

Мармут І.А.

Харківський національний
автомобільно-дорожній університет
E-mail: mia2005.62@ukr.net

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПОВІРКИ СИСТЕМИ
ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ НА РОЛИКОВОМУ
СТЕНДІ ПЕРЕСУВНОЇ ДІАГНОСТИЧНОЇ СТАНЦІЇ
ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ**

УДК 629.113.004

Мармут І.А. «Розробка методики повірки системи вимірювання потужності на роликовому стенді пересувної діагностичної станції легкових автомобілів»

Розвиток технічної діагностики автомобілів слід розглядати у безпосередньому зв'язку з розвитком всієї системи їх технічної експлуатації. В теперішній час розроблені різні засоби діагностування, які застосовуються в багатьох галузях промисловості і транспорту. Діагностику технічного стану багатьох агрегатів і систем автомобілів необхідно розглядати як особливий вид фізичного моделювання, що поєднує фізичні моделі з натурними приладами. Діагностичні стенди повинні забезпечувати моделювання фізичних процесів, що протікають у реальних дорожніх умовах. Є важливим реалістичне моделювання процесів взаємодії елементів автомобіля з діагностичним обладнанням з урахуванням реально діючих сил, яке дозволить підвищити точність діагностування автомобілів на стенді.

У статті розглянуто питання моделювання умов для отримання діагностичної інформації щодо складних об'єктів. Як приклад розглянута перевірка тягових властивостей легкових автомобілів на інерційному роликовому стенді. Таке обладнання повинно мати навантажувальний пристрій, який може забезпечити проведення перевірки тягово-економічних властивостей легкового автомобіля. В якості альтернативи електричним машинам постійного та змінного струму, для навантажувального пристрою роликового стенда можна застосувати гідравлічний насос-мотор аксіально-поршневого типу.

Для такого типу приводу потрібно розробити методику визначення потужності на колесах автомобіля. Паралельно з типовими методиками визначення потужності за допомогою балансирних пристроїв, пропонується для конкретної моделі стенда вимірювати потужність за перепадом тиску у гідросистемі.

Крім того, вимірювальна система інерційного стенду повинна забезпечувати: об'єктивність оцінки параметрів, які заміряються; мінімальний час, необхідний для проведення діагностичних операцій; стабільність вимірів; простоту і доступність для обслуговуючого персоналу; необхідну точність вимірів.

Для цього розроблені методики експериментального дослідження метрологічних характеристик (повірки) каналу вимірювання потужності та каналу вимірювання тиску в гідросистемі стенду.

У висновках обґрунтована можливість застосування розробленої методики при проектуванні або модернізації інерційних роликових стендів для перевірки тягових властивостей легкових автомобілів.

Ключові слова: роликовий стенд, навантажувальний пристрій, потужність на колесах автомобіля, метрологічна повірка.

Мармут И.А. «Разработка методики поверки системы измерения мощности на роликовом стенде передвижной диагностической станции легковых автомобилей»

Развитие технической диагностики автомобилей следует рассматривать в непосредственной связи с развитием всей системы их технической эксплуатации. В настоящее время разработаны различные средства диагностирования, которые применяются во многих отраслях промышленности и транспорта. Диагностику технического состояния многих агрегатов и систем автомобилей необходимо рассматривать как особый вид физического моделирования, сочетающий физические модели с натурными приборами. Диагностические стенды должны обеспечивать моделирование физических процессов, протекающих в реальных дорожных условиях. Является важным реалистичное моделирование процессов взаимодействия элементов автомобиля с диагностическим оборудованием с учетом реально действующих сил, которое позволит повысить точность диагностики автомобилей на стенде.

В статье рассмотрены вопросы моделирования условий для получения диагностической информации о сложных объектах. В качестве примера рассмотрена проверка тяговых свойств легковых автомобилей на инерционном роликовом стенде. Такое оборудование должно иметь нагрузочное устройство, которое может обеспечить проведение проверки тягово-экономических свойств легкового автомобиля. В качестве альтернативы электрическим машинам постоянного и переменного тока, для нагрузочного устройства роликового стенда можно применить гидравлический насос-мотор аксиально-поршневого типа.

Для такого типа привода нужно разработать методику определения мощности на колесах автомобиля. Параллельно с типичными методиками определения мощности с помощью балансирных устройств, предлагается для конкретной модели стенда измерять мощность по перепаду давления в гидросистеме.

