

УДК 625.855.3

**В. И. БРАТЧУН, М. К. ПАКТЕР, А. А. СТУКАЛОВ, В. Л. БЕСПАЛОВ, Д. В. ГУЛЯК**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГРУППОВОГО СОСТАВА ПРИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ СТАРЕНИИ ДОРОЖНОГО БИТУМА**

Предложена методика прогнозирования свойств и структуры стареющих нефтяных дорожных битумов, находящихся на поверхности частиц асфальтобетона в тонкой пленке (50 мкм) на этапах: производства асфальтобетонной смеси; хранения в термосбункере; транспортировки к месту укладки в слою жесткой дорожной одежды; ожидания, выгрузки в бункер асфальтоукладчика и укладки; уплотнения. Получены регрессионные зависимости между ростом концентрации масел, смол и асфальтенов (в изотермических условиях  $T = 180^\circ\text{C}$  при толщине пленки битума 2 см) и временем старения как в анаэробных условиях, так и при термоокислительном старении. Установлены средние скорости изменения каждого компонента группового химического состава при свободном доступе воздуха и его отсутствии. Рассчитаны энергии активации расщепления масел и образования смол и асфальтенов. Показано, что основной эффект, связанный с технологическим старением, обусловлен деградацией нефтяного дорожного битума в рабочем котле при традиционной технологии производства асфальтобетонных смесей.

**нефтяной дорожный битум, групповой химический состав (ГХС), старение битума, кинетика и закономерности изменения ГХС**

В последнее время уделяется повышенное внимание изменению свойств вяжущего при его технологической обработке в расходных емкостях в процессе приготовления асфальтобетонных смесей [1–3].

В ОДМ [4] приводится методика прогнозирования интенсивности старения вязких нефтяных дорожных битумов в тонкой пленке (50 мкм) в зависимости от продолжительности технологических процессов (в том числе и по изменению группового химического состава – ГХС).

В данной работе рассмотрены различия между технологическим старением и старением битума в тонкой пленке и приводится подход к прогнозированию изменения ГХС при технологическом старении битума на примере БНД 40/60.

Исходные данные по технологическим этапам приготовления и укладки асфальтобетонного (АБ) покрытия приведены в табл. 1 (вариант 1). Продолжительность  $t_1$  для этапа 1 принята по [1], температура – по [5]. Для этапов 2–5 эти параметры приняты по [4].

Рассмотрен также вариант 2 работы по технологии, отличающейся от варианта 1 отсутствием термоокислительного старения [2].

Последующие расчеты базировались на результатах экспериментального исследования термического (ТС – без доступа воздуха) и термоокислительного (ТОС – при свободном доступе воздуха) старения БНД 40/60 при  $180^\circ\text{C}$  в слое толщиной 2 мм [3]. Результаты приведены в табл. 2. Они описываются простыми уравнениями регрессии концентрации масел (СМ), смол (СС) и асфальтенов (СА) по времени ( $t$ ) с коэффициентами корреляции не ниже 0,96:

Для ТС:

$$\left. \begin{aligned} C_M &= 52,20 - 0,272t \\ C_C &= 28,40 + 0,155t \\ C_A &= 19,40 + 0,116t \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

**Таблица 1** – Технологические этапы приготовления и устройства АБ покрытий (вариант 1)

| № | Технологический этап<br>Наименование | Продолжительность<br>этапа $t_i$ , ч | Температура $T$ , °C |                  |                      | Доступ* <sup>1</sup> воздуха<br>(вид старения) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|--|
|   |                                      |                                      | в начале<br>этапа    | в конце<br>этапа | средняя<br>( $T_i$ ) |  |
| 1 | Приготовление АБ смеси               | 3,5                                  | 150                  | 150              | 150                  | + (ТОС)  |
| 2 | Хранение                             | 0,5                                  | 150                  | 150              | 150                  | - (ТС)   |
| 3 | Транспортировка                      | 0,5                                  | 150                  | 140              | 145                  | - (ТС)   |
| 4 | Ожидание, выгрузка и укладка         | 0,6                                  | 140                  | 130              | 135                  | - (ТС)   |
| 5 | Уплотнение                           | 0,4                                  | 130                  | 70               | 100                  | + (ТОС)  |

\*<sup>1</sup>) (+) – свободный доступ; (-) – затрудненный доступ или отсутствие доступа.

