

УДК 625.855.3

**И. И. БИЗИРКА <sup>а</sup>, Г. Я. ДРОЗД <sup>б</sup>**

<sup>а</sup> Луганский национальный аграрный университет, <sup>б</sup> Донбасский государственный технический университет

## **АСФАЛЬТОБЕТОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА ИЗ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД**

Исследованиями установлено, что органо-минеральный порошок (ОМП) из осадков сточных вод (ОСВ) оказывает на битум значительно большее структурирующее влияние, чем порошки из золы и кварцевого песка. Использование ОМП позволяет получить асфальтобетон с высокими физико-механическими характеристиками, не уступающими характеристикам асфальтобетона на известняковом минеральном порошке. В результате прочного сцепления адсорбционной пленки вяжущего с ОМП и поверхностью заполнителя, возникающей из-за протекающих на поверхности раздела хемосорбционных процессов, увеличивается длительная водоустойчивость, морозостойкость и термостойкость асфальтобетонных образцов, что позволяет прогнозировать хорошую сопротивляемость асфальтобетона агрессивным воздействиям воды, положительных и отрицательных температур в покрытии автомобильных дорог.

**битум, осадок сточных вод, минеральный порошок, утилизация, сырьевая база, асфальтобетон**

### **ПРОБЛЕМА И ЕЕ СВЯЗЬ С НАУЧНЫМИ И ПРАКТИЧЕСКИМИ ЗАДАЧАМИ**

Материалы техногенного происхождения являются сравнительно дешевым и часто уже подготовленным сырьем для стройиндустрии, что определяет снижение энергетических и материальных затрат [1]. Объемы техногенного сырья, такого как осадки сточных вод (ОСВ), велики и постоянно увеличиваются, поэтому его использование является важнейшей государственной задачей.

Учитывая, что осадок сточных вод является практически подготовленным материалом для асфальтобетона, его можно рассматривать как сырьевую базу для получения дисперсного органо-минерального порошка.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Первые попытки использования ОСВ были предприняты в Беларуси в конце прошлого столетия для приготовления асфальтобетонных смесей: эмульсионных, горячих, холодных, теплых [2–4].

Наиболее полно вопрос утилизации ОСВ в асфальтобетон освещен в работе [5]. В ней показана возможность использования органо-минерального отхода в качестве аналога минерального порошка асфальтобетона. В работе [6] обоснованы эффективность и конкурентоспособность использования ОСВ в асфальтовом вяжущем. В связи с наличием в органо-минеральном порошке органической составляющей представляет интерес его соответствия требованиям, предъявляемым ДСТУ [7] к минеральным порошкам.

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Выполнить теоретическое и экспериментальное обоснование получения из осадков сточных вод минерального порошка для производства дорожных асфальтобетонных смесей на основе установления закономерностей формирования структуры и свойств асфальтобетонов, отвечающих нормативным требованиям.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований использовались следующие материалы: депонированный в течение 10 лет ОСВ Октябрьских очистных сооружений г. Луганска, щебень и отсев дробления известняка, щебень и отсев дробления гранита, известняковый минеральный порошок, органо-минеральный порошок из ОСВ, зола ОСВ, песчаный порошок, нефтяной битум марки БНД 60/90 Лисичанского НПЗ.

Экспериментальные исследования проводились по двум направлениям:

1. Исследование свойств органо-минерального порошка на основе осадка сточных вод и его взаимодействие с битумом;
2. Исследование свойств асфальтобетона с использованием органо-минерального порошка из осадков сточных вод.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Осадки сточных вод – это конечный продукт очистки сточных вод. Общий объем накопленных отходов оценивается в пределах 0,5–1,0 млрд т.

Депонированные осадки сточных вод (ОСВ) в естественном состоянии на площадках складирования имеют темно-бурый цвет, характеризуются естественной влажностью 18–60 %, реакция солевой вытяжки  $\text{pH} = 6,95\text{--}7,55$ . В высушенном при  $105^\circ\text{C}$  осадки имеют показатель истинной и насыпной плотности:  $\rho_{\text{ист}} = 2,10\text{--}2,31 \text{ г/см}^3$  и  $\rho_{\text{насып.}} = 0,75 \text{ г/см}^3$ .

