

УДК 691.16:662

**В. Л. БЕСПАЛОВ, С. Г. ГОШКО, Ю. Ю. ГОШКО, А. В. ГРИШКО**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ БЕТОНОВ,  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВТОРИЧНЫМИ КУБОВЫМИ ОСТАТКАМИ  
ФЕНОЛЬНО-АЦЕТОНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Аннотация.** В работе изучены закономерности изменения модуля упругости бетонов и связанных с ним характеристик, приготовленных с использованием модифицированных вторичных кубовых остатков фенольно-ацетонного производства в условиях близких к эксплуатационным. Частотная зависимость комплексного модуля упругости  $E^*$  мелкозернистого бетона на комплексном органическом вяжущем (вязкопластичный ВКОФАП, модифицированный 1,5 % мас. отсева поливинилхлорида (ОПВХ) и 30 % остатка дистилляции фталевого ангидрида (ОДФА)) при температурах: 1 – (-20 °С); 2 – (-10 °С); 3 – 0 °С; 4 – 10 °С; 5 – 20 °С; 6 – 30 °С; 7 – 40 °С; 8 – 50 °С – они имеют характер прямых в полулогарифмических координатах. Результаты исследования свидетельствуют о достаточно высоких критических напряжениях бетона с использованием комплексного органического вяжущего  $\sigma_{кр} = 0,7$  МПа. Следовательно, покрытия, построенные из бетонных смесей на комплексном органическом вяжущем, будут долговечными под действием транспортных нагрузок.

**Ключевые слова:** дорожный асфальтобетон, вязкопластичный вторичный кубовый остаток фенольно-ацетонного производства, модуль упругости, коэффициента пластичности.

**ПОСТАНОВКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ**

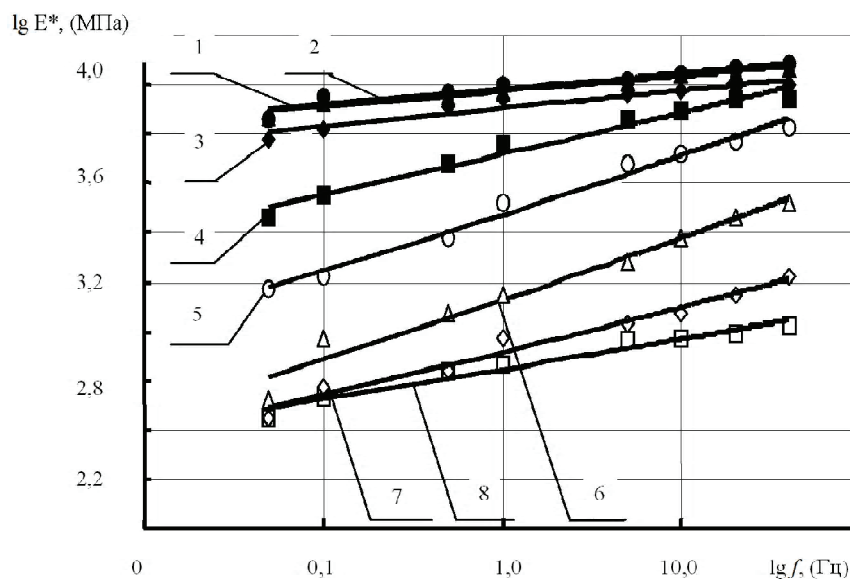
В работах [1, 2] показано, что вторичные кубовые остатки фенольно-ацетонного производства целесообразно использовать в качестве исходного сырья для получения композиционных органических вяжущих для производства дорожных бетонов. Для объективной оценки работы дорожных бетонов и степени воздействия на них различных факторов целесообразно исследовать их работоспособность при эксплуатации.

В работе изучены закономерности изменения модуля упругости и связанных с ним характеристик бетонов, приготовленных с использованием модифицированных вторичных кубовых остатков фенольно-ацетонного производства в условиях близких к эксплуатационным.

