

Вінницький національний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Графічний матеріал до  
магістерської кваліфікаційної роботи  
на тему:

**Удосконалення діагностування підвіски на вібростендах в умовах  
станції технічного обслуговування автомобілів товариства з  
обмеженою відповідальністю «АвтоекспресСервіс» місто Тульчин**

Розробив: ст. гр. 1АТ-19м  
Андрущенко В.В.  
Керівник: к. т. н., доцент  
Смирнов Є. В.

**Мета роботи** – підвищення безпеки АТЗ в умовах експлуатації, на основі високоефективного стендового методу контролю впливу технічного стану підвіски на якість зчеплення шин з опорною поверхнею.

### **Завдання дослідження**

- проаналізувати існуючі методи і засоби контролю технічного стану підвіски автомобілів та діагностичні параметри для оцінки технічного стану підвіски автомобілів;
- розробити математичну модель системи «Кузов – підвіска – шина – стенд»;
- виконати організаційно-технічні розробки для виконання діагностування підвіски в умовах СТО ТОВ «АвтоекспресСервіс»;
- виконати аналітичне дослідження робочих процесів підвіски і зчіпних характеристик шин автомобіля на вібростендах;
- обґрунтувати діагностичний параметр, що характеризує зчіпні характеристики шин в залежності від технічного стану підвіски.

**Об'єкт дослідження** – процес зміни бічних реакцій на колесах автомобіля, що діагностується на вібростенді, при зміні технічного стану підвіски і характеристик шин.

**Предмет дослідження** – функціональні залежності і параметри, що характеризують процес взаємодії шин АТЗ з опорною поверхнею при діагностуванні підвіски на вібростендах.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

- удосконалено метод діагностування технічного стану підвіски АТЗ на вібростендах, обґрунтований на вимірі і аналізі виявлених функціональних залежностей мінімального коефіцієнта бічного зчеплення  $\varphi_{min}$  від змін параметрів технічного стану підвіски і характеристик шин;
- отримала подальший розвиток математична модель системи "Кузов - підвіска - шина - стенд", що дозволяє розрахунковими методами досліджувати зміну бічних реакцій на колесах і характеристики взаємодії шин з опорною поверхнею при варіюванні технічного стану підвіски в процесі її діагностування на вібростендах;

### **Практичне значення отриманих результатів**

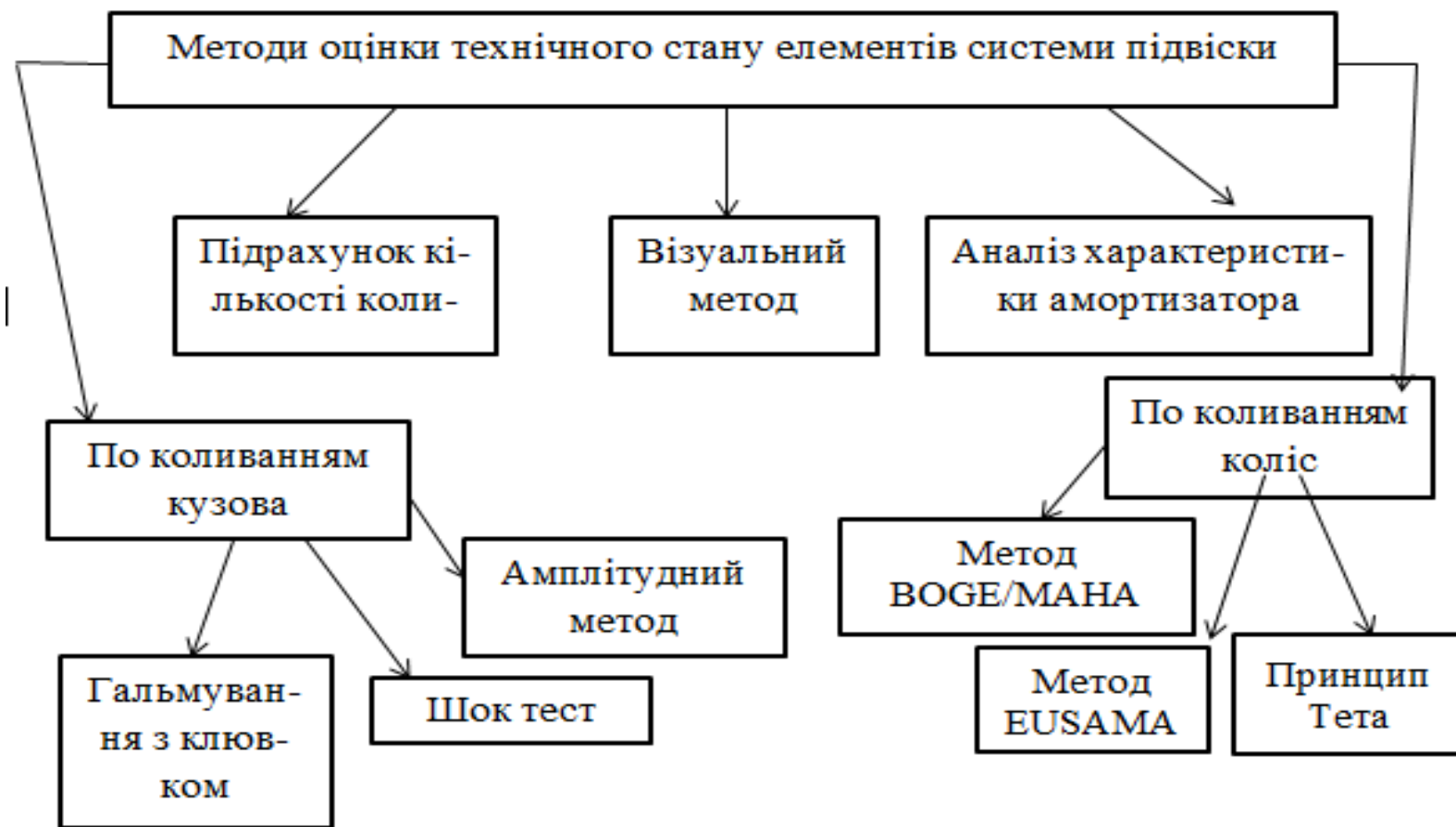
Впровадження розробленого методу діагностування технічного стану підвіски в технологічний процес автотранспортних і авторемонтних підприємств, фірмових і сервісних центрів дозволить значно скоротити кількість АТЗ, технічний стан підвіски яких не забезпечує якісного зчеплення шин.

