

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ С  
ПРИМЕНЕНИЕМ АРМИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЕВ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ УКРАИНЫ****FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN WITH FEATURES USING REINFORCED  
ASPHALT LAYERS OF HIGHWAYS IN UKRAINE**

*Макалада катуу эмес жол төшөлгөлөрүн эсептөө максатында арматура менен тепчилген асфальт бетонду пайдалануунун конструкциялык өзгөчөлүктөрүн эске алуу зарылдыгына көңүл бурулат. Бул өзгөчөлүктөр тепчилүүчү синтетикалык материалдардын асфальтбетон катмарынын аралыгындагы структура менен карым-катышына байланыштуу жана ал өзгөчөлүктөр арматура менен тепчилген асфальтбетондун эсептөө мүнөздөмөсүн берет. Мындай эсептөө мүнөздөмөлөрдү жалаң гана эксперимент жолу менен аныктоо сунушталат.*

***Ачык сөздөр:** Жумшак жол төшөлгөсү, арматура мене тепчилген асфальтбетон, эсеп-кысап мүнөздөмөлөрдү аныктоонун эксперименттик ыкмалары, серпилгичтик модулу, чоюлууга болгон туруктуулугу, эскиргендиктин көрсөткүчтөрү.*

*В статье обращается внимание на необходимость учета конструктивных особенностей при использовании армированного асфальтобетона с целью расчета нежестких дорожных одежд. Обращается внимание, что эти особенности связаны с взаимодействием армирующих синтетических материалов со структурой смежной зоны асфальтобетонных слоев, которая будет характеризоваться расчетными характеристиками армированного асфальтобетона. Предлагается такие расчетные характеристики определять только экспериментальным путем.*

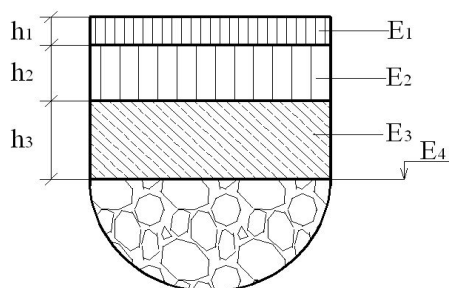
***Ключевые слова:** дорожная одежда нежесткого типа, армированный асфальтобетон, экспериментальные методы определения расчетных характеристик, модуль упругости, прочность на растяжение, показатель усталости.*

*The article draws attention to the need to incorporate design features with the use of fiber reinforced asphalt concrete for the purpose of calculating the non-rigid road surfacing. The attention that these features are associated with the interaction of the reinforcement of synthetic materials with the structure of the adjacent area asphalt layers, which will be characterized by the design calculation, is reinforced asphalt concrete. It is proposed to design characteristics are determined only by experiment.*

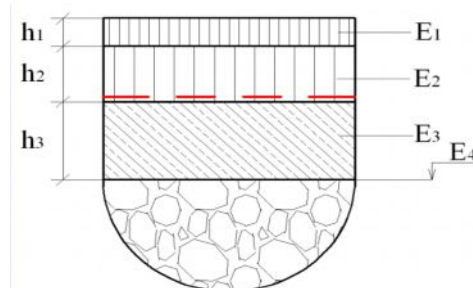
***Keywords:** non-rigid type of pavement reinforced asphalt, experimental methods for determining the design characteristics, the elastic modulus, tensile strength, fatigue index.*

Существующая практика и проведения исследований свидетельствуют о возможности повышения прочности и долговечности асфальтобетонных слоев и дорожной одежды в целом за счет приложений армирующих синтетических материалов (АСМ) [1-5 и др.]. При рассмотрении возможности применения армированных асфальтобетонных слоев дорожной одежды целесообразно для каждой проектируемой конструкции дорожной одежды сопоставлять варианты дорожной одежды с применением как неармированных, так и армированных асфальтобетонных слоев, применяя

существующие нормативные методы расчета. Это позволит выявлять степень технической и экономической эффективности применения тех или иных АСМ и их размещения в конструкциях. При этом следует учесть влияние АСМ на смену расчетных характеристик асфальтобетона в зоне взаимодействия со структурой асфальтобетона. Например, если необходимо осуществить армирования асфальтобетонных слоев в конструкции, представленной на рисунке 1а за счет размещения между нижним асфальтобетонным слоем с модулем упругости  $E_2$  и слоя асфальтобетонного основания с модулем упругости  $E_3$ , который расположен на основе с общим модулем упругости  $E_4$ , так как это показано на рисунке 1б.



