якому виділяються шкідливі речовини, не обладнане місцевою вентиляцією;

НУ11 - у робочій зоні робіт з ремонту та обслуговування освітленість менше 200 лк;

НУ12 - деталі обертання виробничого обладнання не закриті захисними кожухами;

НУ13- відсутність або несправність захисного заземлення чи занулення чи ізоляції струмопровідників;

НУ14 - шум або вібрація перевищує гранично-допустимий рівень.

Під час ремонту та обслуговування автомобілів та їх частин у автосервісі можуть бути такі небезпечні дії робітників:

НД1 - слюсар не користується необхідними засобами індивідуального захисту;

НД2 - слюсар користується не справними інструментами;

НД3 - слюсар під час ремонту та обслуговування автомобілів та їх частин порушує чинні положення про технічне обслуговування і ремонт автомобільного транспорту;

НД4 - слюсар під час ремонту та обслуговування автомобілів не утримує в чистоті і порядку робоче місце, деталі і вузли, захищено проходи і проїзди;

НД5 - слюсар перед роботою не перевіряв наявність і справність необхідного устаткування, інструмента і пристосувань;

НД6 - слюсар перед роботою не переконався у справності піднімального механізму;

НД7 - слюсар перед роботою не поставив на ручне гальмо автомобіль, або не заглушив двигун або не ввімкнув знижену передачу або не перекрив подачу палива або не підклав під колеса два упори (башмаки).

НД8 - слюсар зливає мастило, охолоджуючу або гальмівної рідину у не спеціальну тару.

НД9 - слюсар під час роботи, зв'язаної із провертанням колінчатого вала, не перевіряв відключення запалювання, для дизелів подачу палива;

НД10 - слюсар під час роботи, зв'язаної із провертанням колінчатого вала, не перевіряв чи знаходиться важеля перемикавання передач у нейтральному положенні.

Розробимо модель небезпечної ситуації падіння автомобіля із автопідйомника або підставки (НС1) та подамо її на рис. 4.1.

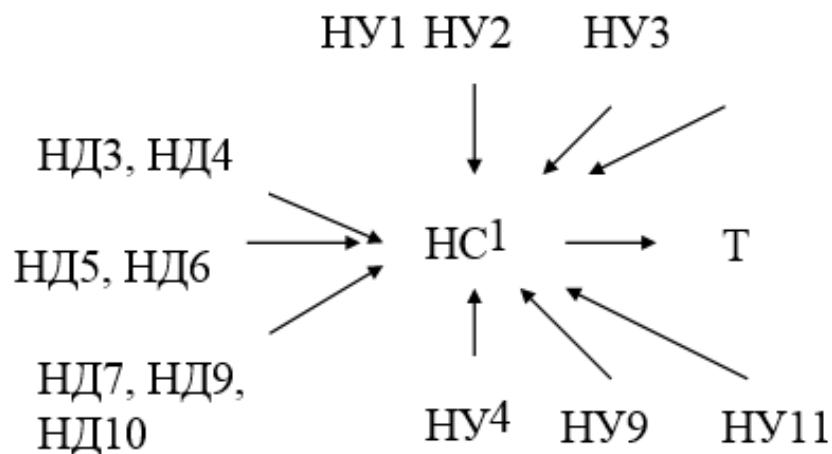


Рисунок 4.1. Модель небезпечної ситуації падіння автомобіля із автопідйомника або підставки.

Для запобігання небезпечної ситуації падіння автомобіля із автопідйомника або підставки необхідно:

1) допускати до роботи лише робітників, які старші за 18 років, пройшли навчання, а також перевірку знань щодо вимог безпеки під час виконання робіт з ремонту та обслуговування автомобілів та їх частин, а також медичний огляд;

2) під час ремонту й обслуговування автомобіля на пульт керування електромеханічного підйомника необхідно вивішувати табличку «Не включати – працюють люди»;

3) слюсар під час роботи, зв'язаної із провертанням колінчатого вала, має перевірити відключення запалювання, а для дизелів відключити подачу палива, а також перевірити чи знаходиться важель перемикання передач у нейтральному положенні;

4) після постановки автомобіля на ремонт слюсар має вивісити на кермо табличку «Двигун не запускати - працюють люди»;

5) під час ремонту та обслуговування автомобіля підйомник в робочому (піднятому) положенні потрібно зафіксувати запобіжними упорами (штангами);

6) до ремонту та обслуговування автомобіля допускаються лише справні підйомники, опори та підставки.

