

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра АТМ

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

**Підвищення ефективності експлуатації автомобілів відкритого акціонерного товариства Липовецьке автотранспортне підприємство «Агромаш» шляхом вдосконалення технології діагностування головної передачі**

Керівник роботи к.т.н., доцент

Кужель В. П.

Розробила студентка гр. 1АТ-18м

Поляруш К. О.

Вінниця ВНТУ 2020

**Мета роботи** – вдосконалення технології вібраційного діагностування головної передачі вантажного автомобіля шляхом нормування й контролю вібрації під час експлуатації, що дасть змогу оцінювати технічний стан головної передачі й підвищити ефективність експлуатації автомобіля.

**Об’єкт дослідження** – вібраційний процес взаємодії деталей головної передачі.

**Предмет дослідження** – розробка технології вібраційного діагностування технічного стану головної передачі

**Завдання дослідження:**

- виконати науково-технічне обґрунтування необхідності підвищення ефективності експлуатації автомобілів відкритого акціонерного товариства Липовецьке автотранспортне підприємство «Агромаш»;
- виконати варіантний пошук раціональної структури рухомого складу та для нього розробити методику діагностування головної передачі;
- запропонувати вдосконалену технологію вібраційного діагностування головної передачі автомобілів відкритого акціонерного товариства Липовецьке автотранспортне підприємство «Агромаш»;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Встановлені взаємозв'язки між основними причинами відмов головної передачі і вібродіагностичними ознаками оцінки технічного стану головних передач в експлуатації за рахунок контролю і нормування параметрів вібрації.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

В роботі запропоновано застосування розробленої технології діагностуванні головних передач вантажних автомобілів відкритого акціонерного товариства Липовецьке автотранспортне підприємство «Агромаш» шляхом застосування діагностичного комплексу, що дозволить проводити діагностування технічного стану головних передач без розбирання, за рахунок чого зберігається положення притертих сполучень, збільшується вірогідність діагностування, знизити трудомісткість робіт і скоротити строки перебування автомобіля в зоні технічного обслуговування; з достатньою вірогідністю діагностувати такі небезпечні несправності головних передач, як величину дисбалансу, граничні значення зносу деталей; підвищити достовірність діагностування тим самим знизити витрати на ремонти; проводити технічне обслуговування за станом, за рахунок контролю вібрації під час експлуатації

## Апробація результатів роботи.

1. XLIX науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ, 11-20 березня 2020 р.
2. VIII міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», ВНТУ, 14–15 квітня 2020 р.
3. 82-й міжнародній студентській науковій конференції Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 21–24 квітня 2020 року. Харків: ХНАДУ.

**Публікації.** 1. Кужель В. П. Вдосконалення технології діагностування головної передачі автомобіля / Кужель В.П., Галак К. С., Шалавінська К. О., Комар Д. П. // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 11-20 березня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020.[3];

2. Павленко В.М. Шляхи забезпечення стійкості руху автомобіля при гальмуванні / Павленко В.М., Кужель В.П., Галак К. С., Шалавінська К. О. // Матеріали 82-ої міжнародної студентської наукової конференції Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 21–24 квітня 2020 року. Харків: ХНАДУ, 2020. – С. 149-152. [4];

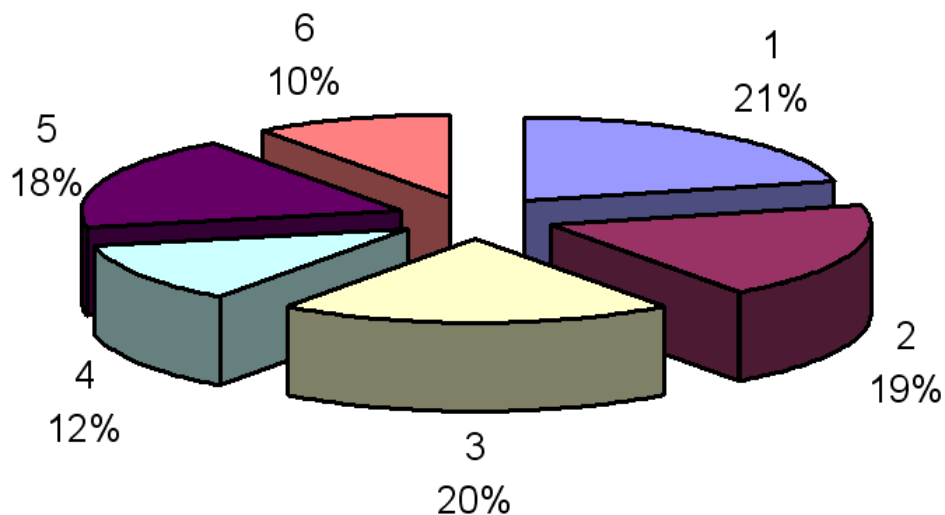
3. Павленко В.М. Огляд існуючих стандартів і методик випробування фрикційних пар гальм з метою дослідження стійкості руху автомобілів при гальмуванні / Павленко В.М., Кужель В.П., Галак К. С., Шалавінська К. О. / Матеріали VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14–15 квітня 2020 р. : Збірник наукових праць / Міністерство освіти та науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.] . – Вінниця : ВНТУ, 2020. – С. 245 – 248. ISBN 978-966-641-793-3 (PDF) [5].