Осадки сточных вод – полидисперсная система с содержанием частиц различной фракции.

Согласно химическому анализу, осадок состоит из минеральной и органической составляющей, а также в нем присутствует небольшое количество тяжелых металлов.

Как следует из рентгенофазового анализа, минеральная часть осадков представлена преимущественно алюмосиликатами (монтмориллонит, каолинит, гидрослюда), карбонатами, кварцем и кремнеземом, то есть типичным набором элементов глинистых грунтов.

В осадке также присутствует и органическая составляющая, представленная преимущественно сложным гумусо-лигнинным комплексом, сложными жироподобными органическими веществами, продуктами биораспада прочих органических веществ. Установлено, что алюмосиликаты, органическое вещество и битум имеют отрицательно заряженную поверхность, однако наличие в составе осадка сточных вод тяжелых металлов обуславливает их общее взаимодействие посредством катионных мостиков (рис. 1). В результате образуются прочные хемосорбционные и адгезионные связи между отдельными частицами, что и является теоретическими предпосылками получения прочного органо-минерального вяжущего.

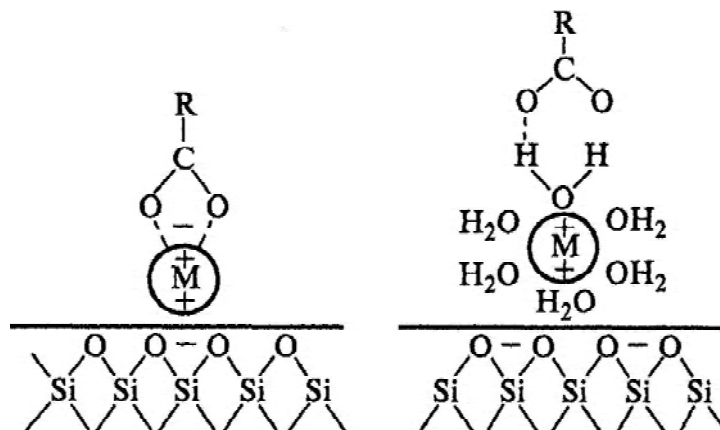


Рисунок 1 – Образование минералоорганических соединений посредством катионных мостиков.

В почвоведении продукт взаимодействия органического и минерального вещества называют органо-минеральным соединением или органо-минеральным веществом. На основании этого техногенный порошковый отход – осадок сточных вод, состоящий из комплекса минеральных и органических веществ и набора химических элементов в виде металлов назовем органо-минеральным порошком (ОМП).

В результате исследования асфальтовяжущих на битуме БНД 60/90 и различных порошков (известняк с основными свойствами поверхности, кварцевого песка, золы и органо-минерального порошка из осадка сточных вод) установлено, что органическая составляющая и тяжелые металлы органо-минерального порошка придают органо-минеральному вяжущему свойства не хуже, а порой даже лучше, чем на известняковом минеральном порошке (табл. 1). Это подтверждается меньшей набухаемостью, меньшим коэффициентом теплоустойчивости, и органо-минеральный порошок занимает промежуточное положение между известняками с основным характером поверхности и золой с кислым характером поверхности.

Таблица 1 – Физико-механические свойства асфальтовяжущего

Наименование показателей	Минеральный материал			
	Органо-минеральный порошок из ОСВ	зола	кварцевый песок	известняк
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2 180	1 900	2 220	2 100
Водонасыщение, %	2,33	2,55	2,95	1,95
Набухание, %	0,80	2,60	2,80	2,01
Предел прочности при сжатии, МПа, при 50 °С 20 °С	2,9	2,6	2,1	2,2
	5,6	6,1	5,6	6,6
Показатель битумоемкости, г	60	75	71	57
Коэффициент теплоустойчивости $R_{20}/R_{50}$	1,93	2,35	2,69	3,00
Прочность при сжатии, МПа, в водонасыщенном состоянии при 20 °С	4,5	4,5	3,8	5,5
	0,83	0,73	0,69	0,83
Водостойкость	0,83	0,73	0,69	0,83

Результаты исследования взаимодействия минеральных материалов (известняк, ОМП, зола и песок) свидетельствует о хорошей адгезии битума к органо-минеральному порошку. Исследование структурирующей роли минерального порошка в битумо-минеральных смесях проводилось по изменению предельного напряжения сдвига (рис. 2).