Викладачам автомобільних спеціальностей технічних ВНЗ розроблені теоретичні передумови методу дозволять підвищити якість підготовки фахівців в області технічної експлуатації і діагностики АТЗ.

# Існуючі методи і засоби контролю технічного стану підвіски автомобілів

На сьогодні в світі існує досить багато методів і засобів контролю технічного стану підвіски АТЗ в умовах експлуатації. Вони різні за складністю, а також і по точності результатів. Їх класифікація представлена на структурній схемі

Структурна схема класифікації методів оцінки технічного стану підвіски



## **Загальна характеристика СТО ТОВ «АВТОЕКСПРЕССЕРВІС»**

**1.** «АвтоекспресСервіс» – станція технічного обслуговування, що знаходиться в місті Тульчин Вінницької області.

**2.** Станція спеціалізується на обслуговуванні і ремонті легкових та вантажних автомобілів всіх брендів. Список послуг включає в себе технічне обслуговування, ремонт бензинових і дизельних двигунів, ремонт ходової, комп'ютерна діагностика, реставрацію кульових опор і наконечників рульових тяг, регулювання розвала-сходження, токарні роботи, шиномонтаж та багато іншого.

**3.** Матеріальна база СТО дозволяє одночасно обслуговувати чотири легкових та два вантажних автомобілі. На станції функціонує чотири легкових і два вантажних робочих поста, які обладнані всім необхідним.

**4.** Є стенд розвала -сходження, обладнання для токарних робіт, шиномонтаж, а також стенди для технічного огляду (гальмівний стенд, стенд перевірки ходової, регулювання фар тощо).

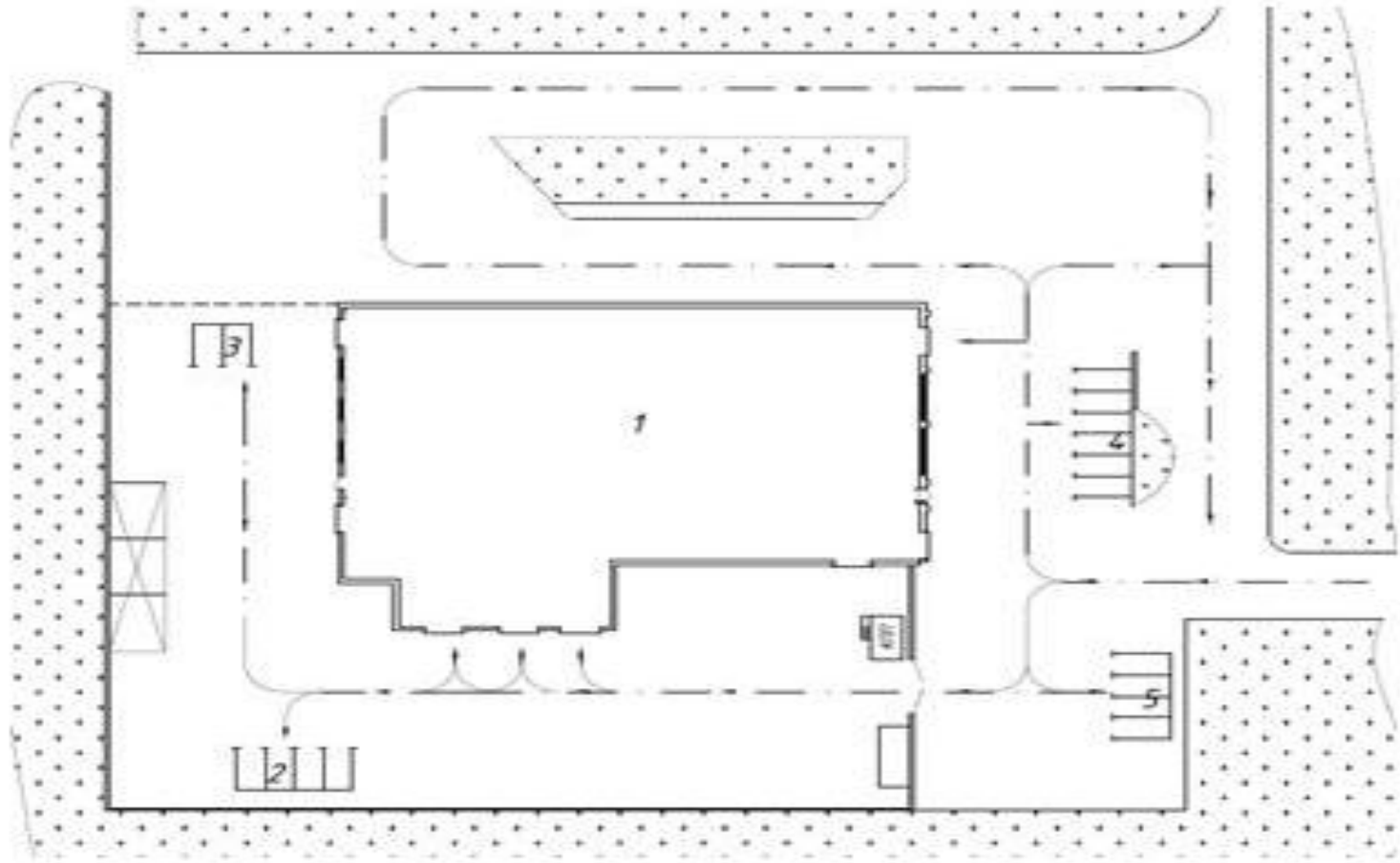
**5.** На території станції працює магазин автомобільних запчастин з великим складом.

**6.** Технічний персонал СТО складається з восьми майстрів. Всі спеціалісти мають багаторічний досвід та високий рівень професіоналізму.

**7.** «АвтоекспресСервіс» працює як з приватними клієнтами, так і з підприємствами. Зокрема, весь свій автопарк тут обслуговує фірма «Тульчинка», місцеві державні організації та багато інших.

