Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №1 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-1>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/59TVN115.pdf>

DOI: 10.15862/59TVN115 (<http://dx.doi.org/10.15862/59TVN115>)

УДК 625.731-03

Романенко Игорь Иванович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза¹

Заведующий кафедрой «Механизация и автоматизация производства»
Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: rom1959@yandex.ru

Романенко Мария Игоревна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза

Аспирант

E-mail: romanenko.masha@yandex.ru

Петровнина Ирина Николаевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: irisha-vas@yandex.ru

Пинт Эдуард Михайлович

ФГБОУ «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза

Профессор

Кандидат технических наук

—

Еличев Константин Александрович

ФГБОУ «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, Пенза

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: elichev.55@mail.ru

Вторичное использование в дорожном строительстве щебня полученного из дробленого бетона

¹ 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова 28

Аннотация. Авторами статьи был затронут вопрос о возможности использования в современном индустриальном строительстве строительного лома от сноса старых промышленных и гражданских зданий. Щебень, полученный от дробления бетонных конструкций, представляет собой побочный продукт от сноса зданий и брака от производства железобетонных изделий. При этом на утилизацию идет и кирпичный бой. Сегодня эти побочные продукты используются для заполнения карт с твердо бытовыми отходами (ТБО) или, в крайнем случае, на засыпку оврагов. Широкого применения для нужд строительства не наблюдается.

Были произведены исследования на предмет возможного использования вторичного щебня из лома бетона и кирпича в дорожном строительстве при устройстве конструктивных слоев дорожного полотна. Установлено, что использование в строительстве данного материала позволит сократить потребление дорогостоящих природных каменных материалов, снизит транспортные издержки и сократить площади отведенные под ТБО.

Было выявлено, что щебень, полученный из лома бетона и кирпича целесообразно использовать для устройства дорожных оснований на трассах с неинтенсивным движением и на подготовках оснований под тротуары. Оптимальное соотношение компонентов в искусственно подобранном щебне составляет: 90% из боя бетона и 10% из керамического кирпича. Оптимальная влажность основания из щебня вторичных материалов выше гранитного на 12-15%.

Ключевые слова: щебень; граншлак; шлак; дробленный бетон; бой керамического кирпича; суглинок; прочность на сжатие; плотность; модуль упругости; оптимальная влажность.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Романенко И.И., Романенко М.И., Петровнина И.Н., Пинт Э.М., Еличев К.Л. Вторичное использование в дорожном строительстве щебня полученного // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №1 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/59TVN115.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/59TVN115

Введение. В последнее время исследования направлены на поиск новых экологически чистых и дешёвых строительных материалов [1,2,3,4,5,6,7,8]. Эти исследования преследуют расширение сырьевой базы по производству строительных материалов дорожного назначения. С учетом новейших разработок в сфере производства химических добавок для дорожного строительства и использования вторичных ресурсов создается возможность добиться снижения производственных издержек в строительной индустрии. Не случайно в последние годы дорожники обратили пристальное внимание на соответствие качества дорог качеству используемых строительных материалов [8]. Особенно это касается тех регионов, где нет своих высокопрочных горных пород, где нет песков для использования в строительстве. Как показывает практика, применение слабых карбонатных пород, пылеватых песков, значительно снижает межремонтные сроки службы таких асфальтовых покрытий [9,10,11].

Цель научной работы состоит в исследовании свойств дорожного основания устроенного из щебня, полученного из дробленого бетона, железобетона и кирпичного лома. Полученный от дробления щебень фракционируется на фракции 0-5мм, 5-10мм, 5-20мм и 20-40мм. Поверхность частиц щебня и песка покрыта гидратированным портландцементом, что позволяет увеличить прочность основания в результате вторичного процесса регидратации клинкерного фонда цементного камня. Данное исследование позволит разработать технологию по использованию переработанных от сноса бетонных, железобетонных и кирпичных материалов в строительстве дорожных оснований.

