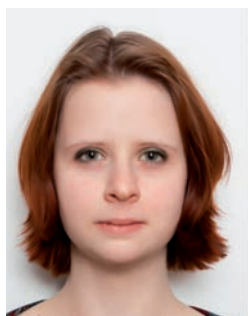




УДК 620.169.2



КОВАЛЬ Т.І.

Науковий співробітник,
Національний транспортний
університет, м. Київ, Україна,
e-mail: tetyanakoval412@gmail.com
тел. +38 (096) 934-43-03,
ORCID: 0000-0001-7063-6512



РИМАРЧУК П.П.

Зав. лаб., ТзОВ «НВП «Триада»,
м. Львів, Україна,
e-mail: rym_petro@meta.ua,
тел. +38 (096) 859-15-60,
ORCID: 0000-0002-0395-1114

ВПЛИВ БАГАТОРАЗОВО ПОВТОРЮВАНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА МІЦНІСТЬ БАЗАЛЬТОБЕТОННИХ ЗРАЗКІВ БАЛОК

АНОТАЦІЯ

Вступ. Перспективи застосування неметалевої композитної базальтопластикової арматури у будівництві мостів полягають у тому, що така арматура не кородує і може частково вирішити питання довговічності мостових споруд. Але на сьогоднішній день робота базальтобетонних конструкцій під дією багаторазово повторюваних навантажень внаслідок руху транспортних засобів лишається маловивченою. Були проведені дослідження впливу тривалих циклічних навантажень на міцність базальтобетонних зразків балок, армованих різними діаметрами базальтопластикової арматури методом лабораторних випробувань.

Проведення експериментів. Програма досліджень передбачала випробування десяти балок, армованих одиничним стержнем базальтопластикової арматури: по дві балки із однаковим діаметром арматури. Всі зразки балок відрізнялися між собою тільки діаметром робочого стержня, решта вихідних параметрів та зовнішніх впливів були однаковими.

Висновки з проведених експериментів. За результатами аналізу проведених експериментальних досліджень було зроблено висновки про те, що базальтопластикові арматури ефективно працює у складі монолітного бетону; жоден зразок не був зруйнований внаслідок втоми, окрім першого, який зазнав 6 700 000 циклів із найменшим коефіцієнтом армування (діаметр 4 мм при поперечному перерізі балки площею 20·103 мм²). Балка-близнюк із цієї ж серії витримала найвищий рівень навантаження протягом 2 000 000 циклів навантаження без утворення тріщин. Це свідчить про те, що конструкції балок із базальтопластиковою арматурою характеризуються значною живучістю, не обвалюються під час значних (88% від навантаження тріщиноутворення, відповідно до методики випробувань) рівнів навантажень при динамічному режимі роботи.

Експериментально встановлено, що базальтопластикові арматури з періодичним профілем має висо-

кий коефіцієнт зчеплення з бетоном.

Підтверджено досвід випробувань аналогічних у роботі базальтобетонних зразків балок про те, що навантаження тріщиноутворення в базальтобетонних елементах з різним коефіцієнтом армування не залежить від цього коефіцієнту і значення навантаження тріщиноутворення для зразків різних серій близьке.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: базальтопластикові арматури, тривалі циклічні навантаження, базальтобетон, тріщиноутворення.

ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНО ПОВТОРЯЮЩЕЙСЯ НАГРУЗКИ НА ПРОЧНОСТЬ БАЗАЛЬТОБЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ БАЛОК

КОВАЛЬ Т.И. Научный сотрудник, Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина, e-mail: tetyanakoval412@gmail.com, тел. +38 (096) 934-43-03, ORCID: 0000-0001-7063-6512

РЫМАРЧУК П.П. Зав. лаб., ТзОВ «НВП «Триада», г. Львов, Украина, e-mail: rym_petro@meta.ua, тел. +38 (096) 859-15-60, ORCID: 0000-0002-0395-1114

АННОТАЦИЯ

Введение. Перспективы применения базальтопластиковой арматуры в строительстве мостов заключаются в том, что такая арматура не корродирует и может частично решить вопрос долговечности мостовых сооружений. Но на сегодняшний день работа базальтобетонных конструкций под действием многократно повторяющихся нагрузок вследствие движения транспортных средств остается малоизученной. Были проведены исследования влияния длительных циклических нагрузок на прочность базальтобетонных образцов балок, армированных различными диаметрами базальтопластиковой арматуры методом лабораторных испытаний.

