

Промышленные отходы и ТБО в дорожном строительстве

И.В. Сенцов¹, Е.Д. Ничипорович², А.Ш. Спицкая³, И.В. Цыгвинцев⁴, П.И. Матирная⁵, А.А. Шавва⁶,
А.Н. Новик⁷

¹⁻⁷ Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург,
Политехническая ул., 29

Информация о статье УДК 625.7/1.8

Аннотация

Возможность переработки твёрдых бытовых отходов (ТБО) и отходов промышленности для повторного использования их в дорожном строительстве является перспективным направлением в решении целого ряда проблем, связанных с прочностными характеристиками асфальтобетона и экономической эффективностью его применения. Это связано с тем, что строительство с каждым годом становится всё более затратным процессом. Модифицирующие добавки на основе ТБО и промышленных отходов способны сократить расходы и улучшить свойства дорожного полотна. Методом обзора и анализа литературы, в ходе сравнения информации о различных видах асфальтобетонных смесей с применением добавок, было установлено, что с их помощью производство смеси становится более эффективным: материал приобретает усовершенствованные характеристики по физико – механическим показателям по сравнению с обычной смесью для дорожного полотна. В статье рассмотрены такие добавки, как Viator 66, минеральный порошок и буровой шлам. Каждая из них повышает прочностные характеристики асфальта. В ходе анализа выяснилось, что смеси с применением добавок не только не уступают, но и превосходят по прочностным характеристикам смеси указанной в ГОСТ 9128—2013, при этом экономическая выгода составит примерно 80%.

Ключевые слова: Переработка, дороги, асфальтобетон, строительные материалы, строительство, отходы, гражданское строительство

Содержание

Контактный автор:

1. +7(952)3897969, igorseno1000@gmail.com (Сенцов Игорь Вадимович, студент)
2. +7(950)2203966, nichliza@mail.ru (Ничипорович Елизавета Дмитриевна, студент)
3. +79650347670, spitskayaa@gmail.com (Спицкая Алина Шахидовна, студент)
4. +7(905)2220691, ilyanamazov@gmail.com (Цыгвинцев Илья Валентинович, студент)
5. +7(921)9836684, Lina95ppi@mail.ru (Матирная Павла Ивановна, студент)
6. +7(962)3435656, shavvaand@gmail.com (Шавва Андрей Александрович, аспирант)
7. +7(911)9804457, novik.anatoliy@inbox.ru (Новик Анатолий Николаевич, к.воен.-техн.н, доцент)

1. Введение

С каждым годом население планеты увеличивается, по данным ООН к 2025 году оно достигнет 8 миллиардов человек, можно с уверенностью говорить о возникновении проблем, связанных с этим вопросом. Одной из главных задач человечества станет борьба с огромным количеством мусора, т.к. уже сегодня в среднем накопление твёрдых бытовых отходов составляет 200 кг/ч или 1м³/ч. Если произвести расчёт для Санкт-Петербурга, то отходы населения за год составляют 1м³, имеющий ребро равное пяти километрам. Столь ужасающая цифра настораживает, ведь в расчёт не берётся мусор с промышленного производства, который также имеет негативное влияние на экологию и в частности на здоровье человека. В соответствии с конституцией Российской Федерации каждый гражданин России имеет право на создание вокруг себя благоприятной окружающей среды, но в результате совокупности двух факторов, разрастающейся площади города Санкт-Петербург и увеличения городских свалок, это право нарушается, так как свалки, которые по нормам должны быть расположены в 30 километрах от границы города, через некоторое время оказываются в его пределах. В связи с этим остро ставится вопрос о возможности переработки отходов и их вторичному использованию в производстве.

Учитывая нестабильную экономическую ситуацию на строительном рынке России широко обсуждается вопрос снижения количества затрат, вложенных в строительство автомобильных дорог, без угрозы преждевременного разрушения асфальтобетонного покрытия и с учетом восприятия всех нагрузок. Решение поставленной задачи определяется в процессе поиска новых путей развития в области строительных материалов. Как известно, битум является одним из основных элементов, используемых в дорожном строительстве, поэтому очень важно, чтобы его применение было выгодно с экономической точки зрения, а все его показатели стремились к улучшению свойств покрытия.

2017 год объявлен годом экологии в России, поэтому в рамках данной статьи рассматривается возможность решения вышеизложенных вопросов путем применения промышленных отходов и ТБО для изготовления асфальтобетонной смеси.

2. Литературный обзор

Анализ научной литературы подтверждает актуальность выбранной темы, вследствие многообразия научных работ по рассматриваемому вопросу. Теоретической базой для анализа является нормативная документация и патенты, в которых обзореваются вопрос автомобильного строительства [1-3], в частности рассмотрено применение различных добавок в асфальтобетонных смесях [4-10]. Результаты исследований возможных способов применения производственных отходов [11-21], шлаков [22, 23, 24] и бытовых отходов в дорожном строительстве рассмотрены в статьях [25, 26].

Однако, несмотря на большой объем исследований, посвященных данной теме, до настоящего времени не был проведен сравнительный анализ асфальтобетонной смеси тип А марки 1 со смесью в которую включены такие добавки как: Viatorb66, минеральный порошок и буровой шлам, также не была подсчитана выгода от их использования.

3. Цель исследования

Целью исследования является проведение сравнительного анализа физико-механических свойств асфальтобетонной смеси при добавлении твёрдых бытовых отходов и отходов промышленного производства с показателями смеси, полученной на основе рецептуры приготовления по ГОСТ 9128-2013 и выявления преимуществ их использования. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- Определение требуемых для сравнения физико-механических свойств асфальтобетонной смеси по ГОСТ 9128-2013;
- Рассмотреть применение различных добавок и определить положительные и отрицательные стороны их использования;
- Выявить экономическую и экологическую выгоду от использования добавок в асфальтобетонных покрытиях;

4. Виды промышленных отходов и ТБО в Ленинградской области

Смесь тип А марка 1

Для улучшения прочностных качеств бетона и уменьшения количества вяжущего вещества при производстве бетонной смеси добавляют метакраиновые минеральные добавки, в их состав входит смесь окиси кремния и глинозема. Среди применяемых в современном строительстве добавок метакраинов является одной из самых активных добавок. Данная добавка наномодифицирована и по составу является химически искусственной, содержит каолин, который подвергся термической обработке. Получившийся продукт является продуктом гидротермального синтеза кремния SiO₂ при взаимодействии с алюминием Al₂O₃ и оксидами металлов. Применение такой добавки как метакраин незначительно повышает показатели термической устойчивости образца. Изменение морозостойкости не происходит.

Чтобы сравнить различные смеси, за основу мы берем показатели смеси ГОСТ 9128—2013.

Для определения климатического района Санкт-Петербурга используем СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». Согласно данному документу Санкт-Петербург попадает во 2 климатический район. На основании ГОСТ 9128-2013 из таблицы №2 выбираем физико-механические характеристики асфальтобетонной смеси, которые проверяются в испытательных лабораториях. Для сравнения мы выбираем асфальтобетонную смесь Тип А марка 1 – это высокоплотная смесь с содержанием щебня 50%-60%. Данные из ГОСТа приведены в таблице 1.

Асфальтобетонная смесь с применением Viatorp 66

Существует большое количество добавок к асфальтобетонным смесям. Ода из таких добавок это VIATORP-66. Для обеспечения большей усталостной стойкости, водо- и морозостойкости, устойчивости к старению было проведено повышение содержания битума в составах смесей. VIATORP-66 был применен как стабилизирующая добавка для удержания толстых плёнок битума на поверхности щебня. Данная добавка производится в Германии фирмой РАСТОМ.[29-31]

VIATORP-66 это цилиндрические гранулы размером от 2 до 10 мм без запаха серого цвета. Согласно технической спецификации, производителя, VIATORP-66 – это смесь, которая на 33,3% состоит из битума и на 66,6% из целлюлозных волокон. Средняя толщина целлюлозных волокон – 0,045 мм, длина – 1,1 мм. Её можно получить при вторичной переработке ТБО, составляющих около 20-30% общей массы отходов. Переработка происходит при помощи способа экологической биотехнологии.

Содержание VIATORP-66 устанавливается согласно комплексу показателей физико-механических свойств ЩМА. Также учитывается лабораторная методика оценки стекания вяжущего (по Шеленбергу). Этот метод оценивает способность вяжущего не вытекать при длительной транспортировке и во время хранения в накопительных бункерах. Он характеризует её стабильность в условиях технологических температур [45-55].

По данным из паспортов данной смеси внесём её характеристики в Таблицу 1.

Асфальтобетонная смесь с применением активированного минерального порошка

В производстве асфальтобетонных смесей также могут применяться активированные минеральные порошки [27].