Кроме того, измерительная система инерционного стенда должна обеспечивать: объективность оценки измеряемых параметров; минимальное время, необходимое для проведения диагностических операций; стабильность измерений; простоту и доступность для обслуживающего персонала; необходимую точность измерений.

Для этого разработаны методики экспериментального исследования метрологических характеристик (поверки) канала измерения мощности и канала измерения давления в гидросистеме стенда.

В выводах обоснована возможность применения разработанной методики при проектировании или модернизации инерционных роликовых стендов для проверки тяговых свойств легковых автомобилей.

Ключевые слова: роликовый стенд, нагрузочное устройство, мощность на колесах автомобиля, метрологическая поверка.

Marmut.I. "Development of a methodology for checking the power measurement system on a roller stand of a mobile diagnostic station for cars"

The development of technical diagnostics of cars should be considered in direct connection with the development of the entire system of their technical operation. Currently, various diagnostic tools have been developed that are used in many industries and transport. Diagnostics of the technical condition of many vehicle units and systems should be considered as a special type of physical modeling, combining physical models with full-scale devices. Diagnostic stands should provide simulation of physical processes occurring in real road conditions. It is important to realistic simulation of the processes of interaction of vehicle elements with diagnostic equipment, taking into account the actually acting forces, which will improve the accuracy of vehicle diagnostics at the stand.

The article discusses the issues of modeling conditions for obtaining diagnostic information about complex objects. As an example, the authors consider checking the traction properties of cars on an inertial roller stand. Such equipment must have a loading device that can ensure the verification of the traction and economic properties of a passenger car. As an alternative to AC and DC electric machines, an axial piston type hydraulic pump motor can be used for the loading device of the roller stand.

For this type of drive, it is necessary to develop a method for determining the power at the wheels of a car. In parallel with typical methods for determining power using balancing devices, it is proposed to measure power for a specific model of the stand by the differential pressure in the hydraulic system.

In addition, the measuring system of the inertial stand must ensure: objectivity of the assessment of the measured parameters; the minimum time required to carry out diagnostic operations; stability of measurements; simplicity and accessibility for service personnel; required measurement accuracy.

For this, methods have been developed for the experimental study of the metrological characteristics (verification) of the power measurement channel and the pressure measurement channel in the stand hydraulic system.

The conclusions substantiated the possibility of using the developed methodology in the design or modernization of inertial roller stands for testing the traction properties of passenger cars.

Keywords: roller stand, loading device, power at the wheels of a car, metrological verification.

Вступ

Показники тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобілів та їх двигунів в умовах експлуатації визначають за допомогою стаціонарних роликових тягових стендів.

Тягові стенди призначені для визначення потужності, або тягової сили на ведучих колесах автомобіля, часу розгону (вибігу) в заданому швидкісному інтервалі. За їх допомогою визначають втрати в трансмісії автомобіля, швидкість в моменти перемикання гідромеханічної передачі, витрату палива при певних швидкісних та навантажувальних режимах, виконують установку оптимального кута випередження запалювання по силових параметрах (максимальній потужності) та регулювання на нормативну токсичність відпрацьованих газів. При випробуванні автомобіля на тяговому стенді можна перевірити роботу редуктора, моторного гальма, спідометра, лічильника пройденого шляху, тахометра і оцінити технічний стан ходової частини автомобіля за параметрами шуму, вібрації і нагріву окремих агрегатів.

Актуальність проблеми

Потужність на колесах автомобіля можна виміряти двома різними способами/стендами: навантажувальними та інерційними [1, 2, 3].

У закордонній практиці навантажувальні стенди називаються *chassi dynamometers* або *brake dynamometers*. Інерційні стенди називаються – *inertial dynamometers* або *accelerative dynamometers*.

В якості навантажувально-приводного пристрою (НПП) для тягово-гальмівних стендів найбільш підходящі характеристики мають машини постійного і змінного струму. Однак, незважаючи на хороші експлуатаційні характеристики, електричні машини постійного і змінного струму мають велику масу і габарити. Тому вони застосовуються на стаціонарних діагностичних стендах. Використовувати ці машини в якості НПП на стендах для пересувних діагностичних станцій (ПДС) незручно також через забезпечення живленням (380 В).

