



## СТАРІННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ, АСФАЛЬТОБЕТОНІВ І СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ТЕРМООКИСЛЮВАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ

**В. І. Братчун<sup>1</sup>, М. К. Пактер<sup>2</sup>, О. А. Стукалов<sup>3</sup>, В. Л. Беспалов,  
Д. В. Гуляк<sup>4</sup>, Е. О. Ромасюк<sup>5</sup>**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.  
E-mail: <sup>1</sup>bratv09@yandex.ru, <sup>2</sup>michel-pakter@mail.ru, <sup>3</sup>stukalov\_aleksandr\_1@mail.ru,  
<sup>4</sup>guldenis@yandex.ru, <sup>5</sup>frazer17@mail.ru*

*Отримана 15 вересня 2015; прийнята 27 листопада 2015.*

**Анотація.** Робота присвячена теоретичному і експериментальному встановленню закономірностей фізико-хімічних процесів термоокислювального старіння нафтових дорожніх бітумів, асфальтобетонних сумішей і асфальтобетонів в процесі виробництва, термостатування в термосбункерах, транспортування до місця укладання в шари нежорсткого дорожнього одягу і в умовах експлуатації, а також розробленню способів зниження інтенсивності термоокислювального старіння асфальтобетонних сумішей і асфальтобетонів. За зміною маси, penetрації, температури розм'якшення, групового хімічного складу встановлено, що домінуючим зовнішнім фактором старіння тонкоплівкового бітуму на поверхні мінеральних матеріалів є термоокислення. Це призводить до накопичення асфальтенів, формування жорсткої просторової коагуляційної сітки і її руйнування внаслідок усадочних напружень і механічних впливів від транспортних навантажень. Зі зменшенням товщини шару бітуму на поверхні мінеральних матеріалів термоокислювальне старіння інтенсифікується, а енергія активації термоокислювальних процесів знижується.

**Ключові слова:** нафтовий дорожній бітум, асфальтобетонні суміші та асфальтобетон, технологічне та експлуатаційне старіння, термоокислювальне старіння, способи уповільнення термоокислювального старіння асфальтобетонних сумішей і асфальтобетону.

## СТАРЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ, АСФАЛЬТОБЕТОНОВ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ

**В. И. Братчун<sup>1</sup>, М. К. Пактер<sup>2</sup>, А. А. Стукалов<sup>3</sup>, В. Л. Беспалов,  
Д. В. Гуляк<sup>4</sup>, Е. А. Ромасюк<sup>5</sup>**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.  
E-mail: <sup>1</sup>bratv09@yandex.ru, <sup>2</sup>michel-pakter@mail.ru, <sup>3</sup>stukalov\_aleksandr\_1@mail.ru,  
<sup>4</sup>guldenis@yandex.ru, <sup>5</sup>frazer17@mail.ru*

*Получена 15 сентября 2015; принята 27 ноября 2015.*

**Аннотация.** Работа посвящена теоретическому и экспериментальному установлению закономерностей физико-химических процессов термоокислительного старения нефтяных дорожных битумов, асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов в процессе производства, термостатирования в термосбункерах, транспортирования к месту укладки в слои нежесткой дорожной одежды и в условиях эксплуатации, а также разработке способов снижения интенсивности термоокислительного старения асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов. По изменению массы, пенетрации, температуры размягчения, группового химического состава установлено, что доминирующим внешним фактором старения тонкопленочного битума на поверхности минеральных материалов является термоокисление. Это приводит к накоплению

асфальтенов, формированию жесткой пространственной коагуляционной сетки и ее разрушению вследствие усадочных напряжений и механических воздействий от транспортных нагрузок. С уменьшением толщины слоя битума на поверхности минеральных материалов термоокислительное старение интенсифицируется, а энергия активации термоокислительных процессов снижается.

**Ключевые слова:** нефтяной дорожный битум, асфальтобетонные смеси и асфальтобетон, технологическое и эксплуатационное старение, термоокислительное старение, способы замедления термоокислительного старения асфальтобетонных смесей и асфальтобетона.

## AGING OF BITUMINOUS CONCRETE MIXES, BITUMINOUS CONCRETES AND THE WAYS OF THEIR THERMO-OXIDATIVE FIRMNESS INCREASE

Valery Bratchun<sup>1</sup>, Mixail Pakter<sup>2</sup>, Aleksandr Stukalov<sup>3</sup>, Vitaly Bespalov,  
Denis Gulyak<sup>4</sup>, Evgeny Romasyuk<sup>5</sup>

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*2, Derzhavina Str., Makiyivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.*

*E-mail:*<sup>1</sup>bratv09@yandex.ru,<sup>2</sup>michel-pakter@mail.ru,<sup>3</sup>stukalov\_aleksandr\_1@mail.ru,

<sup>4</sup>guldenis@yandex.ru,<sup>5</sup>frazer17@mail.ru

*Received 15 September 2015; accepted 27 November 2015.*

**Abstract.** This work is devoted to the theoretical and experimental establishment of conformities to law of physical-chemical processes of thermo-oxidative aging of petroleum road bitumen, bituminous concrete mixes, bituminous concretes in the process of manufacturing, thermostating in thermos-bunkers, transporting to the site of placement into the layers of non-rigid road surfacing, under maintenance conditions, and in the process of developing ways of decreasing intensity of thermo-oxidative aging of bituminous mixes and bituminous concretes. By means of mass changing, penetration, the temperature of softening, group of chemical compositions it has been set that thermo-oxidation is the dominative external factor of the thin-film bitumen aging. It leads to the accumulation of pyrobitumen, to the formation of a rigid spatial coagulative net and its destruction due to setting tension and mechanical action of transport loadings. The less is the layer bitumen thickness, the quicker is the thermal oxidation on the surface of mineral materials. The activation energy of thermal oxidation processes decreases.

**Keywords:** petroleum road bitumen, bituminous concrete mixes and bituminous concrete, technological and maintenance aging, thermo-oxidative aging, ways of deceleration of thermo-oxidative aging of bituminous concrete mixes and bituminous concrete.

### Актуальность работы

Ежегодно в мире производится более одного миллиарда тонн дорожных асфальтобетонных смесей для устройства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд. Существенным недостатком асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов является склонность к старению – необратимому изменению структуры и свойств. Старение начинается в процессе производства асфальтобетонной смеси и продолжается при термостатировании в термосбункерах, транспортировании к месту укладки смеси в конструктивные слои дорожных одежд и в условиях эксплуатации.

