

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ
ДЛЯ ШТАМПОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДОРОЖНИХ КОНСТРУКЦІЙ

LABORATORY TESTS RESULTS OF A MEASURING STATION
FOR PLATE BEARING TESTS OF ROAD STRUCTURES



Shuliak Ivan Stanislavovich, Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Associate Professor of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail: i.s.shuliak@gmail.com, +380506437690,

<https://orcid.org/0000-0003-0609-731X>



Sukhonosov Serhii Oleksandrovich, State Enterprise «Scientific and technical center «Road quality control», Head of the Department of supervision over road operating condition and traffic safety, e-mail: s.o.sukhonosov@gmail.com, +380630637653,

<https://orcid.org/0000-0001-5140-920X>



Chechuha Oleksand S., Candidate of Engineering Science (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: chechuga77@gmail.com, tel. +380662019442, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, office 138.

<https://orcid.org/0000-0003-1643-6354>

Abstract. An article devoted to the development of the latest equipment for testing road structures during the diagnostics of roads both in the process of repair and construction, and in the process of operation.

A measuring station for stamp tests of road structures and their layers has been developed, which unites the test equipment into a single automated complex mounted on the base car. This eliminates the need for manual labor of the operator, increases productivity and accuracy of tests, provides the ability to perform multiple loads.

At the same time, any truck or road vehicle can be used to create the load. A measuring unit with special software installed on it is used for registration and processing of measurement results.

The results of laboratory tests of the measuring station, which were carried out in the laboratory of the department of metrological support of measurements of geometric quantities of SE «Ukrmetrteststandard» are highlighted.

The obtained results indicate that the values of measuring force, absolute error and range of measurements of the station of movement of the station meet the regulatory requirements.

Keywords: static stamp tests, measuring station, laboratory tests, measuring force, absolute error.

Introduction. Today, the issue of objective assessment of the condition of road structures for effective management of the road network and rational allocation of financial resources is extremely important for the road industry of Ukraine.

The use of heavy goods vehicles for freight transport has led to a sharp deterioration in the condition of many roads, causing progressive damage to their pavement.

In these conditions, the issues of instrumental diagnostics of highways and allocation of areas in need of major repairs or reconstruction are of great importance. The most objective assessment of such sites is possible with the use of modern technical means and advanced test methods.

Materials and methods.

In the laboratory of roads and airfields of the National Transport University a measuring station for stamp tests of road structures and their layers was developed [1-5].

The station is a complex measuring instrument, which is a set of test equipment combined into a single automated complex for the rapid determination of the deformation characteristics of road structures and their layers during stamp tests.

The laboratory tests of station were carried out in the laboratory of department of metrological support of geometric values measurements of SE «Ukrmetrteststandart» in accordance with program and methodology given in [6, 7].

The purpose of laboratory tests was to determine measuring force values, the absolute error and station range displacement node measurements and to check their compliance with the regulatory requirements.

Results and Discussion. The tests were performed by conditions shown in Table 1, with certified measuring instruments and working standards use, technical characteristics of which are given in Table 2.

Table 1 – Conditions for laboratory tests

Таблиця 1 – Умови проведення лабораторних випробувань

Name of the parameter	Parameter value
Exterior temperature, °C	from 15 to 25
Relative air humidity, %	from 30 to 80
Atmosphere pressure, kPa	from 80 to 106

Table 2 – Technical characteristics of measuring instruments and working standards

Таблиця 2 – Технічні характеристики засобів вимірювальної техніки та робочих еталонів

Name and marking of working measurement standard and measurement technique means	Legal requirements	Specifications manual
Flat-parallel end measures of length IV class	DSTU 3741	Bogey values of length measures from 0,1 to 10 mm, $\delta = \pm (0,2 + 2 \cdot L_m) \mu\text{m}$
Scales for static weighing	GOST 29329	Measuring range from 0,2 to 3 kg, $\Delta = \pm 3 \text{ g}$
Rack C - II	GOST 10197	H = 250 mm, the flatness of table 0,004 mm
Meteorological glass thermometer TM-6	GOST 112-78	Measuring range from 10 to 30 °C; graduating mark 1 °C; $\Delta = \pm 1 \text{ °C}$
Control aneroid barometer M-67	TC 2504-1797	Graduating mark 0,1 kPa; $\Delta = \pm 0,15 \text{ kPa}$

Before tests starting, the station's displacement unit was checked for mechanical and other defects that could affect measurements accuracy, mounted on a laboratory bench and connected to a power source.