Методики исследований. Исследования свойств конструкций дорожного полотна осуществляется на основании методики ГОСТ 8267-93. Основные традиционные материалы, используемые в дорожном строительстве - это природные минеральные композиты. В качестве вторичных ресурсов используются металлургические шлаки и на них также разработан ГОСТ 5578-94 «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов». Технические условия.

На материалы, полученные от дробления сноса бетонных, железобетонных и кирпичных материалов в строительстве дорожных оснований на данный момент отсутствует нормативная документация. Обеспечение необходимых структурно-механических свойств, требуемой плотности и высокой прочности этого материала невозможно добиться без максимального уплотнения системы. Количество воды используемой для достижения оптимальной влажности определяется в лабораторных условиях. Это необходимо для нормального протекания основных и вторичных процессов структурообразования в данной системе [12].

Влияние влажности на изменение объемной массы скелета, укрепленного грунта и его прочность нами изучалось на различных грунтах [14,15,16]: песке, супеси и суглинке. Установлено, что грунты, укрепленные шлакощелочным вяжущим, имеют максимальные значения объемной массы скелета и прочности при оптимальной влажности [13]. Для песков такая оптимальная влажность равна 10%-12%, для суглинка 16-18%. Щебень, полученный от дробления бетона, в конструкции дорожного основания ведет себя иначе, чем гранитный щебень.

Поэтому полученные результаты по испытанию дорожных оснований на основе природных материалов были сопоставлены с материалами на основе вторичных щебней. Исследованы такие свойства дорожных оснований как: прочность на сжатие, модуль упругости, плотность, оптимальная влажность.

Процесс регидратации цементного клинкерного фонда в бетоне не учитывается, и как будет вести себя основание дорожного полотна устроенного из щебня, полученного путем дробления и фракционирования бетона в полной мере не исследовано.

Результаты определения физико-механических свойств вторичного щебня из лома бетона представлены в табл.1, 2, 3 и рис.1.

Таблица 1

**Результаты определения физико-механических свойств
вторичного щебня из лома бетона**

1. Насыпная плотность	кг/м ³	1385		
2. Марка по дробимости (%)		400(21%) в сухом состоянии, (200)26%- в мокром		
3. Содержание пылеватых частиц		0,5%		
4. Содержание глины в комках		нет		
5. Истинная плотность	кг/м ³	2570		
6. Содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы	%	7,5		
7. Содержание зерен слабых пород	%			
8. Средняя плотность	кг/м ³			
8. Водопоглощение		2,55		
9. Полные остатки на ситах, % по массе		d	0,5(d+D)	D
		98,78	88,68	21,66
				1,25(d+D)
				0,00

(составлена автором)

Таблица 2

Данные по рассеву вторичного щебня из лома бетона

Зерновой состав	Диаметр отверстий сит, мм.							
	80	40	25	20	15	10	5	2,5
Частные остатки, %	-	21,66	67,02	10,1	1,22	-	-	-
Полные остатки, %	-	21,66	88,68	98,78	100,00	-	-	-
Полные прходы, %	100	78,34	11,32	1,22	0	-	-	

(составлена автором)

Таблица 3

Результаты испытания вторичного щебня из лома бетона на дробимость

Зерновой состав	Диаметр отверстий сит, мм.				
	40	25	20	15	Д=20,97; Прочность- 400кг/см ² ; Фракция щебня 20-40
Частные остатки, гр.	21,66	88,68	98,78	100,00	
Дробимость %,	22,0	21,6	21,2	19,06	

(составлена автором)

Щебень данной пробы имеет марку по дробимости при сжатии в цилиндре в сухом состоянии 400, а при испытании в «мокром» 200. Содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы составляет 7,5%. Физико-механические показатели соответствуют требованиям ГОСТ 8267-93. На основании испытаний и требований к дорогам данный

материал пригоден для транспортного строительства. По фракционному составу щебень относится к щебню фракции 20-40мм. По результатам исследования искусственного основания из полученного щебня была построена кривая зависимости плотности слоя дорожного основания от влажности материала (рис.1). Для получения наибольшей плотности дорожного основания щебень необходимо увлажнить до оптимальной влажности-14-15%. рН водной вытяжки из вторичного щебня составляет 9-12 единиц, среда щелочная из-за наличия цементного камня на поверхности щебня.