Необратимые изменения свойств асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов в процессе старения обусловлены как внешними факторами (кислород воздуха, техногенные загрязнения (оксиды серы, азота и др.), температура, ультрафиолетовое и радиационное излучение, вода), так и внутренними факторами (структурно-реологический тип и консистенция битума, химико-минералогический состав минеральных компонентов асфальтобетона, тип гранулометрии, степень уплотнения асфальтобетона, структура и текстура бетона). Это приводит к тому, что нормативные эксплуатационные характери-

ки асфальтобетонных покрытий после 6–8 лет эксплуатации не обеспечиваются.

В работах Л. И. Базжина, Г. С. Бахраха, В. И. Братчуна, В. А. Золотарева, С. К. Илиополова, А. С. Колбановской, В. В. Михайлова, И. А. Рыбьева, Е. В. Угловой, В. Д. Шестеркина, F. Durieux, P. Morgan, J. Petersen [1–13] и др. исследованы процессы старения асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов или на конкретном технологическом этапе, или в процессе эксплуатации. В то же время отсутствуют системные исследования, а также обобщающий материал, характеризующий необратимые изменения асфальтобетонных смесей и асфальтобетонных покрытий нежестких дорожных одежд от начала производства смеси и до разрушения асфальтобетона в конструкции дорожной одежды в результате прежде всего термоокислительного старения.

**Целью исследования** является установление закономерностей термоокислительного старения битумов и асфальтобетонных смесей на этапах технологической переработки, а также асфальтобетонов при эксплуатации и разработка способов повышения долговечности асфальтобетонных покрытий.

### Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования приняты дорожные битумы БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, отвечающие требованиям ДСТУ 4044-2001 (ГОСТ 22245-90). В качестве модификаторов компонентов асфальтовяжущего вещества использованы бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 АРКМ-15 ДСТУ 41138-78, техническая сера (ДСТ 127.1-93). Для комплексной модификации микро-, мезо- и макроструктуры использован этиленглицидилакрилат, отвечающий требованиям сертификата качества концерна производителя «DUPON» (США) совместно с полифосфорной кислотой ПФК-105 следующего состава (%):  $H_3PO_4$  – 51,  $H_4P_2O_7$  – 42,  $H_5P_3O_{10}$  – 6,  $H_6P_4O_{13}$  – 1.

Использованы следующие минеральные порошки (МП): известняковый, содержание  $CaCO_3$  – 99 %; удельная поверхность  $410 \text{ м}^2/\text{кг}$ ; истинная плотность –  $2710 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; средняя плотность под нагрузкой 40 МПа –  $1885 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; пористость – 30,5 %, битумоемкость – 50 %; доломитовый, содержание  $CaO$  – 37 %,  $MgO$  – 22,6 %;

удельная поверхность  $455 \text{ м}^2/\text{кг}$ ; истинная плотность –  $2840 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; средняя плотность под нагрузкой 40 МПа –  $1620 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; пористость – 43 %, битумоемкость – 67,8 %; кварцевый, содержание  $SiO_2$  – 99,25 %,  $Al_2O_3$  – 0,43 %,  $FeO$  – 0,32 %; истинная плотность –  $2750 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; средняя плотность под нагрузкой 40 МПа –  $1760 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; пористость – 36 %, битумоемкость – 47,6 %.

Щебень и песок получены дроблением и рассевом гранита Караньского карьера (Донецкая область) со следующими показателями качества: дробимость – 6,2 % (марка щебня по прочности – 1400); истираемость щебня в полочном барабане – 2,3 % (И-Г); насыпная плотность щебня –  $1410 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; истинная плотность –  $2670 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; морозостойкость  $F > 200$  циклов; содержание зерен лещадной и игольчатой формы – 6,5 %.

Для исследования принят мелкозернистый асфальтобетон (тип Б).

В работе, кроме стандартных, использован ряд специальных приборов и методов исследования: динамическая циклическая усталость изучена на разработанном авторами и аттестованном приборе; процессы на поверхности раздела фаз «этиленглицидилакрилат – известняковый минеральный порошок» изучены с использованием сканирующей калориметрии (ДСК-912 в составе термоаналитического комплекса Du Pont 9900); инфракрасные спектры получены на двухлучевом спектрофотометре «Spekord»; эффективную вязкость определяли на ротационном вискозиметре «Реотест 2.1».

### Экспериментальные результаты и их интерпретация

Суммарный процесс старения нефтяного дорожного битума рассматривался как результат двух параллельных процессов: термостарения (ТС), которое идет под действием повышенной температуры без участия кислорода (при температуре производства асфальтобетонных смесей) и термоокислительного старения (ТОС) под действием повышенных температур и кислорода воздуха. Для разделения вкладов ТС и ТОС провели старение битума БНД 40/60 при  $180^\circ\text{C}$  в течение 5 и 10 часов в плотно закрытых алюминиевых бюксах (в слое толщиной  $\delta = 35 \text{ мм}$ ) и в открытых чашках Петри (в слое толщиной  $\delta = 2 \text{ мм}$ ). Влияние температуры и кислорода воздуха оценивали по изменению массы битум-

ма, его группового химического состава, пенетрации и температуры размягчения.

Как следует из данных табл. 1, в закрытом бюксе при ограниченном доступе воздуха доминируют процессы присоединения кислорода.

Этот процесс имеет явно выраженный индукционный период (4–5 ч и более). При свободном доступе кислорода воздуха преобладают деструктивные процессы. Определена средняя скорость ( $\bar{Q}$ ) ( $\bar{Q} = \Delta m_n / t$ , г/см<sup>2</sup>·г) процесса присоединения кислорода ( $\bar{Q}_+$ ) и уменьшения массы битума при термоокислительном старении ( $\bar{Q}_-$ ) (табл. 2).

Вклад окислительных процессов оценивается как  $\bar{Q}_{\text{ТО}} = \bar{Q}_- + \bar{Q}_+$ .

Как следует из данных, приведенных в табл. 2 и 3, свободный доступ кислорода воздуха способствует созданию и накоплению свободных радикалов, о чем свидетельствует увеличение концентрации асфальтенов (основных носителей парамагнитных центров в битуме). Накопление асфальтенов проявляется в снижении пенетра-

ции, повышении температуры размягчения и потере битумом вяжущих свойств.

