

**УДК 625.852**

**Мозговий В.В.**, д-р техн. наук, **Онищенко А.М.**, канд. техн. наук,  
**Куцман О.М.**, **Баран С.А.**

### **РОЗРАХУНКОВИЙ МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ**

**Анотація.** У статті розглянуто питання визначення розрахункового модуля пружності, необхідного для розрахунку конструкцій дорожніх одягів. Наведені особливості методики експериментального визначення розрахункового модуля пружності асфальтобетону. Об'єкт дослідження – розрахунковий модуль пружності асфальтобетону. Мета роботи – стандартизація методики визначення розрахункового модуля пружності асфальтобетону. Методи дослідження – експериментальні.

**Ключові слова:** асфальтобетон, розрахунковий модуль пружності

**УДК 625.852**

**Мозговой В.В.**, д-р техн. наук, **Онищенко А.Н.**, канд. техн. наук,  
**Куцман А.М.**, **Баран С.А.**

### **РАСЧЕТНЫЙ МОДУЛЬ УПРУГОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы определения расчетного модуля упругости, необходимого для расчета конструкций дорожных одежд. Приведенные особенности методики экспериментального определения расчетного модуля упругости асфальтобетона. Объект исследования – Расчетный модуль упругости асфальтобетона. Цель работы - стандартизация методик определения расчетного модуля упругости асфальтобетон. Методы исследования - экспериментальные.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, расчетный модуль упругости.

UDC 625.852

**Mozhovyi V.V.**, Dr. Tech. Sci., **Onyshchenko A.M.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.),  
**Kutsman O.M.**, **Baran S.A.**

## **THE DESIGNING MODULE OF THE ASPHALT CONCRETE ELASTICITY**

**Abstract.** The article deals with questions determine the modulus of elasticity required to calculate construction of road pavements. In the article it is shown features methods of experimental determination of the modulus of elasticity of asphalt concrete.

The object of study - Designing module of elasticity of asphalt concrete. Purpose - to standardize methods for determining designing module of elasticity of asphalt concrete. Research methods - experimental.

**Key words:** asphalt, designing module of elasticity.

Розрахунок елементів дорожнього одягу, як будівельної конструкції, здійснюють для найбільш небезпечних умов їх роботи, тобто у розрахунковий період. За розрахунковий приймають період, коли міцність і жорсткість ґрунту та шарів дорожнього одягу в цілому досягають найбільш небезпечних для їх руйнування значень [1, 2, 3].

В широкому спектрі параметрів режиму навантаження та воднотеплового режиму матеріали і ґрунти дорожнього одягу проявляють реологічні властивості, тобто ведуть себе як в'язкопружні та в'язкопружнопластичні тіла, характеристики яких залежать від температури та вологості.

Тому, в існуючій світовій та вітчизняній практиці розрахунку дорожніх одягів спочатку встановлюють розрахунковий стан ґрунту або матеріалів в даних умовах, а потім уже при визначеному розрахунковому стані (вологість, температура, час дії навантаження) встановлюють величини міцнісних і деформаційних характеристик.

У відповідності з науково обґрунтованою, експериментально перевіреною та апробованою концепцією існуючих нормативних методів [3, 4] розрахунку дорожні одяги на перегонах доріг потрібно розраховувати на короткочасну багаторазову дію рухомих навантажень. Тривалість дії навантажень при сучасних швидкостях руху вантажних автомобілів приймають рівною 0,1 с. У цьому випадку в розрахунках використовують значення модуля пружності і

міцнісні характеристики матеріалів і ґрунту, визначені теж при тривалості дії навантаження 0,1 с [3].

Дорожній одяг на зупинках, перехрестях доріг, на підходах до пересічень із залізничними шляхами тощо розраховують на багаторазову короткочасну дію навантаження, а також на тривале одноразове навантаження. При розрахунку одягу на тривалу дію навантаження використовують значення модуля пружності матеріалів і ґрунтів, визначені при тривалості навантаження не менше 600 с [3].

При розрахунку асфальтобетонних шарів на розтяг при згині у відповідності з особливістю водотеплового режиму дорожнього одягу характеристики асфальтобетону повинні відповідати низьким весняним температурам, в той момент, коли ґрунт земляного полотна знаходиться у найбільш зволоженому стані, створюючи найбільш несприятливі умови появи максимальних розтягуючих напружень у монолітних шарах – 0°C.

