**УДК 625.7/.8:624.044:624.04** https://doi.org/10.31713/vt3202426

**Супрунюк В. В., к.т.н., доцент; Фурсович М. О., к.т.н., доцент; Зятюк Ю. Ю., к.т.н., доцент; Павлюк А. П., к.т.н., доцент**
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

# ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОГО МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ ІСНУЮЧОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

**Наведено результати польових досліджень модуля пружності існуючого дорожнього одягу штамповим методом за допомогою випробувального приладу для визначення несучої здатності 35-T0116/C "CONTROLS". Наведений графік визначення значення модуля пружності в межах 5-ти кілометрової ділянки.**

***Ключові слова:*** **навантаження; модуль пружності; стиск; деформація.**

**Вступ**. Необхідність проведення капітального ремонту дорожнього покриття дуже часто можна помітити візуально, а саме: наявності глибоких ям, вибоїн, поздовжніх та поперечних тріщин, колійність тощо. Але для розрахунку посилення дорожнього одягу необхідно мати його фактичні характеристики, зокрема модуль пружності Е. Для цього необхідно відбирати зразки (керни) і проводити дослідження в лабораторних умовах з метою визначення модуля пружності відповідного конструктивного шару дорожнього одягу, та подальшим розрахунком приведеного модуля пружності дорожнього одягу що займає багато часу. Пришвидшує цей процес використання випробувального приладу для визначення несучої здатності 35-T0116/C "CONTROLS".

**Аналіз останніх досліджень.** Фізико-механічні характеристики дорожнього одягу, зокрема і модуль пружності, мають відповідати вимога [3]. В процесі експлуатації покриття дороги зазнає пошкоджень, для усунення яких потрібно проводити його ремонт.

**Постановка проблеми.** Весною 2024 року були проведені дослідження автомобільної дороги державного значення Н-25 Городище-Рівне-Старокостянтинів на ділянці км 95+000-км 100+000. Фотофіксація візуального обстеження існуючого стану дорожнього покриття, що підлягає ремонту, яка представлена на рис. 1, показала, що однією з причин руйнування покриття є старіння дорожнього одягу.

Рис. 1. Фотофіксація стану дорожнього покриття

**Постановка мети і завдань досліджень.** Метою роботи є:

**1) визначення фактичного модуля пружності дорожнього покриття в польових умовах за допомогою** випробувального приладу для визначення несучої здатності 35-T0116/C "CONTROLS";

2) коригування варіантів посилення дорожнього одягу, виходячи з його стану та фактичних даних інтенсивності дорожнього руху на ділянці від км 95+000 до км 100+000.

**Методика досліджень**. **Для визначення використовується** випробувальний приладу для визначення несучої здатності 35-T0116/C "CONTROLS" (рис. 2).

Методика і послідовність проведення досліджень наступна:

1) збирають випробувальний прилад для визначення несучої здатності 35-T0116/C "CONTROLS" згідно з інструкції [1];

2) перед випробуванням перевіряють жорсткість установлення індикаторів і стійкість вимірювальної системи. Для цього злегка постукують металевим предметом по швелеру прогиноміра або по опорній балці і стежать за стрілкою індикатора, що повинна ледве помітно тремтіти, але залишатися на тому ж самому місці;