## Основні замовники послуг ВАТ Липовецьке АТП "Агромаш"

Підприємства, замовники послуг в ВАТ Липовецьке АТП «Агромаш»	Вид вантажів, які перевозяться	Автомобіль, що використовується	Середня дальність їздки, км
ПП «Аграрно-промислова фірма Липовець»	комбікорм, зерно	КамАЗ; ЗІЛ-ММЗ	38
Спільне підприємство «Липовецький комбінат кооперативної промисловості»	ковбасні вироби в асортименті	ГАЗ	54
ТОВ «Вінницябуд»	будівельні матеріали, залізобетонні вироби, насипні будівельні вантажі	КамАЗ; ЗІЛ-ММЗ	84
Споживче товариство «Липовецьхліб»	борошно, цукор	ГАЗ; ЗІЛ-ММЗ	36
ПП «Липовецькі м'ясні делікатеси»	м'ясні вироби в асортименті	ГАЗ	48

## Розподіл потенційної ємності на ринку перевезень

Позн.	Назва підприємства	Частка ринку, %
1	ВАТ Липовецьке АТП «Агромаш», смт. Липовець, вул. Копитка, 16	21
2	Липовецьке АТП – 10544, смт. Липовець, вул. Чкалова, 5	19
3	Липовецьке ВАТ «РАЙАГРОХІМ», смт. Липовець, вул. Столярська, 2	20
4	Липовецька філія АТП – 10544, смт. Турбів, вул. Миру, 15	12
5	ВАТ «Вахновське спеціалізоване підприємство», с. Вахновка, Липовецький р-н, вул. 60 років Жовтня, 20	18
6	Вільна частина ринку	10



Графічне відображення  
вільної частки ринку  
та частин, які займають  
конкуренти

# Структурні параметри головної передачі

Номер деталі	Найменування деталей і сполучень	Розмір, мм		
		номінальної	присутньої	грязючої
807713	Ропиковий підшипник – внутрішній діаметр	65 <sub>-0,015</sub>	—	—
200-2402017Б	Вал ведучої кінчної шестерні – діаметр шейки	65 <sup>+0,23</sup> <sub>+0,003</sub>	64,990	64,960
210-2402049	Картер підшипників вала ведучої шестерні – діаметр гнізда	150 <sub>-0,040</sub>	150,020	150,080
807713	Ропиковий підшипник – зовнішній діаметр	150 <sub>-0,018</sub>	—	—
7712	Ропиковий підшипник – внутрішній діаметр	60 <sub>-0,015</sub>	—	—
200-2402017Б	Шестерня заднього моста ведуча – діаметр шейки	60 <sub>-0,020</sub>	59,960	59,840
210-2409049	Вал ведучої кінчної шестерні – діаметр гнізда	120 <sub>-0,035</sub>	120,020	120,080
7712	Ропиковий підшипник – зовнішній діаметр	120 <sub>-0,015</sub>	—	—
807713	Ропиковий підшипник – внутрішній діаметр	65 <sub>-0,015</sub>	—	—
200-2402110Б	Вал ведучої циліндричної шестерні – діаметр шейки	65 <sup>+0,23</sup> <sub>+0,003</sub>	64,990	64,960
222-2402015 222-2502015	Картер редуктора заднього й середнього мостів із кришками підшипників диференціала в зборі – діаметр отвору	160 <sup>+0,027</sup> <sub>-0,014</sub>	160,050	160,200
950218	Кульковий підшипник – зовнішній діаметр	160 <sub>-0,025</sub>	—	—
200-2402112А	Гніздо підшипника вала ведучої циліндричної шестерні праве – діаметр гнізда	150 <sub>-0,040</sub>	150,020	150,060
200-2402113	Гніздо підшипника вала ведучої циліндричної шестерні ліве – діаметр гнізда	150 <sub>-0,040</sub>	150,020	150,060
807713	Ропиковий підшипник – зовнішній діаметр	150 <sub>-0,018</sub>	—	—