Проведение экспериментов. Программа исследований предусматривала испытания десяти знаков



балок, армированных единичным стержнем базальтопластиковой арматуры по 2 балки с одинаковым диаметром арматуры. Все образцы балок отличаются между собой только диаметром рабочего стержня, остальные исходные параметры и внешние воздействия одинаковы.

Выводы из экспериментов. По результатам анализа проведенных экспериментальных исследований были сделаны выводы о том, что базальтопластиковая арматура эффективно работает в составе монолитного бетона; ни один образец не был разрушен в результате усталости, кроме первого, который выдержал 6 700 000 циклов, имея наименьший коэффициент армирования (диаметр 4 мм при поперечном сечении балки площадью 20·103 мм²). Балка-близнец из этой же серии выдержала самый высокий уровень нагрузки в течение 2 000 000 циклов нагрузки без образования трещин. Это свидетельствует о том, что конструкции балок с базальтопластиковой арматурой обладают значительной живучестью и не обваливаются при значительных (88% от нагрузки трещинообразования).

Экспериментально установлено, что базальтопластиковая арматура с периодическим профилем имеет высокий коэффициент сцепления с бетоном.

Подтвержден опыт испытаний аналогичных в работе базальтобетонных образцов балок, состоящий в том, что нагрузка трещинообразования в базальтобетонных элементах с различным коэффициентом армирования не зависит от этого коэффициента и значение трещинообразования для образцов различных серий близко.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: базальтопластиковая арматура, многократно повторяющиеся нагрузки, базальтобетон, трещинообразование.

INFLUENCE OF MANYFOLD CYCLIC DYNAMIC LOAD ON THE STRENGTH OF BASALT CONCRETE BEAMS

KOVAL T.I. Scientist, National Transport University, Kiev, Ukraine, e-mail: tetyanakoval412@gmail.com, tel. + 38 (096) 934-43-03,

ORCID: 0000-0001-7063-6512

RYMARCHUK P.P. Laboratory head, Ltd «SPE «Triada», Lviv, Ukraine, e-mail: rym_petro@meta.ua, tel. +38 (096) 859-15-60, ORCID: 0000-0002-0395-1114

ABSTRACT

Introduction. Prospects for the using basalt plastic reinforcement in the construction of bridges are that such reinforcement doesn't corrode and partially can solve the issue of the bridge structures durability. But to date, the work of basalt-concrete structures under the action of manyfold cyclic dynamic load due to the movement of vehicles remains is poorly understood. Studies of the effect of manyfold cyclic dynamic load on the strength of basalt concrete samples of beams reinforced with different diameters of basalt plastic reinforcement by laboratory tests have been carried out.

Conducting experiments. The research program envisaged testing of 10 beams with a single rod of basalt plastic reinforcement with 2 beams that had the same diameter of the reinforcement. All beams samples differed only with the working rod diameter, the remaining initial parameters and external influences are the same.

Conclusions from experiments. Based on the results of the conducted experimental studies analysis, it was concluded that the basalt-plastic reinforcement works as a part of monolithic concrete effectively. Not a single sample was destroyed as a result of fatigue, except for the first one, which reached 6 700 000 cycles, having the smallest coefficient of reinforcement (diameter 4 mm for a transverse section of a beam of 20·103 mm²). The twin - beam from the same series endured the highest load level during 2 000 000 load cycles without cracking. This indicates that the constructions of beams with basalt plastic reinforcement have considerable survivability and do not collapse at high load significant (88% of the load of crack formation).

It was experimentally established that basalt-plastic reinforcement with a periodic profile has a high coefficient of adhesion with concrete.

The experience of similar testing in the work basalt-concrete samples of beams was experimentally confirmed, consisting in the fact that the cracking load in basalt concrete elements with different coefficient of reinforcement is independent of this coefficient and the load value of crack formation for samples of different series is close.