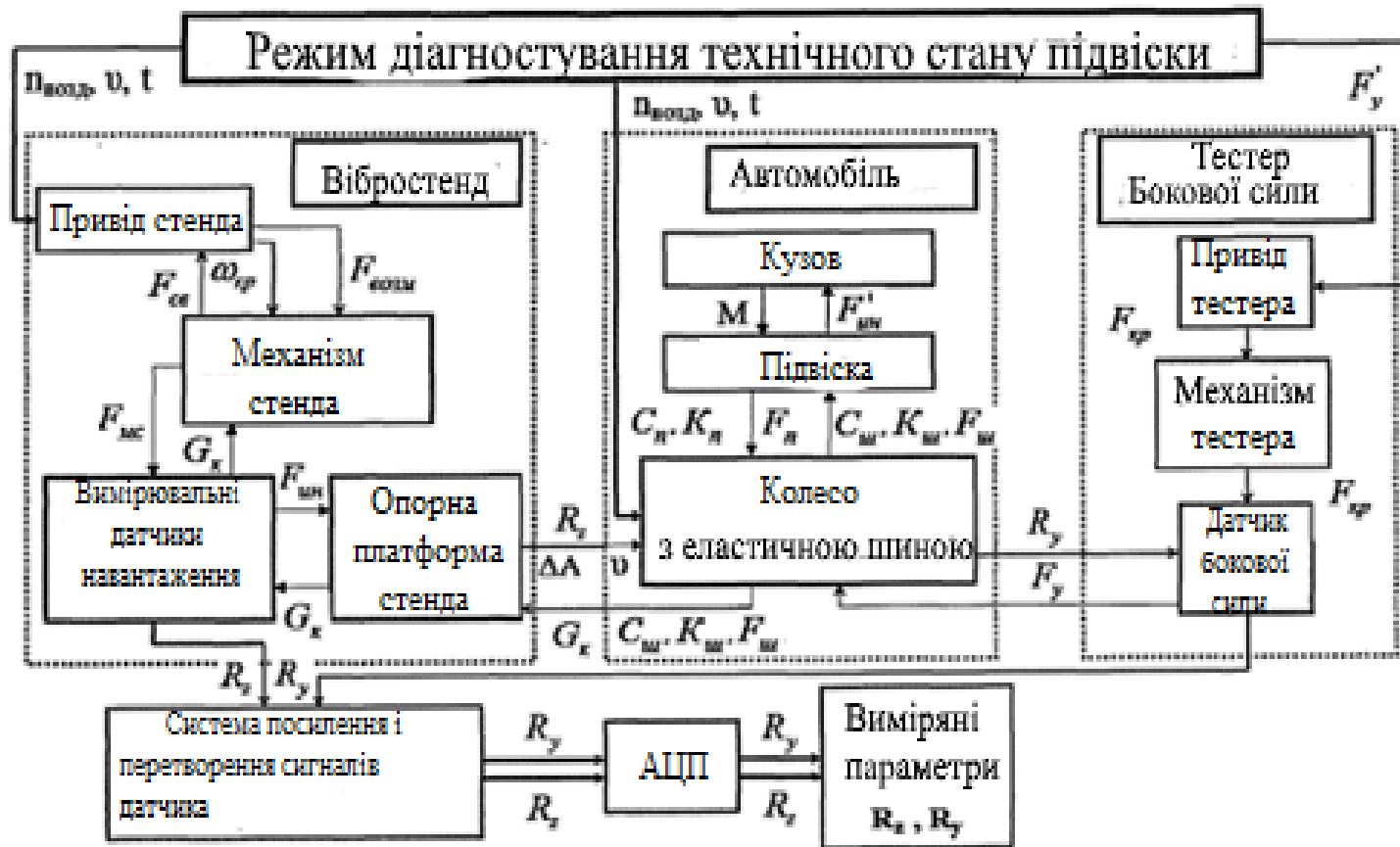
**8.** СТО «АвтоекспресСервіс» планує і далі активно розвиватись. В недалекому майбутньому список виконуваних робіт поповниться кількома новими послугами.

## Схема генерального плану



1 - виробничий корпус; 2 - автомобіле-місця очікування постановки автомобіля на пости ТЕ і Р; 3 - автомобіле-місця зберігання готових до видачі автомобілів; 4 - стоянка для автомобілів клієнтів; 5 - стоянка для автомобілів персоналу

## Структурна схема системи «Кузов - підвіска - шина - стенд»

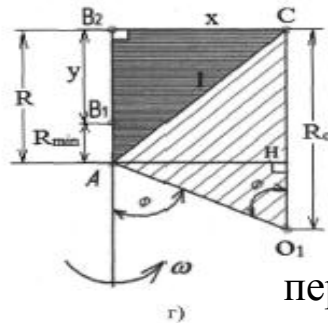
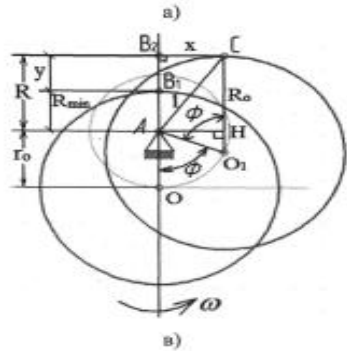
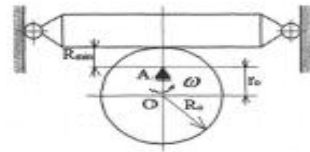


Структурна схема системи «Кузов - підвіска - шина - стенд» включає в себе наступні основні блоки:

1. Підвіска АТЗ (амортизатор, пружина і інші);
2. Колесо з еластичною шиною;
3. Вібростенд, який реалізує принцип «EUSAMA»;
4. Тестер бічної сили.