Установлено, что молекулярная масса и растворяющая способность масел по отношению к смолам и асфальтенам снижается, а молекулярная масса смол за счет спиртобензольных смол повышается.

Выделенные методом адсорбционной хроматографии масла и фракция петролейно-бензольных смол исследованы методом инфракрасной спектроскопии (ИК) в области 3 600–700 см<sup>-1</sup> методом раздавленной капли (рис. 1).

Разветвленность парафиновых цепей оценивали по отношению оптических плотностей полос поглощения 1 380 см<sup>-1</sup> ( $\delta_{\text{CH}_2}$ ) и 1 460 см<sup>-1</sup> ( $\delta_{\text{CH}_2}$ )  $A_{\text{pn}} = D_{1380} / D_{1460}$ , концентрацию ароматических структур определяли отношением оптических плотностей полос поглощения 1 600 см<sup>-1</sup> ( $\nu_{\text{c-c}}$  ароматического кольца) и 1 460 см<sup>-1</sup>  $A_{\text{ap}} = D_{1600} / D_{1460}$ , а концентрацию кислородсодержащих структур по отношению  $D$  полос поглощения 1 700 см<sup>-1</sup> ( $\nu_{\text{c=O}}$ ) и 1 460 см<sup>-1</sup>  $A_0 = D_{1700} / D_{1460}$ .

Таблица 1. Изменение массы образцов битума в процессе термостатирования при 180 °С

Способ термостатирования и время	Изменение массы, % к исходной навеске, $\Delta m$	Удельное изменение массы, $\Delta m_y$ , г/см <sup>2</sup> поверхности за период термостатирования
1. Закрытый бюкс ( $\delta = 35$ мм) без доступа воздуха		
5 ч	–	–
10 ч	–	–
2. Закрытый бюкс ( $\delta = 35$ мм) с ограниченным доступом воздуха		
5 ч	+0,016	$+4,2 \cdot 10^{-4}$
10 ч	+0,193	$+5,1 \cdot 10^{-3}$
3. Открытая чашка Петри ( $\delta = 2$ мм)		
5 ч	–1,25	$-2,56 \cdot 10^{-3}$
10 ч	–1,57	$-3,21 \cdot 10^{-3}$

\*) (+) увеличение массы; (–) уменьшение массы.

Таблица 2. Средняя скорость процессов при термоокислительном старении битума (180 °С)

Интервал времени, ч	$\bar{Q}_+$ , г/см <sup>2</sup> ·ч	$\bar{Q}_-$ , г/см <sup>2</sup> ·ч	$\bar{Q}_{\text{ТО}}$ , г/см <sup>2</sup> ·ч
0–5	$+0,84 \cdot 10^{-4}$	$-0,59 \cdot 10^{-3}$	$-0,51 \cdot 10^{-3}$
5–10	$+0,94 \cdot 10^{-3}$	$-1,07 \cdot 10^{-3}$	$-0,13 \cdot 10^{-3}$

**Таблица 3.** Изменение пенетрации, температуры размягчения и группового химического состава (ГХС) битума БНД 40/60 в процессе старения при 180 °С

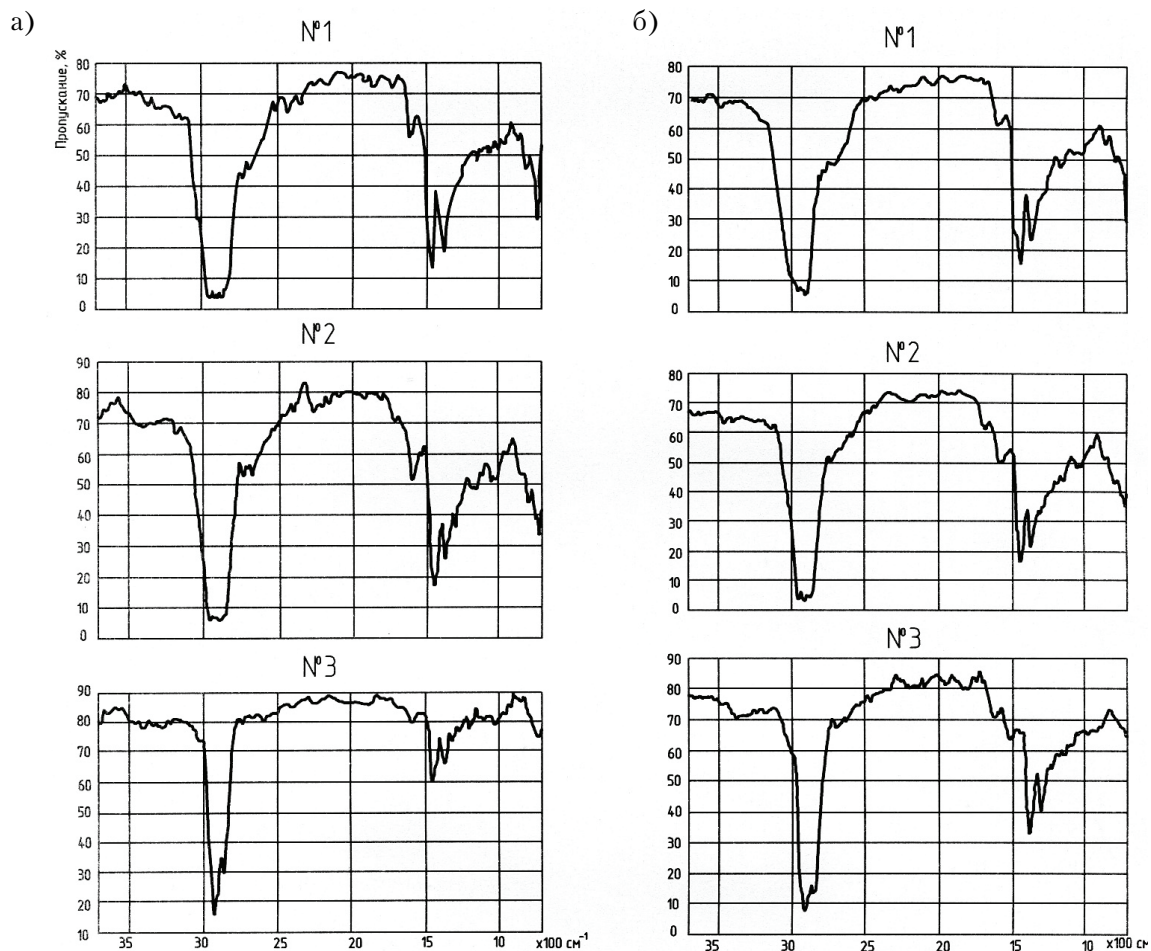
Наименование образца битума	Пенетрация (0,1мм)		Температура размягчения по КиШ, °С	Групповой химический состав							
	П <sub>25</sub>	П <sub>0</sub>		% к массе битума				% к массе масел		% к массе смол	
				масла	смолы	асфальтены	карбены и карбоиды	парафино-нафтеновые	ароматические	петролейно-бензольные смолы	спирто-бензольные смолы
Исходный	46	13	48	52,2	28,4	19,2	0,2	76,6	23,4	59,2	40,8
Состаренный в закрытом бюксе											
5 ч	45	11	49,5	50,9	29,1	19,8	0,2	64,8	35,2	71,4	28,6
10 ч	39	11	50,5	49,3	30,2	20,3	0,2	61,5	38,5	77,5	22,5
Состаренный в открытой чашке Петри											
5 ч	22	6	66	43,8	31,3	24,6	0,3	86,6	13,4	54,7	45,3
10 ч	20	4	70	39,5	32,2	27,9	0,4	93,2	6,8	49,8	50,2