Рисунок 1. Кривая зависимости плотности слоя щебня из лома бетона (марка по дробимости 400) в зависимости от его влажности (составлен автором)

Таблица 4

Физико-механические свойства вторичного щебня из лома железобетонных конструкций представлены в табл. 4,5 и Рис. 2.

1. Насыпная плотность	кг/м³	1400			
2. Марка по дробимости (%)		1200 в сухом состоянии			
3. Содержание пылеватых частиц		0,4%			
4. Содержание глины в комках		нет			
5. Истинная плотность	кг/м³	2630			
6. Содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы	%	8,7			
7. Средняя плотность	кг/м³	2,63			
8. Содержание зерен слабых пород	%	0,23			
9. Водопоглощение	%	1,2			
10. Полные остатки на ситах, % по массе		d	0,5(d+D)	D	1,25(d+D)
		96,46	58,74	5,98	0,00

(составлена автором)

Таблица 5

Данные по рассеву вторичного щебня из лома бетона

Зерновой состав	Диаметр отверстий сит, мм.						
	25	20	12,5	10	5	2,5	1,25
Полные остатки, %	0,00	5,98	58,74	70,35	96,46	97,83	100,0
Полные проходы, %	100	94,02	41,26	29,65	3,54	2,17	0,00

(составлена автором)

Рисунок 2. Кривая зависимости плотности слоя щебня из лома бетона (марка по дробимости 1200) в зависимости от его влажности (составлен автором)

Щебень данной пробы имеет марку по дробимости при сжатии в цилиндре 1200, по истираемости И-1, по морозостойкости F 300, по содержанию зерен пластинчатой и игольчатой формы относится к 3 группе. Физико-механические показатели соответствуют требованиям ГОСТ 8267-93. На основании ГОСТ 26633-91 данный материал пригоден как крупный заполнитель для транспортного строительства. Полученные материалы, согласно проведенным испытаниям, соответствуют материалам для применения в дорожном строительстве для оснований и в качестве заполнителей бетонных смесей.

Результаты уплотнения оснований, на основе вторичного щебня представленные на рис. 2 показывают, что оптимальная влажность щебня из лома бетона (марка по дробимости 1200) составляет 19%. Это связано с тем, что доля цементного камня на частицах прочного исходного камня сохраняется после дробления больше, чем на щебне из мало прочных пород.

Для сравнения на основании экспериментальных данных (табл.6.) была построена зависимость плотности грунта - суглинка от его влажности (рис.3).

Таблица 6

Экспериментальные данные

Номер испытания	Определение плотности				Определение влажности							Плотность скелета уплотненного образца грунта $\rho_{ск}=\rho/(1+0,01W)$
	Масса, г				номер бюкса	Масса, г			Влажность W, %			
	контейнера без насадки m4	контейнера без насадки с уплотненным образцом грунта m5	уплотненного образца грунта m5-m4	плотность уплотненного образца, $m5 - m4 / V$,		пустого бюкса m6	бюкса с влажной пробой грунта m7	бюкса с сухим грунтом m8	$\frac{m7-m8}{m8-m6}$	средняя арифметическая		
1 (4%)	2840,1	3010,8	170,7	1,71	280	20,9	45,2	44,1	4,74	4,48	1,63	
					284	20,9	48,1	47,0	4,21			
2 (6%)	2840,1	3014,9	174,8	1,75	290	21,1	48,3	46,8	5,84	5,94	1,65	
					283	20,8	52,4	50,6	6,04			
3 (8%)	2840,1	3021,4	181,3	1,81	281	20,9	46,8	44,9	7,92	7,93	1,68	
					276	20,9	46,7	44,8	7,95			
4 (10%)	2840,1	3021,3	181,2	1,81	287	21,1	58,9	55,6	9,57	9,45	1,66	
					277	21,2	54,0	51,2	9,33			
5 (12%)	2840,1	3025,7	185,6	1,86	282	21,0	59,9	56,8	8,66	8,88	1,70	
					279	20,5	57,7	54,6	9,09			
6 (14%)	2840,1	3036,1	196,0	1,96	285	21,4	65,2	62,1	7,62	7,56	1,82	
					291	20,9	66,8	63,6	7,49			
7 (16%)	2840,1	3037,1	197,0	1,97	289	20,5	46,9	43,9	12,82	12,12	1,76	
					288	21,2	49,5	46,6	11,42			
8 (18%)	2840,1	3038,4	198,3	1,98	294	20,9	51,8	48,6	11,55	12,61	1,76	
					286	20,8	47,4	44,2	13,68			