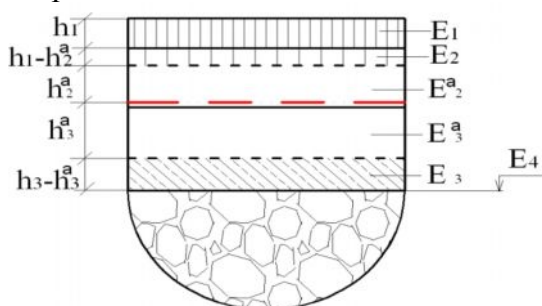
1 а – конструкция с неармированными асфальтобетонными слоями



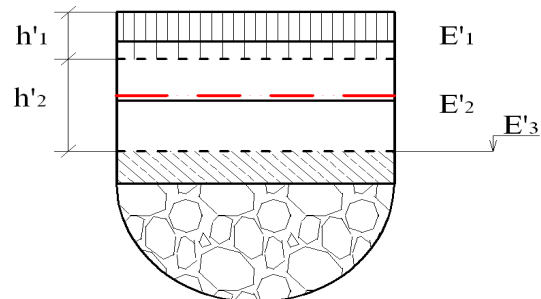
1 б – конструкция с армированными асфальтобетонными слоями

Рис. 1. Схема конструкции нежесткой дорожной одежды

Учитывая зону взаимодействия АСМ со структурой асфальтобетонных слоев между штриховыми линиями, расчетная схема конструкции дорожной одежды с армированными асфальтобетонными слоями будет представлена шестислойным полупространством с соответствующими толщинами, как показано на рисунке 2а. В пределах этой зоны взаимодействия армированные асфальтобетонные слои будут иметь соответствующие расчетные характеристики, например, расчетные модули упругости второго и третьего слоев изменятся в соответствии с значения  $E_2$  на  $E_2^a$  и  $E_3$  на  $E_3^a$ . Имея необходимые расчетные характеристики и соответствующий аппарат для расчета многослойных конструкций дорожной одежды есть возможность осуществить необходимые расчеты дорожной одежды по всем критериям предельного состояния. В случае применения упрощенных расчетных схем работы асфальтобетонных слоев в конструкции нежесткой дорожной одежды в виде трехслойного полупространства с помощью известных подходов является возможность с расчетной схемы в виде шестислойного полупространства получить расчетную схему трехслойного полупространства.



2а – конструкция с армированными асфальтобетонными слоями как многослойная конструкция с учетом влияния армирования на расчетные характеристики асфальтобетона



2б – конструкция с армированными асфальтобетонными слоями, приведенная к трехслойному полупространству

Рис. 2. Схема конструкции нежесткой дорожной одежды с армированными

## асфальтобетонными слоями

Для успешного осуществления таких расчетов необходимо иметь данные об объективных и достоверных расчетных характеристиках армированного асфальтобетона. В существующей практике в большинстве случаев такие характеристики получают приближенными расчетами [6 - 7], которые не отражают реальный характер взаимодействия АСМ со структурой асфальтобетона разных видов и типов. Поэтому авторы считают, что целесообразно и необходимо определять расчетные характеристики армированного асфальтобетона только экспериментальным методом.

Известно, что при проектировании нежесткой дорожной одежды со слоями из армированного асфальтобетона, согласно действующим нормативным документам [8, 9], необходимо использовать расчетные характеристики армированного асфальтобетона, которые отражают влияние времени действия нагрузки и температуры на напряженно-деформированное и предельное состояния, а именно:

- модуль упругости  $E(t, T)$ ;
- прочность на растяжение  $R(t, T)$ ;
- показатель усталости  $m(T)$ .

На данный момент времени, как известно, расчетные условия работы асфальтобетонных слоев согласно [8] относительно температуры и времени действия нагрузки приняты следующие.