Альтернативою електричним машинам є гідравлічні насос-мотори, які застосовуються як елементи гідроприводу в верстатобудуванні. Найбільш придатними для НПУ діагностичного стенда є аксіально-поршневі насос-мотори типу МНА або Bosch Rexroth сериї А6VM [4]. Силові характеристики цих гідромашин залежать від робочого об'єму і номінального тиску. Ці пристрої можуть працювати як в насосному режимі, тобто в якості гальмівного пристрою (генераторний у електричних машин), так і в режимі гідромотора (руховий режим). Переваги гідроприводу – висока енергоємність, малі габарити і маса [5].

Тягово-гальмівний стенд інерційного типу є у складі пересувної діагностичної станції для легкових автомобілів (ПДС-Л) на кафедрі технічної експлуатації і сервісу автомобілів ХНАДУ. Для забезпечення необхідних режимів роботи стенд має навантажувально-привідний пристрій (НПП) гідравлічного типу – РМНА-63/320.

Виконання вимог до точності і якості перевірки тягових властивостей автомобілів забезпечується крім геометричних параметрів також метрологічними характеристиками стенду: типом вимірювальної системи (ВС) і закладеною методикою реєстрації діагностичних параметрів.

Аналіз останніх досліджень

При розробці методики метрологічної повірки системи вимірювання потужності інерційного роликового стенда враховувалися вимоги стандартів [6, 7], а також основні положення робіт, присвячених точності і метрологічному забезпеченню при діагностуванні автомобілів [8, 9, 10] і робіт кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ХНАДУ [11, 12, 13, 14].

При цьому використовуємо елементи теорії стендових випробувань тягових властивостей автомобілів і діючі вимоги до стану силового агрегату і трансмісії. Відповідно до вимог, при стендових випробуваннях тягових властивостей автомобілів обов'язковим є вимірювання потужності на ведучих колесах.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є дослідження метрологічних характеристик ВС тягового стенда та розробка методики повірки системи вимірювання потужності. При дослідженні виходимо з того, що вимірювальна апаратура інерційного стенду повинна забезпечувати:

- об'єктивність оцінки параметрів, які заміряються;
- мінімальний час, необхідний для проведення діагностичних операцій;
- стабільність вимірів;
- простоту і доступність для обслуговуючого персоналу;
- необхідну точність вимірів.

Результати досліджень

Розробка методики визначення потужності на колесах автомобіля при наявності гідроприводу.

Про технічний стан двигуна можна судити по потужності, що їм розвивається. Безпосередньо заміряти потужність двигуна важко і складно. Побічно про потужність

двигуна можна судити по потужності, підведеної до коліс. При технічно справному двигуні легкового автомобіля до коліс підводиться не менше 70% максимальної потужності при даній частоті обертання колінчастого вала ($N_k \leq 0,7N_{max}$).

У гідронасосах гальмівний момент прямо пропорційний перепаду тиску на вході і виході. Для обраного мотор-насоса (РМНА-63/320) найбільший перепад досягає 24 МПа. Якщо максимальний тиск на виході буде 25 МПа, а тиск підживлення 1 МПа, то гальмівний момент, Н·м, визначається за формулою:

$$M_H = \frac{0,16 \cdot V_0}{\eta} \cdot \Delta P, \quad (1)$$

де V_0 – номінальна подача на один оборот (63 см³/об);

η – ККД гідросистеми (середня величина становить 0,89).

$$\text{Підставивши чисельні значення, отримаємо: } M_H = \frac{0,16 \cdot 63}{0,89} \cdot \Delta P = 11,3 \cdot \Delta P.$$

При зміні ΔP в межах від 10 до 25 МПа крутний момент буде змінюватися в межах 110...280 Н·м.

Потужність, що розвивається двигуном автомобіля, кВт, можна обчислити за формулою

$$N_{дв} = \frac{N_k}{\eta_{тр}} = \frac{P_k \cdot V_a}{0,92 \cdot 3,6 \cdot 10^3} = 0,302 \cdot 10^{-3} \cdot P_k \cdot V_a, \quad (2)$$

де P_k – тягова сила на колесах автомобіля, Н;

$\eta_{тр} \approx 0,92$ – ККД трансмісії автомобіля.