Установлено, что при ТС накапливаются структуры с повышенной молекулярной массой, а при ТОС они частично деструктируют. Характерно, что в процессе ТС превалирует расход ароматических структур, а разветвленность парафинов не изменяется. Характер изменения разветвленности и содержания ароматики при ТОС свидетельствуют о том, что эти структуры одновременно и расходуются и генерируются. ТОС приводит к значительно большему повышению содержания смол и асфальтенов, чем ТС. При этом концентрация спиртобензольных смол растет, а петролейно-бензольных снижается.

Данные, приведенные в табл. 4, свидетельствуют о том, что процессы термоокислительной деструкции при 180 °С происходят более

интенсивно. Низкое значение  $\Delta m_y$  и невысокое значение эффективной энергии активации ( $E_m$ ) этих процессов свидетельствуют о наличии диффузионного контроля ТОС.

С уменьшением толщины слоя битума энергия активации  $E_m$  уменьшается: при  $\delta = 2,5$  мм,  $E_m = 80,6$  кДж/моль;  $\delta = 0,5$  мм,  $E_m = 56,8$  кДж/моль;  $\delta = 0,05$  мм,  $E_m = 40,4$  кДж/моль. Термоокислительное старение в тонких слоях при производстве асфальтобетонных смесей идет быстрее. Характер изменения  $E_m$  при переходе к тонким слоям битума также свидетельствует об усилении диффузионного контроля ТОС. Это может быть обусловлено ограничением доступа кислорода в реакционный объем. Скорость окисления в условиях избытка окисляемого вещества постоянна.



**Рисунок 1.** ИК-спектры хроматографических фракций, выделенных из: а) исходного битума и б) битума, состаренного при 180 °С в течение 10 ч в открытой чашке Петри: № 1 и № 2 – первая и последняя фракции масел; № 3 спиртобензольные смолы.

**Таблица 4.** Изменение (уменьшение) массы образцов битума БНД 60/90 ( $\Delta m_y$ ,  $\Delta m_{отн}$ ) при термоокислительном старении на воздухе в стационарном слое

Образцы состаренного битума	$\Delta m_y$ , г/см <sup>2</sup> при температуре		$\Delta m_{отн} = \frac{\Delta T_y^{180}}{\Delta T_y^{163}}$	$E_m$ , кДж/моль
	163 °С	180 °С		
Слой $\delta = 2,5$ мм				
– 5 ч	$-7,44 \cdot 10^{-4}$	$-1,72 \cdot 10^{-3}$	2,3	80,6
– 10 ч	$-14,76 \cdot 10^{-4}$	$-3,04 \cdot 10^{-3}$	2,1	71,8
– 20 ч	$-23,40 \cdot 10^{-4}$	$-5,05 \cdot 10^{-3}$	2,2	76,3
Слой $\delta = 0,5$ мм				
– 5 ч	$-7,09 \cdot 10^{-4}$	$-1,24 \cdot 10^{-3}$	1,8	56,8
Слой $\delta = 0,05$ мм				
– 5 ч	$-2,14 \cdot 10^{-4}$	$-3,25 \cdot 10^{-4}$	1,5	40,4

**Примечание:** В табл. 4 приняты следующие обозначения: 1 –  $\delta$  – толщина пленки битума, 2 – ТОС характеризуется удельным уменьшением массы образца,  $\Delta m_y$ .

Исследовано реологическое поведение состаренного битума БНД 40/60 при температуре 180 °С в течение 5 и 10 ч в слое толщиной  $\delta = 2,5$  мм в открытой чашке Петри при скоростях сдвига  $\dot{\gamma} = 0,556 \dots 4560 \text{ с}^{-1}$  при  $T = 80$  °С. Эффективная вязкость в широком диапазоне  $\dot{\gamma}$  описана степенной зависимостью-уравнением Освальда-Де-Вале:

$$\lg \eta = \lg \eta_1 - m \lg \dot{\gamma}, \quad (1)$$

где  $\eta_1$  – вязкость битума при  $\dot{\gamma} = 1 \text{ с}^{-1}$ ,  $m$  – коэффициент, который характеризует темп разрушения структуры органического вяжущего.

Предложены уравнения регрессии для реологических показателей состаренных битумов, например, для состаренного в чашке Петри 5 ч (ТОС), установлена регрессионная зависимость между предельным напряжением сдвига  $\tau_T$  и вязкостью неразрушенной структуры  $\eta_0$ :

$$\tau_T = 110 - 0,38(562 - \eta_0). \quad (2)$$

Установление корреляционной связи между  $\tau_T$  и  $\eta_0$  позволило идентифицировать структуры состаренных битумов, которые образуются при ТС и ТОС. Термическое старение упрочняет коагуляционный каркас неразрушенной структуры битума, а термоокислительное 180 °С / 5 ч – его частично разрушает и приближает битум к концентрированным растворам полимеров. ТОС происходит только в поверхностном слое. При этом не только растет концентрация асфальтенов, но и происходит их частичное растворение в мальтенах с образованием полимерподобной системы, вязкоупругое поведение которой существенно отличается от реологического поведения коагуляционных структур. Образуются более устойчивые структуры.