(составлена автором)

Рисунок 3. Зависимость плотности грунта на основе суглинка от влажности при стандартном уплотнении (составлен автором)

Работами целого ряда авторов доказано, что максимальная прочность дорожного основания достигается в результате его уплотнения при оптимальной влажности до максимальной плотности, и что каждой степени уплотнения соответствует определенная оптимальная влажность [13, 14, 15, 16]. При этом играет важную роль природа материала, используемого в качестве конструктивного слоя, фракционный состав и величина pH среды.

При исследовании свойств грунта на основе суглинка в качестве основания дорожного полотна были получены данные, которые свидетельствуют о том, что оптимальная влажность для получения максимальной плотности составляет 14-18%. Таким образом, устройство конструктивных слоев дорожной одежды из вторичного щебня (переработка бетонных и железобетонных конструкций в щебень) технологически не отличается от традиционно принятых способов ведения работ. При этом используются машины: распределительные, поливомоечные и уплотнительные.

Сравнительная кривая зависимости плотности грунтового основания на основе гранитного щебня (фр.20-40мм, марка по дробимости при сжатии в цилиндре 1200, по истираемости И-1, по морозостойкости F 300) от влажности представлена на рис. 4.

Рисунок 4. Зависимость плотности грунта на основе гранитного щебня (фр.20-40мм, марка по дробимости при сжатии в цилиндре 1200, по истираемости И-1, по морозостойкости F 300) от влажности (составлен автором)

Оптимальная влажность щебеночного основания на основе гранитного щебня составляет 10-12%, что значительно ниже влажности щебеночных оснований на основе боя строительного лома.

Щебень полученный из дробленного глиняного кирпича имеет невысокую марку по дробимости-60, водопоглощение-11,2%. У керамического щебня (исходное сырье – глина) структура пористая, влага поглощается и задерживается в порах дольше (в сравнении с щебнем полученном от дробления бетонного камня), в результате чего, при температурных колебаниях (замораживание и оттаивание) внутренняя влага послойно разрушает керамический щебень и на его поверхности образуются сколы. Таким образом, из-за большого водопоглощения в период перепада температур, щебень из керамического кирпича подвержен к поверхностному трещинообразованию. Поэтому использовать щебень на основе дробленного керамического кирпича в увлажненных условиях не рекомендуется. И окончательное решение о целесообразности использования принимается после проведения лабораторно-полевых испытаний.

Результаты лабораторных испытаний показывают, что щебень, полученный в результате переработки бетонного и кирпичного боя во фракционированный щебень, является существенным подспорьем в процессе расширения сырьевой базы для дорожного строительства и решения экологических проблем региона.

Испытания дорожного щебеночного основания полученного из дробленого бетона и уплотненного при оптимальной влажности показали, что в зоне контакта щебенка наблюдается процесс регидратации цемента. Дорожное основание обладает повышенной жесткостью и хрупкостью. С целью устранения или хотя бы снижения данного эффекта нами проведен эксперимент по составлению искусственной смеси, когда керамический бой составляет 10%, а щебень из бетонного лома составляет 90%. В результате чего при уплотнении смеси на поверхности прочных частиц щебенка образуется керамическая пыль препятствующая сращиванию поверхностей контактирующих щебенка. В тоже время происходит процесс расклинивания щебеночного слоя, что благоприятно сказывается на сопротивлении сдвиговым нагрузкам.