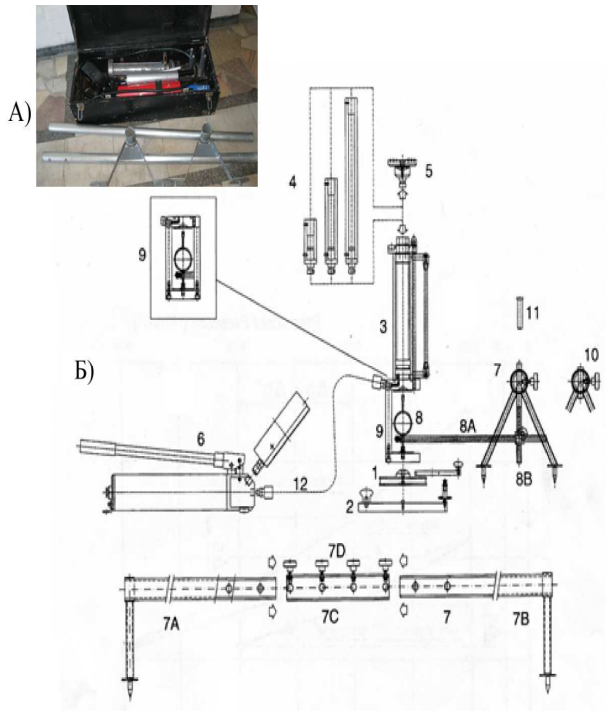


Рис. 2. Випробувальний прилад для визначення несучої здатності 35-T0116/C “CONTROLS”:
А – загальний вигляд приладу у зібраному стані; Б – схема приладу у робочому стані: 1 – проміжна пластина діаметром 160 мм; 2 – опорна плита діаметром 300 мм; 3 – механічна частина домкрата; 4 – циліндри збільшення висоти; 5 – сідло кульового клапана для 35-T0116/C; 6 – насос з манометром на 50 kH; 7 – 2,5 м рейка, для кріплення індикатора переміщення; 8 – індикатор переміщення годинникового типу; 9 – корпус для центру індикатора переміщення з наковадлом; 10 – планка закріплення рейки і тримача датчика переміщення; 11 – циліндричні стержні; 12 – гнучкий шланг

3) навантаження на поверхню випробуваної конструкції передаються через круглий жорсткий штамп за допомогою домкрата, що впирається в раму навантаженого автомобіля (рис. 3). Навантаження на штамп вимірюють за допомогою динамометра вбудованого в домкрат. Вертикальне переміщення штампа фіксують індикатором переміщення годинникового типу, вимірювальний стрижень якого встановлюють у центрі штампа. У цьому випадку домкрат на трьох опорних стійках встановлюють на штампі. Індикатори надійно закріплюють на жорсткій рейці;

Рис. 3. Загальний вигляд проведення випробувань дорожнього одягу штамповим методом

4) навантаження при випробуванні прикладають рівнями до максимального розрахункового значення 0,5 МПа; усього повинно бути не менше, ніж 3–5 рівнів. Час витримування навантаження – 30 с, паузи після розвантаження – по 30 с, на навантаження і розвантаження, – 10–20 с;

5) результати досліджень – модулі пружності ґрунту чи матеріалу в однорідній конструкції, а також загальний модуль пружності шаруватої конструкції, випробуваних навантаженнями за допомогою жорсткого штампа, розраховують за формулою:

$$E_y = 0{,}25\pi\rho D\left(1-\mu^2\right)/l\,, \qquad (1)$$

де $p$ – максимальний (розрахунковий) тиск від штампа, МПа;

$D$ – діаметр жорсткого штампа, см;

$\mu$ – коефіцієнт Пуассона (для ґрунтів земляного полотна $\mu$ = 0,35, для матеріалів основ $\mu$ = 0,25, а при обчисленні загального модуля пружності $\mu$ = 0,3);

$l$ – пружна деформація, що відповідає цьому навантаженню, см.

Таблиця 1

Визначенням фактичного модуля деформації

| № з/п | Місце проведення випробувань, пікетажне положення ПК+* | Тиск Р, МПа | Значення індикатора переміщення, кількість поділок | | Переміщення штоку індикатора (пружна деформація), $L_i=l_0-l$ | | Фактичний модуль пружності $E_ф$, МПа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $l_0$ | $l$ | кількість поділок | см | |
| 1. | 95+00 | 0,5 | 210 | 164 | 46 | 0,046 | 233 |
| 2. | 95+20 | 0,5 | 288 | 213 | 75 | 0,075 | 143 |
| 3. | 95+40 | 0,5 | 193 | 137 | 56 | 0,056 | 191 |
| 4. | 95+60 | 0,5 | 259 | 205 | 54 | 0,054 | 198 |
| 5. | 95+80 | 0,5 | 74 | 39 | 35 | 0,035 | 306 |
| 6. | 96+00 | 0,5 | 157 | 114 | 43 | 0,043 | 249 |
| 7. | 96+20 | 0,5 | 245 | 204 | 41 | 0,041 | 261 |
| 8. | 96+40 | 0,5 | 175 | 139 | 36 | 0,036 | 298 |
| 9. | 96+60 | 0,5 | 212 | 152 | 60 | 0,060 | 179 |
| 10. | 96+80 | 0,5 | 263 | 184 | 79 | 0,079 | 136 |
| 11. | 97+00 | 0,5 | 272 | 202 | 70 | 0,07 | 153 |
| 12. | 97+25 | 0,5 | 233 | 169 | 64 | 0,064 | 167 |
| 13. | 97+50 | 0,5 | 280 | 224 | 56 | 0,056 | 191 |
| 14. | 97+75 | 0,5 | 214 | 155 | 59 | 0,059 | 182 |
| 15. | 98+00 | 0,5 | 254 | 202 | 52 | 0,052 | 206 |
| 16. | 98+25 | 0,5 | 221 | 187 | 34 | 0,034 | 315 |
| 17. | 98+50 | 0,5 | 355 | 324 | 31 | 0,031 | 346 |
| 18. | 98+75 | 0,5 | 262 | 182 | 80 | 0,080 | 134 |
| 19. | 99+00 | 0,5 | 252 | 218 | 34 | 0,034 | 315 |
| 20. | 99+25 | 0,5 | 123 | 75 | 48 | 0,048 | 223 |
| 21. | 99+50 | 0,5 | 149 | 100 | 49 | 0,049 | 219 |
| 22. | 99+75 | 0,5 | 208 | 160 | 48 | 0,048 | 223 |
| 23. | 100+00 | 0,5 | 148 | 101 | 47 | 0,047 | 228 |