При розрахунку шарів із малозв'язних матеріалів, зернистих матеріалів, а також ґрунту на опір зсуву, модуль пружності матеріалів шарів із асфальтобетону та матеріалів на основі органічних в'язучих повинні відповідати весняним підвищеним температурам в залежності від дорожнього районування (розрахункові температури: 10, 20, 30 або 40 °C [3]). При розрахунку за загальним модулем пружності розрахункова температура прийнята 10 °C [3].

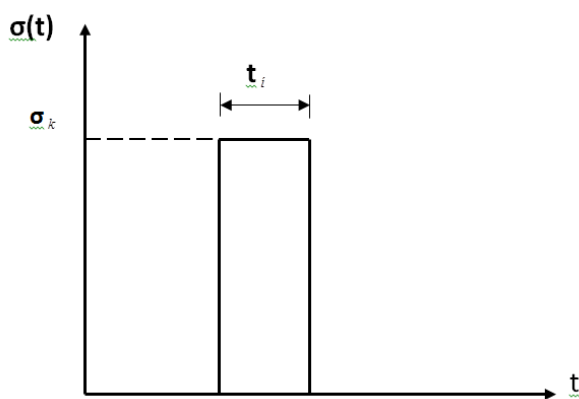
При визначенні модулів пружності дорожньо-будівельних матеріалів, необхідних для розрахунку конструкцій дорожнього одягу необхідно враховувати характерні залежності їх властивостей від часу дії навантаження, температури та вологості. Вплив часу дії навантажень від транспортних засобів на напружений стан дорожніх одягів враховується шляхом урахування в'язкопружних властивостей матеріалів і ґрунтів в залежності від особливостей роботи дорожнього одягу автомобільної дороги – на ділянках між населеними пунктами, перехрещень, зупинок, стоянок автомобілів, узбіччя на ділянках між населеними пунктами, залізничних переїздів. Модулі пружності дорожньо-будівельних матеріалів визначають при часі дії навантаження на зразок, що відповідає розрахунковій тривалості навантаження від транспортних засобів в умовах експлуатації дорожнього одягу.

Таким чином, для розрахунку за всіма критеріями граничного стану у відповідності з діючими нормативними документами з розрахунку дорожніх одягів [3, 4] розрахунковий час дії навантаження становить для динамічної дії навантаження 0,1 с, для статичного – 600 с. При такому часі дії навантаження

модулі пружності асфальтобетону необхідно визначати при температурах: (0, 10, 20, 30, 40) °С [3]

На основі проведених досліджень на кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів і хімії НТУ та узагальнення існуючого досвіду була удосконалена методологія експериментального визначення розрахункових модуля пружності асфальтобетону. На основі цих досліджень розроблено нормативний документ, у якому стандартизовано визначення розрахункового модуля пружності асфальтобетону [5]. Нижче наведено особливості методу визначення розрахункового модуля пружності асфальтобетону при розрахунковому часі дії навантаження та при розрахункових температурах.

При розрахунку дорожнього одягу використовують значення модуля пружності дорожньо-будівельних матеріалів, використовуючи відповідно дві розрахункові схеми за часом навантаження: динамічну та статичну, згідно схеми, приведеної на рис. 1 [5].



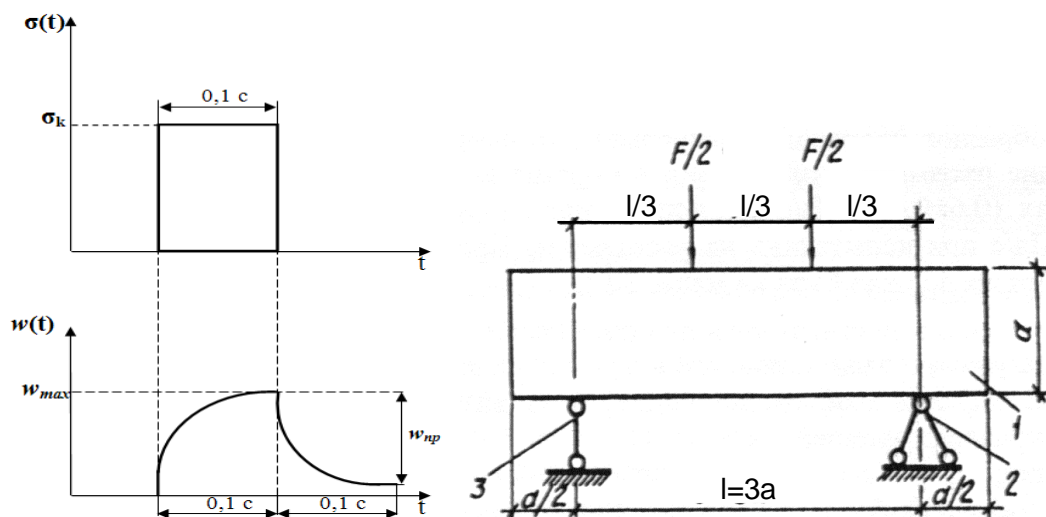
$\sigma(t)$  – горизонтальні нормальні напруження величина яких залежить від часу дії навантаження;  $\sigma_k$  – горизонтальні нормальні напруження які виникають при тривалості дії навантаження  $t_H$