Модель виникнення небезпечної ситуації внаслідок виліту часток зруйнованого інструменту або оброблюваного матеріалу під час роботи болгарки або металорізальних верстатів або загостренні інструменту (НС2) подано на рис. 4.2.

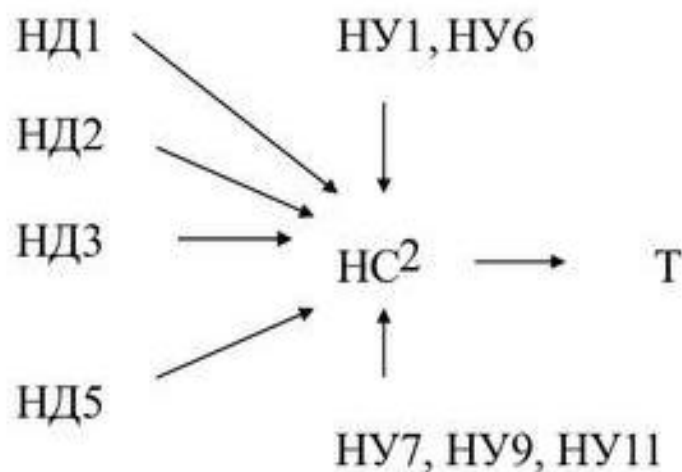


Рисунок 4.2. Модель виникнення небезпечної ситуації внаслідок виліту часток зруйнованого інструменту або оброблюваного матеріалу під час роботи болгарки або металорізальних верстатів, або загостренні інструменту.

Для запобігання травмування робітника внаслідок різкого погіршення стану здоров'я робітника через дію фізичних або хімічних чинників (НС3):

1) проводити навчання та контролювати виконання робітниками вимог інструкції з охорони праці, правил поводження з метало - оброблювальним обладнанням та устаткуванням;

3) перевіряти перед роботою справність захисних огорожень метало оброблювальним обладнанням та устаткуванням;

4) утримувати в чистоті і порядку робоче місце, деталі і вузли, не допускати захащеності проходів і проїздів.

Розробимо модель небезпечної ситуації внаслідок різкого погіршення стану здоров'я робітника через дію фізичних або хімічних чинників (НСЗ) та подамо її на рис. 4.3.

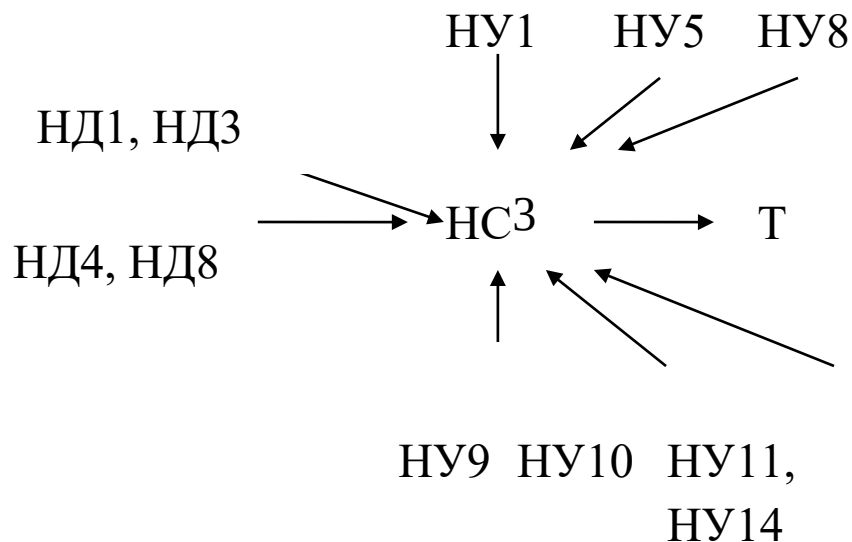


Рисунок 4.3. Модель небезпечної ситуації різкого погіршення стану здоров'я робітника через дію фізичних або хімічних чинників.