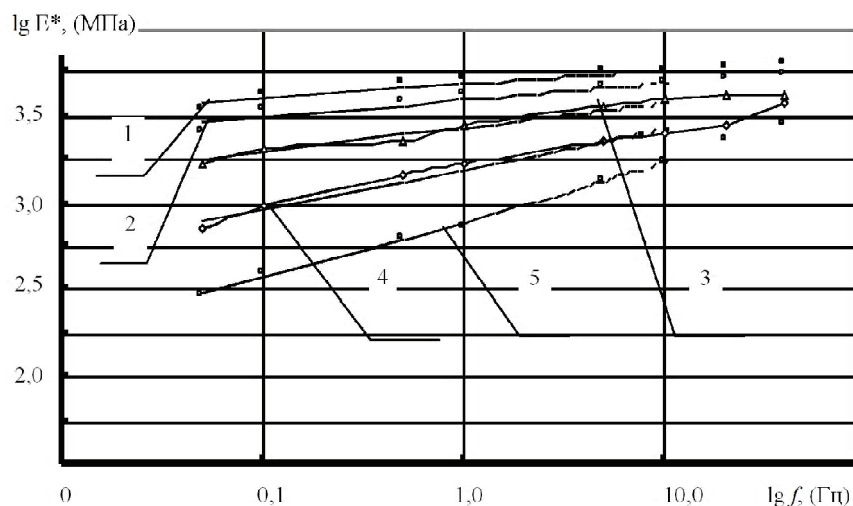
**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ**

Изменение модуля упругости исследовано в диапазоне температур  $T = -20...50$  °С и интервале частот деформирования  $f = 0,01...50$  Гц (определены методом синусоидальных воздействий на вибростенде, разработанном профессором В. А. Золотаревым в Харьковском национальном автомобильно-дорожном техническом университете [3]). Рассмотрение температурно-частотных зависимостей модулей упругости бетона (рис. 1 и 2) показывает, что они имеют характер прямых в полулогарифмических координатах.

В области низких и высоких температур интенсивность изменения модулей упругости минимальна. При температурах же переходных ( $T = +10$  °С...+ 30 °С, рис. 1 и  $T = 30...50$  °С, рис. 2) наблюдается максимальная зависимость модуля упругости от частоты деформирования и времени действия нагрузки. Такой характер изменения модулей упругости обусловлен релаксационным механизмом деформирования бетона и зависит от соотношения интенсивности релаксационных процессов и механического воздействия.



**Рисунок 1** – Частотная зависимость комплексного модуля упругости ( $E^*$ ) мелкозернистого бетона на комплексном органическом вяжущем (вязкопластичный ВКОФАП, модифицированный 1,5 % мас. отсева поливинилхлорида (ОПВХ) и 30 % остатка дистилляции фталевого ангидрида (ОДФА)) при температурах: 1 –  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 2 –  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 3 –  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 4 –  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 5 –  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 6 –  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 7 –  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 8 –  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

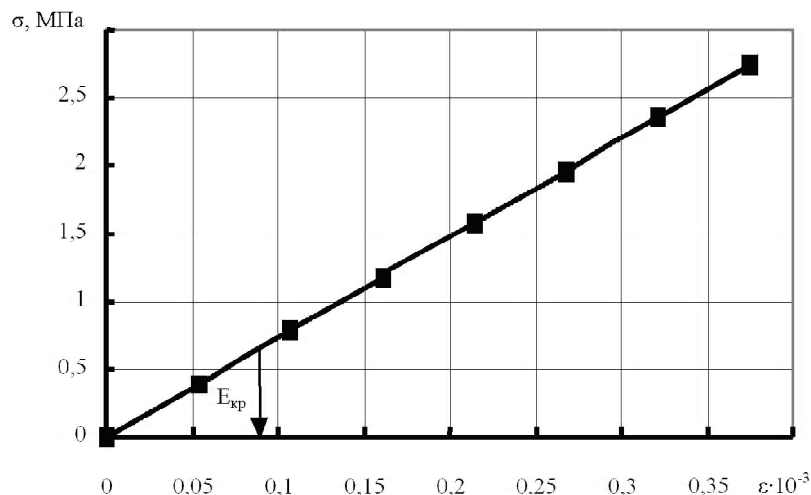


**Рисунок 2** – Частотная зависимость комплексного модуля упругости ( $E^*$ ) мелкозернистого бетона на компаундированном органическом вяжущем (пекоподобный ВКОФАП – 40 м.ч. и нефтяной дорожный битум БНД 40/60 – 60 м. ч.) при температурах: 1 –  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 2 –  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 3 –  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 4 –  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 5 –  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