В г. Пензе, при реконструкции улично-дорожной сети на экспериментальном участке из полученной искусственной щебеночной смеси, состоящей из 10% кирпичного боя фракции 5-10мм и 90% щебня фракции 20-40мм из боя железобетонных конструкций было устроено основание толщиной 300мм. При помощи неразрушающего способа (ультразвуковой прибор НМР) определили коэффициент уплотнения, динамический модуль упругости и скорость осадки основания (рис.4). Результаты исследований представлены в табл. 7.

Рисунок 4. *Натурные испытания свойств грунтового основания неразрушающим способом. Основание выполнено из щебеночного слоя (щебень от дробления железобетонных конструкций, фракция 20-40мм). Прибор НМР - измеритель параметров грунта.*

Таблица 7

Физико-механические свойства щебеночного основания (щебень от дробления железобетонных конструкций, фракция 20-40мм)

Пикет Уч-к1	ПК 00+50	ПК 00+70	ПК 00+99	ПК 01+32	ПК 01+68	ПК 02+15	ПК 02+55	ПК 02+70	ПК 03+10	ПК 04+60	ПК 04+80	ПК 04+97
№отбора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S_m	0.256	0.252	0.294	0.246	0.310	0.315	0.425	0.368	0.294	0.423	0.354	0.346
S/V	2.771	2.840	2.841	2.810	2.857	2.788	3.158	2.900	2.850	2.754	2.610	0.310
E_{vd}	87.89	89.29	76.59	91.46	73.05	71.43	52.94	51.14	76.53	53.10	63.56	65.03
$K_{уп}$	1,00	0,99	0,98	1,05	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98

(составлена автором)

S_m - среднее значение осадки в мм.

S/V - отношение значения осадки к скорости осадки.

E_{vd} - динамический модуль упругости грунта в $MN/m^2 \geq 40.00$

$K_{уп}$ - Коэффициент уплотнения ≥ 0.98 .

Таблица 8

Физико-механические свойства основания из суглинка

Пикет, Уч-к 2	ПК 00+60	ПК 00+70	ПК 00+82	ПК 01+03	ПК 01+22	ПК 01+50	ПК 01+76	ПК 02+00	ПК 05+13	ПК 05+40	ПК 05+53	ПК 05+70
№отбора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S_m	0.762	0.760	0.697	0.586	0.631	0.669	0.573	0.671	0.573	0.810	0.663	0.951
S/V	3.797	3.800	3.857	3.435	3.712	3.900	3.440	3.940	3.830	4.670	4.480	5.831
E_{vd}	29.53	29.60	32.28	38.11	35.66	33.63	39.27	33.53	39.27	27.81	33.94	23.66
$K_{уп}$	0,97	0,97	0,976	0,988	0,985	0,98	0,988	0,98	0,988	0,972	0,986	0,97

(составлена автором)

S_m - среднее значение осадки в мм.

S/V - отношение значения осадки к скорости осадки.

E_{vd} - динамический модуль упругости грунта в $MN/m^2 \geq 35.00$

$K_{уп}$ - Коэффициент уплотнения ≥ 0.97 .

Таблица 9

Физико-механические свойства щебеночного основания (щебень от дробления железобетонных конструкций, фракция 20-40мм-90% и щебень от дробления кирпичного боя-10% фракции 10-20)

Пикет Уч-к 3	ПК 20+80	ПК 20+80	ПК 20+60	ПК 20+40	ПК 20+20	ПК 20+00	ПК 19+80	ПК 19+60	ПК 19+40	ПК 19+20	ПК 19+00	ПК 18+98
№отбора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S_m	0.350	0.381	0.435	0.318	0.416	0.392	0.649	0.478	0.351	0.477	0.397	0.572
S/V	2.979	2.757	3.180	2.910	3.152	2.374	3.786	3.760	3.095	3.484	3.455	3.750
E_{vd}	73.77	59.06	52.00	71.88	54.09	57.40	34.74	47.00	64.10	47.17	56.68	38.00
$K_{уп.}$	1.10	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	1.06	0.98	1.03	0.97

(составлена автором)

S_m - среднее значение осадки в мм.

S/V - отношение значения осадки к скорости осадки.