The measurement force of displacement node was determined using scales for static weighing during contact of measuring probe rod with weight pad. For this purpose, the measuring sensor of displacement node

was fixed in a type C - II rack with a displacement range not less than the measurement range of the displacement node.

The measuring sensor core was lowered and weight readings were taken at the beginning, middle and end of the measuring range of the displacement node when the sensor core was moved directly (when lifting the measuring sensor rod).

The weights in grams divided by 100 were equal to the measurement force in newton's (N).

As a result of testing, it was found that measuring force value of node displacement station is within 1 - 3 N, which meets regulatory requirements given in [6, 7].

The absolute measurement error using the station displacement node was determined by means of plane-parallel end measures of length IV discharge with a nominal size of 0,1 mm, 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm (Fig. 1).



1 – station measuring displacement sensor node; 2 – rack C - II; 3 – rack table C - II; 4 – station measuring unit; 5 – plane-parallel end measures of length IV discharge

Figure 1 – Determination of absolute measurement error using the station displacement node

Рисунок 1 – Визначення абсолютної похибки вимірювань з використанням вузла переміщень станції

The methodology for determining the absolute error was to do following actions:

- measuring sensor of the movement node is fixed in the rack;
- lowered the core of the measuring sensor to contact with table working surface;
- readings of station measuring unit were set to «zero»;
- on the table rack the distance piece was set with the lowest bogey value;
- the final measure length was measured, pre-installing the core of the measuring sensor on its work surface;
- the core of the measuring probe was lifted and installed distance piece was replaced on the distance piece of larger size;
- the measurement of each distance piece was carried out three times, removing the readings on the display screen of the station measuring unit.

The length L_p of each six finite measures, $p = 1..6$, measured by station displacement node, was determined by the formula:

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^3 L_{pi}}{3}, \quad (1)$$

where L_{pi} – readings of the station measuring unit at the i - th measurement of the p - th distance piece, mm.

The absolute error Δ_p of displacement node when measuring the length of each six distance piece, $p = 1 \dots 6$, was determined by the formula:

$$\Delta_p = L_p - L_{pd}, \quad (2)$$

where L_{pd} – real length value p - th distance piece, mm.

For the real value of measurements absolute error with help of station displacement node the maximum obtained values were taken.

Standard deviation of displacement node random error component when the length of each six distance piece was measuring, $p = 1 \dots 6$, was calculated by the formula:

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (L_{pi} - L_{pd})^2}{2}}. \quad (3)$$

The range of displacements measurements was taken to be the range in which the absolute error in the displacements measurement did not exceed the maximum permissible value $\pm 0,01$ mm.

The results are shown in Table 3.

Table 3 – Results of absolute error and measurements range of station displacement node computations
Таблиця 3 – Результати визначення абсолютної похибки та діапазону вимірювань вузла переміщень станції

N	Distance piece L_{p0} , mm	Readings of displacement node L_{pi} , mm	Distance piece L_p , mm	Absolute variations Δ_p , mm	Standard deviation S_p , mm
1	0,10	0,08	0,1000	0,000	0,0141
2		0,11			
3		0,11			
1	2,00	2,00	2,0067	0,007	0,0094
2		2,02			
3		2,00			
1	4,00	4,01	4,0100	0,010	0,0000
2		4,01			
3		4,01			
1	6,00	5,99	6,0067	0,007	0,0125
2		6,02			
3		6,01			
1	8,00	8,01	8,0033	0,003	0,0094
2		8,01			
3		7,99			
1	10,00	10,01	10,0133	0,013	0,0047
2		10,01			
3		10,02			
Real value of absolute variations of displacement node $\Delta_{max} = 0,013$ mm					
Maximum standard deviation $S_{max} = 0,0141$ mm					
The range of displacement node measurements from 0,1 to 10,0 mm					

According to the table, the real value of absolute variations measurements using station displacement node does not exceed the maximum permissible value $\pm 0,01$ mm, and the measurement range is from 0,1 to 10,0 mm, which meets the regulatory requirements given in [6, 7].