Признаки	Види дефектів	Спосіб усунення несправностей
Постійний шум при роботі моста	Знос шліцьового з'єднання з напівосьовими шестернями Неправильне регулювання, пошкодження або знос шестерень або підшипників редуктора. Недостатня кількість масла	Замінити зношені або пошкоджені шестерні. Визначити несправність і відремонтуйте редуктор. Відновити рівень масла і перевірте, чи немає витoku через ущільнення.
Шум при розгоні автомобіля	Знос або неправильне регулювання підшипників диференціала Неправильно відрегульовано зачеплення зубів шестерень головної передачі при ремонті редуктора	Зніміть редуктор, відремонтуйте, при необхідності замініте деталі. Відрегулюйте зачеплення
Шум при розгоні і гальмуванні автомобіля двигуном	Знос або руйнування підшипників веденої шестерні. Неправильний бічний зазор між зубами шестерень головної передачі	Замініте пошкоджені деталі. Перевірте шестерні і замініте пошкоджені, відновити нормальний бічний зазор між зубами шестерень.
Шум при русі на повороті	Туге обертання сателітів на піввісь. Задири на робочій поверхні осі сателітів. Заїдання шестерень піввісь в коробці диференціала. Неправильний зазор між зубами шестерень диференціала	Замінити пошкоджені або зношені деталі. Невелику шорсткість зачистити тонкою наждачною шкуркою. Якщо дефект усунути не можна, замініте вісь сателітів. При незначній пошкодженні шестерень і зв'язаний поверхонь в коробці диференціала зачистити їх наждачною шкуркою, пошкоджені деталі замініте новими. Відрегулюйте зазор
Стук на початку руху автомобіля	Збільшений зазор в шліцьовому з'єднанні валу веденої шестерні з фланцем. Збільшений зазор в зачепленні шестерень головної передачі. Знос отвору під вісь сателітів в коробці диференціала	Замінити фланець і шестерні головної передачі. Відрегулюйте зазор. Замінити коробку диференціала
Витік масла	Знос або пошкодження сальника веденої шестерні	Замінити сальник

## Методи діагностування головної передачі

Існуючі методи визначення технічного стану головних передач	
Суб'єктивні методи	Інструментальні методи визначення структурних параметрів
Зовнішній вигляд	Зазори в сполученнях зубців шестерень
По зазорах у сполученнях (люфті)	Сумарний кутовий зазор
По шуму, стукоту й вібрації на слух	Зазори в підшипникових вузлах головної передачі

### Вібраційні методи визначення структурних параметрів

Зубчаті передачі	Підшипники
Великий зазор у зубозачепленні кінчної передачі	Великий радіальний і осьовий зазор у підшипнику
Зубозачеплення циліндричної передачі	Зазор у сполученні «вал – підшипник», «підшипник – корпус»
Погрішність пересполучення зубців	Геометричні зміни доріжок кочення ( викришування, зношування )
Викришування й поломка зубців.	

### Аналіз вібраційних методів.

- Спектральний метод.
- Амплітудно-часовий метод.
- Метод обгинаючого спектра.
- Метод ударних імпульсів.

Для аналізу спектра вібрації був прийнятий спектральний метод.