E_{vd} - динамический модуль упругости грунта в MN/m^2

$K_{уп.}$ - коэффициент уплотнения ≥ 0.98 .

Выводы

Оптимальная влажность щебня изготовленного из дробленного бетона и железобетона выше чем значение оптимальной влажности гранитного щебня.

Из полученных данных видно, что искусственно составленный щебеночный слой из щебня от дробления железобетонных конструкций и щебня от дробления кирпичного боя обладает меньшим значением динамического модуля, хотя коэффициент уплотнения выше, чем в слоях основания выполненных из щебня от дробления железобетонных конструкций, фракция 20-40мм.

Щебень, полученный от дробления бетонных конструкций при уплотнении и твердении во влажной среде склонен к поверхностной регидратации цементного камня в зоне контакта, что приводит к повышению жесткости и склонности к трещинообразованию.

Влияние полученного щебня после переработки лома и боя строительных материалов на несущую способность конструктивных слоев дорожного основания мало изучено и требуется проведение дальнейших исследований.

Искусственно составленные щебеночные композиции из боя бетона и железобетона могут быть пригодны в качестве подстилающего слоя под толстым слоем асфальта с неинтенсивным движением транспорта. Но такую конструкцию нельзя рекомендовать, без проверки, для конструкций дорожного полотна при толщине поверхности износа 40-50мм из-за возможного усталостного растрескивания.

Основание под пешеходные дорожки целесообразно изготавливать из щебня полученного после дробления железобетонных и бетонных конструкций, т.е. из вторичного щебня, что позволит снизить себестоимость дорожных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романенко И.И. Материал на основе металлургических шлаков для укрепления дорожных оснований / И.И. Романенко, Б.В. Пилясов // Строительные материалы. 2008. № 12. С. 28-29.
2. Романенко И.И. Строительство дорог из бетоногрунтовых смесей с применением ресайклера. / И.И. Романенко, М.И. Романенко, Э.М. Пинт, К.А. Еличев // Сборник научных трудов международной научной конференции «Наука и образование: проблемы развития строительной отрасли». Пенза, ПГУАС, 29-30 ноября 2012г.
3. Романенко И.И. Строительство дорог высокого качества позволяет использовать некондиционные материалы и отходы производств / И.И. Романенко, М.И. Романенко, Э.М. Пинт, И.Н. Петровнина // Материалы за IX международна научна практична конференция «Бъдещите изследованя – 2013», 17-25 февруари 2013. Том 30. Здание архитектура Физическа култура и спорт. София «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2013.
4. Пат.2370466 С1 РФ, МКП СО4В 7/153 № 2008120276/03 21.05.2008. Шлакощелочное вяжущее «Граунд» и способ его получения.
5. Пат.2370465 РФ, МКП СО4В 7/153 № 2008120275 21.05.2008. Шлакощелочное вяжущее «Граунд-М» и способ его получения.
6. Романенко И.И. Влияние заполнителя на свойства дорожных бетонов. / И.И. Романенко, М.И. Романенко, Э.М. Пинт, И.Н. Петровнина // Materiały ix międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «actual problems of development of the construction complex and enterprises on its basis – 2013». Volume 3. Budownictwo i architektura. Nowoczesne informacyjne technologie. Przemysł, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction 2013.
7. Романенко И.И. Современные способы по устройству дорожных оснований. / И.И. Романенко, М.И. Романенко, И.Н. Петровнина, К.А. Еличев // Materiály i mezinárodní vědecko – praktická konference «innovation is the source of development of national economy – 2014». Díl 2 «Ekologie. Výstavba a architektura. Zemědělství». Praha, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction. 2014.
8. Романенко И.И. Влияние заполнителя на свойства дорожных бетонов. / И.И. Романенко, М.И. Романенко, Э.М. Пинт, И.Н. Петровнина // Materiały ix międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «actual problems of development of the construction complex and enterprises on its basis – 2013». Volume 3. Budownictwo i architektura. Nowoczesne informacyjne technologie. Przemysł, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction 2013.
9. Романенко И.И. Современные способы по устройству дорожных оснований. / И.И. Романенко, М.И. Романенко, И.Н. Петровнина, К.А. Еличев // Materiály i mezinárodní vědecko – praktická konference «innovation is the source of development of national economy – 2014». Díl 2 «Ekologie. Výstavba a architektura. Zemědělství». Praha, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction. 2014.
10. Santoni, R.L., Tingling, I.S., and Webster, S.L, stabilization of Silty Sands with nontraditional additives, Transportation research 1787, TRB, national research Council, Washington, DC, 2003, p. 33-41.