# Математична модель системи «Кузов - підвіска - шина - стенд»

З трикутника АСО і на розрахунковій



схемі г) отримуємо:

$$AC^2 = AO_1^2 + O_1C^2 - 2AO_1 \cdot O_1C \cdot \cos \varphi,$$

де  $AC = l$ ,  $AO_1 = r_0$ ,  $O_1C = R_0$ ,

Тоді:  $l^2 = r_0^2 + R_0^2 - 2r_0R_0 \cos \varphi$ ,

З трикутника АСВ2 на розрахунковій схемі

г) отримано вираз:

$$AC^2 = B_2A^2 + B_2C^2,$$

де:  $B_2A = R$ ,  $B_2C = x$ ,  $l^2 = R^2 + x^2$ ,

Тоді:  $R^2 = l^2 - x^2 = r_0^2 + R_0^2 - 2r_0R_0 \cos \varphi - x^2$ ,

Підставивши в рівняння отримуємо закон переміщення точки В і яка належить як кулачку, так і опорної платформи вібростенда:

$$y = z_1 = f(\omega t) = \sqrt{r_0^2 + R_0^2 - 2r_0R_0 \cos(\omega t)} r_0^2 \sin^2(\omega t) - R_{min},$$

Продиференціювавши рівняння отримано рівняння, що описує швидкість коливань опорної платформи вібростенда KDXG:

$$V = \frac{dz_1}{dt} = \frac{[a\omega_0 R_0 \cdot \sin(\omega t) - r_0^2 \omega \sin(\omega t) \cos(\omega t)]}{\sqrt{r_0^2 + R_0^2 - 2r_0R_0 \cos(\omega t)} r_0^2 \sin^2(\omega t)},$$

Таким же чином було знайдено рівняння, що описує прискорення опорної платформи вібростенда:

$$a = \frac{d^2 z_1}{dt^2} = \frac{[\omega^2 r_0 R_0 \cos(\omega t) - r_0^2 \omega^2 \cos^2(\omega t) + r_0^2 \omega^2 \sin^2(\omega t)]}{\sqrt{r_0^2 + R_0^2 - 2r_0R_0 \cos(\omega t)} r_0^2 \sin^2(\omega t)} + \frac{[R_0 r_0 \omega \sin(\omega t) - r_0^2 \omega \sin(\omega t) \cos(\omega t)] [r_0^2 \omega \sin(\omega t) \cos(\omega t) - R_0 r_0 \sin(\omega t)]}{\sqrt{[r_0^2 + R_0^2 - 2r_0R_0 \cos(\omega t)] r_0^2 \sin^2(\omega t)}^3},$$

З трикутника АНО і на розрахунковій схемі г) отримано вираз:

$$\sin \varphi = \frac{x}{r_0},$$

Підставивши в рівняння

маємо:

$$R^2 = r_0^2 + R_0^2 - 2r_0R_0 \cos \varphi - r_0^2 \sin^2 \varphi,$$

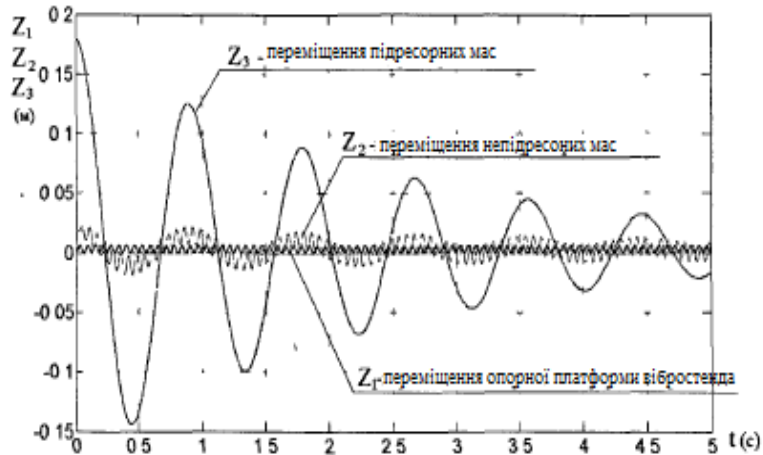
На підставі б) маємо,

$$R = y + R_{min},$$

отже:  $y = R - R_{min}$

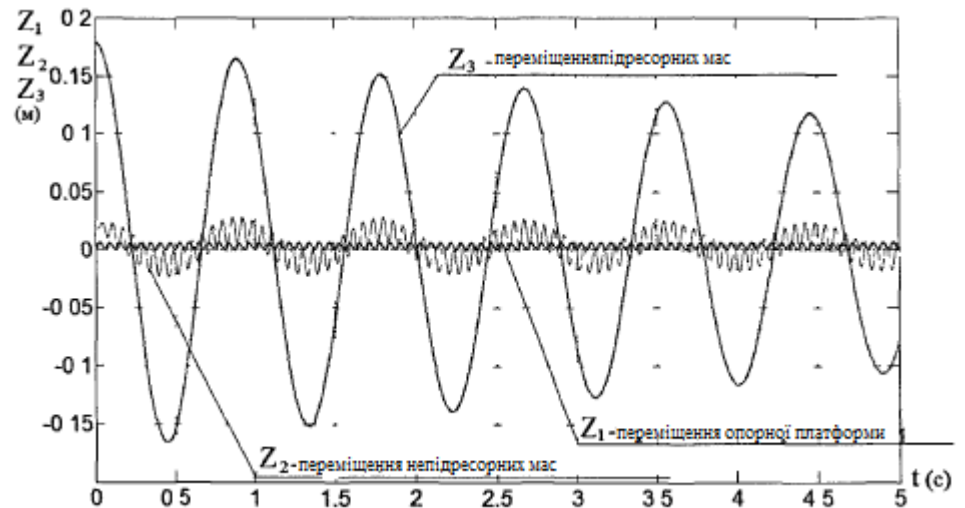


## Результати діагностування підвіски автомобіля на вібростендах



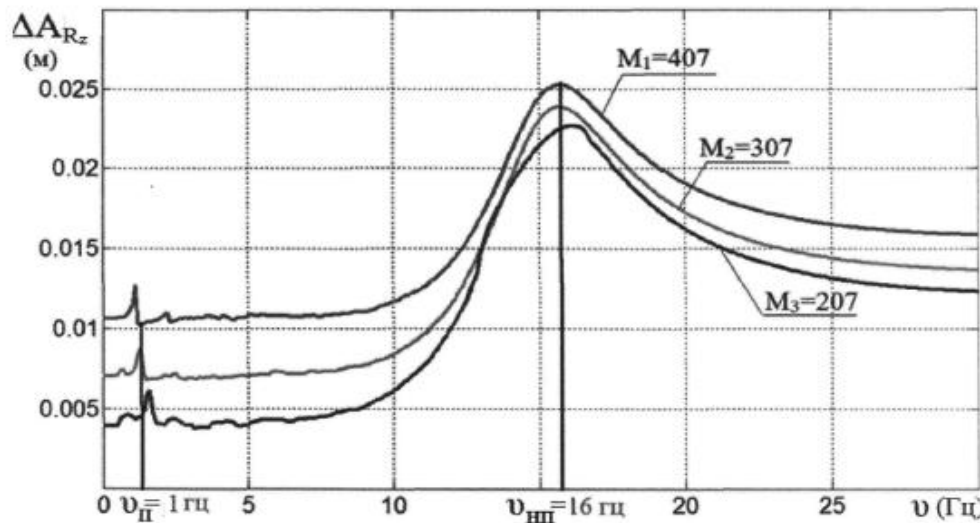
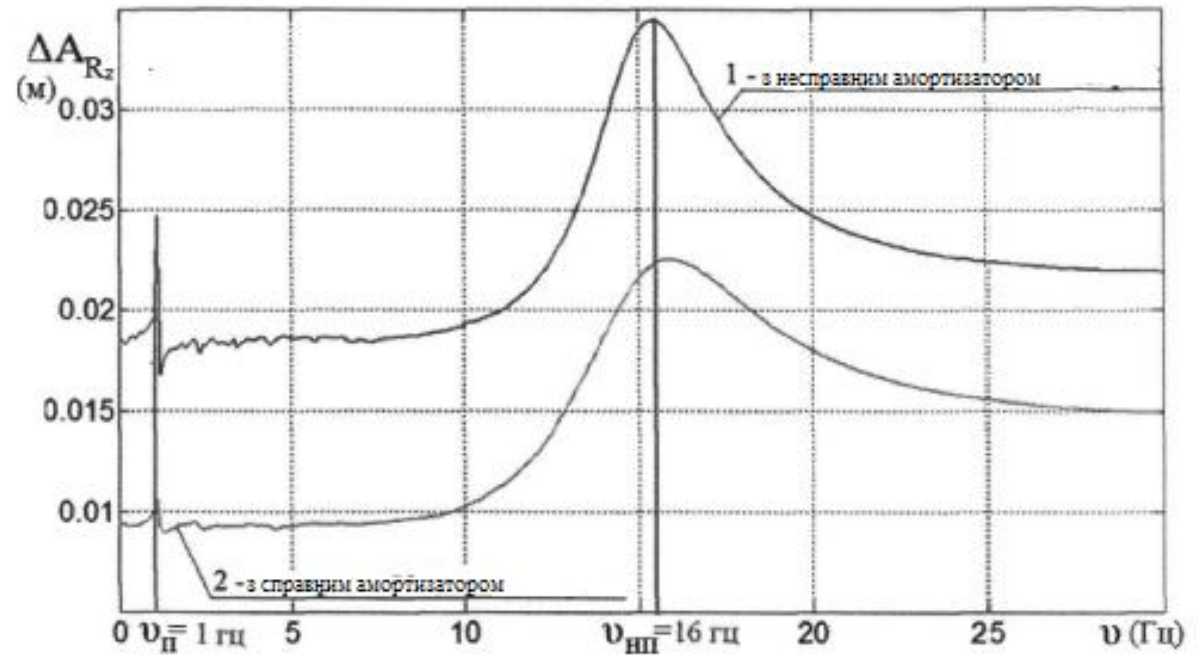
Графіки переміщень підресореної  $M$  і непідресорної  $m$  мас автомобіля Toyota Corolla із справним амортизатором в процесі дії вертикальних коливань на модернізованому вібростенді марки KDXG

Графіки переміщень підресореної  $M$  і безпружинної  $m$  мас автомобіля Toyota Corolla з несправним амортизатором в процесі дії вертикальних коливань на модернізованому вібростенді марки KDXG



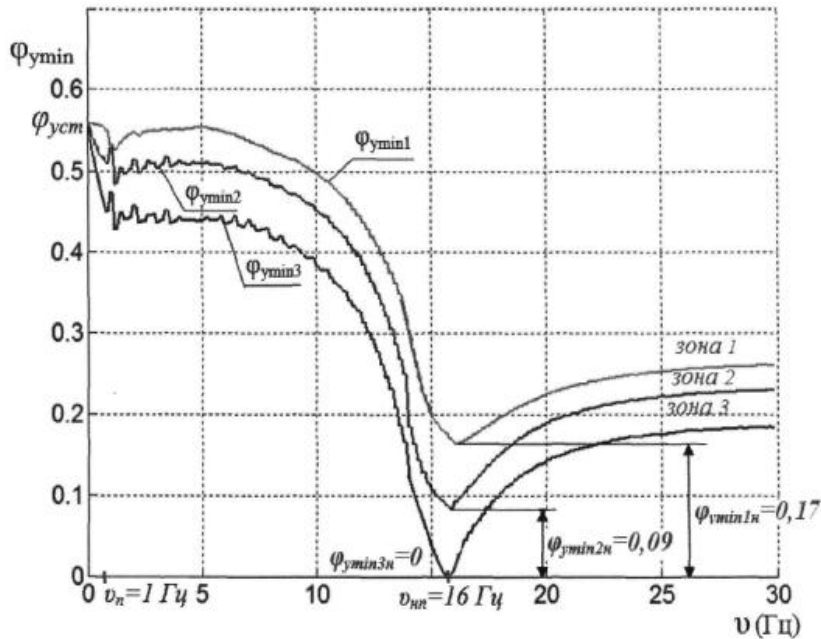
# Результати діагностування підвіски автомобіля на вібростендах (продовження)

Амплітудно-частотні характеристики підвіски автомобіля Toyota Corolla в процесі дії вертикальних коливань на модернізованому вібростенді марки KDXG: 1) - з несправним і 2) - із справним амортизаторами