**Рисунок 1** - Схема режиму навантаження зразка під час випробування

Для визначення короточасного модуля пружності асфальтобетону при динамічному навантаженні (при температурах 0 °С та 10 °С) застосовується методика випробування, що полягає у моделюванні дії розтягуючих горизонтальних нормальних напружень, які виникають при згині монолітних шарів від впливу транспортних засобів за допомогою розрахункової схеми у вигляді статично визначеної балки на двох опорах, завантаженої двома зосередженими силами.

Такі випробування виконують у режимі одноразового прикладання навантаження з часом його дії 0,1 с, за схемою, що наведена на рис. 2, вимірюючи прогин зразка в середині прогону [5].

Рівні навантажень встановлюються такими, щоб на основі випробувань побудувати залежність, схема якої показана на рис. 3.



1 - зразок; 2 - шарнірна нерухома опора; 3 - шарнірна рухома опора;  $w(t)$  – пружний прогин, величина якого залежить від часу дії навантаження;  $w_{max}$  – максимальний прогин при тривалості дії навантаження 0.1 с;  $w_{пр}$  – пружний прогин

Рисунок 2 - Схема прикладання навантаження на зразок при визначенні модуля пружності

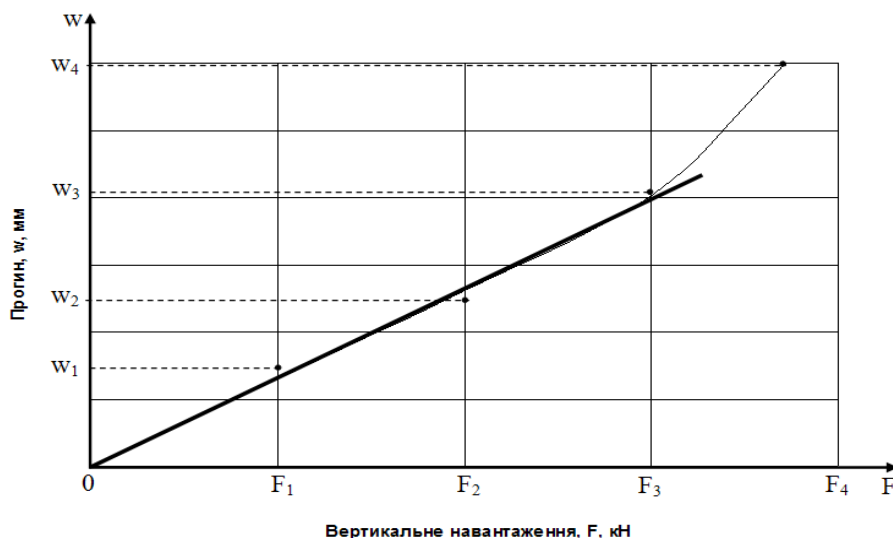


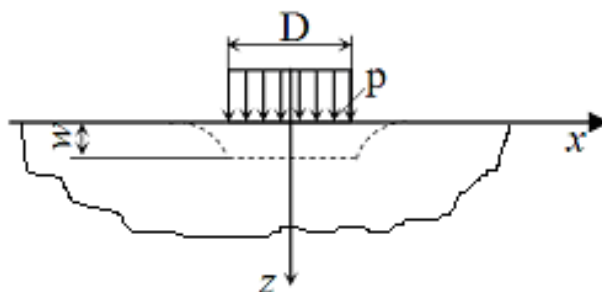
Рисунок 3 – Залежність пружного прогину від вертикального навантаження