11. Wilk, C. M. (1997) Stabilisation of Heavy Metals with Portland Cement: Research Synopsis. Waste Management Information, Public Works Department, Portland Cement Association, Skokie, IL.
12. Yong, R.N., Mohamed, A.M.O. and Warkentin, B.P. (1996) Principles of Contaminant Transport in Soils, Elsevier, Oxford. A.B. Mustafa, AR Bazara and AR Nour El Din, " soil Stabilization of polymeric materials , " Angewandte Makromolekulare Chemie , vol . 97, no. 1, p. 1-12, 2003.
13. Алиев А.Г., Волянский А.А., Пахомов В.А. и др. Шлакощелочные вяжущие и мелкозернистые бетоны на их основе. – Ташкент: Фан, 1980. – 483с.
14. Баррер Р. Гидротермальная химия цеолитов /Пер. с англ. – М.: Мир, 1985 – 424с.
15. Глуховский В.Д. Бетоны на шлакощелочных вяжущих //Бетон и железобетон. 1975. - №3. – с.12-13.
16. Романенко И.И. Деформации цементного камня, приводящие к образованию поверхностных трещин. /Романенко И.И., Романенко М.И., Пинт Э.М.// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 32-36.

Рецензент: Худяков Владислав Анатольевич, Проректор по непрерывному образованию, кандидат технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет».

Romanenko Igor' Ivanovich

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-mail: rom1959@yandex.ru

Romanenko Mariya Igorevna

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-mail: romanenko.masha@yandex.ru

Petrovnina Irina Nikolaevna

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-mail: irisha-vas@yandex.ru

Pint Eduard Mikhaylovich

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza

Elichev Konstantin Aleksandrovich

«Penza State University of Architecture and Construction»
Russia, Penza
E-mail: elichev.55@mail.ru

Secondary use in road construction rubble obtained from crushed concrete

Abstract. The authors of the article was, raised the issue of the possibility of using modern industrial building demolition waste from the demolition of old industrial and civil buildings. Crushed obtained by crushing of concrete structures, is a byproduct of demolition and scrap from the production of concrete products. In this case, recycling is a brick and fight. Today, these by-products are used to fill the card with municipal solid waste (MSW) or, in extreme cases, to the filling gullies. Wide application for the needs of the construction is not observed.

Studies were carried out to assess whether the use of recycled rubble from scrap concrete and brick road construction at the device structural layers of the roadway. Found that the use of this material in construction will reduce the consumption of expensive natural stone materials, reduce transport costs and reduce the area designated for MSW.

It was found that rubble derived from scrap concrete and bricks should be used for road bases on roads with light traffic and Preparation of the base under the sidewalks. The optimum ratio of the components in the artificially selected rubble is 90% of the battle of concrete and 10% of ceramic bricks. The optimum moisture content is from recycled materials rubble granite above 12-15%.

Keywords: rubble granshlak; slag; crushed concrete; ceramic brick battle; clay; compressive strength; density; modulus of elasticity; the optimum moisture content.