Для запобігання небезпечної ситуації різкого погіршення стану здоров'я робітника через дію фізичних або хімічних чинників необхідно:

1) допускати до роботи лише робітників, які старші за 18 років, пройшли навчання, а також перевірку знань щодо вимог безпеки під час виконання робіт з ремонту та обслуговування автомобілів та їх частин, а також медичний огляд;

- 2) для миття вузлів, деталей, агрегатів заборонити застосовувати бензин або дизельне паливо;
- 3) робочі місця під час роботи на яких виділяються шкідливі речовини, обладнати місцевою вентиляцією;
- 4) усунути джерела шуму або вібрації, які перевищують граничнодопустимий рівень.

4.2 Розробка заходів покращення умов праці під час ремонту та обслуговування автомобілів

Для запобігання виникнення небезпечних ситуацій та покращення умов праці в автосервісі потрібно забезпечити функціонування системи управління охороною праці. Для цього керівники автосервісу мають брати участь в адміністративно-громадському (трьохступеневому) контролі за виконанням заходів щодо охорони праці. Цей контроль має бути основною формою контролю за охороною праці на автосервісу.

Цей контроль здійснюється знизу доверху впродовж трьох ступенів. Він виключає в себе проведення адміністративного контролю керівниками та інженерно-технічними працівниками у відповідності до посадових обов'язків.

Перший ступінь адміністративно-громадського контролю полягає у контролі майстром перед початком роботи всіх робочих місць. Вони мають перевірити чистоту робочих місць, справність інструменту і пристосувань, технічний стан обладнання, захисних огорож, стан пожежної безпеки. Окрім того, майстер має контролювати правильність використання робітниками засобів індивідуального захисту та безпеку виконання робіт.

На другому ступені контролю директор автосервісу має двічі на місяць перевірити ділянки роботи. Після виявлення недоліків він має дати розпорядження про їх усунення. На третьому ступені контроль стану охорони праці проводиться із залученням технічних фахівців один раз у квартал. За результатами перевірки зазначаються недоліки стану охорони праці,

розробляються заходи щодо їх усунення, призначаються відповідальні за виконання розроблених заходів та встановлюються терміни виконання.

Всі види робіт з ремонту та обслуговування автомобілів мають проводитися при вимкненому двигуні. Однак є випадки, коли за технологією ремонту чи обслуговування необхідна робота двигуна. При цьому виділяється значна кількість відпрацьованих газів, які є небезпечними для людини. Тому потрібно обладнати майстерню місцевими вентиляційними системами для видалення відпрацьованих газів. Місцевою вентиляцією потрібно обладнати також інші робочі місця під час роботи на яких виділяються шкідливі речовини, а також потрібно розробити систему природної вентиляції у майстерні. Необхідно розробити інструкції з охорони праці та посадові інструкції для слюсаря, зварювальника, токаря, директора та бухгалтера, зареєструвати їх в згідно чинних норм у журналі реєстрації інструкцій та розмістити у кутку з охорони праці на робочих місцях.

Для зняття та переміщення важких агрегатів і деталей необхідно придбати відповідні пристосування, що забезпечують безпеку при виконанні цієї роботи. Підйомно - транспортних механізми мають бути обладнані захватами, що гарантують надійне утримання агрегатів.

На автосервісі потрібно забезпечити вимоги щодо протипожежного стану. Треба встановити новий пожежний щит на видному і легкодоступному місці. Обладнати його вогнегасником, ящиком з піском, азбестовим полотном, двома лопатами, трьома баграми та двома сокирами.

У теплий період року від роботи обладнання виділяється надлишкове тепло, що створює некомфортні умови для працівників. Окрім того, виділяються у повітря пари паливо-мастильних матеріалів та інших технічних рідин. Дане приміщення має бути обладнане природною вентиляцією, яка не з'єднана з іншими вентиляційними системами. Під час виконання регулювальних робіт на працюючому двигуні автомобіля на ділянці обов'язково має включатися вентиляційна установка.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Перший розділ описує різновиди пристроїв, що застосовуються для контролю пружності та інших параметрів поршневих кілець, зокрема: радіального зусилля, торцевого зазору, геометричної форми та навантаження. Наведено принципи роботи механічних, електронних та оптичних засобів контролю, які дозволяють забезпечити високу якість і надійність поршневих кілець у двигунах внутрішнього згоряння. Основною метою контролю є забезпечення відповідності кілець технічним вимогам для надійної експлуатації двигуна.

У другому технологічному розділі описано методику розрахунку механічних напружень у поршневому кільці, яке працює як плоска спіральна пружина. Наведені відповідні формули для визначення моменту, кута повороту та допустимих відхилень, що дозволяють оцінити придатність кільця до експлуатації.