Расчетные температуры:

- для расчета по критерию предельного сопротивления при изгибе -  $0^{\circ}\text{C}$ ;
- для расчета по критерию упругого прогиба - плюс  $10^{\circ}\text{C}$ ;
- для расчета по критерию предельного состояния по смещению:  
 $20^{\circ}\text{C}$  (для ДКР У-I);  $25^{\circ}\text{C}$  (для ДКР У-II, У-IV западного)  
 $30^{\circ}\text{C}$  (для ДКР У-III)  $35^{\circ}\text{C}$  (для ДКР У-IV южного).

Расчетное время нагрузки:

- при динамических нагрузках  $0,1 \text{ с}$ ;
- при статических нагрузках -  $600 \text{ с}$ .

В Национальном транспортном университете с целью получения объективных данных о расчетных характеристиках армированного асфальтобетона была разработана специальная методика, которая заключается в следующем.

Перед определением расчетных характеристик армированного асфальтобетона в первую очередь предполагается установить расчетные характеристики неармированного асфальтобетона назначенного состава в соответствии с методикой нормативных документов [10, 11].

Определять расчетные характеристики целесообразно только для таких видов АСМ и технологий их использования, которые не приводят к расслоению асфальтобетонных слоев при их эксплуатации. Поэтому, следующим шагом является проверка степени ослабления связей между асфальтобетонными слоями при применении АСМ после соответствующих водо-морозных воздействий при испытании на сдвиг и отрыв в соответствии с методиками [12, 13, 14] по схемам, представленных на рисунке 3.

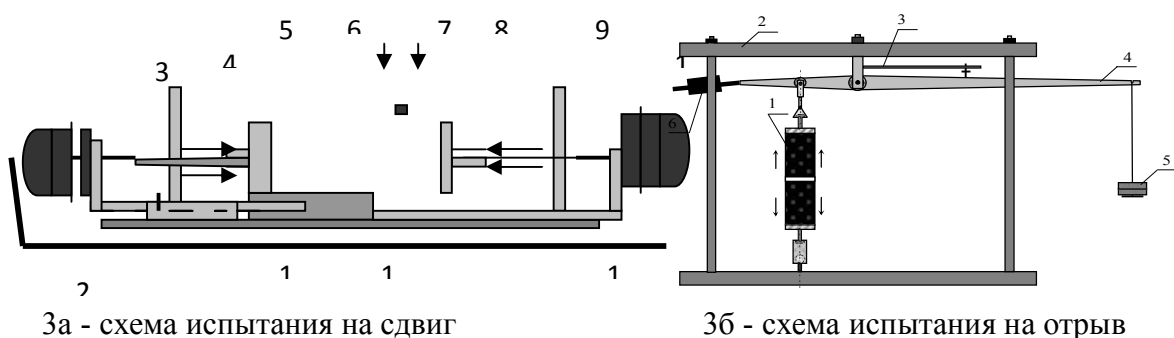


Рис. 3. Схема испытания образцов из армированного асфальтобетона на сцепление между слоями при испытании на сдвиг и на отрыв

Те виды АСМ и технологии их применения, что удовлетворили требованиям к обеспечению сцепления между слоями, используются для изготовления образцов из армированного асфальтобетона с целью определения необходимых расчетных характеристик. При изготовлении образцов армированного асфальтобетона предусмотрено применение таких технологических операций, позволяющих имитировать технологическое влияние на поврежденность АСМ между асфальтобетонными слоями при их укладывании и укатке, а также влияние возможного повреждения АСМ во время эксплуатации при высоких летних температурах. С этой целью разработана методика оценки циклической долговечности АСМ в армированном асфальтобетоне [15]. Для изготовления образцов армированного асфальтобетона предусмотрено применять приборы, с помощью которых методом укатки уплотняется асфальтобетонная смесь, например, секторным прессом или вальцовым прибором (Рис. 4.) [16, 17].