## Засоби діагностування головної передачі

Існуючі методи



а) зазор по величині  
люфту



б) температура  
на дотик



в) контроль  
зазору  
люфтоміром

Вібраційні засоби



# Запропоновані місця контролю і апаратні засоби вимірювання вібрації

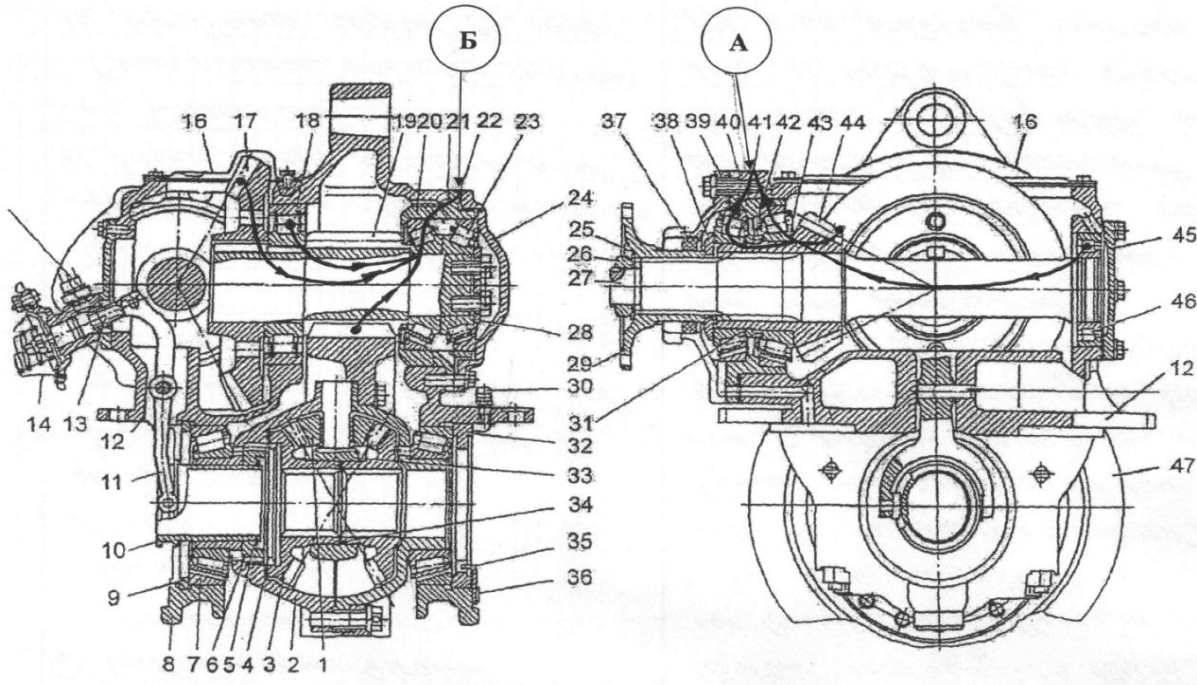


Рисунок – Місця установки віброперетворювачів



Віброаналізатор (Вібран 2.0)

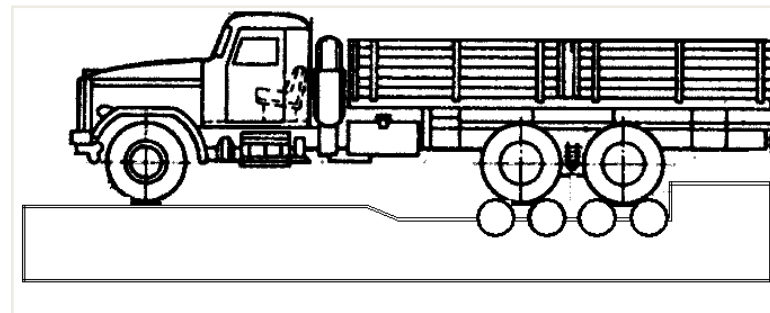


Рисунок – Зовнішній вигляд стенда для вібраційної діагностики.