KEY WORDS: basalt fiber reinforced polymer, manyfold cyclic dynamic load, basalt-concrete structures, crack formation.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

З кожним роком в Україні ситуація зі станом автодорожніх мостів погіршується. До цього призводить зростання вантажо потоків [1 - 3], що впливає на збільшення вмісту агресивних речовин у повітрі. Цей фактор підвищує агресивність навколишнього середовища, що, в свою чергу, негативно впливає на експлуатаційні характеристики металевих елементів залізобетонних автодорожніх мостів. Як зазначено в [4], одним із способів уникнення руйнівного впливу корозії на залізобетон може стати заміна металевої арматури на неметалеву. Базальтопластиковая арматура [5] має низку переваг порівняно із традиційною арматурою [6 - 9], її виробництво в Україні налагоджено. Але для впровадження такої арматури в будівництві мостів необхідно провести комплексне дослідження таких споруд на витривалість. Слід відмітити складність таких досліджень, адже навіть витривалості класичних залізобетонних споруд присвячено відносно небагато робіт.

МЕТА

Дослідити витривалість бетонних балок, армованих стержнями базальтопластикової арматури на дію тривалого циклічного навантаження.



РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНОЇ РОБОТИ

Для дослідження зміни характеру роботи базальтобетонних елементів, що згинаються, під впливом динамічного багаторазово повторюваного навантаження було виготовлено балки, армовані одним стержнем базальтопластикової арматури. Було виготовлено 10 балок. Така кількість дозволяє дослідити 5 пар зразків із однаковим армуванням: 4 (I Б, Ø4), 6 (II Б, Ø6), 8 (III Б, Ø8), 10 (IV Б, Ø10) та 12 (V Б Ø12) мм одиничними стержнями. Дотримуючись методики випробувань [10], було випробувано першу балку із діаметром арматури 4 мм. Ця балка витримала всі передбачені методикою рівні навантаження (табл. 1) і крихко зруйнувалася під час впливу на неї динамічного навантаження при проходженні 5-го, останнього циклу і, таким чином, витримала 6,7 мільйонів циклів багаторазово повторюваного навантаження.

Встановивши, що зразок із найменшим діаметром арматури здатний витримати всі рівні навантаження, було прийнято рішення випробувати решту балок при найвищому, 5-му рівні, збільшивши кількість циклів із початкових 1,2 мільйона до 2-х мільйонів циклів. При цьому, як передбачено методикою випробувань, кожні 100 000 циклів динамічний режим призупинявся і відбувалося зняття показів приладів зразка балки в 4 кроки: при навантаженні, яке відповідає 0 кН, при навантаженні у 2,37кН, при навантаженні у 7,17кН та при відсутньому навантаженні. Результати випробувань представлені в табл. 2.

З метою нівелювання впливів неконтрольованих факторів, а також забезпеченні об'єктивності вибору зразка, балки випробувались в наступному порядку: I Б – 1; IV Б – 1; III Б – 1; V Б – 1; IV Б – 2; II Б – 1; I Б – 2; III Б – 2; V Б – 2; II Б – 2.

Було виділено такі життєві цикли зразків: динамічний режим і статичний режим, який, в свою чергу, передбачав наступні етапи роботи: період, в якому на зразок здійснюють статичне навантаження, але тріщини ще не утворилися (етап пружної роботи зразка); перший режим тріщиноутворення, під час якого утворюються перші тріщини у зоні чистого згину; режим зародження тріщин поза межами зони чистого згину; руйнування, яке передбача-

Таблиця 1. Залежність зміни рівнів навантаження від етапу

Номер етапу	Показник рівня навантаження	Максимальне навантаження рівня, кН	Мінімальне навантаження рівня, кН
1	$\gamma_{0,60} = 0,60 \cdot P_{cr(пер)}$	4,98	1,61
2	$\gamma_{0,66} = 0,66 \cdot P_{cr(пер)}$	5,38	1,78
3	$\gamma_{0,73} = 0,73 \cdot P_{cr(пер)}$	5,95	1,96
4	$\gamma_{0,80} = 0,80 \cdot P_{cr(пер)}$	6,52	2,15
5	$\gamma_{0,88} = 0,88 \cdot P_{cr(пер)}$	7,17	2,37

ло 2 випадки (руйнування внаслідок розриву стержня базальтопластикової арматури і руйнування внаслідок розкриття бетону чистого згин без розриву стержня базальтопластикової арматури).