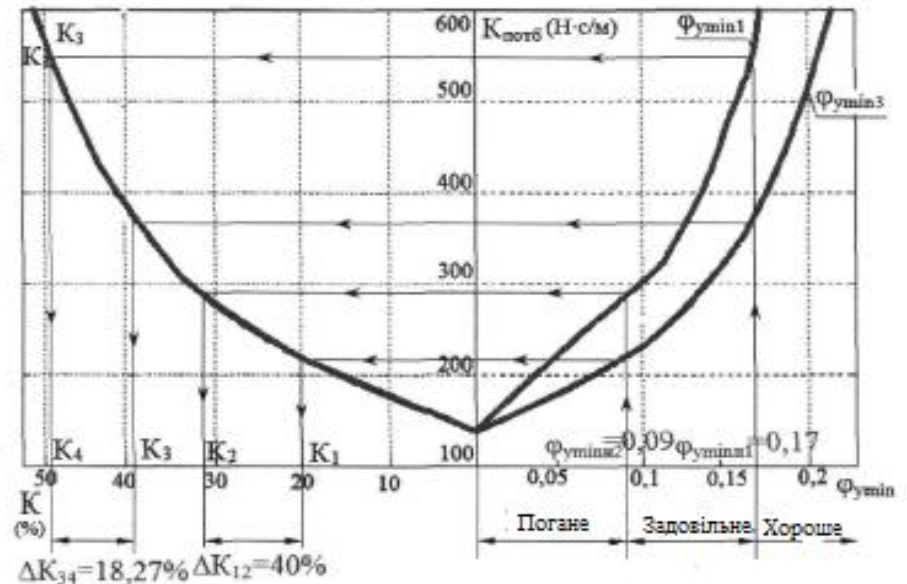
АЧХ підвіски автомобіля Toyota Corolla при зміні величини його підресореної маси.  
Модернізований вібростенд марки KDXG

# Обґрунтування діагностичного параметра

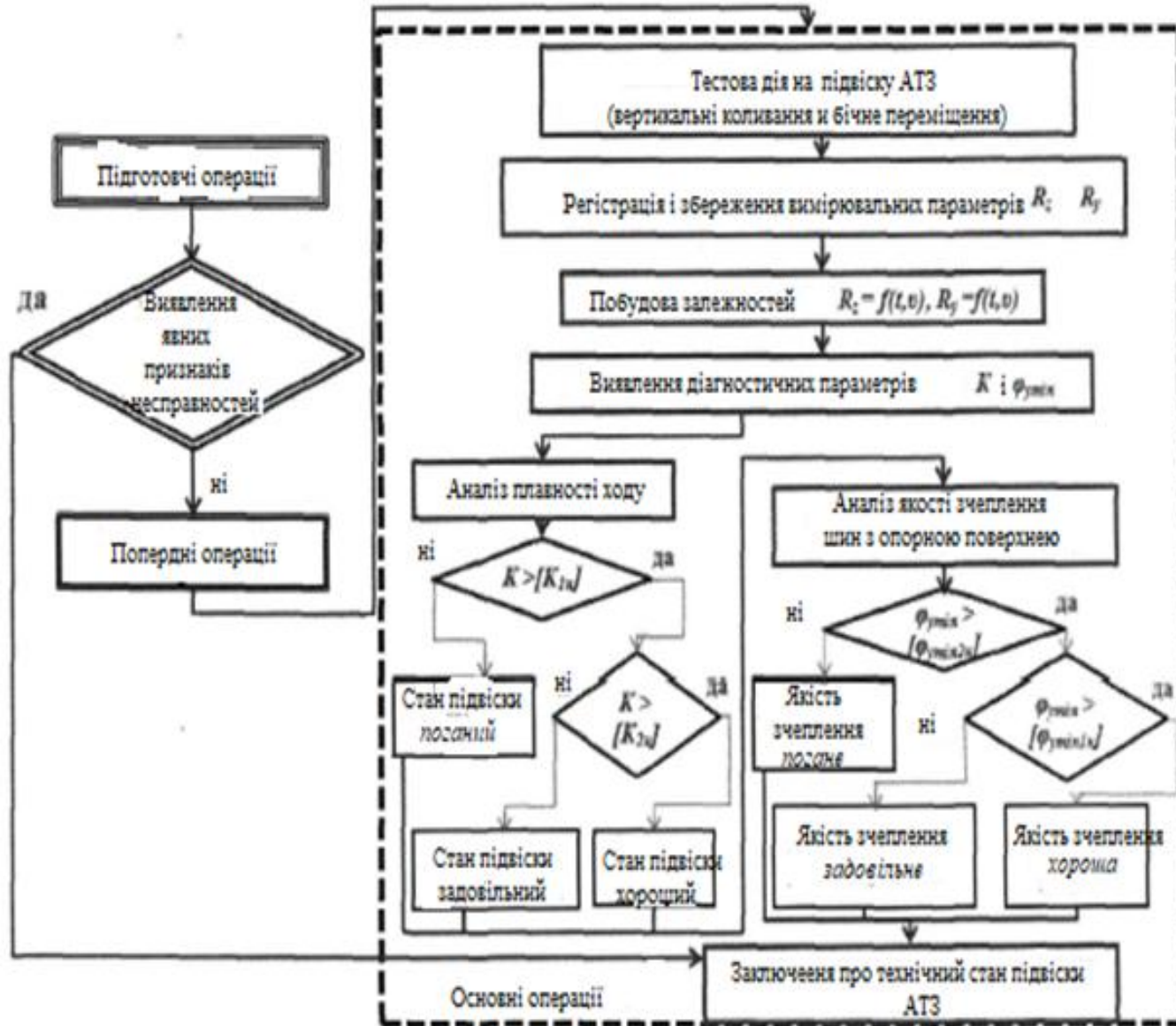


Графіки залежності коефіцієнтів  $\varphi_{ymin}$  і  $K$  від зміни технічного стану підвіски і висоти протектора шин :  $\varphi_{ymin1}$   $\varphi_{ymin2}$ - відповідно коефіцієнти бічного зчеплення шин з висотою протектора  $H_{п1}=10\text{мм}$  і  $H_{п2}=2\text{мм}$ .