Предложена зависимость, устанавливающая связь вязкости исходного ( $\eta_B$ ) и состаренного ( $\eta_{CT}$ ) битумов с их молекулярными массами:

$$\lg \left( \frac{\eta_{CT}}{\eta_B} \right) = 3,4 \cdot \lg \left( \frac{M_{CT}}{M_B} \right). \quad (3)$$

Для описания старения нефтяных дорожных битумов введены индексы старения, характеризующие изменение пластических свойств, вязкости неразрушенной структуры, эффективной вязкости, аномалии вязкости.

Изучено старение нефтяного дорожного битума в бинарной системе «битум БНД 40/60

(100 м. ч.) – минеральный порошок (60 м. ч.)» в климатической камере ИП-1 при температуре 100 °С и ультрафиолетовом облучении при толщине слоя асфальтовяжущего вещества 1 мм в течение 200 ч.

Для контроля превращений битума использован метод ИК-спектроскопии. Исследованы следующие системы: исходный битум БНД 40/60; бинарная система «битум – МП» (хранилась 200 ч в закрытой таре); бинарная система «битум – МП» после 200 ч старения в чашке Петри; асфальтовяжущее вещество с введением антиоксиданта нафтам (2N – фенил-2- нафтиламин  $C_{16}H_{13}N$ ) после 200 ч старения в климатической камере ИП-1.

Сравнение спектров исходного битума и бинарных смесей «битум – МП» позволило обнаружить разницу в соотношении интенсивности полос поглощения  $\nu$  (2840  $\text{см}^{-1}$ ) и  $\nu$  (2910  $\text{см}^{-1}$ ) –  $\text{CH}_2$ – и  $\text{CH}_3$ – групп. Эти полосы – результат поглощения симметричных ( $\nu_{as}$ ) валентных колебаний (C–H) связей в этих группах:  $\nu_{as}(\text{CH}_2) = 2940\text{--}2915 \text{ см}^{-1}$ ;  $\nu_{as}(\text{CH}_3) = 2975\text{--}2950 \text{ см}^{-1}$ ;  $\nu_s(\text{CH}_2) = 2870\text{--}2950 \text{ см}^{-1}$ ;  $\nu_s(\text{CH}_3) = 2885\text{--}2860 \text{ см}^{-1}$ . Максимумы полос поглощения отвечают  $\nu_s$  (2840  $\text{см}^{-1}$ ) и  $\nu_{as}$  (2910  $\text{см}^{-1}$ ), а изменение отношения их интенсивностей может свидетельствовать об ограничениях одного из валентных колебаний вследствие изменения структуры молекул (создания пространственных конденсированных структур типа асфальтенов или формирования адсорбционно-сольватных слоев вяжущих на поверхности МП).

Действительно, отношение оптических плотностей полос поглощения при 2910  $\text{см}^{-1}$  и 2840  $\text{см}^{-1}$   $D_{\text{отн}} = D(2910 \text{ см}^{-1}) / D(2840 \text{ см}^{-1})$  изменяется для: битума исходного  $D_{\text{отн}} = 1,56$ ; для бинарной смеси «битум – МП» исходной  $D_{\text{отн}} = 1,60$ ; для бинарной смеси состаренной  $D_{\text{отн}} = 2,04$ ; для бинарной ингибированной состаренной смеси  $D_{\text{отн}} = 2,19$ .

Эти наблюдения находятся в согласии с изменением интенсивности тех характеристичных полос поглощения битума при старении бинарной смеси, которые характеризуют переход от масел к смолам и далее к асфальгенам, что сопровождается ростом  $D$  (720  $\text{см}^{-1}$ ),  $D$  (1600  $\text{см}^{-1}$ ) и  $D$  (1700  $\text{см}^{-1}$ ), и характеризуют изменение концентрации парафино-нафтеновых, ароматических углеводородов и карбонильных групп, соответственно, в маслах, смолах и асфальгенах битума.

Методом термогравиметрии в диапазоне 0–800 °С зафиксированы следующие физико-химические процессы, характеризующие термоокислительную деструкцию органических вяжущих, а именно: термоокислительная деструкция смол нефтяных дорожных битумов; взаимодействие продуктов термодеструкции между собой, а также с асфальтенами битума с образованием вторичных соединений конденсированной ароматики; термоокислительная деструкция вторичных продуктов.

Рассмотрение термограмм асфальтовяжущих веществ, содержащих известняковый минеральный порошок и антиоксидант – нафтам ( $C_{16}H_{13}N$ ), полученные в режиме линейного подъема температуры методом дифференциальной сканирующей калориметрии, свидетельствует о температурных переходах, которые можно интерпретировать как размораживание молекулярной подвижности отдельных элементов структуры нефтяного дорожного битума, а также частичной термодеструкции компонентов мальтеновой составляющей нефтяных дорожных битумов.

Характерно, что температуры этих переходов в асфальтовяжущих веществах, приготовленных при 160 °С для бинарных систем, содержащих  $C_{16}H_{13}N$ , смещаются в область более высоких температур в среднем на 1 °С.

При определении влияния температурно-временных факторов на технологическое старение в лабораторных условиях выполнено экспериментально-статистическое моделирование.

Факторами приняты:  $X_1$  – температура производства асфальтобетонной смеси (165 ± 15 °С);  $X_2$  – продолжительность производства асфальтобетонной смеси (9 ± 2 мин). Параметры оптимизации: предел прочности при сжатии при 0 °С ( $Y_1$ ),  $R_p$ , не более 8 МПа; предел прочности на раскол при 0 °С ( $Y_2$ ),  $R_p$ , не более 6 МПа, коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении ( $Y_3$ ),  $K_{вд}$ , не менее 0,85.

Регрессионный анализ выполнен с использованием программы Actat 2,0. Получены уравнения регрессии в виде полиномов, например, для предела прочности при сжатии при 0 °С, уравнение регрессии имеет вид полинома первой степени:

$$Y_1(x_1, x_2) = 7,9 + 0,44x_1 + 0,25x_2 - 0,04 x_1x_2. \quad (4)$$

Как следует из анализа уравнения регрессии (4), доминирующим фактором изменения пре-

дела прочности асфальтобетона является температура производства смеси, влияние которой в 1,76 раза выше времени производства асфальтобетонной смеси.