Минеральные порошки содержат отходы полусухой очистки дымовых газов, которые образуются при сжигании твёрдых бытовых отходов (ТБО). Они обладают уникальными свойствами, которые способствуют получению порошков, имеющих высокую способность к заполнению пространства между инертными компонентами асфальтобетона. Также присутствует способность проникать в поры различных материалов, именно это приводит к повышению эксплуатационных свойств дорожных покрытий. Улучшаются такие показатели как прочность, водо- и морозостойкость, трещиностойкость и сдвигоустойчивость [55-59].

Применение активированного минерального порошка в асфальтобетонных покрытиях приводят к изменениям структуры органический составляющих в смесях на молекулярном уровне. Это увеличивает упругость дорожных покрытий, уменьшает их восприимчивость к температурным перепадам и обеспечивает релаксацию возникающих в покрытиях циклических деформаций. Способствует уменьшению деформации как в поперечном, так и в продольном направлениях [34-38].

Смесь включает в себя: щебень гравийный фракция 5-10 мм - 37% масс., отсев дробления щебня фракции 0-5 мм - 39,9% масс., песок природный - 14,6% масс., активированный минеральный порошок - 8,5% масс. Активированный минеральный порошок содержит, % масс.: активизирующая составляющая - 15,00, отходы полусухой очистки дымовых газов, образующихся при сжигании твердых бытовых отходов, - 85,00, при этом активизирующая составляющая содержит, % масс.: битум БДН 90/130 - 50,00, гидрофобизирующую кремнийорганическую жидкость, ГЖ-10 - 50,00 [60-70]. На основе приведённых в патенте испытаний заполняем Таблицу 1.

Асфальтобетонная смесь с использованием бурового шлама отходов промышленности

Как известно, холодная асфальтобетонная смесь изготавливается на основе битума, минеральных наполнителей и полимерных добавок. Зачастую возникают проблемы, связанные с несоответствием коэффициентов водостойкости, водонасыщения и остаточной пористости смеси для покрытий автомобильных дорог требованиям ГОСТ 9128-97 к холодным асфальтобетонам. Другой проблемой обозначена высокая стоимость материала, что сильно уменьшает возможные сферы применения асфальтобетона, получаемого по данной методике [71-80].

Для решения обозначенных проблем в получении холодного асфальтобетона применяются нефтяные шламы [41-43] в количестве до 50% от массы связующего вещества. При этом решается проблема улучшения показателей водонасыщения, водостойкости и пористости, также достигается снижение стоимости холодного асфальтобетона [71-95].

Отличие в составе приготовления холодного асфальтобетона, включающий связующее, содержащее нефтяной шлам, битум и песок, отличающийся тем, что в качестве песка он содержит отсев дробления гранита фракции 0-5 мм, нефтяной шлам - обезвоженный, имеющий состав: органическая часть 60-80, минеральная часть 2-4, сера 3-5, вода - остальное, и входящий в состав связующего в количестве 20-50% от его массы [80-90]. Все показатели асфальтобетонной смеси заносятся в Таблицу 1.

Сравнение показателей различных асфальтобетонных смесей

Таблица 1. Показатели асфальтобетонных смесей

№ п/п	Наименование показателей	Норма по ГОСТ 9128—2013 таблица 4[32]	Асфальтобетонная смесь с применением Viator 66	Смесь с применением активированного минерального порошка[27]	Смесь с применением бурового шлама отходов промышленности
1	Марка смеси	Тип А марка 1	ЩМА 20	-	ПЦТ 1/50 с добавкой 5% масс. бурового шлама
2	Водонасыщение %	От 2,0 до 5,0	2,0	1,52	3,6
3	Водостойкость, не менее	0,90	0,90	1,02	1,3
4	Предел прочности при сжатии, МПа				
	при 20°С, не менее	2,5	3,45	5,30	10,9
	при 50°С, не менее	1,0	1,20	4,70	не менее 0,96
5	Пористость, %	От 14 до 19	16,8	-	-
6	Остаточная пористость, %	Св. 2,5 до 5,0	2,5	-	3,9
7	Стоимость	2610[28,44]	2617	581,93	512,6

Далее рассчитываем стоимости смесей с применением рассматриваемых добавок на основе их состава.

Таблица 2. Состав асфальтобетонной смеси Viator-66 и стоимость

№ п/п	Наименование материалов	Состав смеси в %	Дозировка материалов на замес, 1000 кг	Стоимость 1 тонны, в рублях	Стоимость материала на замес 1000 кг
1	Щебень габбро-диабаз, фр. св. 15 до 20 мм	43,31	433,1	800	346,8
2	Щебень габбро-диабаз, фр. св. 10 до 15 мм	18,83	188,3	650	122,395
3	Щебень габбро-диабаз, фр. от 5 до 10 мм	10,35	103,5	650	67,275
4	Песок из отсева дробления габбро-диабазы после улавливания пыли	10,36	103,6	50	5,18
5	Минеральный порошок неактивированный	9,41	94,1	1250	117,625
6	Пыль уноса габбро-диабазы	1,88	18,8	0 образуется в результате обработки габбро-диабазы	0
7	Полимерно-битумное вяжущее ПБВ 60	5,37	53,7	32800	1761.36
8	Виатор 66	0,49	4,89	40000	196

Стоимость: 2617 руб

Таблица 3. Состав асфальтобетонной смеси с примесями активированного минерального порошка

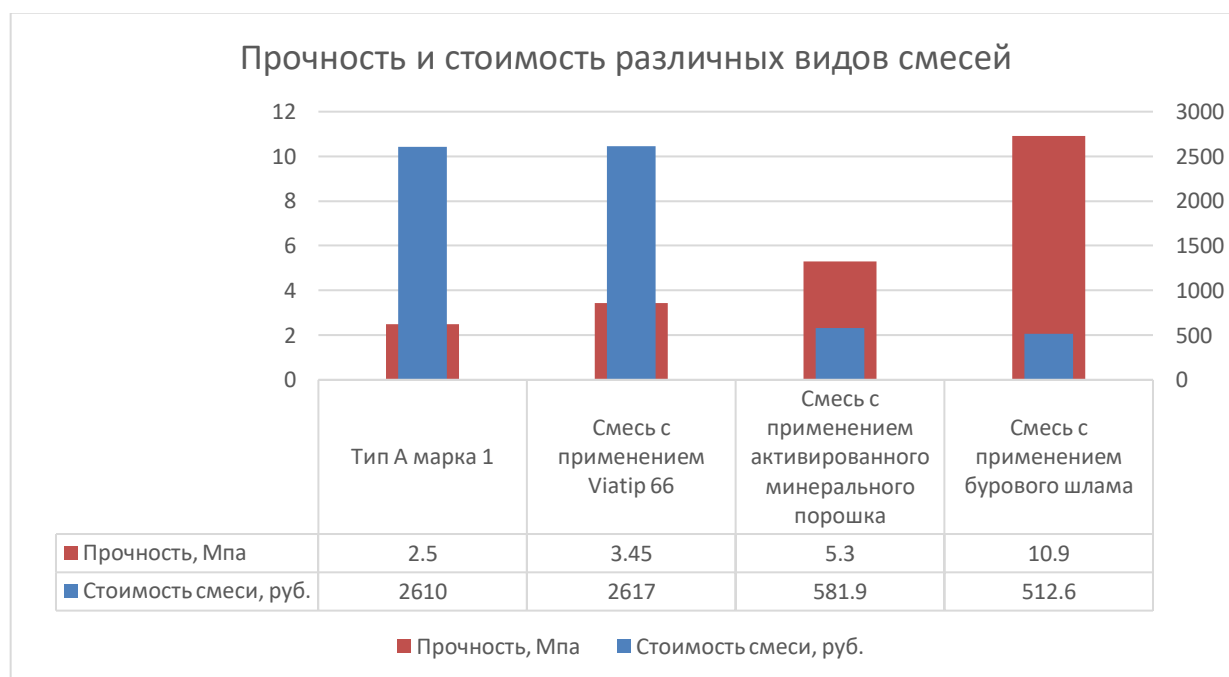
№ п/п	Наименование материалов	Состав смеси в %	Дозировка материалов на замес, 1000 кг	Стоимость 1 тонны, в рублях	Стоимость материала на замес 1000 кг
1	Щебень гравийный фракция 5-10 мм	37	370	850	314,5
2	Отсев дробления щебня фракции 0-5 мм	39,9	399	171	68,23
3	Песок природный	14,6	146	200	29,2
4	Активированный минеральный порошок	8,5	85	2000	170

Стоимость: 581,93 руб
Таблица 4. Состав асфальтобетонной смеси с применением бурового шлама отходов промышленности

№ п/п	Наименование материалов	Состав смеси в %	Дозировка материалов на замес, 1000 кг	Стоимость 1 тонны, в рублях	Стоимость материала на замес 1000 кг
1	Отсевы дробления гранита	85	850	171	145,35
2	Известняковый минеральный порошок	4,5	45	2650	119,25
3	Битум Бду 70/100[45]	5,5	55	3600	198
4	Нефтешлам	5	50	1000	50

Стоимость: 512,6 руб

По данным Таблицы 1 строим диаграмму на которой отражается соответствие цены и прочности рассматриваемых выше асфальтобетонных смесей.