Тріщини утворювалися різко із подальшим зменшенням навантаження, яке фіксувалося на показках силовимірника. Тому після утворення тріщин і фіксації показів приладів та ширини розкриття тріщин, здійснювали довантаження зразка із утворенням наступних тріщин. Так, позначення в тексті нижче «Т1» означають порядковий номер тріщини із часом.

Ширину розкриття тріщин фіксували із кожної сторони за допомогою мікроскопа МПБ – 2 із ціною поділки 0,05 мм і було виявлено, що висота та ширина тріщин однаково розвиваються із кожної сторони, що наведено нижче.

Таблиця 2. Порівняння результатів експериментів із теоретичними даними

Зразок	Середнє навантаження тріщиноутворення, кН			Середнє руйнівне навантаження, кН		
	Внаслідок впливу динамічного навантаження	Теоретично очікуване ¹	Внаслідок статичного навантаження	Внаслідок впливу динамічного навантаження	Теоретично очікуване ¹	Внаслідок статичного навантаження
I Б, Ø4	13,93	4,82	8,10	13,93	6,41	8,10
II Б, Ø6	12,24	4,84	12,39	15,26	13,47	11,50
III Б, Ø8	11,97	4,86	8,00	21,85	24,50	26,90
IV Б, Ø10	13,32	4,89	8,75	26,93	43,40	35,29
V Б, Ø12	12,25	4,93	8,16	28,44	51,86	37,76

Прим.1: теоретичне значення одиничної сили тріщиноутворення в зразку було враховано із використанням методу визначення теоретичного моменту тріщиноутворення в балці за пластичним моментом опору із коефіцієнтом 1,75.



I Б ($\emptyset 4$): навантаження на балку здійснювали із кроком 80 кгс. По досягненню кожного навантаження (80 кгс; 160 кгс; 240 кгс і т.д.) записували покази приладів. При навантаженні 1400 кгс утворилася тріщина і балка обвалилася. Руйнування відбулося внаслідок розриву стержня базальтопластикової арматури (рис. 1).



Рис. 1. Руйнування зразка балки, армованої стержнем базальтопластикової арматури $\emptyset 4$, після 2 млн. циклів

II Б – 1 ($\emptyset 6$): навантаження здійснювалося із кроком 100 кгс. Т1 утворилася при навантаженні 1200 кгс. Т2 – при 1410 кгс. Т3 – при донавантажуванні балки до рівня 1410 кгс.



Рис. 2. Руйнування зразка балки, армованої стержнем базальтопластикової арматури $\emptyset 6$, після 2 млн. циклів

II Б – 2 ($\emptyset 6$): Т1 утворилася при 1300 кгс. Т2 – при 1280 кгс. Т3 – 1350 кгс, впало до 950 кгс. Т4 – 1560 кгс. Руйнування відбулось при 1570 кгс.

Обидва зразки зруйнувалися за останньою тріщиною внаслідок розриву стержня НКБПА (рис. 2).



III Б – 1 ($\emptyset 8$): навантаження на обидва зразки здійснювали із кроком 200 кгс. Т1 - при навантаженні 1140 кгс; Т2 – при 1200 кгс; Т3 – 1400 кгс (шириною 0, 2мм); Т4 – 1400 кгс; Т5 – при 1400 кгс; Т6 – при 1730 кгс. Далі балку знову навантажували до рівня 1700 кгс, після чого утворилася Т7 і навантаження впало до 1460 кгс. Зразок зруйнувався за шостою тріщиною (Т6). Максимальну ширину розкриття тріщин спостерігали у Т7 при навантаженні у 2000 кгс – 3,0 мм.