Зусилля P_k , Н, з достатньою точністю можна визначити за формулою

$$P_k = \frac{11,3 \cdot \Delta P}{r_p} = \frac{11,3 \cdot \Delta P}{0,11935} \approx 94,68 \cdot \Delta P. \quad (3)$$

Підставимо P_k у формулу для визначення потужності:

$$N_{дв} = 0,302 \cdot 10^{-3} \cdot 94,68 \cdot \Delta P \cdot V_a = 28,6 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta P \cdot V_a.$$

Наприклад, при $\Delta P=25$ МПа и $V_a=50$ км/год $N_{дв}=35,7$ кВт. При визначенні P_k не врахована величина $G_a \cdot f \approx 200$ Н (втрати на кочення коліс по роликам стенда). Тому, отриману потужність слід в середньому зменшити приблизно на 5%, тобто $N_{дв}=0,95 \cdot 35,7=33,9$ кВт.

Остаточна формула для визначення потужності запишеться так:

$$N_{дв} = 0,95 \cdot 28,6 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta P \cdot V_a = 27,2 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta P \cdot V_a. \quad (4)$$

Перепад тиску в гідросистемі можна заміряти спеціальними датчиками тиску. На стенді ПДС-Л в навантажувальну магістраль вмонтований п'єзоелектричний датчик (перетворювач) тиску типу ПД-25.

Розробка методики експериментального дослідження метрологічних характеристик (повірки) каналу вимірювання потужності.

Для повірки каналу вимірювання потужності (КВП) необхідний тарований і повірений динамометр класу не гірше 0,1, а також автомобіль зі справною ходовою частиною. Повірка каналу вимірювання потужності проводиться після отримання результатів повірки каналу вимірювання лінійної швидкості [13].

Дії по повірці КВП містять такі операції.

1. Забезпечити вимір зусилля, що розвивається автомобілем на стенді із заданою похибкою (похибка динамометра повинна бути в 5...10 разів менше, ніж очікувана похибка каналу вимірювання потужності, тобто класу не гірше 0,1).

2. Вимірювання тягового зусилля і лінійної швидкості проводяться кілька (n) разів, (але не менше п'яти) з вибраною величиною демпфірування гідросистеми стенду. Величина демпфірування (при заданій швидкості роликів) встановлюється за показаннями манометра (допускається користуватися штатним манометром вимірювальної системи стенду).

3. Результати вимірювань для різних установчих швидкостей заносяться в таблиці за такою формою (табл. 1, 2 і т.д.).

Таблиця 1

Результати повірки каналу вимірювання потужності				
Швидкість установча $V_k = 20$ км/год				
Номер відліку	1	2	3	4...№
Швидкість, км/год	20,1	19,6	...	
Демпфірування, МПа	10	9,8	...	
Тягове зусилля, P_k , Н				
Потужність розрахункова – N_p , кВт				
Показання індикатора «Потужність» на пульті – $N_{вим}$, кВт				
Похибка абсолютна, кВт				
Похибка відносна				

Таблиця 2

Результати повірки каналу вимірювання потужності				
Швидкість установча $V_k = 30$ км/год				
Номер відліку	1	2	3	4...№
Швидкість, км/год	30,05	29,96	...	
Демпфірування, МПа	5,2	5,3	...	
Тягове зусилля, P_k , Н				
Потужність розрахункова – N_p , кВт				
Показання індикатора «Потужність» на пульті – $N_{вим}$, кВт				
Похибка абсолютна, кВт				
Похибка відносна				

4. Вимірювання проводяться для значень установчої швидкості 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 км/год.

5. За результатами вимірювань з табл. 1, 2 і т.д. розраховуються для кожного значення швидкості і тягового зусилля усереднені значення результатів багаторазових вимірювань:

$$\text{- середнє значення швидкості } \bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{ki}}{n},$$

$$\text{- середнє значення розрахункової потужності } \bar{N}_p = \frac{\sum_{i=1}^n N_{pi}}{n},$$

$$\text{- середнє значення показника «Потужність» на індикаторі пульта } \bar{N}_{вим} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{вимi}}{n},$$

$$\text{- середнє значення абсолютної похибки } \bar{\Delta N} = \bar{N}_{вим} - \bar{N}_p,$$

- середнє значення відносної похибки $\overline{\delta_N} = \frac{\overline{\Delta N}}{N_p}$.

6. Розрахунки середнього відхилення похибки каналу вимірювання потужності проводять за формулою

$$\sigma_N = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\overline{\Delta N})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (5)$$

7. Систематичну складову похибки вимірювача потужності представляють у вигляді динамічної залежності $\Delta_c(P) = f(V_k)$. Подання може бути оформлено у вигляді сукупності таблиць (табл. 3).