Рис. 1. Соотношение прочности и стоимости различных видов асфальтобетонных смесей

Проанализировав таблицы №1-4 можно сделать вывод, что смеси содержащие добавки увеличивают прочностные характеристики, о чем свидетельствует диаграмма, приведенная на Рис.1.

Определим процент снижения стоимости при использовании различных добавок.

$$X = 100\% - \frac{\text{Стоимость смеси}}{\text{Стоимость "Тип А марка 1"}} * 100\% = 100\% - \frac{581.9}{2610} * 100\% = 78\%$$

Пример расчета для смеси с применением активированного минерального порошка. Воспользовавшись данными Рис1. Определён % снижения стоимости при применении рассматриваемых добавок.

Таблица 5. Процент экономии по сравнению с смесью «Тип А марка 1»

Наименование	Процент экономии
Смесь с применением Viatorp 66	0%
Смесь с применением активированного минерального порошка	78%
Смесь с применением бурового	80%

5. Заключение

Полученные результаты позволяют сделать выводы о тенденциях развития данной области:

1. Снижение затрат, вложенных в дорожное строительство может быть решено с помощью использования добавок из твёрдых бытовых отходов и отходов промышленности и технологии их применения на основе проанализированных выше данных.

2. Установлено, что из рассмотренных в статье добавок, применение бурового шлама наиболее выгодно в экономическом плане. Процент экономии составляет примерно 80%.

3. Рассматриваемые смеси не только не уступают смеси тип А марки 1, но и превосходят её по прочности.

Благодарности

Автор выражает признательность сотрудникам Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского политехнического университета за оказанную помощь при проведении данного исследования и написании настоящей статьи.

Литература

- [1]. СП 78.13330.2012. «Автомобильные дороги». 2012. С. 13.
- [2]. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия. -М.: Госстрой России, 2003. С. 13.
- [3]. ГОСТ Р 54401-2011. «Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Технические требования». 2011. С. 13.
- [4]. Соломенцев А.Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов //Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. №1. С. 14-15.
- [5]. Соломенцев А.Б. Свойства асфальтобетона с азотсодержащими ПАВ // Наука и техника в дорожной отрасли. 2001. №2. С. 6-7.
- [6]. ТУ 5718-001-18268513-01. Стабилизирующая добавка Viatorp 66. Технические условия.
- [7]. ТУ 5718-011-0281476-2004. Гранулированный стабилизатор "Хризотоп". Технические условия.
- [8]. Пат. 2439017 Рос. Федерация: С04В26/26/ Прохоров Андрей Геннадьевич// Активированный минеральный порошок для асфальтобетонных смесей.
- [9]. ГОСТ 31015-2002. «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия (с поправкой)».
- [10]. ГОСТ 9128-2009. «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия». 2009. С. 13.
- [11]. Ягафарова Г.Г., Сафаров А.Х., Московец А.В., Акчурина Л.Р., Федорова Ю.А., Акчурина Д.Х. Отходы нефтегазового комплекса в дорожном строительстве // Защита окружающей среды. 2014. № 8. С. 9-11.
- [12]. Исаева И.Ю. Утилизация полимерных отходов и нефтешламов с возможным применением в дорожном строительстве // Вестник московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2015. №

References

- [1]. SP 78.13330.2012. «Avtomobilnyye dorogi». 2012. S. 13.
- [2]. GOST 31015-2002. Smesi asfaltobetonnyye i asfaltobeton shchebenochno-mastichnyye. Tekhnicheskiye usloviya. -M.: Gosstroy Rossii, 2003. S. 13.
- [3]. GOST R 54401-2011. «Dorogi avtomobilnyye obshchego polzovaniya. Asfaltobeton dorozhnyy litoy goryachiy. Tekhnicheskiye trebovaniya». 2011. S. 13.
- [4]. Solomentsev A.B. Klassifikatsiya i nomenklatura modifitsiruyushchikh dobavok dlya bitumov [Classification and nomenclature of modifying additives for bitumen] //Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2008. №1. S. 14-15.
- [5]. Solomentsev A.B. Svoystva asfaltobetona s azotsoderzhashchimi PAV [The properties of the asphalt with a nitrogen-containing surfactants]// Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2001. №2. S. 6-7.
- [6]. TU 5718-001-18268513-01. Stabiliziruyushchaya dobavka Viatorp 66. Tekhnicheskiye usloviya.
- [7]. TU 5718-011-0281476-2004. Granulirovanny stabilizator "Khризотоп". Tekhnicheskiye usloviya.
- [8]. Pat. 2439017 Ros. Federatsiya: C04B26/26/ Prokhorov Andrey Gennadyevich// Aktivirovanny mineralnyy poroshok dlya asfaltobetonnykh smesey [Activated mineral powder for asphalt mixtures].
- [9]. GOST 31015-2002. «Smesi asfaltobetonnyye i asfaltobeton shchebenochno-mastichnyye. Tekhnicheskiye usloviya (s popravkoy)».
- [10]. GOST 9128-2009. «Smesi asfaltobetonnyye dorozhnyye, aerodromnyye i asfaltobeton. Tekhnicheskiye usloviya». 2009. S. 13.
- [11]. Yagafarova G.G., Safarov A.Kh., Moskovets A.V., Akchurina L.R., Fedorova Yu.A., Akchurina D.Kh. Otkhody neftegazovogo kompleksa v dorozhnom stroitelstve [Waste of oil and gas complex in road construction] // Zashchita okruzhayushchey sredy. 2014. № 8. S. 9-11.
- [12]. Isayeva I.Yu. Utilizatsiya polimernykh otkhodov i nefteshlamov s vozmozhnym primeneniym v dorozhnom stroitelstve [Disposal of polymer waste and oil sludge with possible use in road construction]// Vestnik moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2015. № 3(42). S. 114-119.