Рис. 3. Руйнування зразка балки, армованої стержнем базальтопластикової арматури $\emptyset 8$, після 2 млн. циклів а) загальний вигляд зруйнованого зразка; б) крупний план руйнуючої тріщини

III Б – 2 ($\emptyset 8$): Т1 при 1300 кгс (шириною 0,9 мм), після чого навантаження впало до 1000 кгс (ширина 0,8 мм); Т2 – при 1410 кгс; Т3 – при 1400 кгс; Т4 - при 1410 кгс. Далі балку знову піддали дії навантаження до рівня у 1410 кгс, після чого утворилася п'ята тріщина (Т5) і навантаження впало до 1300 кгс. При наступному навантаженні до рівня у 1400 кгс утворилася Т6. Найбільшу ширину розкриття тріщини було зафіксовано у Т3 при навантаженні 1250 кгс - 2,3 мм.



Руйнування обох зразків внаслідок розриву стержня базальтопластикової арматури (рис. 3 а, б).

IV Б – 1 ($\emptyset 10$): в обох зразках Т1 утворилася під час динамічного режиму навантаження (рис. 4а). Крок навантаження для кожного зразка становив 200 кгс. Т2 розкрилася при навантаженні у 1200 кгс; Т3 – при 1370 кгс; Т4 – при 1200 кгс; Т5 розкрилася при навантаженні у 1350 кгс, після чого навантаження впало до 1200 кг. Далі балку довантажили до аналогічного рівня і утворилась Т6. Руйнування відбулося по Т7 (рис. 4б).

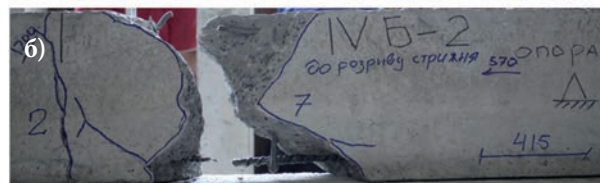


Рис. 4. Руйнування зразка балки, армованої стержнем базальтопластикової арматури $\emptyset 10$, після 2 млн. циклів а) вигляд тріщини, що утворилася під час динамічного режиму навантаження; б) крупний план руйнуючої тріщини

IV Б – 2 ($\emptyset 10$): Т2 – при 1350 кгс; Т3 – 1390 кгс; Т4 – 1410 кгс; Т5 – 1530 кгс; Т6 – 1550 кгс. Найширше розкриття було зафіксовано в Т3 та Т4 при навантаженні у 1900 кгс – 1,5 мм.

V Б – 1($\emptyset 12$): в обох зразках Т1 утворилася під час динамічного режиму навантаження. Крок навантаження для кожного зразка



становив 200 кгс. Т2 – 1300 кгс; Т3 – 1340 кгс; Т4 – 1480 кгс; Т5 – 1500 кгс; Т6 – 1600 кгс; Т7 – 1640 кгс; Т8 – 2520 кгс. Т1 показала найбільшу ширину розкриття при навантаженні 2400 кгс – 1,25 мм.

V Б – 2(Ø12): Т2 – 1200 кгс; Т3 – 1200 кгс; Т4 – 1300 кгс; Т5, Т6 і Т7 – 1380 кгс; Т8 – при 1400 кгс; Т9 – при 1470 кгс. Найбільша ширина розкриття тріщини була зафіксована у Т1 при навантаженні 1380 кг – 1,4 мм. Руйнування обох зразків відбулося через розкришення бетону стиснутої зони без розриву стержня базальтопластикової арматури (рис. 5 а, б).