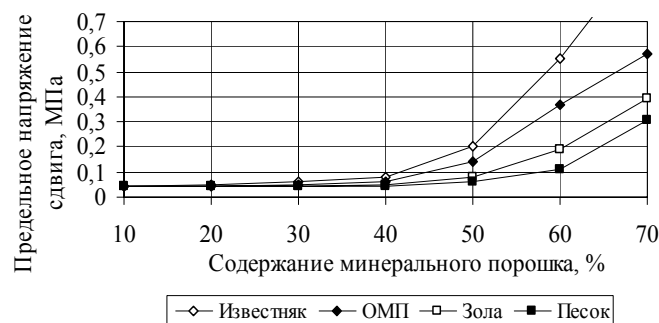


Рисунок 2 – Зависимость предельного напряжения сдвига асфальтовяжущего вещества от вида и содержания минерального порошка.

Из рисунка 2 следует, что в асфальтовяжущем наиболее интенсивно структурирует битум известняковый минеральный порошок, затем порошок из органо-минерального порошка, далее – из золы.

В таблице 2 приведены физико-механические свойства асфальтобетона одинакового состава, но с различным содержанием 4–8 % минерального и органо-минерального порошка. Сравнимые асфальтобетоны на различных порошках свидетельствуют, что оба бетона соответствуют требованиям ДСТУ, но составы на органо-минеральном порошке по показателю набухаемости и прочности при 50 °С значительно превосходят асфальтобетон на традиционном минеральном порошке.

Сопоставляя влияние ОСВ и МП, необходимо отметить, что вид порошкового компонента (осадок и минеральный порошок) по прочностным показателям  $R_{20}$  практически аналогичны (несколько лучше минеральный порошок), однако порошок ОСВ снижает набухаемость образцов в сравнении с МП.

Таблица 2 – Физико-механические свойства асфальтобетонов с разным содержанием добавок ОСВ

№ п/п	Состав асфальтобетона (плотный, тип Б)	Водонасыщение, %	Набухание, %	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре			Коэффициент водоустойчивости
				20 °С	50 °С	водонасыщ. сост.	
1	Щебень – 35 %; Песок из отсева дробления щебня – 65 %	0,6	0,12	6,40	2,05	5,56	0,87
2	Щебень – 35 %; Песок из отсева дробления щебня – 63 %; Осадок с площадок складирования – 2 %	0,55	0,15	6,10	1,65	5,70	0,93
3	Щебень – 35 %; Песок из отсева дробления щебня – 61 %; Осадок с площадок складирования – 4 %	0,97	0,15	6,25	1,92	5,60	0,89
4	Щебень – 35 %; Песок из отсева дробления щебня – 59 %; Осадок с площадок складирования – 6 %	0,65	0,06	7,40	3,0	6,80	0,91
5	Щебень – 35%; Песок из отсева дробления щебня – 57%; Осадок с площадок складирования – 8 %	1,22	0,18	8,0	3,3	6,9	0,86
6	Щебень – 35 %; Песок из отсева дробления щебня – 61 %; Известняковый МП – 4 %	0,7	0,35	7,0	1,85	6,3	0,9
7	Щебень – 35 %; Песок из отсева дробления щебня – 59 %; Известняковый МП – 6 %	0,91	0,3	7,5	2,2	6,7	0,9
8	Щебень – 35 %; Песок из отсева дробления щебня – 57 %; Известняковый МП – 8 %	1,0	0,2	8,2	2,5	7,1	0,87
9	Требования ДСТУ Б В.2.7-119-2003 (марка II, верхние слои)	1,5–3,5	не более 0,85	2,4	1,2	–	не менее 0,85
10	Требования ДСТУ Б В.2.7-119-2003 (марка II, нижние слои)	не более 10	–	1,5	–	–	не менее 0,6

Асфальтобетон, подобно большинству других пористых строительных материалов, разрушается главным образом при длительном или периодическом увлажнении, а также в результате попеременного замораживания и оттаивания.