Також подано опис схеми роботи пристрою для тестування поршневих кілець, з поясненням взаємодії компонентів (двигун, черв'ячна передача, давач, пружина, платформа тощо) для забезпечення процесу стискання кільця. Розглянуто механізм дії пристрою: як зусилля від двигуна передається через пружину на поршневе кільце, як вимірюється кут його деформації та як ці дані використовуються для визначення напружень у кільці.

Виконано розрахунок основних геометричних характеристик черв'ячної передачі пристрою з урахуванням матеріалів, модуля зачеплення, числа зубців і коефіцієнтів, необхідних для ефективної роботи механізму.

Описано можливості модернізації процесу контролю, включаючи стандартизацію та варіативність конструкцій поршневих кілець, допуски на розміри, застосування нових рішень у проєктуванні, а також розміри для ремонтних випадків згідно з нормативами.

Третій конструкторський розділ описує пристрої, у яких застосовано пружину кручення, яка передає крутний момент і компенсує люфт, що

підвищує точність вимірювання. Визначено її основні параметри: кут повороту, кількість витків, допустимі напруження та індекс, а також систему керування, яка включає у собі центральний процесор, драйвер, виконавчий пристрій та кроковий двигун. Використано повномостовий драйвер, що забезпечує ефективне керування струмом, та захисні діоди, що запобігають пошкодженню елементів у разі імпульсів самоіндукції.

Сигнал з давача, що проходить через узгоджувальну схему, оцифровується і передається на обробку процесором. Для роботи з індуктивними давачами (LVDT/RVDT) застосовано мікросхему AD598, яка виконує раціометричне перетворення.

Керування двигуном здійснюється мікросхемою L293D з підтримкою широтно-імпульсної модуляції. Як давач кутового переміщення обрано високоточний енкодер Autonics E30S4. Уточнено основні параметри вибору енкодера, а також описано можливі джерела похибок. Для приводу використано гібридний кроковий двигун FL28STH45-0674A.

У кінцевому розділі розглянуто розробку моделей ризиків виникнення травмонебезпечних ситуацій під час ремонтних та обслуговуючих робіт автомобілів та розробку заходів покращення умов праці під час ремонту та обслуговування автомобілів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник. - Київ.: Знання, 2004. – 478 с.
2. Проектування автотранспортних підприємств. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту студентами спеціальності “Автомобілі та автомобільне господарство” усіх форм навчання. Будівельні конструкції виробничих корпусів АТП. Частина IV - Укл.: В.Р.Карпенко, В.М.Приймак:– Луцьк.: ЛДТУ, 2009. – 84 с.
3. Технологічне проектування автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування. Методичні вказівки до практичних занять студентами спеціальності “Автомобілі та автомобільне господарство” усіх форм навчання. - Укл.: В.Р. Карпенко, В.М. Придюк:– Луцьк.: ЛДТУ, 2007. – 24 с.
4. Сирота В.І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: Навчальний посібник. – 2-е видання. – К.: Арістей, 2008. – 228 с.
5. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с
6. Булгаков В. М., Черниш О. М., Адамчук В. В., Березовий М. Г., Яременко В.В ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН - Центр навчальної літератури 2020 – 608 с.
7. Кошель С.О., Березін Л.М., Кошель Г.В. Технічна механіка. Розділ "Теорія механізмів і машин" -Центр навчальної літератури (ЦУЛ) 2020 – 156 с.
8. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.
9. 7. Яременко В., Черниш О., Березовий М - Теорія механізмів і машин. Навчальний посібник - Центр навчальної літератури, 2018 – 464 с.

10. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
11. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
12. 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.
13. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. —. 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. — 400 с
14. Андрейчук Н.І. Охорона праці : навч. посіб. / Н.І. Андрейчук, Ю.В. Кіт, С.В. Шибанов, О.В. Шерстньова. Львів : Видавництво Львівська політехніка, 2012. 276 с. (Occupational safety. Textbook).
15. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2011. 224 с.
16. Бедрій Я.І. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник / В.Я.Нечай. Львів : Манголія 2006, 2007. 499 с.
17. Бедрій Я.І. Основи охорони праці : навч. посіб. 4-е вид. перероб. і доп. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2014. 240 с.