# Структурна модель вимірювання рівня вібрації

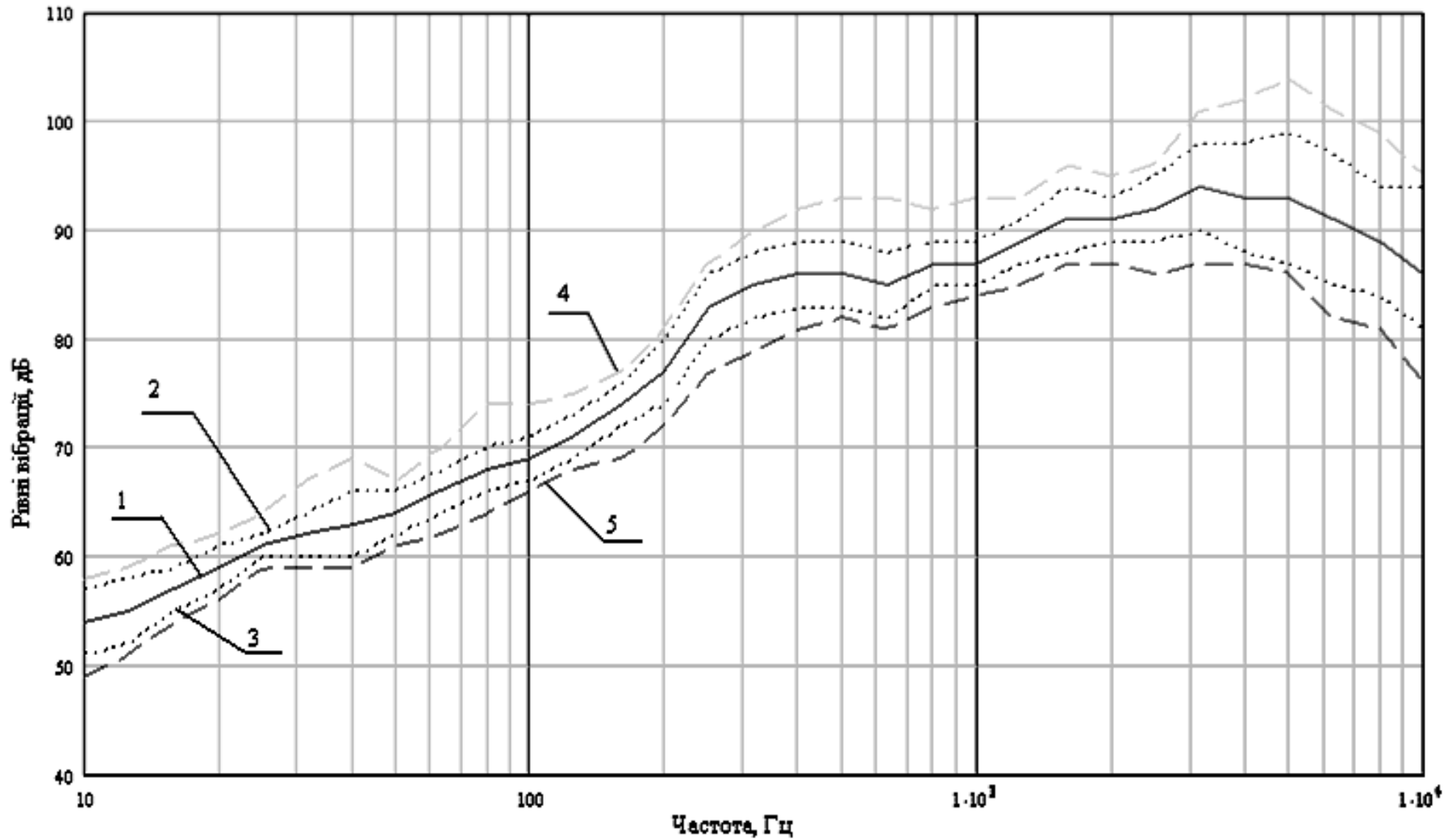


## Розрахункові залежності та параметри вібрацій дефектів головної передачі

Види контрольованих дефектів	Розрахункова формула кінематичних частот	Частоти вібрацій, при 2000 хв <sup>-1</sup> , Гц	
1	2	3	
Підшипники кочення при числі дефектів		K=1	K=2
Частота перекочування тіл кочення по зовнішній обоймі	$F_H = \frac{Ntk}{2 \times F1 \times \left(1 - \frac{Dtk}{Dc \times \cos \varphi}\right)}$	190 215	380 430
Частота перекочування тіл кочення по внутрішній обоймі	$F_b = \frac{Ntk}{2 \times F1 \times \left(1 + \frac{Dtk}{Dc \times \cos \varphi}\right)}$	275 283	550 563
Частота сепаратора	$F_c = \frac{1}{2} \times F1 \times \left(1 - \frac{Dtk}{Dc \times \cos \varphi}\right)$	14,6 15,1	29,2 30,2
Частота перекочування тіл кочення	$F_{tk} = \frac{1}{2} \times F1 \times \frac{Dc}{Dtk \times \left(1 - \frac{Dtk^2}{Dc^2 \times \cos 2\varphi}\right)}$	90 95	180 190

# Рівні вібрації головної передачі автомобіля

Спектрограми середніх арифметичних (1), середніх квадратичних (2, 3) від середнього арифметичного, максимальних (4) і мінімальних (5) значень вібрації головної передачі в т. А при частоті обертання 2000 хв-1



## Запропоновані класи оцінки технічного стану головної передачі

Значення діагностичних параметрів і методи їхнього визначення	Діапазони вібрації дБ	Класи якісної оцінки технічного стану в експлуатації
		Не допустимо
		Вимагає впровадження заходів
		Допустимо
		Добре
		Відмінно