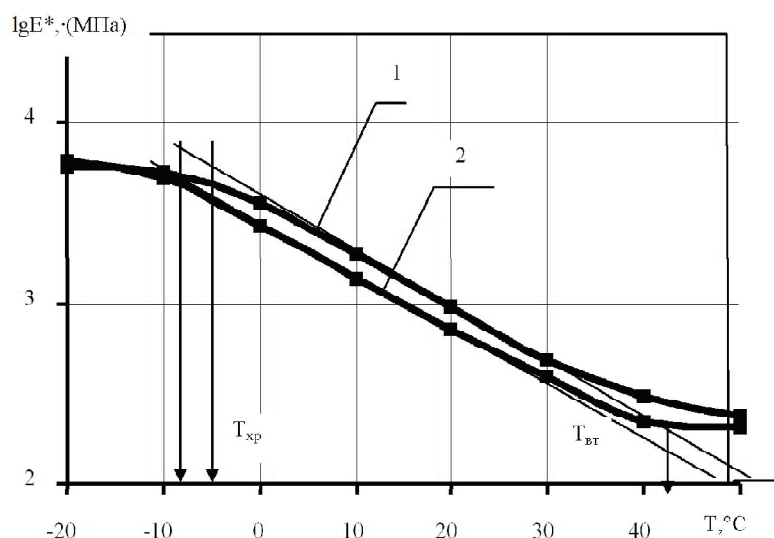
Данные, приведенные на рис. 3, свидетельствуют о достаточно высоких критических напряжениях бетона с использованием комплексного органического вяжущего  $\sigma_{кр} = 0,7\text{ МПа}$ . Следовательно, покрытия, построенные из бетонных смесей на комплексном органическом вяжущем, будут долговечными под действием транспортных нагрузок.

Зона вязкоупругого поведения бетонов определяется температурами перехода органических вяжущих в стеклообразное и вязкотекучее состояния (рис. 3, таблица) и равна для бетонов на комплексном органическом вяжущем –  $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на КОВ –  $71\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Коэффициент пластичности, используемый для оценки интенсивности изменения механических свойств бетонов, проходит через максимум (рис. 5, 6). В области низких температур (область температур стеклования) коэффициент пластичности качественно характеризует отношение времени испытания ко времени релаксации, а в области высоких положительных температур, развивающейся в направлении перехода к условно-равновесному состоянию, он представляет собой отношение времени релаксации ко времени испытания.



**Рисунок 3** – Зависимость между напряжением ( $\sigma$ ) мелкозернистого бетона и относительной деформацией ( $\epsilon$ ) при частоте деформирования 0,5 Гц и температуре 20 °С с применением комплексного органического вяжущего.



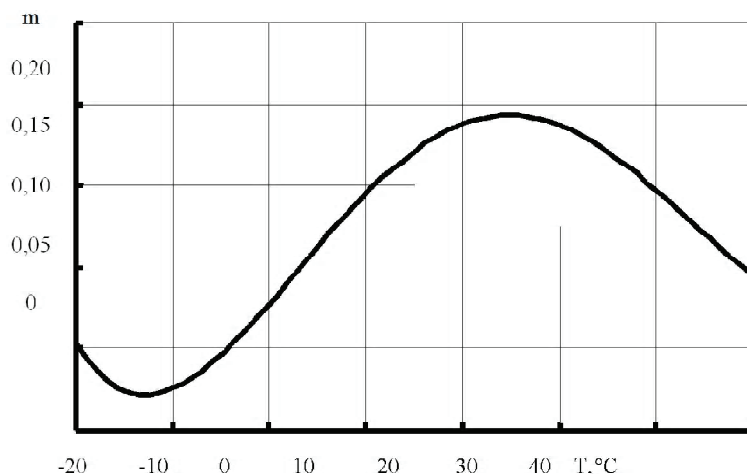
**Рисунок 4** – Температурная зависимость комплексного модуля упругости ( $E^*$ ) мелкозернистого бетона при частоте деформирования 0,05 Гц с использованием вяжущего: 1 – комплексное органическое вяжущее; 2 – компаундированное органическое вяжущее.

Максимальное значение коэффициента  $m$  характеризует переходную зону между этими состояниями и как следует из [3] может свидетельствовать о доле эластической составляющей в общей деформации бетона на органическом вяжущем, а также свидетельствует о состоянии бетонов на органических вяжущих, в которых оптимально сочетаются свойства упругого и вязкого тел.