При цьому рівні навантаження встановлюють наступним чином. Визначають лабораторне значення міцності на розтяг при згині  $R_{лаб}$  та значення максимальної руйнівної сили  $F_{лаб}$  за схемою прикладання навантаження на зразок згідно рис. 1 при швидкості відносних деформацій в нижній частині зразка

з монолітного матеріалу, що відповідає розрахунковій. Встановлюють максимальне навантаження при визначенні модуля пружності  $F_{max}=0,3F_{лаб}$ . Рівні навантажень при випробуваннях встановлюють наступні:  $F_1=0,25F_{max}$ ;  $F_2=0,5F_{max}$ ;  $F_3=0,75F_{max}$ ;  $F_4=F_{max}$ . [5].

За результатами випробувань будують графік  $w=f(F)$ , проводять дотичну до початку експериментальної кривої (рис 3) і визначають за даними прямолінійної ділянки значення модуля пружності.

Для визначення статичного модуля пружності ( $t_n = 600$  с) асфальтобетону (за температур: 20°C; 30°C; 40 °C [3]), при випробуванні моделюють їх роботу при стиску використовуючи розрахункову схему вертикального навантаження однорідного напівпростору з вимірюванням його прогину при випробуваннях жорстким штампом за схемою навантаження, що показана на рис. 4.



$z$  – глибина;  $p$  – навантаження;  $w$  – прогин;  $D$  – діаметр штампу

**Рисунок 4** – Схема навантаження жорстким штампом однорідного напівпростору

При цьому рівні навантаження  $Q$  встановлюють наступним чином. Встановлюють максимальне навантаження  $Q_{max}$  при визначенні модуля пружності  $Q_{max}=Q_{розрах}$ . Значення навантаження  $Q_{розрах}$ , в кілоньютонах встановлюють виходячи з максимального розрахункового тиску на поверхні дорожнього одягу  $p_{розрах}$ , в МПа (згідно 3.3 ВБН В.2.3-218-186 [3]) за формулою:

$$Q_{розрах} = p_{розрах} \frac{\pi D^2}{4}, \quad (1)$$

де  $D$  – діаметр випробувального штампу.

Рівні навантажень при випробуваннях встановлюють наступні:  $Q_1=0,25Q_{max}$ ;  $Q_2=0,5Q_{max}$ ;  $Q_3=0,75Q_{max}$ ;  $Q_4=Q_{max}$ .

За результатами випробувань будують графік  $w=f(Q)$ , проводять дотичну до експериментальної кривої (аналогічно до схеми рис. 3) і визначають для прямолінійної ділянки значення модуля пружності.

Для випробувань по визначенню модулів пружності монолітних дорожньо-

будівельних матеріалів готують зразки-призми одним із способів:

- шляхом вирізання із плит монолітних дорожньо-будівельних матеріалів, що отримані у лабораторних умовах на секторному пресі згідно СОУ 45.2-00018112-020 [6]. Для кожної суміші підбирають такі параметри ущільнення (температура суміші для матеріалів на основі органічних в'язучих, кількість проходів сектора при ущільненні, величини навантажень на сектор), щоб отримати зразок – плиту з максимальною щільністю, витрачаючи мінімум роботи на ущільнення. Ці параметри використовуються як паспортні характеристики для кожної конкретної суміші при отриманні необхідної кількості зразків для випробувань з визначення модуля пружності монолітних матеріалів.

- шляхом вирізання із шарів існуючої конструкції дорожнього одягу.

При приготуванні зразків-призм із монолітних дорожньо-будівельних матеріалів методом укочування плити, що виготовлені із матеріалів на основі органічних в'язучих згідно з СОУ 45.2-00018112-020 [6] (на секторному пресі ПМА 218-21476215-450 [7]) або згідно з СОУ 45.2-00018112-076 [8] (на вальцевому приладі ПМА 218-21476215-691 [9]), через добу після виготовлення розпилюють за допомогою каменерізного верстата на зразки-призми відповідних розмірів (рисунок 5).