Таблиця 3

Середнє тягове зусилля $P_k = \dots H$							
Швидкість, км/год	10	20	30	40	50	60	70
Систематична похибка вимірювання потужності, кВт							

Таблиці 1...3 заповнюються для 3...5 значень тягового зусилля.

8 На підставі п.п. 6 і 7 робляться висновки про придатність каналу вимірювання потужності до експлуатації. Критерії придатності: $\overline{\delta_N} \leq 0,1$, $\sigma_N \leq 2,5$ кВт.

Примітка. В силу істотних нелінійних температурно-швидкісних характеристик рідини в гідросистемі стенду можливе введення у використання в процесі експлуатації ПДС-Л поправочних коефіцієнтів, отриманих на підставі вимірювань, проведених відповідно до вищевикладеної методики.

Розробка методики повірки каналу вимірювання тиску в гідросистемі стенду ПДС-Л.

Повірка каналу вимірювання тиску проводиться методом порівняння із зразковою мірою. Для проведення повірки необхідні наступні прилади та обладнання:

- прес гідравлічний на тиск 0...25 МПа;
- манометр зразковий класу не гірше 0,1;
- перехідні штуцери для підключення манометра і датчика тиску до гідропреса.

Повірка проводиться наступним чином.

1. Вивернути датчик тиску з гідросистеми ПДС-Л і приєднати його до гідросистеми преса.

2. Переконатися в правильності з'єднання повірочної гідросистеми, що забезпечує рівність тиску рідини, що створюється гідропресом, на входах датчика тиску і зразкового манометра.

3. Включити пульт, встановити режим вимірювання тиску.

4. Обертаючи рукоятку гідропреса встановлювати послідовно значення тиску від 0 до 25 МПа через 1 МПа. Для кожного встановленого значення тиску занести результат в табл. 4.

5. Повторити заповнення таблиці 4 не менше ($K=5$ разів), кожен раз встановлюючи значення тиску в гідросистемі за показаннями зразкового манометра. На підставі даних, занесених в табл. 4 побудувати таблицю, в якій значення кожної клітинки розраховується, як середнє значення даних, внесених в табл. 4.

Результати повірки каналу вимірювання тиску

Порядковий номер вимірювання	Показання зразкового манометра, МПа	Показання індикатора пульту, МПа	Показання пульту з урахуванням тарувального коефіцієнта, МПа	Абсолютна похибка каналу вимірювання тиску, МПа	Відносна похибка одиночного вимірювання (з урахуванням знаку)	Прим.
1						
2						
...						
25	...					

6. Розрахувати середнє значення і середньоквадратичне відхилення (СКВ) відносної похибки динамічної характеристики перетворення за формулами

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{k=1}^{25} \delta_k}{25}; \quad \sigma_{\delta} = \left[\frac{\sum_{k=1}^{25} \delta_k^2}{24} \right]^{1/2}. \quad (6)$$

7. Прийняти рішення про придатність каналу вимірювання тиску до експлуатації. Критерії придатності: $\bar{\delta} \leq 0,08$, $\sigma_{\delta} \leq 0,05$.

Висновки

1. Розроблена методика визначення потужності на колесах автомобіля при наявності гідроприводу на стенді може бути використана при проектуванні та модернізації тягових роликів стендів.

2. Виконане експериментальне дослідження повірки каналу вимірювання потужності роликів стенда та каналу вимірювання тиску в гідросистемі дозволяє забезпечити об'єктивність оцінки діагностичних параметрів та необхідну точність вимірів.

Список використаних джерел

1. Сайт компанії Dynojet Research, Inc. Режим доступу: <https://www.dynojet.com/>.
2. Меденцев С. Типовые методы и оборудование для измерения «колесной» мощности легковых автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <https://www.3000gt.ru>.
3. Онлайн-учебник по устройству автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <https://monolith.in.ua/structure-avto/polnoprivodnye-avtomobili/>.
4. Гидромоторы аксиально-поршневые Bosch Rexroth серии А6VM. [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступу: https://hydromotor.com.ua/radialno_porshnevye_hydromotory/bosch-rexroth.
5. Мармут И.А., Мармут Н.И. Использование объемного гидропривода для инерционных роликовых стендов // Материалы международной научно-практической конференции «Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования», (20-21 марта 2014 г.), Воронеж, Воронежская государственная лесотехническая академия, т.1, с. 259-263.