Установлена критическая температура нагрева компонентов горячих асфальтобетонных смесей (170 °С), при которой интенсифицируются процессы необратимых изменений в составе и структуре битума, и как следствие, свойства асфальтобетона. Характерно, что предел прочности на растяжение при изгибе при переходе к температуре производства 180 °С на 18% возрастает по сравнению с температурой приготовления асфальтобетонной смеси 150 °С и составляет при 20 °С,  $R_{изг}^{20} = 1,3$  МПа.

В то же время динамическая усталостная долговечность асфальтобетона, приготовленного при 180 °С, снижается на 18–20% по отношению к асфальтобетонам, приготовленным при 150 °С и 165 °С (рис. 2).

Интенсивность старения асфальтобетонных смесей при термостатировании в термосбункере и при транспортировании к месту устройства конструктивных слоев дорожных одежд изучали на образцах асфальтобетонных смесей, отобранных на асфальтобетонном заводе предприятия ООО «Данком» (г. Донецк).

Объектом исследования являлась асфальтобетонная смесь типа В, приготовленная на нефтяном дорожном битуме БНД 40/60 с адгезионной добавкой «АДБИТ-Р». Содержание битума в смеси 5,5% сверх 100% минеральных материалов. Температура производства асфальтобетонной смеси 165 °С. Время термостатирования в термосбункере 2 часа 45 минут; время транспортирования к месту устройства конструктивных слоев 1 час 30 минут.

Установлено, что температура асфальтобетонной смеси в термосбункере при 8–10 °С окружающей среды в течение 2 часов 45 минут термостатирования равна температуре производства. Расслаивание асфальтобетонной смеси и миграция битума по высоте бункера с 50 т смеси не зарегистрированы.

Смесь при транспортировании не накрывалась. Температура смеси перед укладкой составляла 131 °С.

Значение предела прочности при сжатии при 0 и 20 °С, при расколе при 0 °С и на растяжение при изгибе при 20 °С асфальтобетонных образцов после термостатирования и после транспор-



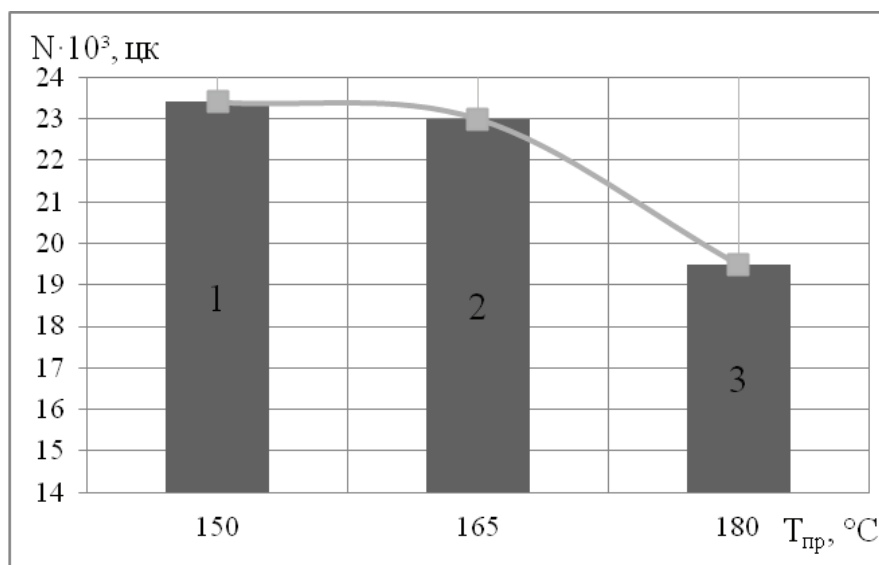
тирования возрастают, что свидетельствует о старении асфальтобетонных смесей на всех технологических этапах.

Характерно, что динамическая усталостная долговечность асфальтобетона в процессе технологического старения снижается (табл. 5).

Предложены способы получения термостабильных асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов, а именно: комплексной модификацией микроstructures асфальтобетона, а в частности битума комплексной добавкой, состоящей из бутадиенметилстирольного каучука 2–3 % и технической серы 30–40 % с одновременной активаци-

ей поверхности минерального порошка 0,5–1,0 % СКМС-30, а также комплексной модификацией микро-, мезо- и макроstructures асфальтобетона: нефтяного дорожного битума этиленглицидилакрилатом 2 % масс. в комбинации с полифосфорной кислотой ПФК-105 (0,2 % масс.) и поверхностной активацией песка, щебня и минерального порошка этиленглицидилакрилатом (0,7 % от массы минеральных материалов) [14, 15].

Асфальтобетонные смеси, модифицированные этиленглицидилакрилатом, имеют на порядок ниже интенсивность технологического старения, чем традиционные горячие асфальтобетоны.



**Рисунок 2.** Зависимость количества циклов  $N$  до усталостного разрушения горячего мелкозернистого асфальтобетона (тип Б) от температуры приготовления асфальтобетонной смеси  $T_{пр}$ : 1 – 150 °C, 2 – 165 °C, 3 – 180 °C соответственно.

**Таблица 5.** Результаты испытания асфальтобетонных образцов, приготовленных из асфальтобетонной смеси, которая прошла следующие технологические этапы

Технологические этапы	$R_{сж}$ , при 0 °C, МПа	$R_{сж}$ , при 20 °C, МПа	$R_{раск}$ , при 0 °C, МПа	$R_{изг}$ , при 20 °C, МПа	Усталостная долговечность, $N \cdot 10^3$ , цк
Исходная смесь, из асфальтосмесителя (А)	8,24	5,85	4,31	1,31	31
После термостатирования в термосбункере (Б)	8,93	6,16	4,37	1,64	30
После транспортирования к месту укладки в слой дорожной одежды (В)	9,45	6,27	4,53	1,92	27,7

Коэффициент теплового старения комплексно-модифицированного этиленглицидилакрилатом мелкозернистого асфальтобетона и асфальтополимерсеробетона после 1 200 часов прогрева в климатической камере ИП-1 при температуре 75 °С и ультрафиолетовом облучении составляют 1,15 и 1,25 соответственно, а горячего асфальтобетона  $K_{ст} = 1,5$ .