REFERENCES

1. Romanenko I.I. Material na osnove metallurgicheskikh shlakov dlya ukrepleniya dorozhnykh osnovaniy / I.I. Romanenko, B.V. Pilyasov // Stroitel'nye materialy. 2008. № 12. S. 28-29.
2. Romanenko I.I. Stroitel'stvo dorog iz betonogruntovykh smesey s primeneniem resayklera. / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, E.M. Pint, K.A. Elichev // Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Nauka i obrazovanie: problemy razvitiya stroitel'noy otrasli». Penza, PGUAS, 29-30 noyabrya 2012g.
3. Romanenko I.I. Stroitel'stvo dorog vysokogo kachestva pozvolyaet ispol'zovat' nekonditsionnye materialy i otkhody proizvodstv / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, E.M. Pint, I.N. Petrovnina // Materialy za IX mezhdunarodna nauchna praktichna konferentsiya «B"deschite izsledovaniya – 2013», 17-25 fevruari 2013. Tom 30. Zdanie arkhitektura Fizicheska kultura i sport. Sofiya «Byal GRAD-BG» OOD, 2013.
4. Pat.2370466 S1RF, MKP SO4V 7/153 № 2008120276/03 21.05.2008. Shlakoshchelochnoe vyazhushchee «Graund» i sposob ego polucheniya.
5. Pat.2370465RF, MKP SO4V 7/153 № 2008120275 21.05.2008. Shlakoshchelochnoe vyazhushchee «Graund-M» i sposob ego polucheniya.
6. Romanenko I.I. Vliyanie zapolnitelya na svoystva dorozhnykh betonov. / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, E.M. Pint, I.N. Petrovnina // Materiały ix międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji «actual problems of development of the sonstruction complex and enterprises on its basis – 2013». Volume 3. Budownictwo i architektura. Nowoczesne informacyjne technologie. Przemysł, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction 2013.
7. Romanenko I.I. Sovremennye sposoby po ustroystvu dorozhnykh osnovaniy. / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, I.N. Petrovnina, K.A. Elichev // Materiály i mezinárodní vědecko – praktická konference «innovation is the source of development of national economy – 2014». Díl 2 «Ekologie. Výstavba a architektura. Zemědělství». Praha, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction. 2014.
8. Romanenko I.I. Vliyanie zapolnitelya na svoystva dorozhnykh betonov. / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, E.M. Pint, I.N. Petrovnina // Materiály ix międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji «actual problems of development of the sonstruction complex and enterprises on its basis – 2013». Volume 3. Budownictwo i architektura. Nowoczesne informacyjne technologie. Przemysł, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction 2013.
9. Romanenko I.I. Sovremennye sposoby po ustroystvu dorozhnykh osnovaniy. / I.I. Romanenko, M.I. Romanenko, I.N. Petrovnina, K.A. Elichev // Materiály i mezinárodní vědecko – praktická konference «innovation is the source of development of national economy – 2014». Díl 2 «Ekologie. Výstavba a architektura. Zemědělství». Praha, Penza. Pensa State Universitet of Architecture and Construction. 2014.
10. Santoni, R.L., Tingling, I.S., and Webster, SL, stabilization of Silty Sands with nontraditional additives, Transportation research 1787, TRB, national research Council, Washington, DC, 2003, p. 33-41.

11. Wilk, C. M. (1997) Stabilisation of Heavy Metals with Portland Cement: Research Synopsis. Waste Management Information, Public Works Department, Portland Cement Association, Skokie, IL.
12. Yong, R.N., Mohamed, A.M.O. and Warkentin, B.P. (1996) Principles of Contaminant Transport in Soils, Elsevier, Oxford. A.B. Mustafa, AR Bazara and AR Nour El Din, " soil Stabilization of polymeric materials , " Angewandte Makromolekulare Chemie , vol . 97, no. 1, p. 1-12, 2003.
13. Aliev A.G., Volyanskiy A.A., Pakhomov V.A. i dr. Shlakoshchelochnye vyzhushchie i melkozernistye betony na ikh osnove. – Tashkent: Fan, 1980. – 483s.
14. Barrer R. Gidrotermal'naya khimiya tseolitov /Per. s angl. – M.: Mir, 1985 – 424s.
15. Glukhovskiy V.D. Betony na shlakoshchelochnykh vyzhushchikh //Beton i zhelezobeton. 1975. - №3. – s.12-13.
16. Romanenko I.I. Deformatsii tsementnogo kamnya, privodyashchie k obrazovaniyu poverkhnostnykh treshchin. /Romanenko I.I., Romanenko M.I., Pint E.M.// Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. 2012. № 4. S. 32-36.