**Таблица 2** – Изменение ГСХ битума БНД 40/60 при свободном доступе воздуха в слое 2 мм (ТОС) и его отсутствии (ТС) при 180 °C

| Время<br>выдержки,<br>час | ГСХ, $C_x$ , % масс |       |       |         |       |       |
|---------------------------|---------------------|-------|-------|---------|-------|-------|
|                           | X (ТС)              |       |       | X (ТОС) |       |       |
|                           | М                   | С     | А     | М       | С     | А     |
| 0                         | 52,20               | 28,40 | 19,40 | 52,20   | 28,40 | 19,40 |
| 2                         | 51,68               | 28,71 | 19,61 | 48,07   | 29,81 | 22,12 |
| 3                         | 51,40               | 28,85 | 19,75 | 46,71   | 30,28 | 23,01 |
| 5                         | 50,07               | 29,11 | 20,02 | 43,80   | 31,31 | 24,89 |
| 10                        | 49,32               | 30,19 | 20,49 | 39,51   | 32,19 | 28,30 |

Для ТОС:

$$\left. \begin{aligned} C_M &= 0,083 \cdot t^2 - 2,090 \cdot t + 52,00 \\ C_C &= 0,037 \cdot t^2 + 0,761 \cdot t + 28,40 \\ C_A &= -0,044 \cdot t^2 + 1,321 \cdot t + 19,40 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для упрощения расчетов примем, что свободный доступ кислорода воздуха к поверхности битумных пленок имеет место на стадиях 1 и 5, т. е. имеет место ТОС. На остальных стадиях (табл. 1) имеет место ТС (по очевидным причинам доступ кислорода к битуму на этих стадиях существенно ограничен).

Сообразуясь с этим замечанием, средние скорости ( $v$ ) изменения концентраций каждого компонента ( $X = A, C, M$ ) на каждом этапе ( $i$ ) для 180 °C:

$$v_{ix} = \frac{\Delta C_{ix}}{\sum_i t_i}, \quad \%/\text{час}, \quad (3)$$

где  $\Delta C = |C_0 - C_i|$ ;

$C_0$  и  $C_i$  – исходная концентрация компонента  $X$  и концентрация к моменту окончания  $i$ -того этапа (т. е. к моменту времени  $\sum_i t_i$ ).

Величины  $C_i$  находим из уравнений (1 – для ТС) и (2 – для ТОС).

Полученные значения  $v_i$  (180 °C) пересчитали на  $v_i(T_i)$  в соответствии со средней температурой этапа  $T_i$  по табл. 1, используя уравнение Аррениуса:

$$v_i(T) = v_i(180^\circ\text{C}) \cdot \exp\left[-\frac{E_a}{8,31} \left(\frac{1}{T_i} - \frac{1}{453}\right)\right] \quad (4)$$

Энергию активации  $E_a$  расщепления масел приняли  $E_m = 47\,700$  Дж/моль, а образования смол и асфальтенов приняли  $E_{ac} = 43\,500$  Дж/моль [6].

Результаты расчетов сведены в табл. 3. Из этих данных следует, что для ТОС  $v_{ix}(T)$  располагаются в ряд:

$$v_M > v_A > v_C.$$

**Таблица 3** – Средние скорости изменения ГСХ БНД 40/60 на технологических этапах производства АБ

| № | $t_i$ , ч | $\sum_i t_i$ , ч | Средняя температура, $T_i$ , °С | Средние скорости $v_i$ (ТОС) |      |      |            |      |      | Средние скорости $v_i$ (ТС) |      |      |            |      |      |
|---|-----------|------------------|---------------------------------|------------------------------|------|------|------------|------|------|-----------------------------|------|------|------------|------|------|
|   |           |                  |                                 | $v_i(180\text{ °С})$         |      |      | $v_i(T_i)$ |      |      | $v_i(180\text{ °С})$        |      |      | $v_i(T_i)$ |      |      |
|   |           |                  |                                 | М                            | С    | А    | М          | С    | А    | М                           | С    | А    | М          | С    | А    |
| 1 | 3,5       | 3,5              | 150                             | 1,82                         | 0,63 | 1,19 | 0,80       | 0,28 | 0,52 | 0,28                        | 0,16 | 0,12 | 0,12       | 0,07 | 0,05 |
| 2 | 0,5       | 4,0              | 150                             | 1,77                         | 0,61 | 1,16 | 0,78       | 0,27 | 0,51 | 0,28                        | 0,16 | 0,12 | 0,12       | 0,07 | 0,05 |
| 3 | 0,5       | 4,5              | 145                             | 1,73                         | 0,59 | 1,14 | 0,66       | 0,23 | 0,43 | 0,28                        | 0,16 | 0,12 | 0,09       | 0,05 | 0,04 |
| 4 | 0,6       | 5,1              | 135                             | 1,68                         | 0,57 | 1,11 | 0,47       | 0,16 | 0,31 | 0,28                        | 0,16 | 0,12 | 0,07       | 0,04 | 0,03 |
| 5 | 0,4       | 5,5              | 100                             | 1,65                         | 0,56 | 1,09 | 0,14       | 0,05 | 0,09 | 0,28                        | 0,16 | 0,12 | 0,02       | 0,01 | 0,01 |

Аналогичный ряд для ТС отличается:

$$v_M > v_C > v_A.$$

При этом  $v_M = v_A + v_C$  и с понижением температуры значения  $v_C$  и  $v_A$  сближаются.

Относительные скорости  $v_x(\text{отн}) = \frac{v_x(\text{ТОС})}{v_x(\text{ТС})}$  располагаются в ряд:

$$v_A(\text{отн}) > v_M(\text{отн}) > v_C(\text{отн})$$

|        |      |     |      |
|--------|------|-----|------|
| этап 1 | 10,4 | 6,7 | 4,0  |
| этап 2 | 9,0  | 7,0 | 5,0. |

*Корректировка средних скоростей изменения ГСХ*

Приведенные в табл. 3 средние скорости для ТС  $v_{ix}(T_i)$  могут быть использованы для расчета изменения ГСХ в технологических этапах 2...4 (табл. 1), которые осуществляются при ограниченном доступе кислорода воздуха и условно рассматриваются нами как термическое (неокислительное) старение (ТС).

Однако для ТОС приведенные в табл. 3 значение  $v_{ix}(T_i)$  нуждаются в корректировке, поскольку табличные значения  $v_{ix}(T_i)$  относятся к ТОС в стационарном слое битума  $\delta = 2$  мм (режим покоя). Из работы [6] следует, что процесс ТОС протекает в более тонком поверхностном слое.

*Подход к корректировке  $v_{ix}$  на этапе 1* (приготовление АБ смесей) изложен в работе [1]: для перехода от режима покоя (п) к рабочему (р) режиму приготовления АБ смеси надо оценить соотношение объемов битума, доступных для диффузии кислорода в режиме покоя  $V_{п}$  и в рабочем режиме  $V_{р}$ . Принимая толщину диффузионного слоя одинаковой в обоих режимах, получим

$$\frac{v_p}{v_n} = \frac{S_p}{S_n}$$

где  $S_p$  и  $S_n$  – удельная поверхность битума ( $\text{м}^2/\text{кг}$ ) в рабочем режиме и покое.

Приведенная в [1] критериальная зависимость для вычисления  $S_p$  достаточно сложна. Поэтому для оценки соотношения  $v_p/v_n$  мы воспользовались результатами экспериментов на физической модели рабочего котла АБЗ [1], приведенными в табл. 4.