- 3(42). С. 114-119.
- [13]. Пугин К.Г., Калинина Е.В., Халитов А.Р. Ресурсосберегающие технологии строительства асфальтобетонных дорожных покрытий с использованием отходов производства // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2011. № 2. С. 60-69.
 - [14]. Булдаков С.И., Дедюхин А.Ю. Перспективы и проблемы использования отходов производства асбеста для дорожного строительства // Лесной вестник. Forestry bulletin. 2008. № 3. С. 115-117.
 - [15]. Дьяконов П.Ю. Утилизация отходов теплоэнергетики в дорожном строительстве // Вестник МГСУ. 2012. № 8. С. 175-180.
 - [16]. Дедюхин А.Ю., Кручинин И.Н., Мелькумов В.Н. Применение техногенных отходов переработки хризотила в дорожном строительстве // Научный журнал строительства и архитектуры. 2009. №4. С. 141-147.
 - [17]. Степанцев В.Г., Герасимов А.В., Герасимова Н.В. Строительство оснований дорожных одежд с применением местных материалов и отходов промышленности // Совершенствование технологий строительства и ремонта дорог при условии Сибири. 2010. С. 47-56.
 - [18]. Ларионова Н.А., Николаева С.К., Рябова А.А. Оценка возможности использования промышленных отходов для получения строительных материалов для дорожного строительства // Инновационный потенциал естественных наук. 2006. С. 157-162.
 - [19]. Сайрахмонов Р.Х., Умаров С.С., Махмадов Ш.Р., Зайниддинов Т.Н. Применение отходов алюминиевого производства в составе цемента и асфальтовяжущего для дорожного строительства // Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования. 2016. № 2(34). С. 73-79.
 - [20]. Зарипов Р.И., Ахметова Р.Т., Строганов В.Ф., Медведева Г.А., Нафиков И.М. Решение вопросов экологической безопасности и утилизации техногенных отходов в сульфидные композиционные материалы для дорожного строительства // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 9-2. С. 231-234.
 - [21]. Шепелев И.И., Бочков Н.Н., Дашкевич Р.Я., Сахачев А.Ю. Опыт применения нетоксичных отходов глиноземного производства в дорожном строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 11(671). С. 22-29.
 - [22]. Imteaz M.A., Ali M.Y., Arulrajah A. Possible environmental impacts of recycled glass used as a pavement base material. Waste Management and Research. 2012. Vol. 30. No. 9. Pp. 917-921.
 - [23]. Ярмолинская Н.И., Судаков В.И., Судаков А.В. К вопросу модификации золошлаковых отходов для дорожного строительства // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения. 2015. С. 156-162.
 - [24]. Akashi T., Sudo M. Reuse technology for slag generated from municipal solid waste melting systems. JFE Technical Report. 2009. No. 13. Pp. 67-74.
 - [25]. Lidelöw S., Mácsik J., Carabante I., Kumpiene J. Leaching behaviour of copper slag, construction and
 - [13]. Pugin K.G., Kalinina Ye.V., Khalitov A.R. Resursosberegayushchiye tekhnologii stroitelstva asfaltobetonnykh dorozhnykh pokrytiy s ispolzovaniyem otkhodov proizvodstva [Resource-saving technologies of asphalt concrete pavement construction using industrial waste]// Vestnik permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika. 2011. № 2. S. 60-69.
 - [14]. Buldakov S.I., Dedyukhin A.Yu. Perspektivy i problemy ispolzovaniya otkhodov proizvodstva asbesta dlya dorozhnogo stroitelstva [Prospects and problems of using asbestos production wastes for road construction]// Lesnoy vestnik. Forestry bulletin. 2008. № 3. S. 115-117.
 - [15]. Dyakonov P.Yu. Utilizatsiya otkhodov teploenergetiki v dorozhnom stroitelstve [Waste disposal of heat and power engineering in road construction] // Vestnik MGSU. 2012. № 8. S. 175-180.
 - [16]. Dedyukhin A.Yu., Kruchinin I.N., Melkumov V.N. Primeneniye tekhnogennykh otkhodov pererabotki khризотила v dorozhnom stroitelstve [Application of technogenic waste of chrysotile processing in road construction] // Nauchnyy zhurnal stroitelstva i arkhitektury. 2009. №4. S. 141-147.
 - [17]. Stepantsev V.G., Gerasimov A.V., Gerasimova N.V. Stroitelstvo osnovaniy dorozhnykh odezhd s primeneniym mestnykh materialov i otkhodov promyshlennosti [Construction of bases of road clothes with use of local materials and industrial wastes]// Sovershenstvovaniye tekhnologiy stroitelstva i remonta dorog pri uslovii Sibiri. 2010. S. 47-56.
 - [18]. Larionova N.A., Nikolayeva S.K., Ryabova A.A. Otsenka vozmozhnosti ispolzovaniya promyshlennykh otkhodov dlya polucheniya stroitelnykh materialov dlya dorozhnogo stroitelstva [Evaluation of the possibility of using industrial waste to obtain building materials for road construction] // Innovatsionnyy potentsial yestestvennykh nauk. 2006. S. 157-162.
 - [19]. Sayrakhmonov R.Kh., Umarov S.S., Makhmadov Sh.R., Zayniddinov T.N. Primeneniye otkhodov alyuminiyevogo proizvodstva v sostave tsementa i asfaltovyazhushchego dlya dorozhnogo stroitelstva [The use of waste aluminum production and consisting of cement and asphalt binders for road construction]// Politekhnicheskiiy vestnik. Seriya: inzhenernyye issledovaniya. 2016. № 2(34). S. 73-79.
 - [20]. Zaripov R.I., Akhmetova R.T., Stroganov V.F., Medvedeva G.A., Nafikov I.M. Resheniye voprosov ekologicheskoy bezopasnosti i utilizatsii tekhnogennykh otkhodov v sulfidnyye kompozitsionnyye materialy dlya dorozhnogo stroitelstva [solution of environmental safety issues and utilization of man-made waste in sulfide composite materials for road construction] // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 2015. № 9-2. S. 231-234.
 - [21]. Shepelev I.I., Bochkov N.N., Dashkevich R.Ya., Sakhachev A.Yu. Opyt primeneniya netoksichnykh otkhodov glinozemnogo proizvodstva v dorozhnom stroitelstve [experience in the application of non-toxic waste alumina production in road construction]// Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo. 2014. № 11(671). S. 22-29.
 - [22]. Imteaz M.A., Ali M.Y., Arulrajah A. Possible environmental impacts of recycled glass used as a pavement base material. Waste Management and Research. 2012. Vol. 30. No. 9. Pp. 917-921.
 - [23]. Yarmolinskaya N.I., Sudakov V.I., Sudakov A.V. K voprosu modifikatsii zoloshlakovykh otkhodov dlya dorozhnogo stroitelstva [the question of modification of ash and slag wastes for road construction]// Dalniy Vostok. Avtomobilnyye dorogi i bezopasnost' dvizheniya. 2015. S. 156-162.
 - [24]. Akashi T., Sudo M. Reuse technology for slag generated from municipal solid waste melting systems. JFE Technical Report. 2009. No. 13. Pp. 67-74.

- demolition waste and crushed rock used in a full-scale road construction. Journal of Environmental Management. 2017. Vol. 204. Pp. 695-703.
- [26]. Morafa S.H., Saesaei A.H., Mahdizadeh Gohari O., Heidari Afshar M.J. An experimental investigation on applying the recycled aggregates obtained from oil contaminated concrete exposed to seawater as road unbound pavement materials. Construction and Building Materials. 2017. Vol. 157. Pp. 292-299.
- [27]. Пат. 2439017 Рос. Федерация: C04B26/26/ Прохоров Андрей Геннадьевич // Активированный минеральный порошок для асфальтобетонных смесей.
- [28]. «Беатон». Цены на асфальтобетонные покрытия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.beatongroup.ru/price/asphalt/> (дата обращения: 29.11.2017)
- [29]. Ларионова Н.А., Николаева С.К., Рябова А.А. Оценка возможности использования промышленных отходов для получения строительных материалов для дорожного строительства // Инновационный потенциал естественных наук. 2006. С. 157-162.
- [30]. Соломенцев, А.Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. №1. С. 14-15.
- [31]. Соломенцев, А.Б. Свойства асфальтобетона с азотсодержащими ПАВ // Наука и техника в дорожной отрасли. 2001. №2. С. 6-7.
- [32]. ГОСТ 9128-2013. «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия»
- [33]. ГОСТ Р 54401-2011. «Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Технические требования»
- [34]. Негуляева Е. Ю., Федоров М. П., Чусов А. Н. Экологическая безопасность при обращении с ТБО в Ленинградской области // Региональная экология. 2004. № 3-4. С. 94-96.
- [35]. Масликов В. И., Чусов А. Н., Черемисин А. В., Рыжакова М. Г. Оценка геоэкологического риска загрязнения атмосферы выбросами полигонов ТБО для выбора мероприятий по рекультивации // Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2012. № 147 (1). С. 239-243.
- [36]. Чусов, А. Н. Риски в природно-технических системах, образованных при вторичном использовании твердых бытовых отходов // Проблемы региональной экологии. 2015. 3. С. 138-143.
- [37]. Гуляев Д.Р., Журавлев Д.А., Кравченко Д.Б., Чусов А.Н. Новые подходы в области обращения с отходами производства и потребления // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2007. № 49. С.127-133.
- [38]. Кравченко Д.Б. Экономико-экологическое управление системой утилизации твердых бытовых отходов // Молодые ученые - промышленности Северо-Западного региона: Матер, семинаров политехи, симп. СПб.: Изд-во СПбГПУ. 2004. С.121-122.
- [39]. Современные научные исследования и инновации. 2012. № 10 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/17755> (дата обращения: 28.09.2017).
- [25]. Lidelöw S., Mácsik J., Carabante I., Kumpiene J. Leaching behaviour of copper slag, construction and demolition waste and crushed rock used in a full-scale road construction. Journal of Environmental Management. 2017. Vol. 204. Pp. 695-703.
- [26]. Morafa S.H., Saesaei A.H., Mahdizadeh Gohari O., Heidari Afshar M.J. An experimental investigation on applying the recycled aggregates obtained from oil contaminated concrete exposed to seawater as road unbound pavement materials. Construction and Building Materials. 2017. Vol. 157. Pp. 292-299.
- [27]. Pat. 2439017 Ros. Federatsiya: C04B26/26/ Prokhorov Andrey Gennadyevich // Aktivirovanny mineralny poroshok dlya asfaltobetonnnykh smesey [Activated mineral powder for asphalt mixtures].
- [28]. «Beaton». Tseny na asfaltobetonnnyye pokrytiya [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.beatongroup.ru/price/asphalt/> (data obrashcheniya: 29.11.2017)
- [29]. Larionova N.A., Nikolayeva S.K., Ryabova A.A. Otsenka vozmozhnosti ispolzovaniya promyshlennyykh otkhodov dlya polucheniya stroitelnykh materialov dlya dorozhnogo stroitelstva [Evaluation of the possibility of using industrial waste to obtain building materials for road construction]// Innovatsionnyy potentsial yestestvennykh nauk. 2006. S. 157-162.
- [30]. Solomentsev, A.B. Klassifikatsiya i nomenklatura modifitsiruyushchikh dobavok dlya bitumov [Classification and nomenclature of modifying additives for bitumen // Science and technology in the road industry]// Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2008. №1. S. 14-15.
- [31]. Solomentsev, A.B. Svoystva asfaltobetona s azotsoderzhashchimi PAV [Properties of asphalt with a nitrogen-containing surfactant]// Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2001. №2. S. 6-7.
- [32]. GOST 9128-2013. «Smesi asfaltobetonnnyye dorozhnyye, aerodromnyye i asfaltobeton. Tekhnicheskiye usloviya»
- [33]. GOST R 54401-2011. «Dorogi avtomobilnyye obshchego polzovaniya. Asfaltobeton dorozhnyy litoy goryachiy. Tekhnicheskiye trebovaniya»
- [34]. Negulyayeva Ye. Yu., Fedorov M. P., Chusov A. N. Ekologicheskaya bezopasnost pri obrashchenii s TBO v Leningradskoy oblasti [Environmental safety in the handling of solid waste in the Leningrad region]// Regionalnaya ekologiya. 2004. № 3-4. S. 94-96.
- [35]. Maslikov V. I., Chusov A. H., Cheremisin A. V., Ryzhakova M. G. Otsenka geoekologicheskogo riska zagryazneniya atmosfery vybrosami polygonov TBO dlya vybora meropriyatiy po rekultivatsii [evaluation of the geo-ecological risk of atmosphere pollution by emissions from landfills for selecting restoration]// Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGPU, 2012. № 147 (1). S. 239-243.
- [36]. Chusov, A. N. Riski v prirodno-tekhnicheskikh sistemakh, obrazovannykh pri vtorichnom ispolzovanii tverdykh bytovykh otkhodov [An Risks in natural and technical systems formed during secondary use of municipal solid waste]// Problemy regionalnoy ekologii. 2015. 3. S. 138-143.
- [37]. Gulyayev D.R., Zhuravlev D.A., Kravchenko D.B., Chusov A.N. Novyye podkhody v oblasti obrashcheniya s otkhodami proizvodstva i potrebleniya [New approaches in the field of waste production and consumption]// Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. 2007. № 49. S.127-133.
- [38]. Kravchenko D.B. Ekonomiko-ekologicheskoye upravleniye sistemoy utilizatsii tverdykh bytovykh otkhodov [Economic-environmental management system solid waste management]// Molodyye uchenyye -promyshlennosti Severo-Zapadnogo regiona: Mater, seminarov politekhi, simp. SPb.: Izd-vo SPbGPU. 2004. S.121-122.
- [39]. Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2012. №