У цілому можна зробити висновок про

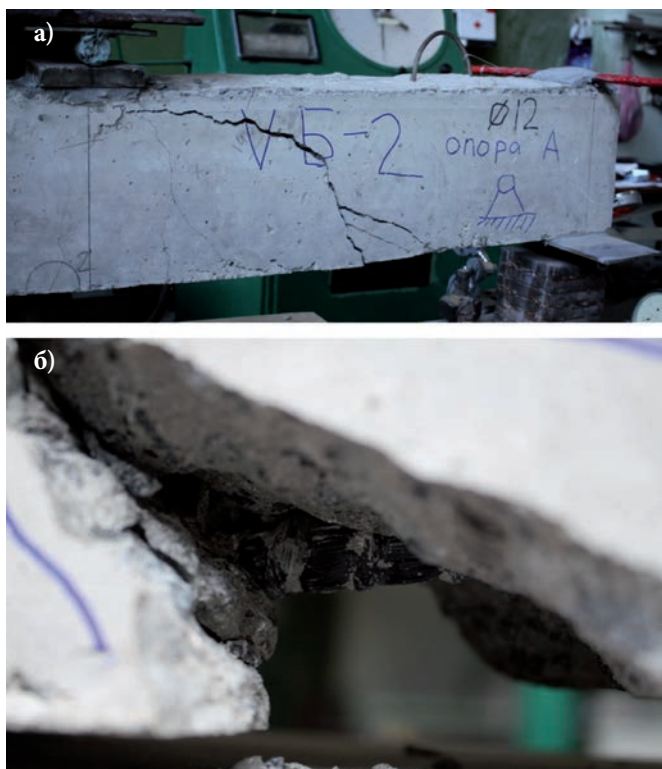


Рис. 5. Руйнування зразка балки, армованої стержнем базальтопластикової арматури Ø12, після 2 млн. циклів а) руйнуюча тріщина в зразку; б) не розірваний стержень базальтопластикової арматури зразка

закономірність зміни життєвого циклу зразка в залежності від площі армування (рис. 6).

ВИСНОВКИ

За результатами аналізу проведених експериментальних досліджень було зроблено такі висновки:

- Базальтопластикові арматури ефективно працює у складі монолітного бетону.
- Жоден зразок не був зруйнований внаслідок втоми, окрім першого, який зазнав 6 700 000 циклів при найменшому коефіцієнті армування ($0,625 \cdot 10^{-3}$), при цьому балка – близнюк із цієї ж серії витримала найвищий рівень навантаження протягом усіх 2 000 000 циклів без утворення тріщин. Отже, конструкції балок із базальтопластиковою арматурою володіють значною живучістю, не обвалюються під час значних (88% від навантаження тріщиноутворення) рівнів навантаження при динамічному режимі роботи.
- Базальтопластикові арматури має високий коефіцієнт зчеплення з бетоном, про що можна судити із торцевих індикаторів, штирі яких впиралися в оголений край арматури, а база-тримач була приклеєна на бетон. Протягом усіх експериментів найбільший показ таких приладів коливався в межах 1 поділки.
- Експериментально підтверджено попередній досвід із випробувань аналогічних базальтобетонних зразків балок, що навантаження тріщиноутворення в базальтобетонних елементах з різним коефіцієнтом армування не залежить від цього коефіцієнта і це значення для зразків різних серій близьке.

В наступних роботах заплановано провести аналіз за результатами проведених експериментів та розробити методику розрахунку базальтобетонних перерізів мостів на витривалість.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аксенов І.Я., Аксенов В.І. Транспорт и охрана окружающей среды. – М.: Транспорт, 1989. – 176 с.

	Пружня робота (без тріщиноутворення)	Утворення нормальних тріщин	Утворення похилих тріщин	Розрив арматури	Руйнування стиснутого бетону
I Б, Ø 4		Руйнування 13,9 кН			
II Б, Ø 6		Руйнування 15,3 кН			
III Б, Ø 8				Руйнування 21,9 кН	
IV Б, Ø 10					Руйнування 26,9 кН
V Б, Ø 12					Руйнування 28,4 кН

Рис. 6. Схема життєвих циклів зразків після проходження ними 2 мільйонів циклів динамічного режиму навантаження