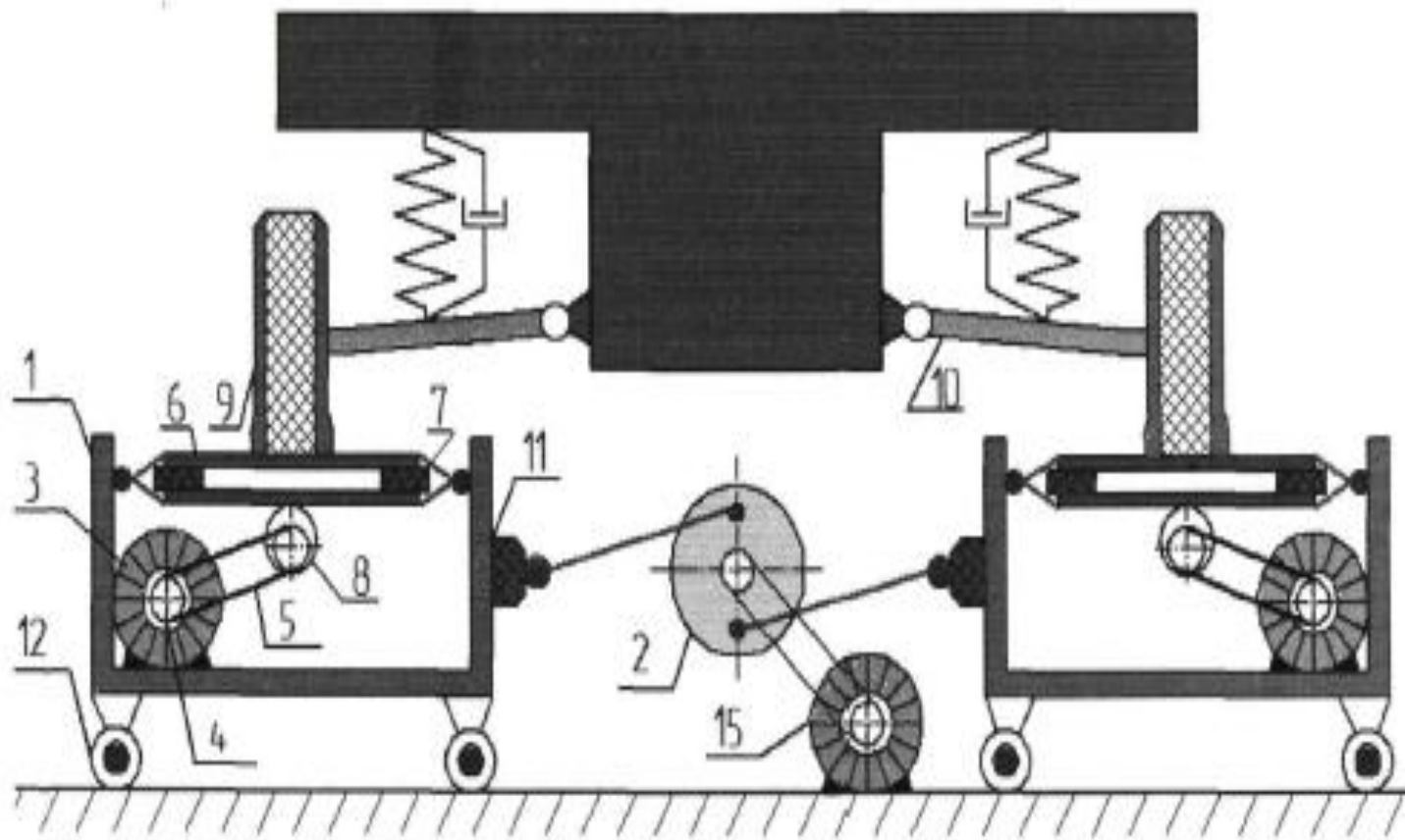
Графіки залежності мінімального коефіцієнта бічного зчеплення шин автомобіля Toyota Corolla з опорною поверхнею від частоти вертикальних коливань платформ вібростенда KDXG для трьох варіантів демпфіруючих властивостей підвіски



# Алгоритм діагностування технічного стану підвіски АТЗ в стендових умовах

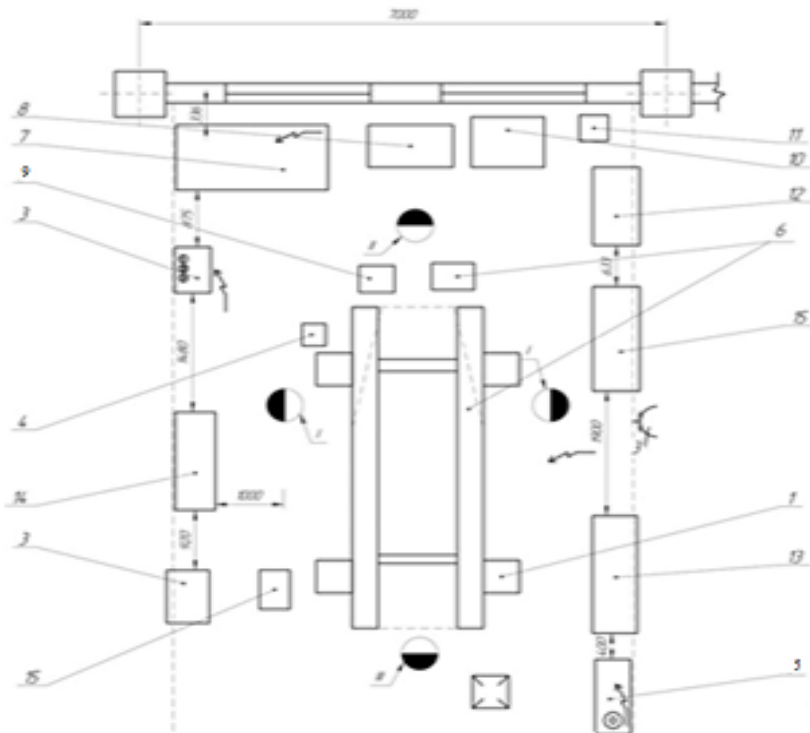


# Функціональна схема вібростенда з кривошипним механізмом рівних переміщень і активними опорними платформами





# Планувальне рішення поста діагностування



I. Роботи з ПР збоку автомобіля. ПР ходової частини, гальмівних механізмів, елементів кузова, кабіни, салону та ін.

II. Роботи з ПР зверху автомобіля. ПР двигуна і його систем, електрообладнання автомобіля, рульового керування, гальмівного приводу. Заправлення моторного масла, охолоджувальної та спеціальних рідин. Заміна двигуна.