- [40]. Асфальтобетонные смеси. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.beatongroup.ru/price/asphalt/> (дата обращения: 29.11.2017).
- [41]. Denafas G., Ruzgas T., Martuzevičius D., Shmarin S., Hoffmann M., Mykhaylenko V., Ogorodnik S., Romanov M., Neguliaeva E., Chusov A., Turkadze Ts., Bochoidze I., Ludwig Ch. Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four east european cities. *Resources, Conservation and Recycling*. 2014. Vol. 89. Pp. 22-33.
- [42]. Семин Е.Г., Негуляева Е.Ю., Лихачев Ю.М., Аль-Ахваль Н.С., Цирикова К.Н. Плазменные технологии переработки отходов // *Жизнь. Безопасность. Экология*. 2012. № 3-4. С. 90.
- [43]. Юмашев В.М., Исаев В.С. Современные требования к строительству оснований дорожных одежд из щебеночно-песчаных смесей // *Транспортное строительство*. 2005. №10. С. 16-18.
- [44]. «Асфальдор». Цены на асфальтобетонные покрытия [Электронный ресурс]. URL: <http://asfaldor.ru/production/> (дата обращения: 29.11.2017)
- [45]. Битум БДУ. [Электронный ресурс]. URL: http://npk196.ru/bitum/bitum_bdu (дата обращения: 29.11.2017).
- [46]. Сенцов И.В., Постникова П.И., Цыгвинцев И.В., Козлова К.С., и др. Аккумуляция тепла в тепловом аккумуляторе для дежурного отопления индивидуального дома // *Синергия Наук*. 2017. Т. 1. № 9. С. 353-365.
- [47]. Матюшенко А.И., Кулагин В.А., Турутин Б.Ф. Утилизация и переработка ТБО // *Вестник Ассоциации выпускников Красноярского государственного технического университета*. 2007. № 15. С. 51-53.
- [48]. Лазарев Ю.Г., Симонов Д.Л., Новик А.Н. Формирование потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог // *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2016. № 1 (35). С. 43-47.
- [49]. Ларионов Г.В. Утилизация тбо - одна из приоритетных экономических задач современности // *РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция*. 2009. № 4. С. 207-208.
- [50]. Тихонова И.Н., Лега С.Н. Экологические проблемы образования и утилизации тбо и строительных отходов в регионе КМВ // *Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке*. 2017. Т. 19. № 7. С. 49-53.
- [51]. Сметанин В.И., Кучменов Э.А. Возможные пути повышения эффективности утилизации ТБО // *Менеджер-эколог*. 2007. № 3. С. 25-26.
- [52]. Yegorova O. Development of ecologically safe technology of waste mycelia recycling // *Eureka: Physics and Engineering*. 2017. № 1. С. 30-37.
- [53]. Jun-hui Z., Hang M. Eco-toxicity and metal contamination of paddy soil in an e-wastes recycling area // *Journal of Hazardous Materials*. 2009. Т. 165. № 1-3. С. 744-750.
- [54]. Минченко И.П., Пруцакова А.С., Кучерявая Е.А. Переработка отходов цбк на основе лигносульфонатов для использования в дорожном строительстве // *Сборник научных трудов SWorld*. 2011. Т. 5. № 3. С. 22-26.
- [55]. Митрофанов Н.Г., Каримов Д.М., Каримов М.Х. 10 [Elektronnyy resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/17755> (data obrashcheniya: 28.09.2017).
- [40]. Asfaltobetonnyye smesi. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.beatongroup.ru/price/asphalt/> (data obrashcheniya: 29.11.2017).
- [41]. Denafas G., Ruzgas T., Martuzevičius D., Shmarin S., Hoffmann M., Mykhaylenko V., Ogorodnik S., Romanov M., Neguliaeva E., Chusov A., Turkadze Ts., Bochoidze I., Ludwig Ch. Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four east european cities. *Resources, Conservation and Recycling*. 2014. Vol. 89. Pp. 22-33.
- [42]. Semin Ye.G., Negulyayeva Ye.Yu., Likhachev Yu.M., Al-Akhval N.S., Tsirikova K.N. Plazmennyye tekhnologii pererabotki otkhodov [Plasma technologies of processing of waste] // *Zhizn. Bezopasnost. Ekologiya*. 2012. № 3-4. S. 90.
- [43]. Yumashev V.M., Isayev B.C. Sovremennyye trebovaniya k stroitelstvu osnovaniy dorozhnykh odezhd iz shchebenochno-peschanykh smesey [a Modern approach to construction of bases of road pavements of macadam and sand mixtures] // *Transportnoye stroitelstvo*. 2005. №10. S. 16-18.
- [44]. «Asfaldor». Tseny na asfaltobetonnyye pokrytiya [Elektronnyy resurs]. URL: <http://asfaldor.ru/production/> (data obrashcheniya: 29.11.2017)
- [45]. Bitum BDU. [Elektronnyy resurs]. URL: http://npk196.ru/bitum/bitum_bdu (data obrashcheniya: 29.11.2017).
- [46]. Sentsov I.V., Postnikova P.I., Tsygvintsev I.V., Kozlova K.S., i dr. Akkumulirovaniye tepla v teplovom akkumulyatore dlya dezhurnogo otopleniya individualnogo doma [Heat accumulation in the heat accumulator for on-duty heating of an individual house] // *Sinergiya Nauk*. 2017. T. 1. № 9. S. 353-365.
- [47]. Matyushenko A.I., Kulagin V.A., Turutin B.F. Utilizatsiya i pererabotka TBO // *Vestnik Assotsiatsii vypusnikov Krasnoyarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2007. № 15. S. 51-53.
- [48]. Lazarev Yu.G., Simonov D.L., Novik A.N. Formirovaniye potrebitelskikh i ekspluatatsionnykh svoystv avtomobilnykh dorog [Formation of consumer and operational properties of highways] // *Tekhniko-tekhnologicheskiye problemy servisa*. 2016. № 1 (35). S. 43-47.
- [49]. Larionov G.V. Utilizatsiya tbo - odna iz prioritnykh ekonomicheskikh zadach sovremennosti [Utilization of MSW is one of the priority economic tasks of our time] // *RISK: Resursy, informatsiya, snabzheniye, konkurentsia*. 2009. № 4. S. 207-208.
- [50]. Tikhonova I.N., Lega S.N. Ekologicheskiye problemy obrazovaniya i utilizatsii tbo i stroitelnykh otkhodov v regione KMV [Environmental problems of solid waste and construction waste generation and disposal in the CMS region] // *Elektronnyy nauchno-obrazovatelnyy vestnik Zdorovye i obrazovaniye v XXI veke*. 2017. T. 19. № 7. S. 49-53.
- [51]. Smetanin V.I., Kuchmenov E.A. Vozmozhnyye puti povysheniya effektivnosti utilizatsii TBO [Possible ways to improve the efficiency of solid waste disposal] // *Menedzher-ekolog*. 2007. № 3. S. 25-26.
- [52]. Yegorova O. Development of ecologically safe technology of waste mycelia recycling // *Eureka: Physics and Engineering*. 2017. № 1. S. 30-37.
- [53]. Jun-hui Z., Hang M. Eco-toxicity and metal contamination of paddy soil in an e-wastes recycling area // *Journal of Hazardous Materials*. 2009. T. 165. № 1-3. S. 744-750.
- [54]. Minchenko I.P., Prutsakova A.S., Kucheryavaya Ye.A. Pererabotka otkhodov tsbk na osnove lignosulfonatov dlya ispolzovaniya v dorozhnom stroitelstve [Processing of wastes of CBK on the basis of lignosulfonates for use in road