Значение водонасыщения (рис. 3) для асфальтобетона с известняком с ОМП значительно ниже, чем для асфальтобетонов на граните, что свидетельствует о высокой устойчивости структуры асфальтобетона с известняком с ОМП при длительном воздействии агрессивной среды (воды).

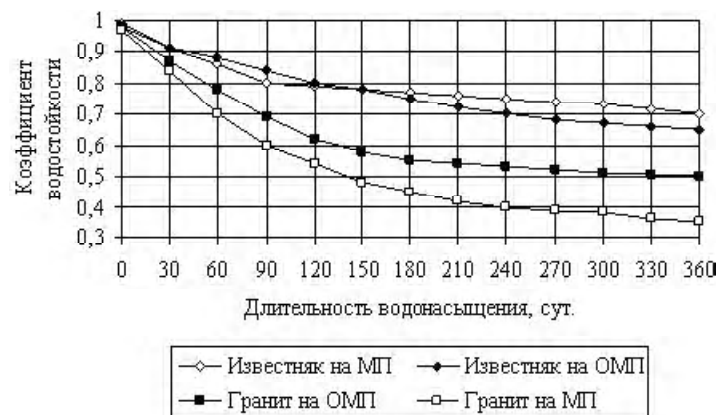
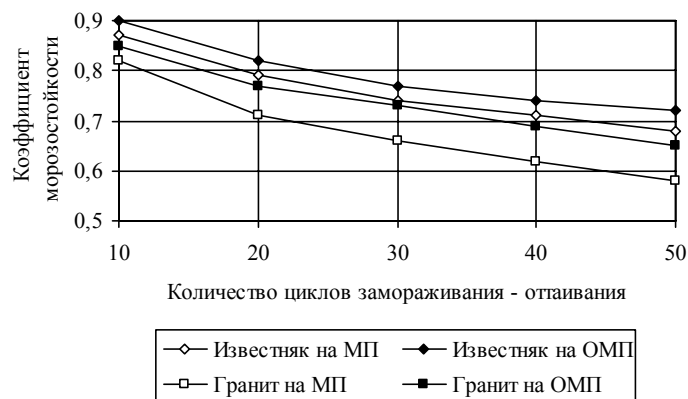


Рисунок 3 – Длительная водостойкость асфальтобетона типа Б на минеральных порошках.

Морозостойкость (коэффициент морозостойкости) (рис. 4) асфальтобетона с минеральной частью из известняка с ОМП оказались, также как и длительная водостойкость, выше, чем асфальтобетона с гранитным минеральным материалом. Для асфальтобетона на известии потеря прочности через 10 циклов замораживания-оттаивания составляет 14 %, а для асфальтобетона на граните – 10–12 %. Через 50 циклов – 31–35 и 38–42 % соответственно.



**Рисунок 4** – Коэффициент морозостойкости асфальтобетона типа Б на различных минеральных порошках.

Результаты исследований характеризуют более высокую коррозионную устойчивость битумо-минерального материала с использованием ОМП и позволяют прогнозировать хорошую сопротивляемость асфальтобетона агрессивным воздействиям водно-тепловых режимов в покрытии автомобильных дорог.

Апробация результатов научных исследований осуществлялась при устройстве экспериментального дорожного покрытия по ул. Малютин в г. Антрацит. Двухлетние наблюдения за опытным участком покрытия подтвердили его высокое качество, не уступающее (визуально) традиционному, а по физико-механическим показателям превосходящее аналог.

Экономический эффект от утилизации осадка сточных вод при производстве асфальтобетона составляет 17,42 грн. / т.

## ВЫВОДЫ

1. Теоретически и экспериментально обоснована возможность использования техногенного отхода – депонированных осадков сточных вод, количество которых в Украине оценивается в 0,5...1,0 млрд т, в качестве порошкового компонента асфальтобетонов.