**Таблица 4** – Изменение показателей ( $Y = \Pi_{25}, T_p$ ) в модельных экспериментах (% к исходному значению)

| Режим испытаний                     | БНД 60/90        |              | БНД 90/130       |              |
|-------------------------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
|                                     | $\Delta\Pi_{25}$ | $\Delta T_p$ | $\Delta\Pi_{25}$ | $\Delta T_p$ |
| Покой (п)                           | 3                | 2            | 5                | 2            |
| Рабочий (р)                         | 20               | 6            | 40               | 4            |
| Отношение $\Delta Y_p / \Delta Y_n$ | 6,7              | 3,0          | 8,0              | 2,0          |

Экстраполируя приведенные в табл. 4 значения  $\Delta Y_p / \Delta Y_n$  на соответствующие показатели БНД 40/60, получим:  $\Delta\Pi_p / \Delta\Pi_n \approx 6$  и  $\Delta T_p / \Delta T_n = 4$ .

Предполагая для небольших изменений  $\Pi_{25}$  и  $T_p$  прямую пропорциональность изменения  $\Pi_{25}$  и  $T_p$  с изменением ГХС, запишем:  $v_p/v_n = 6...4$ , т. е. для этапа 1  $v_p = k_1 \cdot v_n$  и в среднем для ТОС на этапе 1  $k_1 = 5$ .

Для корректировки  $v_{5x}$  на этапе 5 надо оценить различие средних скоростей изменения ГХС  $v_x$  при 100 °С при ТОС в слое 2 мм (табл. 3) и в пленке битума на поверхности минеральных материалов. Расчетная средняя толщина битумной пленки на поверхности минеральных материалов в АБ составляет порядка 2 мкм [7].

Данные [4] позволяют оценить средние скорости изменения ГХС при 100 °С (ТОС) для БНД 40/60 в пленке  $\delta = 50$  мкм:

$$v_m \leq 1,5 \text{ \%}/\text{ч.}$$

Из табл. 3 аналогичное значение

$$v_{5m} = 0,14 \text{ \%}/\text{ч.}$$

т. е. можно принять, что средние скорости изменения ГХС битума в АБ будут не менее, чем в 10 раз, превосходить значение для этапа 5 (в табл. 3).

Однако оценить воздуходоступность поверхности битума в асфальтобетонной смеси затруднительно (вследствие слипания минеральных зерен). Т. к. большая часть поверхности битума изолирована, воздуходоступность его значительно меньше 100 %.

Т. е. коэффициент ТОС на этапе 5  $k_5 = 10$  представляет максимально возможное значение.

#### *Изменение ГХС при технологическом старении БНД 40/60*

Имея средние скорости изменения ГХС на каждом технологическом этапе, рассчитаем изменения ГХС согласно длительности этапов (табл. 1) для технологии по варианту 1.

Изменение содержания масел

$$\Delta C_m = \sum_{i=1}^5 \Delta C_{mi} = k_1 \cdot v_{1m} \cdot t_1 + v_{2m} \cdot t_2 + v_{3m} \cdot t_3 + v_{4m} \cdot t_4 + k_5 \cdot v_{5m} \cdot t_5. \quad (5)$$

Средние скорости  $v_{1m}$  и  $v_{5m}$  берем из табл. 3, согласно табл. 1 для ТОС; для  $v_{2m} \dots v_{4m}$  – из табл. 3 для ТС. Тогда

$$\Delta C_m = 5 \cdot 0,80 \cdot 3,5 + 0,12 \cdot 0,5 + 0,09 \cdot 0,5 + 0,07 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,14 \cdot 0,4 = 14,0 + 0,06 + 0,045 + 0,042 + 0,56 = 14,77 \text{ (\%)}$$

$$\Delta C_c = \sum_{i=1}^5 \Delta C_{ci} = k_1 \cdot v_{1c} \cdot t_1 + v_{2c} \cdot t_2 + v_{3c} \cdot t_3 + v_{4c} \cdot t_4 + k_5 \cdot v_{5c} \cdot t_5 = 5 \cdot 0,28 \cdot 3,5 + 0,07 \cdot 0,5 + 0,05 \cdot 0,5 + 0,04 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,05 \cdot 0,4 = 4,9 + 0,035 + 0,025 + 0,024 + 0,2 = 5,18 \text{ (\%)}$$

$$\Delta C_A = \sum_{i=1}^5 \Delta C_{Ai} = 5 \cdot 0,52 \cdot 3,5 + 0,05 \cdot 0,5 + 0,04 \cdot 0,5 + 0,03 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,09 \cdot 0,4 = 9,1 + 0,025 + 0,02 + 0,018 + 0,36 = 9,52 \text{ (\%)}$$