- Применение способов переработки отходов бурения в дорожном строительстве // В сборнике: Нефть и газ Западной Сибири материалы Международной научно-технической конференции. 2017. С. 160-162.
- [56]. Юшков Б.С., Минзуренко А.А. О применении отходов нефтяной отрасли в дорожном строительстве // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 6. С. 41-44.
- [57]. Погорелов С.А. Укрепление оснований дорожных одежд композиционными материалами на основе промышленных отходов // Конструкции из композиционных материалов. 2004. № 2. С. 13-16.
- [58]. Абрамов А.К., Ефимов В.И., Никулин И.Б. Аглопорит, полученный из отходов углеобогащения, как заполнитель для легких бетонов // Научный вестник Московского государственного горного университета. 2013. № 11. С. 3-11.
- [59]. Гуреев А.А., Симчук Е.Н., Нгуен Т.Т.И., Оверин Д.И. Модификация нефтяных дорожных вяжущих резиновой крошкой // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2018. № 1. С. 4-8.
- [60]. Пичугин А.П., Язиков И.К., Гришина В.А., Пичугин М.А., Хаджиев И.М. Рациональные рецептуры и приемы устройства грунтобетонных оснований дорог и зерноток // ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ сборник Международной научно-технической конференции. Новосибирский государственный аграрный университет. 2017. С. 217-222.
- [61]. Анферов Е.П., Гришина А.С., Смирнов Р.С. Исследование возможного применения волокнистых отходов в качестве армирующих волокон для создания эффективных геотехнических конструкций // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 1 (29). С. 168-177.
- [62]. Давидюк А.А., Иващенко А.С., Островов Е.П. Исследование применения материалов, полученных путем вторичной переработки сырья // Научное обозрение. 2017. № 18. С. 19-21.
- [63]. Кривошеев С.Г., Шаламова Е.Н. Применение золы уноса рефтинской грэс в технологиях дорожного строительства // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог. Сборник научных трудов ОАО ГИПРОДОРНИИ. 2012. № 3. С. 90-98.
- [64]. Козубская Т.Г. Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов // Строительные материалы. 2002. № 2. С. 10.
- [65]. Неваленова Т.В. Решение задачи утилизации отработавших автомобильных покрышек с использованием мобильной установки // Экспозиция Нефть Газ. 2015. № 4 (43). С. 111-113.
- [66]. Бараева Л.Р., Ахметова Р.Т., Чудина П.А., Туктарова А.И. Исследование возможности утилизации серы НПЗ // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 49. № 1. С. 121-127.
- [67]. Цыгвинцев И.В., Постникова П.И., Сенцов И.В. Применение декоративных панелей в бизнес-центре // Инновационное развитие. 2017. № 7 (12). С. 24-26.
- [68]. Селянкина К.П., Винокуров М.В., Макаренко Н.П., construction] // Sbornik nauchnykh trudov SWorld. 2011. Т. 5. № 3. С. 22-26.
- [55]. Mitrofanov N.G., Karimov D.M., Karimov M.Kh. Primeneniye sposobov pererabotki otkhodov bureniya v dorozhnom stroitelstve [Application of methods for processing drilling waste in road construction] // V sbornike: Neft i gaz Zapadnoy Sibiri materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. 2017. S. 160-162.
- [56]. Yushkov B.S., Minzurenko A.A. O primenenii otkhodov neftyanoy otrasli v dorozhnom stroitelstve [On the application of waste oil industry in road construction] // Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse. 2010. № 6. S. 41-44.
- [57]. Pogorelov S.A. Ukrepleniye osnovaniy dorozhnykh odezhd kompozitsionnymi materialami na osnove promyshlennykh otkhodov [Strengthening of the bases of road clothes with composite materials on the basis of industrial waste] // Konstruktsii iz kompozitsionnykh materialov. 2004. № 2. S. 13-16.
- [58]. Abramov A.K., Yefimov V.I., Nikulin I.B. Agloporit, poluchenny iz otkhodov ugleobogashcheniya, kak zapolnitel dlya legkikh betonov [Agloporite obtained from carbon-rich waste as a filler for lightweight concrete] // Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta. 2013. № 11. S. 3-11.
- [59]. Gureyev A.A., Simchuk Ye.N., Nguyen T.T.I., Overin D.I. Modifikatsiya neftyanykh dorozhnykh vyazhushchikh rezinovoy kroshkoy [Modification of oil road binders with rubber crumb] // Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompaniy. 2018. № 1. S. 4-8.
- [60]. Pichugin A.P., Yazikov I.K., Grishina V.A., Pichugin M.A., Khadzhiev I.M. Ratsionalnyye retseptury i priemy ustroystva gruntobetonnykh osnovaniy dorog i zernotokov [Rational formulations and methods of device gruntovedenie road base and zernotok] // EFTEKTIVNYE RETSEPTURY I TEKHNOLOGII V STROITELNOM MATERIALOVEDENII sbornik Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2017. S. 217-222.
- [61]. Anferov Ye.P., Grishina A.S., Smirnov R.S. Issledovaniye vozmozhnogo primeneniya voloknistykh otkhodov v kachestve armiruyushchikh volokon dlya sozdaniya effektivnykh geotekhnicheskikh konstruktсий [A survey of the possible use of fibre waste as reinforcing fibers for the creation of efficient geotechnical designs] // Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika. 2018. № 1 (29). S. 168-177.
- [62]. Davidyuk A.A., Ivashchenko A.S., Odnovorov Ye.P. Issledovaniye primeneniya materialov, poluchennykh putem vtorichnoy pererabotki syrya [Исследование применения материалов, полученных путем вторичной переработки сырья] // Nauchnoye obozreniye. 2017. № 18. S. 19-21.
- [63]. Krivosheyev S.G., Shalamova Ye.N. Primeneniye zoly unosa refinskoy gres v tekhnologiyakh dorozhnogo stroitelstva // Aktualnyye voprosy proyektirovaniya avtomobilnykh dorog. Sbornik nauchnykh trudov ОАО ГИПРОДОРНИИ. 2012. № 3. S. 90-98.
- [64]. Kozubskaya T.G. Ispolzovaniye tekhnogennykh otkhodov v proizvodstve stroitelnykh materialov [Use of man-made wastes in the production of building materials] // Stroitelnyye materialy. 2002. № 2. S. 10.
- [65]. Nevalenova T.V. Resheniye zadachi utilizatsii otrabotavshikh avtomobilnykh pokryshek s ispolzovaniyem mobilnoy ustanovki [Solution of the problem of utilization of waste tires using a mobile installation] // Ekspozitsiya Neft Gaz. 2015. № 4 (43). S. 111-113.
- [66]. Barayeva L.R., Akhmetova R.T., Chudina P.A., Tuktarova A.I. Issledovaniye vozmozhnosti utilizatsii sery NPZ [Study into the