2. Установлено, что органо-минеральный порошок из осадков сточных вод представляет собой соединение алюмосиликатных минералов (до 80 %) с органическим гумино-лигнинным комплексом (до 20 %), связанных между собой прочными хемосорбционными связями, имеющий развитую сорбционную поверхность за счет слоистого строения минеральной части и пористости органо-генного вещества. Наличие в сорбированном состоянии на поверхности частиц тяжелых металлов обуславливает образование основных потенциальных центров, способных к активному взаимодействию с анионоактивными компонентами органического вяжущего.

3. Методом конической пластометрии показано, что органо-минеральный порошок из ОСВ оказывает на битум значительно большее структурирующее влияние, чем минеральные порошки из золы и кварцевого песка, что объясняется более интенсивным его взаимодействием с битумом, благодаря структуре и свойствам его поверхности.

4. Асфальтобетон с органо-минеральным порошком характеризуется высокими физико-механическими характеристиками (ОМП 6 %;  $R_{20} = 7,4$  МПа,  $R_{50} = 3,0$  МПа, а МП 6 %;  $R_{20} = 7,5$  МПа,  $R_{50} = 2,2$  МПа), почти не уступающими асфальтобетонам на традиционном минеральном порошке и соответствуют требованиям ДСТУ Б В.2.7-119-2003.

5. Установлено, что введение ОМП в асфальтобетонную смесь приводит к увеличению механической прочности асфальтобетона при температурах 20 и 50 °С с одновременным снижением прочности при 0 °С (повышение упруго-пластического состояния), что свидетельствует о способности частиц ОМП взаимодействовать с битумом без обеднения его пленок низкомолекулярными фракциями, и

должно положительно отразиться на сдвигуустойчивости такого асфальтобетона при высоких летних температурах и трещиностойкости зимой.

6. В результате прочного сцепления адсорбционной пленки вяжущего с органо-минеральным порошком и поверхностью заполнителя, возникающего из-за протекающих на поверхности раздела хемосорбционных процессов, увеличивается длительная водостойкость и морозостойкость асфальтобетона, что позволяет прогнозировать высокую его сопротивляемость агрессивным воздействиям воды и отрицательных температур в покрытии автодорог.

7. Апробация результатов теоретических и лабораторных исследований в промышленных условиях с контролем качества экспериментального дорожного покрытия, а также расчет экономического эффекта от опытного внедрения асфальтобетонной смеси с использованием органо-минерального порошка из осадков сточных вод подтверждают его высокую техническую и экономическую (17,42 грн. / т) эффективность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О целесообразности использования техногенного сырья для производства строительных материалов [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, А. И. Бачурин, С. С. Поливцев, Рыбалко И. Ф. и др. // Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури. – Одеса : ОДАБА, 2007. – № 27. – С. 45–53.
2. Кинчиков, В. Качество строительства и ремонта дорожных покрытий в Белоруси [Текст] / В. Кинчиков // Строительство и недвижимость. – 1997. – № 13. – С. 37–42.
3. Ставицкий, В. Д. Асфальтобетоны, улучшенные осадком городских сточных вод [Текст] / В. Д. Ставицкий, Л. А. Федоров // Городское хозяйство. – 2006. – № 10. – С. 12–15.
4. Новак, В. Применение городских осадков сточных вод при выпуске асфальтобетонных смесей [Текст] / В. Новак // Строительство и недвижимость. – 2009. – № 2. – С. 8–11.
5. Бреус, Р. В. Зниження об'ємів накопичених відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Р. В. Бреус ; Український науково-дослідний інститут екологічних проблем. – Харків, 2007. – 21 с.
6. Исследование асфальтового вяжущего с минеральным и органо-минеральным порошком [Текст] / Г. Я. Дрозд, В. В. Рогулин, И. И. Бизирка, Джаафар Елаллак // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк, 2012. – № 36. – С. 104–108.
7. ДСТУ Б.В.2.7-121-2003. Будівельні матеріали. Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Технічні умови [Текст]. – На заміну ГОСТ 16557-78 ; чинні від 1 липня 2003 р. – К. : Держбуд України, 2003. – 16 с.