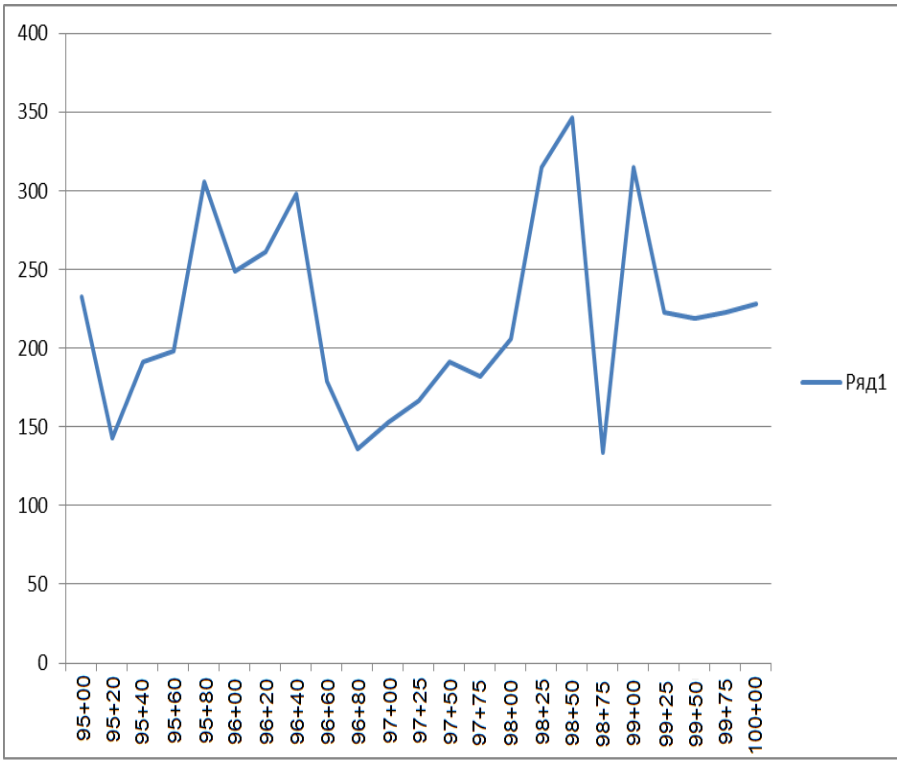


Рис. 4. Графік модуля пружності дорожнього одягу автодороги Городище-Рівне-Старокостянтинів ПК 95+00 – ПК 100+00

**Виклад основного матеріалу.** Результати випробувань і визначення модуля пружності дорожнього покриття автомобільної дороги Н-25 Городище – Рівне – Старокостянтинів км 95+000 – км 100+000 приведено в табл. 1 та на рис. 4. Випробування проводяться у відповідності до вимог [2]. Статистична обробка отриманих результатів представлена в табл. 2.