Під час випробувань за схемою рис. 2 вимірюють для кожного із відібраних для випробування зразків прогин  $w_i$  та встановлюють середнє значення прогину  $\bar{w}$  при даному рівні напруження

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{min}} w_i}{n_{min}} . \quad (2)$$

Будують графічну залежність  $\bar{w} = f(F)$  і за даними значень  $F$  і  $\bar{w}$  прямолінійної ділянки, обчислюють значення модуля пружності  $E$  у МПа випробуваного виду матеріалу за залежністю:

$$E = k_w \frac{F \cdot l^3}{28,174 \cdot \bar{w} \cdot J} , \quad (3)$$

де  $F$  – довільне значення навантаження, що відповідає прямолінійній ділянці схема рис. 3;

$l$  - проліт балки;

$\bar{w}$  - середнє значення прогину, що відповідає значенню навантаження  $F$  на прямолінійній ділянці графічної залежності (рис. 3);

$k_w$  - коефіцієнт форми зразка, ( $k_w=1,33$ ) [5];

$J$  – момент інерції поперечного перерізу зразка ( $J = bh^3/12$ , де  $h$ ,  $b$  - відповідно висота і ширина зразка).

Встановлюють середнє значення пружних деформацій і будують графічну залежність  $\bar{w} = f(F)$ .

При випробуванні для визначення статичного модуля пружності асфальтобетону за схемою рис 4., використовують важільний прес, або прилади іншої конструкції, що дозволяють забезпечувати вказану схему прикладання навантаження на зразок необхідні режими навантаження.

Навантажують рівнями, з розвантаженням після кожного рівня та фіксують пружну деформацію. На прикладі динамічного навантаження за схемою рис. 5. Обробка результатів випробувань по наступній залежності.

$$E = \frac{\pi \cdot p \cdot D \cdot (1 - \mu^2)}{4 \cdot \bar{w}}, \quad (4)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт Пуассона ( $\mu = 0,25$ ) згідно з ВБН В.2.3-218-186 [3], ГОСТ 24452 [10];

$p=4Q/\pi D^2$  – питомий тиск штампу на зразок, МПа;

$D$  – діаметр штампa, м;

$\bar{w}$  - середнє значення пружної деформації, м.

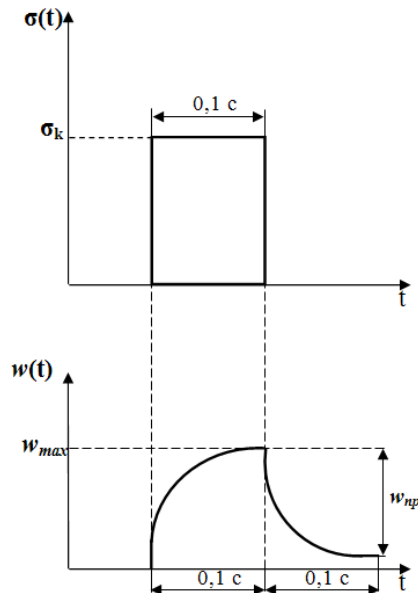
### Література

1. Конструирование и расчёт нежёстких дорожных одежд. Под ред. Н.Н. Иванова. – М.: «Транспорт», 1973.– 328 с.
2. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. Министерство транспортного строительства СССР. - М.: Транспорт, 1985.
3. ВБН В.2.3-218-186-2004 Дорожній одяг нежорсткого типу. Київ, «Укравтодор», 2004. – 176 с.
4. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.
5. СОУ 45.2-00018112-059:2010. Методи визначення розрахункових модулів пружності
6. СОУ 45.2-00018112-020:2007 Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій.
7. ПМА 218-21476215-450:2006 Прилад для виготовлення зразків щебеневомасикового асфальтобетону. Програма та методика первинної та періодичної атестації.
8. СОУ 45.2-00018112-076:2012 Асфальтобетонні шари з армуючими прошарками. Метод визначення розрахункових характеристик.



9. ПМА 218-21476215-691:2011 Прилад для виготовлення зразків з армованого асфальтобетону. Програма та методика первинної та періодичної атестації.

10. ГОСТ 24452-80 Бетоны. Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона.



$\sigma(t)$  – горизонтальні нормальні напруження величина яких залежить від часу дії навантаження;  
 $\sigma_k$  – горизонтальні нормальні напруження які виникають при тривалості дії навантаження  $t_n$ ;  
 $w(t)$  – пружний прогин величина якого залежить від часу дії навантаження;  $w_{max}$  – максимальний прогину при тривалості дії навантаження 0.1 с;

**Рисунок 5** – Схема прикладання штампа на досліджуваний зразок при визначенні пружного прогину

**Рецензенти:**

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

**Reviewers:**

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: 24.03.2017 р.