2. Експлуатація і реконструкція мостів / [Н.Є. Страхова, В.О. Голубєв, П.М. Ковальов та ін.]. – Київ: Нац. транспорт. ун-т, 2002. – 408 с.
3. Козлов Ю.С., Святкин И.А. Экологическая безопасность автотранспорта. – М.: Агар, Рандеву - Ам, 2000. – 176 с.
4. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії: ДСТУ Б В.2.6-145. – [Чинний від 2010-10-26]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – 56 с. – (Національний стандарт України).
5. Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто-і склоровінгу: ДСТУ-Н В В.2.6-185:2012. – [Чинний від 2014-04-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2012. – 47 с. (Національний стандарт України).
6. Гоц В.І., Пальчик П.П., Шпера С.П., Резник О.Ю. Вилуговування базальтового волокна різних модифікацій // Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наукових пр. - Рівне, 2010. - Вип. 20. - С. 17 - 23.
7. Климов Ю.А., Солдатченко А.С., Васильчишина С.А. Экспериментальные исследования прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных композитной базальтопластиковой арматурой // Бетон и железобетон в Украине. - 2011. - №2. - С. 7 - 10.
8. Старцев О.В., Кротов А.С. Релаксация коэффициента линейного термического расширения базальтопластиков и их компонентов // Вестн. Югорского государственного университета. - 2009. - Вып. 2 (13). - С. 80-86.
9. Климов Ю.А., Солдатченко А.С., Орешкин Д.О. Экспериментальные исследования прочности композитной неметаллической арматуры на срез // Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наукових пр. - Рівне, 2010. - Вип. 20. – С. 217 - 224.
10. Гамеляк І.П., Коваль Т.І. Удосконалення методики випробувань на втому бетонних перерізів елементів армованих неметалевою базальтопластиковою арматурою // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2017. – Вип. 99. – С. 184-201.
5. Nastanova z proektuvannya ta vyhotovlennya betonnykh konstruksiy z nemetalevoyu kompozytnoyu armaturoyu na osnovi bazal'to- i sklorovinhu : DSTU-N B V.2.6-185:2012. – [Chynnyy vid 2014.04.01] – K.: SE “Ukrarchbudinform”, 2012. – 47 p. (Natsional'nyy standart Ukrayiny).
6. Gotz V.I., Palchik P.P., Shpaera S.P., Riznik O.Yu. Vulygovyvana basaltovogo volokna rizyh modyfikatsiy // Resursoekonomni materialy, konstruksiy, budivli ta sporudy. Zbirnyk naukovuh prac'. – Rivne, 2010. Vyp. 20. – P. 17-23.
7. Klimov Yu.A., Soldatchenko A.S., Vasilchishina S.A. Eksperimentalnyye issledovaniya prochnosti normalnykh secheniy izgibayemykh elementov, armirovannykh kompozitnoy bazaltoplastikovoy armaturoy // Beton i zhelezobeton v Ukraine. - 2011. - №2. - P. 7 - 10.
8. Startsev O.V., Krotov A.S. Relaksatsiya koeffitsiyenta lineynogo termicheskogo rasshireniya bazaltoplastikovikh komponentov // Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. Vyp. 2 (13). - P. 80-86.
9. Klimov Yu.A., Soldatchenko A.S., Oreshkin D.O. Eksperimentalnye issledovaniya prochnosti kompozitnoy nemetallicheskoj armatury na srez // Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy. Zbirnyk naukovikh prats. – Rivne, 2010. - Vyp. 20. - P. 217 – 224.
10. Hamelyak I.P., Koval' T.I. Udoskonalennya metodyky vyprobuvan' na vтому betonnykh pereriziv elementiv armovanykh nemetalevoyu bazal'toplastykovoyi armaturoyu // Avtomobil'ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo – 2017. – Vyp. 99. – P. 184-201.

Стаття надійшла до редакції 14.08.2017.

REFERENCES

1. Aksenov Y.Ya., Aksenov V.Y. (1989). Transport i okhrana okruzhayushchey sredy, Transport. - 176 p.
2. Strakhova N.Ye., Holubiev V.O., Kovalov P.M. (2002). Eksploatatsiia i rekonstruksiiia mostiv. - Kyiv. 408 p.
3. Kozlov Y.S., Sviatkin I.A. (2000). Ekologicheskaja bezopasnost' avtotransporta. Agar, Randevu-Am. - 176 p.
4. Zakhyst betonnykh i zalizobetonnykh konstruksiy vid koroziyi: DSTU B V.2.6-145. – [Chynnyy vid 2010.10.26]. – K.: SE “Ukrarchbudinform”, 2010. – 56 p. – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).