Округлим полученное значение до целых чисел, поскольку сделанные нами допущения (значения  $k_1$ ,  $k_5$  и др.) не позволяют рассчитывать на высокую точность результатов. Тогда для технологии по варианту 1 имеем данные, приведенные в табл. 5.

В технологии по варианту 2 этап 1 отсутствует. Для этого варианта

$$\Delta C_x = \sum_{i=2}^5 \Delta C_{xi} = v_{2x} \cdot t_2 + v_{3x} \cdot t_3 + v_{4x} \cdot t_4 + k_5 \cdot v_{5x} \cdot t_5.$$

Здесь  $v_{5m}$  соответствует ТОС,  $v_{2m} \dots v_{4m}$  – соответствуют ТС из табл. 3.

$$\Delta C_m = 0,12 \cdot 0,5 + 0,09 \cdot 0,5 + 0,07 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,14 \cdot 0,4 = 0,77 \text{ (\%)}$$

$$\Delta C_c = 0,07 \cdot 0,5 + 0,05 \cdot 0,5 + 0,04 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,05 \cdot 0,4 = 0,28 \text{ (\%)}$$

$$\Delta C_A = 0,05 \cdot 0,5 + 0,04 \cdot 0,5 + 0,03 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,09 \cdot 0,4 = 0,42 \text{ (\%)}$$

Результаты округляем (см. замечания к варианту 1), принимаем

$$\Delta C_m = \Delta C_A + \Delta C_c = 0,4 + 0,3 = 0,7 \text{ (\%)}$$

и заносим в табл. 5.

Как видно из табл. 5, основной эффект, связанный с технологическим старением, обусловлен деградацией битума в рабочем котле АБЗ при традиционной технологии приготовления АБ смесей (вариант 1).

Таблица 5 – Изменение ГХС при технологическом старении БНД 40/60

| Групповые компоненты | Исходная концентрация, % | Технологическое старение |      |           |      |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|------|-----------|------|
|                      |                          | Вариант 1                |      | Вариант 2 |      |
|                      |                          | ΔС, %                    | С, % | ΔС, %     | С, % |
| Масла                | 52,2                     | 15                       | 37,2 | 0,7       | 49,5 |
| Смолы                | 28,4                     | 5                        | 33,4 | 0,3       | 28,7 |
| Асфальтены           | 19,4                     | 10                       | 29,4 | 0,4       | 19,8 |

Если же реализовать технологический вариант 2, исключая циркуляцию битума, слив его на открытую поверхность и длительную выдержку при высоких температурах [2], то изменение ГХС будет незначительным.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илиополов, С. К. Старение битума в рабочем котле АБЗ [Текст] / С. К. Илиополов, Ю. Я. Никулин, С. С. Саенко // Дороги и мосты. – 2009. – Вып. 21/1. – С. 208–219.
2. Саенко, С. С. Пережиток прошлого. Способы усовершенствования технологии подачи битума в дозатор [Текст] / С. С. Саенко, Ю. Я. Никулин // Автомобильные дороги. – 2011. – № 7. – С. 84–85.
3. Технологическое старение дорожного нефтяного битума как двухфакторный процесс [Текст] / В. И. Братчун, М. К. Пактер, А. А. Стукалов [и др.] // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 2012. – Вип. 23. – С. 31–41.
4. ОДМ 218.3.020-2012. Методические рекомендации по обеспечению устойчивости битумов против старения в технологических процессах изготовления и применения асфальтобетонных смесей [Текст]. – Введен впервые. – М. : Росавтодор, 2012. – 38 с.
5. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів: підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / В. І. Братчун, В. О. Золотарьов, М. К. Пактер, В. Л. Беспалов; під редакцією д. т. н. В. І. Братчуна. – Макіївка-Харків : ДонНАБА, ХНАДУ, 2013. – 338 с. – ISBN 5-7763-0351-6.
6. Температурные зависимости процессов деградации вязких нефтяных дорожных битумов при их технологическом старении [Текст] / М. К. Пактер, В. И. Братчун, А. А. Стукалов, О. Н. Нарижная // Современные проблемы строительства : Ежегодн. науч.-техн. сб. – Донецк : ДП «Донецкий ПромстройНИИпроект», 2012. – № 15. – С. 74–80.
7. Викторенков, Я. В. Влияние granulometрии минерального порошка на состав и прочность асфальтобетона [Текст] / Я. В. Викторенков, Р. А. Голиков, М. К. Пактер // Современные проблемы строительства : Ежегодн. науч.-техн. сб. – Донецк : ДП «Донецкий ПромстройНИИпроект», 2012. – № 15. – С. 98–102.