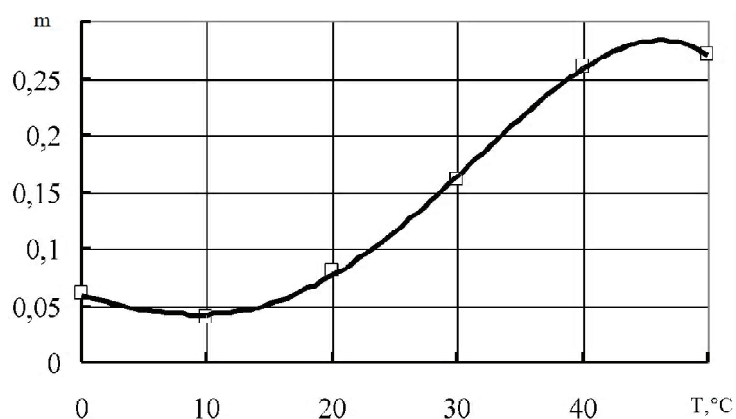
При выборе бетонов для эксплуатационных условий лучшим будет тот, у которого коэффициент пластичности в зоне стеклования имеет большее значение. С этой точки зрения бетоны как с использованием комплексного, так и компаундированного органических вяжущих проявляют одинаковую способность к пластической деформации в области отрицательных температур (рис. 5, 6, таблица).

## ВЫВОД

Бетоны, содержащие в своем составе комплексное органические вяжущие, характеризуются широким интервалом вязкоупругого поведения в покрытии дорожной одежды, повышенным сопротивлением сдвигу и динамическим модулем упругости в области положительных температур.



**Рисунок 5** – Температурная зависимость коэффициента пластичности (m) мелкозернистого бетона на комплексном органическом вяжущем.



**Рисунок 6** – Температурная зависимость коэффициента пластичности (m) мелкозернистого бетона на компаундированном органическом вяжущем.

**Таблица** – Деформационно-прочностные свойства бетонов на органических вяжущих

Наименование параметра	Температура определения, °C	Частота, Гц	Комплексное органическое вяжущее	Компаундированное органическое вяжущее	Традиционные органические вяжущие	
					Деготь $C_{10}^{50} = 75c$	Битум БНД 200/300
Модуль упругости $E \cdot 10^{-3}$ , МПа	50	0,5	0,400	–	0,233	0,083
	40	0,5	0,416	–	0,854	0,640
	30	0,5	0,737	–	1,475	0,200
	20	0,5	1,500	1,883	2,007	0,250
	10	0,5	3,020	2,167	4,100	0,765
	0	0,5	5,754	4,265	8,885	1,520
	-10	0,5	5,807	6,110	14,267	3,416
	-20	0,5	7,014	6,483	17,855	5,749
Относительная критическая деформация, $\epsilon_{кр} \cdot 10^4$	20	0,5	0,393	–	0,8	2,35
Условная температура стеклования, °C	–	0,05	-16,1	-12,3	–	–
Коэффициент температурной чувствительности, $\Delta \lg E / \Delta T$	–	0,1	0,020	0,0127	0,0263	0,0264
Коэффициент пластичности, m	20	–	0,2	0,08	0,13	0,21
	-20	–	0,04	–	0,43	0,38

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Братчун, В. И. ВКОФАП – Сырье компаундированных органических вяжущих / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов. – Текст : непосредственный // Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство на рубеже 3-го тысячелетия. – Харьков : ХГАДТУ, 2000. – С. 16–18.
2. Беспалов, В. Л. О получении модифицированных органических вяжущих из вторичного кубового остатка фенольно-ацетонового производства / В. Л. Беспалов. – Текст : непосредственный // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2000. Випуск 22. Композиційні матеріали для будівництва. – С. 58–61.
3. Золотарев, В. А. Долговечность дорожных асфальтобетонов / В. А. Золотарев. – Харьков : Вища шк., 1977. – 116 с. – Текст : непосредственный.
4. Братчун, В. И. Модифицированные дёгты и дёгтебетоны повышенной долговечности / В. И. Братчун, В. А. Золотарёв. – Макеевка : ДГАСА, 1998. – 226 с. – Текст : непосредственный.
5. Братчун, В. И. Повышение долговечности дегтебетонных покрытий / В. И. Братчун, В. Н. Ходун, А. Г. Доля. – Текст : непосредственный // Автодорожний комплекс України в сучасних умовах: Проблеми і шляхи розвитку. – Киев : ПВКП «Укртипроект», 1998. – С. 161–163.