а – секторный пресс



б – вальцовый прибор

Рис. 4. Общий вид приборов для уплотнения асфальтобетона методом укатки при изготовлении образцов армированного асфальтобетона

Изготовленные плиты с армированного асфальтобетона (рисунок 5) размечают и распиливают с помощью камнерезного станка на образцы необходимых размеров, предусмотренных для испытаний.



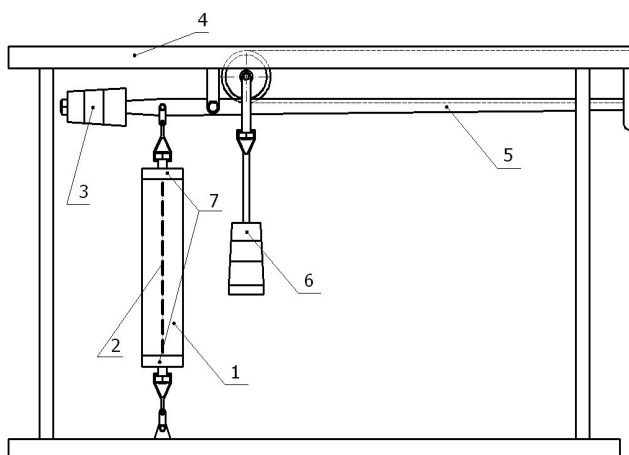
Рис.5. Плита армированного асфальтобетона после изготовления

Размеры плит и образцов армированного асфальтобетона, для определения его расчетных характеристик, назначаются в зависимости от максимальной крупности минеральных материалов и приведены в таблице 1.

На торце асфальтобетонных образцов с обеих сторон, с помощью эпоксидного клея наклеивают металлические накладки, которые располагают симметрично и соосно. Подготовленные для испытаний образцы располагают в рычажном приборе согласно схеме рисунка 6. Для определения показателя усталости испытание осуществляется при постоянной скорости нагружения.

Таблица 1 – Размеры образцов, подготовленных для испытаний, мм

Максимальная крупность заполнителя $D_{max}$	Размеры образцов-призм: толщина – $h$ ; ширина – $b$ ; длина – $l$
до 10	30×60×120
до 20	60×120×240
до 40	120×160×320



1 – образец из армированного асфальтобетона; 2 – армирующий материал; 3 – груз для равновесия консоли; 4 – станина (корпус); 5 – консоль; 6 – подвижный груз; 7 – металлические накладки;

Рис. 6. Схема прибора для испытания образцов из армированного асфальтобетона для определения показателя усталости

Показатель усталости армированного асфальтобетона  $m$  определяют по формуле (1):

$$m = \frac{1}{b_\tau}, \quad (1)$$

где  $b_\tau$  - параметр функции долговечности, который определяется по зависимости (2):

$$b_\tau = \frac{\lg \frac{V_{\sigma_1}}{V_{\sigma_2}}}{\lg \frac{\sigma_1}{\sigma_2}} - 1. \quad (2)$$

Одновременно определяют параметры функции долговечности  $B_\tau$ , по зависимости (3):

$$B_\tau = \frac{\sigma_1^{b_\tau+1}}{V_{\sigma_1}(b_\tau+1)}, \quad (3)$$

где  $\sigma_1, \sigma_2$  - предельное напряжение соответственно при скорости нарастания нагрузки ( $\sigma_1 = V_{\sigma_1} t_1$ ;  $\sigma_2 = V_{\sigma_2} t_2$ ), МПа;

$V_{\sigma_1}, V_{\sigma_2}$  - скорости нарастания нагрузки, МПа/с.

Прочность на растяжение асфальтобетона определяют по формуле (4):

$$R_{\text{лаб}} = \left( \frac{B_{\tau}}{t} \right)^{\frac{1}{b_{\tau}}}, \quad (4)$$

где  $B_{\tau}$ ,  $b_{\tau}$  – параметры функции долговечности, что устанавливаются по формулам (2), (3);

$t$  – расчетное время действия нагрузки, равное 0,1 секунды.