### Выводы

1. По изменению массы дорожного битума, пентрации, температуры размягчения, группового химического состава, средней скорости процессов присоединения кислорода воздуха в процессе термостарения (ТС) (в закрытом боксе в слое битума толщиной  $\delta = 35$  мм) и термоокислительного старения (ТОС) (в открытых чашках Петри в слое битума толщиной  $\delta = 2$  мм) при температуре 180 °С в течение 5 и 10 часов установлено, что доминирующей причиной старения нефтяного дорожного битума является термоокисление. ТОС приводит к значительно большей концентрации смол и асфальтенов, чем ТС.
2. С уменьшением толщины слоя битума энергия активации процессов ТОС снижается (при  $\delta = 2,5$  мм  $E_m = 80,6$  кДж/моль;  $\delta = 0,5$  мм  $E_m = 56,8$  кДж/моль;  $\delta = 0,05$  мм  $E_m = 40,4$  кДж/моль). Характер изменения  $E_m$  при переходе к тонким слоям битума свидетельствует о наличии диффузионного контроля процесса ТОС.
3. Предложены уравнения регрессии для реологических показателей состаренных битумов, что позволило идентифицировать структуры состаренных битумов, образующихся при ТС и ТОС (термическое старение упрочняет коагуляционный каркас неразрушенной структуры битума, а термоокислительное (180 °С / 5 часов) – его разрушает и прибли-

жает битум к концентрированным растворам полимеров).

4. С использованием метода экспериментально-статистического моделирования установлено, что влияние температуры производства на интенсивность технологического старения асфальтобетонной смеси в 1,76 раза выше времени производства смеси. Определена критическая температура производства асфальтобетонных смесей ( $T = 170$  °С) на окисленных битумах.
5. С учетом основных внутренних факторов, определяющих старение асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов, с целью повышения энергии активации процессов испарения, окисполиконденсации и диффузии в пористое пространство минеральных материалов компонентов нефтяных дорожных битумов, разработаны способы замедления старения асфальтобетонных смесей, а именно: комплексной модификацией микроструктуры асфальтобетона введением в нефтяной дорожный битум комплексной добавки (бутадиен-метилстирольный каучук СКМС-302–3 % мас. совместно с технической серой 30–40 % мас.) с одновременной поверхностной активацией минерального порошка 0,5–1,0 % мас. СКМС-30 из раствора в углеводородах); комплексной модификацией микро-, мезо- и макроструктуры асфальтобетона введением в нефтяной дорожный битум этиленглицидилакрилата (2 % мас.) в сочетании с полифосфорной кислотой ПФК-105 (0,2 % мас.) и поверхностной активацией минеральных материалов этиленглицидилакрилатом (0,7 % мас.). Асфальтобетоны с комплексно-модифицированной структурой в 10 раз более термостойкие в условиях технологической переработки и на 25–50 % в условиях эксплуатации, чем немодифицированные горячие асфальтобетоны.

### Литература

1. Базжин, Л. И. Исследование влияния минералогического состава и структуры минеральных порошков на старение асфальтового бетона [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Л. И. Базжин, ХАДИ. – Харьков, 1974. – 24 с.

### References

1. Bazzhin, L. I. Researches of the influence of mineralogical composition and structure of mineral dust on aging treatment of asphalt concrete: Ph.D. authors abstract: 05.23.05. Kharkov, 1974. 24 p. (in Russian)