The standard uncertainty in absolute variations determining using the station displacement node was calculated by the formula:

$$u = \sqrt{u_a^2 + u_b^2 + u_c^2 + u_d^2}, \quad (4)$$

where u_a – uncertainty of plane-parallel distance piece (for distance piece of IV class $u_a = 0,00012$ mm);

u_b – uncertainty of picking up ($u_b = 0,003$ mm);

u_c – uncertainty of picking up S_{\max} , mm;

u_d – uncertainty of ambient temperature deviation from 20 °C, (for measurements at the laboratory $u_d = 0$).

Extended uncertainty in absolute variations determining using the station displacement node was calculated by the formula:

$$U = k \cdot u, \quad (5)$$

where k – coverage factor, (for confidence figure 0,95 under Gaussian law $k = 2$).

The results are shown in Table 4.

Table 4 – The results of the calculation of uncertainty in determining the absolute measurement error

Таблиця 4 – Результати розрахунку невизначеності при визначенні абсолютної похибки

вимірювань

N	The name of the parameter	The value of the parameter
1	Standard uncertainty u , mm	0,013
2	Extended uncertainty U , mm	0,026

As follows from the table, the extended uncertainty U when determining the absolute error of measurements using the node of the station movements does not exceed the maximum allowable value of $\pm 0,03$ mm, which meets the regulatory requirements given in [8].

Conclusions and Recommendations. Therefore, in general, we can conclude that the developed sample of the automated measuring station for stamp tests of road structures and their layers has successfully passed laboratory tests, as a result of which it was found that the values of measuring force, absolute error and measuring range of the station regulatory requirements.

References

1. Shuliak, I.S., Pavliuk, D.A., Pavliuk, V.V., Pavliuk, V.V., Lebedev, A.S., Shuryakov M.V. et al. (2013). Stantsiya dlya shtampovykh ispytaniy dorozhnykh konstruktsiy i ikh slojev [Station for plate bearing test of road constructions and their layers]. *Avtoshliakhovyk Ukrainy - A Scientific and Industrial Journal the Avtoshliakhovyk Ukrayiny*, 2, 30-35 [in Ukrainian].
2. Shuliak, I.S., Pavliuk, D.O., Pavliuk, V.V., Lebedev, O.S., Gladun S.A. (2016). Prystrii dlia shtampovykh vyprobuvan dorozhnykh konstruktsii i yikh shariv [Equipment for plate bearing test of road constructions and their layers]. Patent UA, no. u 2016 01295 [in Ukrainian].

3. Shuliak, I.S., Pavliuk D.A., Pavliuk V.V., Pavliuk V.V., Lebedev A.S. et al. (2015). Rezultaty naukovoї ta doslidno-konstruktorskoї roboty laboratorii avtomobilnykh dorih ta aerodromiv Natsionalnoho transportnoho universytetu [Results of research and design and development activities of the Highways and Airfields Laboratory of the National Transport University]. *Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection, 1 (31)*, 401-414 [in Ukrainian].
4. Avtomobilni dorohy. Metody vyznachennia deformatsiinykh kharakterystyk zemlianooho polotna ta dorozhnooho odiahu [Motor roads. Methods for the determination of deformation characteristics of subgrade and road pavements]. (2016). *DSTU B V.2.3-42:2016 from 1st April 2017*. Kyiv: Minrehiion Ukrainy [in Ukrainian].
5. Shuliak, I.S., Pavliuk, D.A., Shuryakov M.V., Gladun S.A. (2015) Obruntuvannia formul dlia vyznachennia modulii deformatsii yak pokaznyka ushchilnennia gruntiv zemlianooho polotna [Substantiation of formulas for determining the Young modulus as an indicator of soil compaction]. *Avtoshliakhovyk Ukrainy - A Scientific and Industrial Journal the Avtoshliakhovyk Ukrayiny, 3*, 41-43 [in Ukrainian].
6. Metrolohiia. Vuzol vymiriuvannia peremishchen vymiriualnoi stantsii dlia shtampovykh vyprobuvan dorozhnikh konstruktсии. Prohrama i metodyka metrolohichnoi atestatsii [Metrology. Station displacement node measurement for plate bearing test of road constructions. Program and methodology of metrological certification]. (2015). Kyiv: Natsionalnyi transportnyi universytet [in Ukrainian].
7. Metrolohiia. Interferometry kontaktni. Metodyka kalibruvannia [Metrology. Contact interferometers. Method of calibration]. (2015). *MKU 463-23/01-2015*. Kyiv: Ukrmetrteststandart [in Ukrainian].
8. Prohrama i metodyka pryimalnykh vyprobuvan. Doslidnyi zrazok. Vymiriualna stantsiia dlia shtampovykh vyprobuvan dorozhnikh konstruktсии [Program and methodology of acceptance trials. Test sample. Measuring station for plate bearing test of road constructions]. (2015). Kyiv: Ukravtodor [in Ukrainian].