- Баевский А.М., [и др]. Критерии гигиенической безопасности обращения с промышленными отходами при их вторичном использовании // Гигиеническая безопасность и здоровье населения в промышленных регионах России материалы Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией: Г.Г. Онищенко, А.И. Потапова. 2006. С. 58-59.
- [69]. Косулина Т.П., Цокур О.С. Ресурсосбережение при использовании продуктов утилизации отходов нефтегазовой отрасли в качестве вторичных материальных ресурсов // ГЕОЛОГИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА (опыт, инновации) Материалы Девятой Международной научно-технической конференции (посвященной 100-летию со дня рождения Протозанова Александра Константиновича). 2014. С. 213-218.
- [70]. Весникова А.В., Бургонутдинов А.М., Ожигин П.С. Воздействие отходов асфальтогранулята на почвенный покров при их временном складировании и вторичном использовании // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2016. № 4. С. 49-59.
- [71]. Тихойкина И.М. Экологические аспекты вторичного использования отходов производства // Научные записки ОрелГИЭТ. 2010. № 1. С. 540-542.
- [72]. Саньо М. Проблемы вторичного использования отходов в городах // Эра городов. 1998. С. 18-20.
- [73]. Чупшев В.Б. Использование вторичных отходов мусороперерабатывающих заводов в производстве строительных материалов // Успехи современного естествознания. 2004. № 2. С. 82-83.
- [74]. Грошев А.Р., Реутов Ю.И. Экономический анализ процессов вторичного использования отходов // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2004. № 1. С. 25-27.
- [75]. Елкина Л.Г., Иванова Е.Ю., Шохова П.А. Классификация отходов по критерию эколого-экономической целесообразности их вторичного использования или утилизации // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2012. Т. 16. № 8 (53). С. 165-169.
- [76]. Кашевская Е.В., Костенко К.К., Костенко А.К. Использование отходов производства и вторичных ресурсов в дорожном строительстве // Наука и техника в дорожной отрасли. 2004. № 2 (29). С. 30-33.
- [77]. Boruk S.D., Yuzyk A.V., Horobets D.V. Using of coal refining waste as recycle energy sources // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2006. № 5. С. 104-106.
- [78]. Алексеева К.В., Фомина Е.Ю., Старостина В.Ю. Исследование химического состава полимерных отходов в целях вторичного использования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 12 (59). С. 181-184.
- [79]. Павленко С.И., Филиппов Е.В., Автушко Е.А., Анашкин Н.С., [и др]. Исследование вторичных отходов ооо "сталь кмк" для использования в дорожном строительстве // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. feasibility of sulphur recovery unit refinery] // Butlerovskiye soobshcheniya. 2017. Т. 49. № 1. С. 121-127.
- [67]. Tsygvintsev I.V., Postnikova P.I., Sentsov I.V. Primeneniye dekorativnykh paneley v biznes-tsentre [Application of decorative panels in the business center] // Innovatsionnoye razvitiye. 2017. № 7 (12). С. 24-26.
- [68]. Selyankina K.P., Vinokurov M.V., Makarenko N.P., Bayevskiy A.M., [i dr]. Kriterii gigiyenicheskoy bezopasnosti obrashcheniya s promyshlennymi otkhodami pri ikh vtorichnom ispolzovanii [Criteria for hygienic safety of industrial waste management in their secondary use] // Gigiyenicheskaya bezopasnost i zdorovye naseleniya v promyshlennykh regionakh Rossii materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod redaktsiyey: G.G. Onishchenko, A.I. Potapova. 2006. С. 58-59.
- [69]. Kosulina T.P., Tsokur O.S. Resursosberezheniye pri ispolzovanii produktov utilizatsii otkhodov neftegazovoy otrasli v kachestve vtorichnykh materialnykh resursov [Resource saving when using waste products of oil and gas industry as secondary material resources] // GEOLOGIYA I NEFTEGAZONOSNOST ZAPADNO-SIBIRSKOGO MEGABASSEYNA (opyt, innovatsii) Materialy Devyatoy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya Protozanova Aleksandra Konstantinovicha). 2014. С. 213-218.
- [70]. Vesnikova A.V., Burgonutdinov A.M., Ozhigin P.S. Vozdeystviye otkhodov asfaltogranulyata na pochvennyy pokrov pri ikh vremennom skladirovani i vtorichnom ispolzovanii [Impact of asphalt waste on soil at their temporary storage and secondary use] // Transport. Transportnyye sooruzheniya. Ekologiya. 2016. № 4. С. 49-59.
- [71]. Tikhoykina I.M. Ekologicheskiye aspekty vtorichnogo ispolzovaniya otkhodov proizvodstva [Environmental aspects of industrial waste recycling] // Nauchnyye zapiski OrelGIET. 2010. № 1. С. 540-542.
- [72]. Sano M. Problemy vtorichnogo ispolzovaniya otkhodov v gorodakh [Problems of waste recycling in urban areas] // Era gorodov. 1998. С. 18-20.
- [73]. Chupshev V.B. Ispolzovaniye vtorichnykh otkhodov musoropererabatyvayushchikh zavodov v proizvodstve stroitelnykh materialov [Use of waste recycling plants in the production of building materials] // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2004. № 2. С. 82-83.
- [74]. Groshev A.R., Reutov Yu.I. Ekonomicheskyy analiz protsessov vtorichnogo ispolzovaniya otkhodov [Economic analysis of waste recycling processes] // Izvestiya Irkutskoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy akademii. 2004. № 1. С. 25-27.
- [75]. Yelkina L.G., Ivanova Ye.Yu., Shokhova P.A. Klassifikatsiya otkhodov po kriteriyu ekologo-ekonomicheskoy tselesoobraznosti ikh vtorichnogo ispolzovaniya ili utilizatsii [Classification of wastes according to ecological and economic expediency criterion of their secondary use or utilization] // Vestnik Ufmskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta. 2012. Т. 16. № 8 (53). С. 165-169.
- [76]. Kashevskaya Ye.V., Kostenko K.K., Kostenko A.K. Ispolzovaniye otkhodov proizvodstva i vtorichnykh resursov v dorozhnom stroitelstve [Use of industrial wastes and secondary resources in road construction] // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2004. № 2 (29). С. 30-33.
- [77]. Boruk S.D., Yuzyk A.V., Horobets D.V. Using of coal refining waste as recycle energy sources // Visnik Vinnitskogo politekhnichnogo institutu. 2006. № 5. С. 104-106.
- [78]. Alekseyeva K.V., Fomina Ye.Yu., Starostina V.Yu. Issledovaniye khimicheskogo sostava polimernykh otkhodov v tselyakh vtorichnogo ispolzovaniya [Investigation of the chemical composition of polymer wastes for recycling purposes] // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo

2004. № 13. С. 143-150.
- [80]. Строительство автомобильных дорог и аэродромов : учеб. пособие / Лазарев Ю.Г., Новик А.Н., Шибко А.А., Алексеев С.В., [и др] – М.: Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны РФ, 2013. - 528 с.
- [81]. Постникова П.И., Цыгвинцев И.В., Гильмутдинова А., Сенцов И.В., [и др] Сравнение свойств теплоизоляционных штукатурок с различными наполнителями // Синергия Наук. 2017. Т. 1. № 17. С. 594-610.
- [82]. Каблов В.Ф., Перфильев А.В., Шабанова В.П., [и др] Вторичное использование вулканизированных резиновых отходов с применением различных физико-химических эффектов // Каучук и резина. 2014. № 1. С. 50-52.
- [83]. Горячева А.А., Серёдкин А.Н., Дяркин Р.А. Вторичное использование продуктов переработки резинотехнических отходов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 1 (17). С. 97-99.
- [84]. Шоллак А.А., Тлесбаев Н.Н. О возможности использования производственного отхода фосфогипса в качестве вторичного сырья // Механика и технологии. 2014. № 1. С. 127-131.
- [85]. Емченко Е.А., Непорожнев А.С. Устройство для измельчения и вторичного использования резинотехнических отходов // Новый университет. Серия: Технические науки. 2016. № 4-5 (50-51). С. 4-7.
- [86]. Барыбина Т.А. Виды вторичного использования золошлаковых отходов ТЭС и ТЭЦ в российской Федерации // Форум молодых ученых. 2017. № 6 (10). С. 128-131.
- [87]. Лысянников А.В., Третьякова Е.А., Лысянникова Н.Н. Переработанный пластик в дорожном строительстве // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 7. С. 105-115.
- [88]. Капатына М.А., Барабанов П.А. Утилизация твердых отходов (ТО), или вторичное использование ресурсов как основа сохранения баланса в природе: инженерно-химические, экологические и экономические аспекты // Успехи в химии и химической технологии. 2012. Т. 26. № 9 (138). С. 39-43.
- [89]. Прохотский Ю.М., Лунев Г.Г. Эффективное использование вторичных строительных ресурсов при реконструкции объектов // Известия Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. 2013. № 4. С. 62-70.
- [90]. Мухаррямов И.Р. Классифицирование промышленных отходов для возможного использования отдельных видов в дорожной отрасли // АРХИТЕКТУРА - СТРОИТЕЛЬСТВО - ТРАНСПОРТ материалы 72-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. 2016. С. 18-21.
- [91]. Лунев Г.Г., Костецкий Н.Ф. Методологические основы комплексного использования вторичных строительных ресурсов // Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 1 (20). С. 71.
- [92]. Цыгвинцев И.В., Постникова П.И., Сенцов И.В. Применение композитных материалов в строительстве // Инновационное развитие. 2017. университета. 2011. № 12 (59). С. 181-184.
- [79]. Pavlenko S.I., Filippov Ye.V., Avtushko Ye.A., Anashkin N.S., [i dr]. Issledovaniye vtorichnykh otkhodov ooo "stal kmk" dlya ispolzovaniya v dorozhnom stroitelstve [Study of secondary waste "steel of KMK" for use in road construction] // Vestnik gorno-metallurgicheskoy seksii Rossiyskoy akademii yestestvennykh nauk. Otdeleniye metallurgii. 2004. № 13. S. 143-150.
- [80]. Stroitelstvo avtomobilnykh dorog i aerodromov : ucheb. posobiye [Construction of roads and airfields] / Lazarev Yu.G., Novik A.N., Shibko A.A., Alekseyev S.V., [i dr] – M.: Voyennaya akademiya materialno-tekhnicheskogo obespecheniya im. generala armii A.V. Khruleva Ministerstva oborony RF, 2013. - 528 c.
- [81]. Postnikova P.I., Tsygvintsev I.V., Gilmudinova A., Sentsov I.V., [i dr] Sravneniye svoystv teploizolyatsionnykh shtukaturok s razlichnymi napolnitelyami [Comparison of properties of heat-insulating plasters with various fillers] // Sinergiya Nauk. 2017. T. 1. № 17. S. 594-610.
- [82]. Kablov V.F., Perfiliev A.V., Shabanova V.P., [i dr] Vtorichnoye ispolzovaniye vulkanizovannykh rezinovykh otkhodov s primeneniym razlichnykh fiziko-khimicheskikh effektov [Recycling of vulcanized rubber wastes with the use of various physical and chemical effects] // Kauchuk i rezina. 2014. № 1. S. 50-52.
- [83]. Goryacheva A.A., Serezhkin A.N., Dyarkin R.A. Vtorichnoye ispolzovaniye produktov pererabotki rezinotekhnicheskikh otkhodov [Recycling of rubber waste products] // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. 2014. № 1 (17). S. 97-99.
- [84]. Sholak A.A., Tlesbayev N.N. O vozmozhnosti ispolzovaniya proizvodstvennogo otkhoda fosfogipsa v kachestve vtorichnogo syrya [On the possibility of using industrial waste phosphogypsum as a secondary raw material] // Mekhanika i tekhnologii. 2014. № 1. S. 127-131.
- [85]. Yemchenko Ye.A., Neporozhnev A.S. Ustroystvo dlya izmelcheniya i vtorichnogo ispolzovaniya rezinotekhnicheskikh otkhodov [Device for grinding and recycling of rubber waste] // Novyy universitet. Seriya: Tekhnicheskiye nauki. 2016. № 4-5 (50-51). S. 4-7.
- [86]. Barybina T.A. Vidy vtorichnogo ispolzovaniya zoloshlakovykh otkhodov TES i TETs v rossiyskoy federatsii [Types of secondary use of ash and slag waste of thermal power plants and CHP in the Russian Federation] // Forum molodykh uchenykh. 2017. № 6 (10). S. 128-131.
- [87]. Lysannikov A.V., Tretyakova Ye.A., Lysannikova N.N. Pererabotanny plastik v dorozhnom stroitelstve [Recycled plastic in road construction] // Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki. 2017. № 7. S. 105-115.
- [88]. Kapatsyna M.A., Barabanov P.A. Utilizatsiya tverdykh otkhodov (TO), ili vtorichnoye ispolzovaniye resursov kak osnova sokhraneniya balansa v prirode: inzhenerno-khimicheskiye, ekologicheskiye i ekonomicheskiye aspekty [Solid waste management (SIC), or re-use of resources as a basis for maintaining a balance in nature: engineering, chemical, environmental and economic aspects] // Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii. 2012. T. 26. № 9 (138). S. 39-43.
- [89]. Prokhotskiy Yu.M., Lunev G.G. Effektivnoye ispolzovaniye vtorichnykh stroitelnykh resursov pri rekonstruktsii obyektov [Effective use of secondary construction resources in the reconstruction of objects] // Izvestiya Akademii inzhenernykh nauk im. A.M. Prokhorova. 2013. № 4. S. 62-70.
- [90]. Mukharyamov I.R. Klassifitsirovaniye promyshlennykh otkhodov dlya vozmozhnogo ispolzovaniya otdelnykh vidov v dorozhnoy otrasli [Classification of industrial wastes for possible use of selected species in the road sector] // ARKHITEKTURA -

- № 7 (12). С. 26-29.
- [93]. Сефeryан Л.А., Буланова А.С., Морозов В.Е. Анализ отходоперерабатывающих заводов в Европе // Инженерный вестник Дона. 2017. Т. 45. № 2 (45). С. 106.
- [94]. Хасанова В.К., Шильникова Н.В. Проблема утилизации промышленных отходов в России на современном этапе её развития // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 2. С. 76-78.
- [95]. Опарина Л.А., Земляникина Е.М. Вторая жизнь строительных отходов // Информационная среда вуза. 2015. № 1. С. 238-240.
- [96]. Баширов В.Д., Султанов Н.З., Сагитов Р.Ф., Кабанов А.О. Основные направления использования нефтесодержащих отходов в качестве вторичного сырья // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях. 2015. С. 14-17.
- STROITELSTVO - TRANSPORT materialy 72-y nauchnoy konferentsii professorov, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. 2016. С. 18-21.
- [91]. Lunev G.G., Kostetskiy N.F. Metodologicheskiye osnovy kompleksnogo ispolzovaniya vtorichnykh stroitelnykh resursov [Methodological basis of complex use of secondary construction resources] // Internet-zhurnal Naukovedeniye. 2014. № 1 (20). С. 71.
- [92]. Tsygvintsev I.V., Postnikova P.I., Sentsov I.V. Primeneniye kompozitnykh materialov v stroitelstve [Application of composite materials in construction] // Innovatsionnoye razvitiye. 2017. № 7 (12). С. 26-29.
- [93]. Seferyan L.A., Bulanova A.S., Morozov V.Ye. Analiz otkhodopererabatyvayushchikh zavodov v Yevrope [Analysis of waste treatment plants in Europe] // Inzhenernyy vestnik Dona. 2017. Т. 45. № 2 (45). С. 106.
- [94]. Khasanova V.K., Shilnikova N.V. Problema utilizatsii promyshlennykh otkhodov v rossii na sovremennom etape yeye razvitiya [The problem of industrial waste disposal in Russia at the present stage of its development] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. Т. 15. № 2. С. 76-78.
- [95]. Oparina L.A., Zemlyanikina Ye.M. Vtoraya zhizn stroitelnykh otkhodov [The second life of construction waste] // Informatsionnaya sreda vuza. 2015. № 1. С. 238-240.
- [96]. Bashirov V.D., Sultanov N.Z., Sagitov R.F., Kabanov A.O. Osnovnyye napravleniya ispolzovaniya neftesoderzhashchikh otkhodov v kachestve vtorichnogo syrya [The main directions of use of oily wastes as secondary raw materials] // Teoreticheskiye i prikladnyye voprosy nauki i obrazovaniya sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 16 chastyakh. 2015. С. 14-17.
- Сенцов И.В., Ничипорович Е.Д., Спицкая А.Ш., Цыгвинцев И.В., Матирная П.И., Шавва А.А., Новик А.Н., Промышленные отходы и ТБО в дорожном строительстве// Alfabuild. 2018. №3(5). С. 52-65*
- Sentsov I., Nichiporovich E., Spitskaya A., Tsygvintsev I., Matirnyaya P., Shavva A., Novik A. Industrial waste and MSW in road construction. Alfabuild, 2018, 3(5), Pp. 52-65(rus)*

Industrial waste and MSW in road construction

I. Sentsov¹, E. Nichiporovich², A. Spitskaya³, I. Tsygvintcev⁴, P. Matirnaya⁵, A. Shavva⁶, A. Novik⁷

¹⁻⁷ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review article

Abstract

Currently, the question of durability of asphalt concrete is an important problem because of the high cost of construction and production of construction materials. The aim of this study was to determine the degree of influence of various additives (such as viatop 66, filler, asphalt, particles, drill cuttings) on property and the cost of the asphalt mixture. The study was conducted by means of analysis of published articles, Construction Norms and Regulations and patents. As a result of this project it was found that additives can significantly alter the properties of concrete such as density, strength. Supplements are cheap raw materials, so the economic benefit is 80%. Using the above-mentioned additives will make the construction of the roadway will be cheap and very effective. In accordance with the previously conducted research supported the hypothesis that the use of Industrial waste and MSW in road construction makes the construction of 80% more profitable and increases the quality of the asphalt mix.

Keywords:

Recycling, roads, bitumen concrete, building materials, construction, wastes, civil engineering

Corresponding author

1. +7(952)3897969, igorseno1000@gmail.com (Sentsov Igor, Student)
2. +7(950)2203966, nichliza@mail.ru (Nichiporovich Elizaveta, Student)
3. +7(965)0347670, spitskayaa@gmail.com (Spitskaya Alina, Student)
4. +7(905)2220691, ilyanamazov@gmail.com (Tsygvintcev Ilya, Student)
5. +7(921)9836684, Lina95ppi@mail.ru (Matirnaya Pavla, Student)
6. +7(962)3435656, shavvaand@gmail.com (Shavva Andrey, Postgraduate)
7. +7(911)9804457, novik.anatoliy@inbox.ru (Novik Anatoliy, Phd., Associate Professor)