2. Бахрах, Г. С. Учет процесса старения при проектировании состава битумо-минеральных смесей [Текст] / Г. С. Бахрах // Автомобильные дороги. 1973. № 9. С. 8–9.
3. Братчун, В. И. О некоторых закономерностях старения бетонных смесей и бетонов на органических вяжущих на примере дегтебетонов [Текст] / В. И. Братчун, Д. В. Гуляк, В. Л. Беспалов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного ун-та. Харьков: ХНАДУ, 2008. Вып. 40. С. 59–64.
4. Золотарев, В. А. Долговечность дорожных асфальтобетонов [Текст] / В. А. Золотарев. – Х. : Вища школа, 1977. – 116 с.
5. Органические вяжущие для дорожного строительства [Текст] : [учеб. пособие для студентов по направлению «Стр-во»] / С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, Е. В. Углова, О. К. Безродный. – Ростов-на-Дону : ДортрансНИИ : РГСУ : Юг, 2003. – 426 с. : ил. – ISBN 5-88094-054-3.
6. Колбановская, А. С. Дорожные битумы [Текст] : Монография / А. С. Колбановская, В. В. Михайлов. – М. : Транспорт, 1973. – 264 с.
7. Рыбьев, И. А. Асфальтовые бетоны [Текст] / И. А. Рыбьев. – М. : Высшая шк., 1969. – 399 с.
8. Углова, Е. В. Теоретические и методологические основы оценки остаточного усталостного ресурса асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог [Текст] : дис. на соиск. науч. степ. д-ра техн. наук : 05.23.11 : защищена 29.12.2009 : утв. 05.03.2009 / Е. В. Углова, Министерство образования и науки РФ, РГСУ. – Ростов-на-Дону, 2009. – 350 с.
9. Шестеркин, В. Д. Определение периода нормальной работы асфальтобетонного дорожного покрытия [Текст] / В. Д. Шестеркин // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1973. № 8. С. 133–136.
10. Durrieu, F. The influence of UV aging of a Styrene/Butadiene/Styrene modified bitumen: Comparison between laboratory and on site aging [Текст] / F. Durrieu, F. Farcas, V. Mouillet // Fuel. 2007. Vol. 86. P. 1446–1551.
11. Morgan, P. The Shell Bitumen Industrial Handbook [Текст] / P. Morgan, A. Mulder. – Surrey, U. K. : Shell Bitumen, 1995. – 338 p.
12. Petersen, J. A review of the fundamentals of asphalt oxidation: chemical, physicochemical, physical property, and durability relationships [Текст] / J. Claine Peterse. – Washington, DC : Transportation Research Board, 2009. – 68 p. – (Transportation Research E-Circular, no. E-C140).
13. ОДМ 218.03.20-2012. Методические рекомендации по обеспечению устойчивости битумов против старения в технологических процессах изготовления и применения асфальтобетонных смесей [Текст] / Федеральное дорожное агентство. – Москва : Росавтодор, 2012. – 38 с.
14. Теоретико-экспериментальные принципы получения дорожных бетонов на органических вяжущих повышенной долговечности с комплексно-
2. Bahrah, G. S. Account of the ageing process in the design of composition of bitumen and mineral mixes. In: *Highways*, 1973, No. 9, pp. 8–9. (in Russian)
3. Bratchun, V. I.; Guliak, D. V.; Bepalov, V. L. About some rules of aging treatment of concrete mixes and concrete onorganic binder as an example of tar-concrete. In: *Mercury of Kharkov Automobile Highway University*, 2008, Issue 40, pp. 59–64. (in Russian)
4. Zolotarev, V. A. Life duration of road asphalt concrete. Kharkov: High school, 1977. 116 p. (in Russian)
5. Piopolov, S. K.; Mardirosova, I. V.; Uglova, E. V.; Bezrodnyi, O. K. Bituminous binders for highway engineering. Textbook for students on «Civil Engineering». Rostov-on-Don: DортрансНИИ: RSSU: South, 2003. 426 p. ISBN 5-88094-054-3. (in Russian)
6. Kolbanovskaia, A. S.; Mihailov, V. V. Asphaltic paving materials. Monograph. Moscow: Transport, 1973. 264 p. (in Russian)
7. Rybev, I. A. Asphalt concretes. Moscow: High school, 1969. 399 p. (in Russian)
8. Uglova, E. V. Theoretic and methodological foundations of estimation of permanent fatigue life of concrete pavement of highways: Doctoral thesis: 05.23.11. Rostov-on-Don, 2009. 350 p. (in Russian)
9. Shesterkin, V. D. Determination of normal operating period of asphalt covering. In: *News of Higher Educational Institutions. Civil Engineering and Architecture*, 1973, No. 8, pp. 133–136. (in Russian)
10. Durrieu, F.; Farcas, F.; Mouillet, V. The influence of UV aging of a Styrene/Butadiene/Styrene modified bitumen: Comparison between laboratory and on site aging. In: *Fuel*, 2007, Vol. 86, pp. 1446–1551.
11. Morgan, P.; Mulder, A. The Shell Bitumen Industrial Handbook. Surrey, U. K.: Shell Bitumen, 1995. 338 p.
12. Petersen, J. A review of the fundamentals of asphalt oxidation: chemical, physicochemical, physical property, and durability relationships. Washington, DC: Transportation Research Board, 2009. 68 p. (Transportation Research E-Circular, no. E-C140).
13. ODM 218.03.20-2012. Evaluation guidelines for regarding maintenance of bitumen durability against aging treatment in engineering process of manufacturing and practice of asphalt mix. Moscow: Rosavtodor, 2012. 38 p. (in Russian)
14. Bratchun, Valery; Bepalov, Vitaly; Pakter, Mihail; Samoylova, Elena; Ahmed Talib Muttashar Muttashar; Gubar, Anton; Konnov, Nikolay; Gulyak, Denis. Theoretical experimental principles of receipt of pavement concretes on organic astringent increased longevity with complex modified mikrostructure. In: *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2012, Issue 2012–1(93): Current constructional materials, pp. 25–40. (in Russian)
15. Bratchun, V. I.; Bepalov, V. I.; Pakter, M. K.; Ahmed Talib Muttashar Muttashar Asphaltpolymer concrete, having complex modified microstructure. In: *Science and engineering in road industry sector*, 2013, No. 3, pp. 35–41. (in Russian)

модифицированной микроструктурой [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер [и др.] // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2012. Вип. 2012–1(93) : Сучасні будівельні матеріали. С. 25–40.

15. Асфальтополимербетоны с комплексно-модифицированной микроструктурой [Текст] / В. И. Братчун, В. И. Беспалов, М. К. Пактер, Ахмет Талиб Мутташар Мутташар // Наука и техника в дорожной отрасли. 2013. № 3. С. 35–41.

**Братчун Валерій Іванович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих і комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

**Пактер Михайло Костянтинович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих і комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

**Стукалов Олександр Анатолійович** – асистент кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: здобуття технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

**Беспалов Віталій Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: синтез органічних в'язучих для виробництва композиційних дорожньо-будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг підвищеної довговічності.

**Гуляк Денис Вячеславович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: здобуття технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежесткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

**Ромасюк Євген Олександрович** – аспірант кафедри автомобільних доріг та аеродромів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: отримання довговічних дорожніх асфальтових бетонів на основі модифікування органічних в'язучих та комплексного модифікування микроструктури бетонів.

**Братчун Валерій Іванович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

**Пактер Михаил Константинович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

**Стукалов Александр Анатольевич** – ассистент кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Беспалов Виталий Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: синтез органических вяжущих для производства композиционных дорожно-строительных материалов, используемых при строительстве конструктивных слоев нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности.

**Гуляк Денис Вячеславович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Ромасюк Евгений Александрович** – аспирант кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: получение долговечных дорожных асфальтовых бетонов на основе модифицирования органических вяжущих и комплексного модифицирования микроструктуры бетонов.

**Bratchun Valery** – D.Sc. (Engineering), Professor; Highways and Airdromes Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physical and chemical mechanics of technological and lasting road concretes for building of structural layers of non-rigid road coats on the basis of modification of organic astringent and complex microstructure modification of concretes; elaboration of effective technologies of processing of technogenous raw material in to the components of compositional materials.

**Pakter Mixail** – Ph.D. (Engineering), Associate Professor; Highways and Airdromes Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physical and chemical mechanics of technological and lasting road concretes for building of structural layers of non-rigid road coats on the basis of modification of organic astringent and complex microstructure modification of concretes; elaboration of effective technologies of processing of technogenous raw material in to the components of compositional materials.

**Stukalov Aleksandr** – assistant; Highways and Airdromes Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non-rigid travelling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

**Bespalov Vitaly** – Ph.D. (Engineering), Associate Professor; Highways and Airdromes Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: Synthesis of organic astringent for a production road-build materials of compositions, used for building of structural layers of non-rigid travelling clothes of highways of the promoted longevity.

**Gulyak Denis** – Ph.D. (Engineering), Associate Professor; Highways and Airdromes Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non-rigid travelling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

**Romasyuk Evgeny** – postgraduate student; Highways and Airdromes Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of no rigid travelling clothes based on retrofitting of organic astringent.