Таблиця 2

Статистична обробка результатів вимірювань

| Середнє значення модуля пружності $E_{сер.}$, МПа | Дисперсія, D | Середнє квадратичне відхилення, $\sigma_m$ | Коефіцієнт варіації, $\upsilon_m$ | Розрахункове значення модуля пружності $E_{розрах.}$, МПа |
|---|---|---|---|---|
| 222 | 3622 | 60,18 | 0,27 | 142 |

**Висновки.** Внаслідок інструментальних досліджень штамповим методом встановлено, що розрахунковий модуль пружності конструкції існуючого дорожнього одягу автомобільної дороги Н-25 Городище –Рівне – Старокостянтинів км 95+000 – км 266

100+000 становить $E^{осн}$=142 МПа, а згідно з існуючими нормативами [3] мінімальний потрібний модуль пружності дорожнього одягу для цієї дороги повинен становити не менше як 150 МПа. Оскільки автомобільна дорога інтенсивно завантажена важкими автомобілями (лісовози, вантажівки з кам'яного кар'єру, туристичні автобуси), то конструкція дорожнього одягу потребує підсилення.

**1.** Plate bearing test apparatus mod. 35-T0116/C "CONTROLS". Instruction manual. **2.** СОУ 45.2-00018112-042:2009. Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів. Харків : ХНАДУ, 2009. **3.** ГБН В.2.3-37641918-559:2019. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткого типу. Київ : Міністерство інфраструктури України, 2019. **4.** Plate bearing test apparatus mod. 35-T0116/C "CONTROLS". Instruction manual. **5.** SOU 45.2-00018112-042:2009. Automobile roads. Determination of transport and operational indicators of road clothing. Harkiv : HNADU, 2009. **6.** GBN. Automobile roads. Road clothes of a non-rigid type. Kyiv : Ministry of Infrastructure of Ukraine, 2019.

**REFERENCES:**

**1.** Plate bearing test apparatus mod. 35-T0116/C "CONTROLS". Instruction manual. **2.** SOU 45.2-00018112-042:2009. Avtomobilni dorohy. Vyznachennia transportno-ekspluatatsiinykh pokaznykiv dorozhnikh odiahiv. Kharkiv : KhNADU, 2009. **3.** HBN V.2.3-37641918-559:2019. Avtomobilni dorohy. Dorozhnii odiah nezhorstkoho typu. Kyiv : Ministerstvo infrastruktury Ukrainy, 2019. **4.** Plate bearing test apparatus mod. 35-T0116/C "CONTROLS". Instruction manual. **5.** SOU 45.2-00018112-042:2009. Automobile roads. Determination of transport and operational indicators of road clothing. Harkiv : HNADU, 2009. **6.** GBN. Automobile roads. Road clothes of a non-rigid type. Kyiv : Ministry of Infrastructure of Ukraine, 2019.

---

**Supruniuk V. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor; Fursovych M. O., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor; Ziatiuk Y. Y., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor; Pavliuk A. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## DETERMINATION OF THE ACTUAL MODULUS OF ELASTICITY OF THE EXISTING ROAD CLOTHING

**The need for capital repair of the road surface can very often be noticed visually, namely: the presence of deep pits, potholes,**

**longitudinal and transverse cracks, rutting, etc. In addition, the physical and mechanical characteristics of the road surface, in particular the modulus of elasticity, must meet the requirements of SOU 45.2-00018112-042:2009. But to calculate the reinforcement of the road surface, it is necessary to have its actual characteristics, in particular the deformation modulus E. For this, it is necessary to take samples (cores) and conduct research in laboratory conditions, which takes a lot of time. Speeding up the determination of the deformation modulus of the road wear test with a stamp.**

**The paper presents the results of field studies of the modulus of elasticity of existing road clothing using the stamp method using the 35-T0116/C "CONTROLS" load-bearing capacity testing device. As a result of instrumental research using the stamp method, it was established that in addition to visible visual damage to the coating, its mechanical characteristics are also insufficient, namely the modulus of elasticity of the structure of the existing road surface of the H-25 road Horodyshche – Rivne – Starokostiantyniv km 95+000 – km 100+000, which is Eosn=142 MPa, and according to the existing standards of VBN V.2.3-218-186-2004, the minimum necessary modulus of elasticity of road clothing for this street should be at least 150 MPa. Since this highway is intensively loaded with heavy vehicles (logging trucks, trucks from the stone quarry, tourist buses), the construction of road clothing needs strengthening.**

**The schedule for determining the value of the modulus of elasticity within a 5-kilometer section (PC 95+00 – PC 100+00) at 23 points is given, from which the most problematic areas that need strengthening are determined.**

**The stamp test method has shown its effectiveness for fast, convenient and economical, compared to the selection of cores, determination of the modulus of elasticity of road clothing on any section of the road.**

***Keywords*: load; modulus of elasticity; compression; deformation.**