# Протокол

Вібраційного контролю технічного стану головної передачі  
**Автомобіль** \_\_\_\_\_

Заводський номер автомобіля, технічні вимоги на автомобіль \_\_\_\_\_

**Вимірювальні прилади** \_\_\_\_\_

Тип приладу, номер віброперетворювача \_\_\_\_\_

**Режим діагностування** \_\_\_\_\_

Тип стенда, холостий хід, оберти 2000хв-1, температура масла \_\_\_\_\_

Точка контролю	Клас технічного стану	Рівні вібрації															
		Середньо геометричні частоти в 1/3 октавних смугах, Гц															
		В широкій смузі до 1000		200		315		16		100		В широкій смузі до 15000		200		800	
		Норма	Фактично	Норма	Фактично	Норма	Фактично	Норма	Фактично	Норма	Фактично	Норма	Фактично	Норма	Фактично	Норма	Фактично
А	Недопустимо	>120		>105		>113		>83		>95		>125		>105		>103	
	Вимагає вжиття заходів	120		105		113		83		95		125		105		103	
	Допустимо	112		99		108		80		91		121		98		99	
	Добре	104		91		100		72		83		113		90		91	
	Відмінно	96		83		92		64		75		105		82		83	
Б	Недопустимо	>117		>110		>109		>90		>103		>129		>109		>103	
	Вимагає вжиття заходів	117		110		109		90		103		129		109		103	
	Допустимо	113		104		105		86		98		125		103		99	
	Добре	105		96		97		78		90		117		95		91	
	Відмінно	98		88		89		70		82		109		87		83	
Вид дефекту		Загальний технічний стан		Пошкодження зовнішнього кільця підшипника		Пошкодження внутрішнього кільця підшипника		Пошкодження сепаратора		Пошкодження тіл кочення		Загальний технічний стан		Порушення режиму змащення		Викрашування зубів	
Номер дефекту		1		2		3		4		5		6		7		8	

**Висновок** \_\_\_\_\_

**Діагностування провів** \_\_\_\_\_

Якому класу технічного стану задовольняє, не задовольняє вимогам норми, вид дефекту \_\_\_\_\_

дата, прізвище \_\_\_\_\_

## Основні висновки

1. Наведена характеристика відкритого акціонерного товариства Липовецьке АТП «Агромаш», проаналізовано ринок надання послуг з перевезень вантажів. Проведено огляд існуючих методів і засобів діагностування, огляд можливих несправностей головної передачі, проаналізовані конструкція і основні технічні характеристики головної передачі, наведені номінальні допустимі значення параметрів сполучення деталей головної передачі. Запропоновані методи діагностування, які дозволяють підвищити достовірність діагностування до 0,9.

2. Запропоновані вібродіагностичні параметри для діагностування сполучення деталей головної передачі, визначені місця і точки контролю вібрації, розроблені структурна і математична моделі об'єкта діагностування. Досліджено параметри й засоби виміру вібрації. Визначено, що прилад Вібран 2.0 дозволяє автоматично визначати технічний стан шляхом зіставлення вимірювальних фактичних рівнів вібрації, з нормативними значеннями для контрольних точок А і Б і виводом на екран приладу номер дефекту й клас його технічного стану: «відмінно», «добре», «припустиме», «вимагає вживання заходів», «неприпустимо».

3. Розроблені методи визначення вихідних і граничних значень вібраційних діагностичних параметрів і класів технічного стану головної передачі. Вдосконалена технологія вібраційного діагностування на прикладі головної передачі автомобіля КамАЗ, для чого визначені умови проведення випробувань мостів при експлуатації, місця й кількість контрольних точок виміру вібрації.

4. Сформовано порядок та протокол вібраційного діагностування головної передачі приладом Вібран 2.0. Вибрано наступні якісні оцінки головної передачі: ДОБРЕ, ПРИДАТНО, ПРИПУСТИМО, ВИМАГАЄ ВЖИВАННЯ ЗАХОДІВ, НЕПРИПУСТИМО. Розроблені вимоги до оформлення результатів діагностування.

5. Проект прийнятний, приведений оціночний ефект  $9811 > 0$ . Час, необхідний для відшкодування інвестиційних витрат з урахуванням часової вартості грошей має бути мінімальним, в нашому випадку він складає 3 роки. Також розрахунок DPI вказує на те, що наш проект є прибутковим ( $1,732 > 1$ ).