6. Технічний регламент засобів вимірювальної техніки, Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 р. № 163: за станом на 24.02.2016. – К.: Урядовий кур'єр від 15.03.2016. – 2016. – № 49.
7. Закон України № 1314-VII “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 5 червня 2014 р.: за станом на 02.08.2017. – К.: Відомості Верховної Ради від 25.07.2014. – 2014. – № 30, стор. 2350, стаття 1008.
8. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые) / Орнатский П.П. – К.: Вища школа, 1986. – 504 с.
9. Сергеев А.Г. Точность и достоверность диагностики автомобиля / Сергеев А.Г. – М.: Транспорт, 1980. – 188 с.
10. Сергеев А.Г. Метрологическое обеспечение эксплуатации технических систем: Учебное пособие / Сергеев А.Г. – М.: Изд-во МГОУ, 1994. – 487 с.
11. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследований): монография / Н.Я. Говорущенко. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 292 с.
12. Роликовые стенды для проверки тормозных и тяговых свойств автомобилей (теория, расчет и конструирование): / [Говорущенко Н.Я., Волков В.П., Рабинович Э.Х., Мармут И.А., Зуев В.А.]. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2009. – 344 с.
13. Мармут И.А. Методика поверки канала измерения скорости инерционного стенда с беговыми барабанами / И.А. Мармут, В.И. Мармут // Автомобильный транспорт. – 2008. – Вып. 22. – С. 53-57.
14. Мармут И.А. Методика поверки измерительной системы инерционного роликового стенда / И.А. Мармут, Ю.В. Зыбцев // Автомобильный транспорт. – 2011. – Вып. 29. – С. 207-211.

References

1. Website of Dynojet Research, Inc. Access mode: <https://www.dynojet.com/>.
2. Medentsev S. Typical methods and equipment for measuring the "wheel" power of cars [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.3000gt.ru>.
3. Online textbook on the vehicle [Electronic resource]. – Access mode: <https://monolith.in.ua/structure-avto/polnoprivodnye-avtomobili/>.
4. Hydraulic axial-piston Bosch Rexroth A6VM series. [Electronic resource] – 2017. – Access mode: https://hydromotor.com.ua/radialno_porshnevye_hydromotory/bosch-rexroth.
5. Marmut I.A., Marmut N.I. The use of a volumetric hydraulic drive for inertial roller stands // Materials of the international scientific-practical conference "Alternative energy sources in road transport: problems and prospects for rational use", (March 20-21, 2014), Voronezh, Voronezh State Forestry Academy, t .1, pp. 259-263.
6. Technical regulations of measuring equipment, Approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of February 24, 2016 № 163: as of February 24, 2016. – Kyiv: Government Courier dated March 15, 2016. – 2016. – № 49.
7. Law of Ukraine № 1314-VII “On metrology and metrological activity” of June 5, 2014: as of August 2, 2017. – Kyiv: Information of the Verkhovna Rada of July 25, 2014. – 2014. – № 30, p. 2350, Article 1008.
8. Ornatsky P.P. Automatic measurements and devices (analog and digital) / Ornatsky P.P. – K.: Vischa school, 1986. – 504 p.
9. Sergeev A.G. Accuracy and reliability of car diagnostics / Sergeev A.G. – M.: Transport, 1980. – 188 p.
10. Sergeev A.G. Metrological support for the operation of technical systems: Textbook / Sergeev A.G. – M.: Publishing house of MGOU, 1994. – 487 p.
11. Govorushchenko N. Ya. System engineering of road transport (computational research methods): monograph / N.Ya. Govorushchenko. – Kh.: KHNADU, 2011. – 292 p.
12. Roller stands for checking the braking and traction properties of cars (theory, calculation and design): / [Govorushchenko N.Ya., Volkov V.P., Rabinovich E.Kh., Marmut I.A., Zuev V.A.]. – Kh.: Publishing house of KhNADU, 2009. – 344 p.
13. Marmut I.A. Method of checking the channel for measuring the speed of an inertial stand with running drums / I.A. Marmut, V.I. Marmut // Automobile transport. – 2008. – Issue. 22. – pp. 53-57.
14. Marmut I.A. Methods for verifying the measuring system of an inertial roller stand / I.A. Marmut, Yu.V. Zybtshev // Automobile transport. – 2011. – Issue. 29. – pp. 207-211.