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ШТАМПОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДОРОЖНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Шуляк Іван Станіславович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: i.s.shuliak@gmail.com, +380506437690, <https://orcid.org/0000-0003-0609-731X>

Сухоносів Сергій Олександрович, Державне підприємство «Науково-технічний центр «Дорожній контроль якості», завідувач відділу нагляду за експлуатаційним станом доріг та безпеки руху, e-mail: s.o.sukhonosov@gmail.com, +380630637653, <https://orcid.org/0000-0001-5140-920X>

Чечуга Олександр Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном e-mail: chchuga77@gmail.com, тел. +380662019442, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138. <https://orcid.org/0000-0002-8074-6798>

Анотація. Стаття присвячена питанням розробки новітнього обладнання для випробувань дорожніх конструкцій під час діагностування автомобільних доріг як в процесі ремонту та будівництва, так і в процесі експлуатації.

Розроблено вимірювальну станцію для штампових випробувань дорожніх конструкцій і їх шарів, яка об'єднує випробувальне обладнання в єдиний автоматизований комплекс, що монтується на базовому автомобілі. При цьому виключається необхідність ручної праці оператора, підвищується продуктивність та точність випробувань, забезпечується можливість виконання багаторазових навантажень.

В той же час для створення навантаження можна використовувати будь-який вантажний автомобіль чи дорожню машину. Для реєстрації та обробки результатів вимірювань використовується вимірювальний блок з встановленим на ньому спеціальним програмним забезпеченням.

Висвітлено результати лабораторних випробувань вимірювальної станції, що проводились в лабораторії відділу метрологічного забезпечення вимірювань геометричних величин ДП «Укрметртестстандарт».

Отримані результати свідчать про те, що значення вимірювального зусилля, абсолютної похибки та діапазону вимірювань вузла переміщень станції відповідають нормативним вимогам.

Ключові слова: статичні штампові випробування, вимірювальна станція, лабораторні випробування, вимірювальне зусилля, абсолютна похибка.

Перелік посилань

1. Шуляк І. С., Павлюк Д. А., Павлюк В. В., Павлюк В. В., Лебедев А. С., Гавришук В. В., Шур'яков М. В. Станція для штампових испытаний дорожных конструкций и их слоев. *Автошляховик України*. 2013. № 2. С. 30–35.
2. Пристрій для штампових випробувань дорожніх конструкцій і їх шарів: пат. 109061 Україна: МПК E01C 23/07. № u 201601295; заявл. 15.02.16; опубл. 10.08.16, Бюл. № 15. 4 с.
3. Шуляк І. С., Павлюк Д. О., Павлюк В. В., Павлюк В. В., Лебедев О. С., Іващенко А. П., Шур'яков М. В., Терещук В. П., Чаповський В. С., Клітченко Б. В. Результати наукової та дослідно-конструкторської роботи лабораторії автомобільних доріг та аеродромів Національного транспортного університету. *Вісник Національного транспортного університету*. Київ, 2015. Вип. 1 (31). С. 401–414.
4. ДСТУ Б В.2.3-42:2016. Автомобільні дороги. Методи визначення деформаційних характеристик земляного полотна та дорожнього одягу. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 47 с.
5. Шуляк І. С., Павлюк Д. О., Шур'яков М. В., Гладун С. А. Обґрунтування формул для визначення модуля деформації як показника ущільнення ґрунтів земляного полотна. *Автошляховик України*. 2015. № 3. С. 41–43.
6. Метрологія. Вузол вимірювання переміщень вимірювальної станції для штампових випробувань дорожніх конструкцій. Програма і методика метрологічної атестації. Київ : НТУ, 2015. 8 с.
7. МКУ 463-23/01-2015/ Метрологія. Інтерферометри контактні. Методика калібрування. Вид. офіц. Київ : Укрметртестстандарт, 2015. 27 с. (Методичний документ з метрології).
8. Програма і методика приймальних випробувань. Дослідний зразок. Вимірювальна станція для штампових випробувань дорожніх конструкцій. Вид. офіц. Київ : Укравтодор, 2015. 9 с. (Нормативний документ Укравтодору).