Получено 16.12.2013

І. І. БІЗІРКА<sup>а</sup>, Г. Я. ДРОЗД<sup>б</sup>

### АСФАЛЬТОБЕТОН З ВИКОРИСТАННЯМ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКУ З ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

<sup>а</sup> Луганський національний аграрний університет, <sup>б</sup> Донбаський державний технічний університет

Дослідженнями встановлено, що органо-мінеральний порошок (ОМП) з осадів стічних вод (ОСВ) робить на бітум значно більший структуруючий вплив, ніж порошки із золи і кварцового піску, що пояснюється більш інтенсивною взаємодією поверхні ОМП з бітумом, завдяки структурі і властивостям його поверхні. Використання ОМП дозволяє отримати асфальтобетон з високими фізико-механічними характеристиками, які не поступаються характеристикам асфальтобетону на вапняковому мінеральному порошку, що підтверджує його активну взаємодію з бітумом. В результаті міцного зчеплення адсорбційної плівки в'язучого з ОМП і поверхнею заповнювача, яка виникає через процеси, що протікають на поверхні розділу хемосорбційних процесів, збільшується тривала водостійкість і морозостійкість асфальтобетонних зразків, що дозволяє прогнозувати хорошу опірність асфальтобетону агресивним діям води і одночасній дії води і негативних температур в покритті автомобільних доріг.

**бітум, осад стічних вод, мінеральний порошок, утилізація, сировинна база, асфальтобетон**

IRINA BIZIRKA <sup>a</sup>, GENNADIY DROZD <sup>b</sup>

ASPHALT-CONCRETE IS WITH THE USE OF ORGANIC MINERAL POWDER  
FROM PRECIPITATIONS OF FLOW WATERS

<sup>a</sup> Lugansk National Agrarian University, <sup>b</sup> Donbas State Technical University

It has been found out by researches, that organic-mineral powder (OMP) from precipitations of flow waters (OSV) has influence on a bitumen considerably anymore structure, what powders from an ash and quartz sand which is explained more intensive co-operating of surface of OMP with a bitumen, due to a structure and properties of his surface. The use of OMP allows to get asphalt concrete with high physical and chemical descriptions, which do not yield to descriptions of asphalt concrete on limestone mineral powder which confirms him active co-operating with a bitumen. As a result of the strong coupling of adsorption tape astringent with OMP and surface of filler, that arise up from those which flow on the surface of section of chemisorptions processes, water firmness and frost-resistance of asphalt concrete standards are increased, that allows to forecast good resistance of asphalt concrete by the aggressive actions of water and simultaneous action of water and negative temperatures in coverage of highways.

**bitumen, sediment of flow waters, mineral powder, utilization, source of raw materials, asphalt concrete**

**Бізірка Ірина Іванівна** – аспірант кафедри автомобільних доріг і аеродромів Луганського національного аграрного університету. Наукові інтереси: отримання довговічних дорожніх асфальтових бетонів на основі техногенної сировини – осадів стічних вод.

**Дрозд Геннадій Якович** – доктор технічних наук, професор кафедри міського будівництва і господарства Донбаського державного технічного університету. Наукові інтереси: надійність інженерних комунікацій і екологічна безпека території.

**Бизирка Ирина Ивановна** – аспирант кафедры автомобильных дорог и аэродромов Луганского национального аграрного университета. Научные интересы: получение долговечных дорожных асфальтовых бетонов на основе техногенного сырья – осадков сточных вод.

**Дрозд Геннадий Яковлевич** – доктор технических наук, профессор кафедры городского строительства и хозяйства Донбасского государственного технического университета. Научные интересы: надежность инженерных коммуникаций и экологическая безопасность территории.

**Bizirka Irina** – post-graduate student, Highways and Air fields Department, Lugansk National Agrarian University. Scientific interests: technological and long life road concretes for building on the basis of technogenous raw material – precipitations of sewages.

**DrozD Gennadiy** – DSc (Eng.), Professor, City Building and Economy Department, Donbas National Technical University. Scientific interests: reliability of engineering communications and ecological safety of territory.