Получена 16.01.2022

В. Л. БЕСПАЛОВ, С. Г. ГОШКО, Ю. Ю. ГОШКО, А. В. ГРИШКО  
ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ БЕТОНІВ,  
МОДИФІКОВАНИХ ВТОРИННИМИ КУБОВИМИ ЗАЛИШКАМИ  
ФЕНОЛЬНО-АЦЕТОНОВОГО ВИРОБНИЦТВА  
ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** В роботі вивчено закономірності зміни модуля пружності бетонів та пов'язаних з ним характеристик, приготованих з використанням модифікованих вторинних кубових залишків фенольно-ацетонового виробництва в умовах близьких до експлуатаційних. Частотна залежність комплексного модуля пружності  $E^*$  дрібнозернистого бетону на комплексному органічному в'язучому (в'язкопластичний ВКОФАП, модифікований 1,5 % мас. відсіву полівінілхлориду (ОПВХ) та 30 % залишку дистиляції фталевого ангідриду (ОДФА)) при температурах: 1 – ( $-20\text{ }^\circ\text{C}$ ); 2 – ( $-10\text{ }^\circ\text{C}$ ); 3 –  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ; 4 –  $10\text{ }^\circ\text{C}$ ; 5 –  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ; 6 –  $30\text{ }^\circ\text{C}$ ; 7 –  $40\text{ }^\circ\text{C}$ ; 8 –  $50\text{ }^\circ\text{C}$  – вони мають характер прямих у півлогарифмічних координатах. Результати дослідження свідчать про досить високу критичну напругу бетону з використанням комплексного органічного в'язучого  $\sigma_{кр} = 0,7\text{ МПа}$ . Отже, покриття, збудовані з бетонних сумішей на комплексному органічному в'язучому, будуть довговічними під дією транспортних навантажень.

**Ключові слова:** дорожній асфальтобетон, вторинний в'язкопластичний кубовий залишок фенольно-ацетонового виробництва, модуль пружності, коефіцієнта пластичності.

VITALY BESPALOV, SERGEY GOSHKO, YULIA GOSHKO, ALEXEY GRISHKO  
DETERMINATION OF THE EFFECTIVE WORKING TIME OF CONCRETES  
PREPARED ON MODIFIED SECONDARY CUBIC RESIDUES PHENOLIC-  
ACETONE PRODUCTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The paper studies the patterns of change in the modulus of elasticity of concrete and related characteristics prepared using modified secondary bottoms of phenol-acetone production under conditions close to operational. Frequency dependence of the complex modulus of elasticity  $E^*$  of fine-grained concrete on a complex organic binder (viscous-plastic VKOFAP, modified with 1.5 wt. % polyvinyl chloride screenings (OPVC) and 30 % phthalic anhydride distillation residue (PDPA)) at temperatures: 1 – ( $-20\text{ }^\circ\text{C}$ ); 2 – ( $-10\text{ }^\circ\text{C}$ ); 3 –  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ; 4 –  $10\text{ }^\circ\text{C}$ ; 5 –  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ; 6 –  $30\text{ }^\circ\text{C}$ ; 7 –  $40\text{ }^\circ\text{C}$ ; 8 –  $50\text{ }^\circ\text{C}$  – they have the character of straight lines in semi-logarithmic coordinates. The results of the study indicate sufficiently high critical stresses of concrete using a complex organic binder  $\sigma_{cr} = 0.7\text{ MPa}$ . Consequently, coatings built from concrete mixes based on a complex organic binder will be durable under the action of traffic loads.

**Key words:** road asphalt concrete, viscoplastic secondary cubic residue of phenol-acetone production, modulus of elasticity, coefficient of plasticity.

**Беспалов Виталий Леонидович** – доктор технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия 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.

**Гошко Сергей Геннадьевич** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Гошко Юлия Юрьевна** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Гришко Алексей Викторович** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Беспалов Віталій Леонідович** – доктор технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія 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.

**Гошко Сергій Геннадійович** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

**Гошко Юлія Юрійвна** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

**Гришко Олексій Вікторович** – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

**Bespalov Vitaly** – D. Sc. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: synthesis of organic binders for the production of composite road-building materials used in the construction of structural layers of non-rigid road coverings of highways of increased durability.

**Goshko Sergey** – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

**Goshko Yulia** – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

**Grishko Alexey** – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.