Значение модуля упругости определяют при постоянной нагрузке на образец с продолжительностью действия нагрузки 0,1 с и 600 с и соответствующих температурах на основе графической зависимости  $\bar{\varepsilon} = f(F)$  и по значениям  $F$  и  $\bar{\varepsilon}$  для прямолинейного участка, вычисляют значение модуля  $E$  упругости в МПа по зависимости:

$$E = \frac{F}{A \bar{\varepsilon}}, \quad (5)$$

где  $F$  – произвольное значение нагрузки, что находится на прямолинейном участке;

$A$  – площадь образца;

$\bar{\varepsilon}$  – среднее значение относительной деформации, соответствует значению нагрузки  $F$  на прямолинейном участке графической зависимости.

**Выводы**

1. При проектировании нежесткой дорожной одежды с применением армированных асфальтобетонных слоев необходимо уточнять расчетную схему конструкции дорожной одежды (по сравнению с конструкцией, имеющую неармированные слои) с учетом зоны влияния АСМ на изменение расчетных характеристик асфальтобетонных слоев.

2. Расчетные характеристики армированного асфальтобетона целесообразно определять экспериментально для соответствующих видов АСМ и составов асфальтобетонных смесей, из предусматриваемых для армированных асфальтобетонных слоев. Методика приготовления образцов армированного асфальтобетона должна воспроизводить или максимально имитировать технологические или эксплуатационные воздействия асфальтобетонных смесей на возможную повреждаемость АСМ.

### Список литературы

1. B.S.Radovsky, V.V.Mozgovoy, I.P.Gamelyak, O.E.Tsekhansky, V.V.Kostritsky, O.G.Ostroverhy. (1996) Ukrainian experience of system retarding reflective cracking overlay systems. Reflective Cracking in Pavements. Design and performance of overlay systems. Proceedings of the Third Intern.RILEM Conference. Maastricht, The Netherlands 2-4 Oct.
2. Бондарева Э.Д. Техничко-экономические аспекты применения геосинтетических материалов в дорожном строительстве [Текст] / Э.Д.Бондарева, В.И.Валерьянов, В.Э. Диндаров // Строительные Материалы. - 1997.- № 9.-с.16-19,.
3. Радовский Б. С., Мозговой В.В. Оценка химической стойкости сетки типа НПСП-Д в асфальтобетонном дорожном покрытии [Текст] /Б.С. Радовский, В.В.Мозговой // Отчет по НИР. – Киев: 1991. - 57 с.
4. Юмашев В.М. Современный мировой опыт применения геосетки в дорожной отрасли [Текст] /В.М. Юмашев, В.Д. Казарновский и др. // Тр. Союздорнии. - 1998.- № 196.-с. 6-21.
5. Савенко В.Я.Методика розрахунку нежорстких дорожніх одягів з армуючими прошарками [Текст] / В.Я. Савенко, О.В. Василевич // Автошляховик України. – 2003. – № 3. – С. 37-38.

6. Савенко В.Я. Теоретичні основи розрахунку асфальтобетонних шарів, армованих синтетичними прошарками [Текст] / В.Я. Савенко, О.В. Василевич // Автошляховик України. – 2002. – № 4. – С. 37-39.
7. ВБН В.2.3-218-544:2008 Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві.
8. ВБН В.2.3-218-186:2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.
9. ДБН В. 2.3-4:2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
10. СОУ 45.2-00018112-076:2012 Асфальтобетонні шари з армуючими прошарками. Метод визначення розрахункових характеристик.
11. СОУ на циклічну довговічність
12. Р В.3.2-218-02070915-496:2005 Рекомендації по застосуванню геосинтетичних матеріалів при будівництві та ремонті автомобільних доріг.
13. Р В.2.3-218-21476215-734:2008 Рекомендації з застосування армуючих синтетичних матеріалів різного типу для армування асфальтобетонних шарів при проектуванні конструкцій підсилення дорожнього одягу,
14. СОУ 45.2-00018112-046:2009. Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки сцеплення между асфальтобетонними слоями при сдвиге.
15. СОУ 42.1-37641918-107:2013. Синтетичні матеріали для армування асфальтобетонного покриття. Оцінка довговічності при циклічному навантаженні.
16. СОУ 45.2-00018112-020:2007 Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій
17. ПС 0508.00.000: 2012 Паспорт обладнання для виготовлення зразків з армованого асфальтобетону.