III. Роботи з ПР знизу автомобіля. ПР трансмісії, ходової частини, гальмівної системи, рульового керування, двигуна знизу. Заміна агрегатів трансмісії, мостів автомобіля. Зливання моторного і трансмісійного масел, охолоджувальної рідини. Заправлення трансмісійних масел.

IV. Слюсарні роботи. Розбирання і складання окремих вузлів.

 Подача холодної води
  Подача електроенергії
  Подача гарячої води
  Вентиляція

 Подача повітря
  Трифазна розетка
  Стічні води

Номер на плані	Номер робочого місця	Найменування Обладнання та оснастки	Модель (тип)	Кількість	Габаритні розміри мм	Площа, м <sup>2</sup>	
<b>Підйомно-транспортне обладнання</b>							
1	1	Підйомник	Launch TLT-440 W	1	2620 x 1260	3,3	3,3
<b>Основне технологічне обладнання</b>							
3	1	Мийка для деталей	Flexbimes 5904	1	600 x 450	0,27	0,27
4	1	Гідравлічна стійка	TELO 05004	1	-	-	-
5	2	Установка для зливу масла	UZM 80	1	500 x 400	0,2	0,2
6	1	Стенд для розвалу сходження	Well Kraft Genie 3D	1	-	-	-
7	2	Стенд для правки дисків коліс	P - 184M	1	1350 x 880	1,1	1,1
8	2	Стенд для проточки гальмівних дисків	D-300	1	660 x 170	0,11	0,11
9	2	Вібростенд для діагностики підвіски	MAHA	1	-	-	-
<b>Технологічна оснастка</b>							
10	-	Компресор	-	1	1200 x 600	0,72	0,72
11	-	Ларь для вибракуваних деталей	-	1	500 x 500	0,25	0,25
12	-	Ящик для сміття	-	1	500 x 500	0,25	0,25
13	-	Слюсарний верстак	41Д/Д	1	500 x 500	0,97	0,97
14	-	Стіл під інструменти	-	1	1200 x 600	0,72	0,72
15	-	Стелаж для деталей	2247	1	1000 x 300	0,3	0,3
16	-	Пересувний візок під інструменти	Tortul GCAJ 0014	1	900 x 650	0,58	0,58

# Висновки

1. Зниження технічного стану підвісок призводить до погіршення зчеплення шин з опорною поверхнею, і як наслідок, до порушення стійкості і керованості автомобілів. Існуючі методи діагностування автомобільних підвісок не здатні контролювати вплив їх технічного стану на характеристики зчеплення шин з опорною поверхнею.

2. СТОА ТОВ «АВТОЕКСПРЕССЕРВІС» має великі потенційні можливості. Завдяки відносно великій виробничій практиці, наявності на підприємстві висококваліфікованих робітників підприємство має змогу надавати роботи по ремонту та сервісному обслуговуванню автомобілів. Завдяки цьому при застосуванні на СТО прогресивних технологій, сучасного обладнання, надання нових видів послуг, підприємство матиме цілком реальні можливості залишатися на вагомому місці в сфері автосервісу м. Тульчина.

3. Обґрунтований високоінформативний метод діагностування технічного стану підвіски, який дозволить оцінювати якість зчеплення шин з дорогою і тим самим підвищить активну безпеку в умовах експлуатації АТЗ. Метод повинен мати малу трудомісткість, високу інформативність і оперативність, забезпечувати тестові режими при діагностуванні, максимально наближені до реальних режимів функціонування підвіски при експлуатації АТЗ.

4. Розроблена математична модель системи "Кузов - підвіска - шина - стенд", що включає математичні описи : процесу бічного переміщення опорних платформ вібростенда; вертикальних коливань підресореної і безпружинної мас автомобіля на вібростенді; процесу зміни бічних реакцій на колесах при їх бічних переміщеннях, дозволяє виконувати аналітичні дослідження бічних реакцій на колесах АТЗ при зміні технічного стану підвіски і характеристик шин, виявляти взаємозв'язки між діагностичними параметрами і параметрами технічного стану.

5. Результати технологічного розрахунку показують, що загальна трудомісткість робіт складає 17840 люд.-год, кількість постів становить 4 одиниці, кількість працівників штатних – 9 чоловік, явочних – 8 чоловік. Також було розраховано площі виробничо-складських приміщень, сплановано виробничий пост діагностування підвіски. Роботи з діагностування підвіски будуть проводитися на спеціалізованому посту ПР. Описано загальну характеристику виробничого поста та підібрано технологічне обладнання для діагностування підвіски та ремонту автомобіля в цілому.

6. На основі аналітичного дослідження системи "Кузов - підвіска - шина - стенд" науково обґрунтований метод діагностування технічного стану підвіски на вібростендах, а також режими тестової дії на колеса що діагностується АТЗ. Встановлено, що високоефективний контроль технічного стану підвіски можливий в процесі одночасної дії двох тестових дій : коливань нормального навантаження на колесах і бічного переміщення платформ.

7. Науково обґрунтовані діагностичні параметри для контролю технічного стану підвісок на вібростендах:  $\varphi_{ymin}$ - коефіцієнт мінімального бічного зчеплення шин і  $K$  - коефіцієнт зниження нормального навантаження на колеса (розрахований по методу EUSAMA). Ефективне діагностування підвіски на вібростендах можливе при спільному вимірі коефіцієнтів  $K$  і  $\varphi_{ymin}$  в режимі коливань нормального навантаження на колесах з резонансною частотою коливань безпружинних мас.

8. Приведені розрахунки очікуваної економічної ефективності розробленого методу діагностування технічного стану підвіски автомобілів на вібростендах підтверджуються результатами його впровадження на СТО ТОВ «АВТОЕКСПРЕССЕРВІС» (м. Тульчин). Річний економічний ефект від використання діагностичного комплексу на базі вібростенда марки KDXG становить 250300грн;

9. Були розглянуті питання присвячені охороні праці в зоні ТО і ПР, а саме проаналізовано умови праці та питання виробничої санітарії, розглянуто техніку безпеки, рівень шуму в приміщенні, розглянуто техніку електробезпеки та пожежну безпеку, та захист в надзвичайних ситуаціях.