Получено 03.12.2014

### В. І. БРАТЧУН, М. К. ПАКТЕР, В. Л. БЕСПАЛОВ, О. А. СТУКАЛОВ, Д. В. ГУЛЯК ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ГРУПОВОГО СКЛАДУ У РАЗІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СТАРІННЯ ДОРОЖНЬОГО БІТУМУ Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Запропоновано методику прогнозування властивостей і структури старіючих нафтових дорожніх бітумів, що знаходяться на поверхні частинок асфальтобетону у тонкій плівці (50 мкм) на етапах: виробництва асфальтобетонної суміші; зберігання в термосбункері; транспортування до місця укладання в шари нежорсткого дорожнього одягу; очікування, вивантаження в бункер асфальтоукладальника і укладання; ущільнення. Отримано регресійні залежності між зростанням концентрації масел, смол і асфальтенів (в ізотермічних умовах  $T = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$  при товщині плівки бітуму 2 см) і часу старіння як в анаеробних умовах, так і при термоокислювальному старінні. Встановлено середні швидкості зміни кожного компонента групового хімічного складу при вільному доступі повітря і його відсутності. Розраховано енергії активації витрачання масел і утворення смол і асфальтенів. Показано, що основний ефект, пов'язаний з технологічним старінням, обумовлений деградацією нафтового дорожнього бітуму у робочому котлі при традиційній технології виробництва асфальтобетонних сумішей.

**нафтовий дорожній бітум, груповий хімічний склад (ГХС), старіння бітуму, кінетика й закономірності зміни ГХС**

VALERY BRATCHUN, MIXAIL PAKTER, ALEKSANDR STUKALOV, VITALY BESPALOV, DENIS GULYAK  
PREDICT CHANGES IN THE GROUP COMPOSITION FOR TECHNOLOGICAL AGING ROAD BITUMEN

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

It has been suggested the method for predicting the properties and structure of road bitumen aging oil at the surface of the particles of asphalt concrete in a thin film (50 mkm) in steps: proizvodstva asphalt mix; storage bin in a thermos; transportation to the place of installation in a non-rigid pavement layers; waiting to unload the hopper asphalt paver and paving; seal. Regression relationship between increasing concentrations of the oils, resins and asphaltenes has been obtained (isothermal conditions  $T = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$  at a film thickness of bitumen 2 cm) and the aging time as anaerobic conditions, and in the thermal aging thermal-oxidative. The average rate of change of each component of the group of chemical composition with free access of air and its absence has been carried out. Activation energy consumption of oils and formation of resins and asphaltenes has been calculated. It is shown that the main effect associated with the process of aging is caused by the degradation of petroleum bitumen boiler in working with the traditional production technology of asphalt mixtures.

**oil road asphalt, chemical composition of the group (CCG), the aging**

**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 нежорсткого дорожнього одягу 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 нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

**Братчун Валерій Іванович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: физико-химическая механика технологических 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 технологических 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 технологических 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.

**Bratchun Valery** – DSc(Eng.), Professor, the Head of the Highways and Air Fields 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** – PhD (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields 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 Air Fields 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** – PhD (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields 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** – PhD (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields 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.