

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ШЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Чудинов С.А.¹, Ращектаев В.А.¹

¹ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, Россия (620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37), e-mail: serg-chudinov@yandex.ru

В настоящей работе рассмотрены вопросы применения щебеночно-песчаных смесей металлургических шлаков для устройства монолитных оснований дорожных одежд. Монолитные основания щебеночно-песчаных смесей металлургических шлаков в большей степени соответствуют функциональному назначению оснований дорожных одежд, чем основания из дискретных (щебеночных, гравийных и т.п.) материалов. Представлены результаты лабораторных исследований физико-механических свойств образцов щебеночно-песчаной смеси металлургических шлаков Первоуральского новотрубного завода фракции 0-20 мм, укрепленной цементом ЦЕМ ША 32,5Н производства ООО «Уралцемент». Результаты исследований показывают, что марке по прочности М60 для устройства слоев оснований дорожных одежд капитального типа соответствует шлаковая щебеночно-песчаная смесь с добавкой 4% цемента по массе смеси в возрасте 28 суток твердения. Морозостойкость шлаковой щебеночно-песчаной смеси с добавкой 4% цемента по массе смеси в возрасте 28 суток твердения соответствует марке F25.

Ключевые слова: монолитные основания, щебеночно-песчаные смеси, металлургические шлаки, самоомоноличивание, гидравлическая активность.

RESEARCH OF STONE AND SAND MIXTURES OF SLAG FOR DEVICES SOLID PAVEMENT

Chudinov S.A.¹, Raschektaev V.A.¹

¹Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia (620100, Sibirsky tract, 37), e-mail: serg-chudinov@yandex.ru

In this paper, the issues of application of crushed stone and sand mixtures of slag for the device monolithic foundations pavements. Monolithic base of crushed stone and sand mixtures of metallurgical slags are more closely aligned functionality grounds pavements than the base of the discrete (crushed stone, gravel, etc.) materials. The results of laboratory studies of physical and mechanical properties of samples of crushed stone and sand mixture of slag Pervouralsk New Pipe Plant fraction 0-20 mm reinforced cement CEM III A 32.5 N produced by "Uralcement". Research results show that brand strength M60 device layers grounds pavements capital type corresponds slag rubble-sand mixture with the addition of 4% by weight of a mixture of cement after 28 days of hardening. Frost resistance slag crushed stone and sand mixture with the addition of 4% by weight of a mixture of cement after 28 days of hardening corresponds to mark F25.

Key words: monolithic base, stone and sand mixture, metallurgical slags, self concreted, hydraulic activity.

Использование в строительстве местных материалов, переработка техногенных образований является важной народно-хозяйственной межотраслевой задачей. Значительную часть техногенных отходов составляют металлургические шлаки. На сегодняшний день, только на Урале шлаковые отвалы черной металлургии занимают площадь свыше 280 тыс. гектаров и в них находится около 70 миллионов тонн шлаков [2]. Разработка и совершенствование технологий применения металлургических шлаков в дорожном строительстве является актуальной задачей.

Цель исследования

Изучить физико-механические свойства щебеночно-песчаной смеси на основе металлургических шлаков, укрепленной цементом, для использования в строительстве монолитных слоев оснований дорожных одежд.

Материал и методы исследования

Для проведения исследований использовались образцы щебеночно-песчаной смеси металлургических шлаков Первоуральского новотрубного завода фракции 0-20 мм, укрепленной цементом ЦЕМ ША 32,5Н производства ООО «Уралцемент». Лабораторные испытания физико-механических свойств материала проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 23558-94: Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия.

Результаты исследования

Металлургический шлак представляет собой отвердевшее камневидное вещество, образующееся при выплавке металлов. Основу металлургических шлаков составляют оксиды CaO, SiO₂, MgO и FeO. Благодаря такому химическому составу металлургические шлаки обладают гидравлической активностью и способностью к самоомоноличиванию [2, 3].

В настоящее время металлургические шлаки используются преимущественно в дорожном хозяйстве в виде фракционированного щебня и отсевов дробления. При этом получаемые отсеvy шлаков фракции 0-10 мм остаются без внимания потребителей и накапливаются в отвалах. Кроме того, фракционированные щебеночные материалы металлургических шлаков слабо проявляют гидравлическую активность и способность к самоомоноличиванию.

Несущие слои оснований дорожных одежд обеспечивают совместно с покрытием перераспределение и снижение на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна давления от автотранспорта и веса дорожной одежды, не вызывающего предельных деформаций в подстилающем грунте, а при пучинистых грунтах еще и предохраняют их от морозного пучения. Поэтому и материалы, используемые для устройства оснований дорожных одежд должны обеспечивать выполнение этих функций в течение всего периода эксплуатации дороги при минимальных эксплуатационных затратах. Но при этом следует учитывать и особенности условий работы оснований, которые заключаются в том, что в процессе эксплуатации на них действуют не постоянные нагрузки, а непрерывно возрастающие. Это обусловлено как систематическим увеличением интенсивности движения по дорогам и грузоподъемности автомобилей, так и увеличением количества циклов попеременного замораживания и оттаивания, действующих разрушительно на материал основания на всем протяжении срока службы дороги. Поэтому, для обеспечения надежной сопротивляемости дорожной конструкции возрастающим

разрушающим нагрузкам в течение всего срока службы необходимо, чтобы энергия структурных связей в материале несущего слоя также постоянно увеличивалась. При этом в идеале нарастание прочности несущего слоя должно быть сопоставимо с увеличением разрушительных нагрузок, действующих на него. Только при этих условиях с минимальными эксплуатационными затратами возможно обеспечить надежную и долговременную работу дорожных конструкций. Это должно быть одним из основных требований к свойствам материала применяемого для устройства оснований дорожных одежд [1, 4, 5]. С этих позиций монолитные основания щебеночно-песчаных смесей металлургических шлаков в большей степени соответствуют функциональному назначению оснований дорожных одежд, чем основания из дискретных (щебеночных, гравийных и т.п.) материалов.

Для изучения возможности применения щебеночно-песчаных смесей металлургических шлаков для устройства монолитных оснований дорожных одежд на примере щебеночно-песчаной смеси Первоуральского новотрубного завода, были проведены лабораторные исследования. Характеристика используемой шлаковой щебеночно-песчаной смеси Первоуральского новотрубного завода представлена в табл. 1. В качестве активной добавки в щебеночно-песчаной смеси использовался цемент ЦЕМ ША 32,5Н.

Таблица 1

Характеристика шлаковой щебеночно-песчаной смеси Первоуральского новотрубного завода

Гранулометрический состав, %													Оптимальная влажность, %	Удельный вес, г/см ³
Размер фракций, мм	20	10	5	2	Всего дресвы	0,5	0,25	0,1	0,05	Всего песка	0,05-0,005	<0,0005		
Значение	0	30,0	22,7	18,3	71,0	13,3	3,3	2,4	3,4	22,4	6,1	0,5	7,5	3,28

Как показывают результаты исследований зависимости предела прочности при сжатии водонасыщенных образцов и водонасыщения от содержания цемента (рис. 1, 2), марке по прочности М60 для устройства слоев оснований дорожных одежд капитального типа соответствует шлаковая щебеночно-песчаная смесь с добавкой 4% цемента по массе смеси в возрасте 28 суток твердения (предел прочности при сжатии $R_{сж}=5,15$ МПа). Стоит отметить, что без добавки цемента шлаковая щебеночно-песчаная смесь также обладает гидравлической активностью, при этом предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток твердения составляет 1,91 МПа.

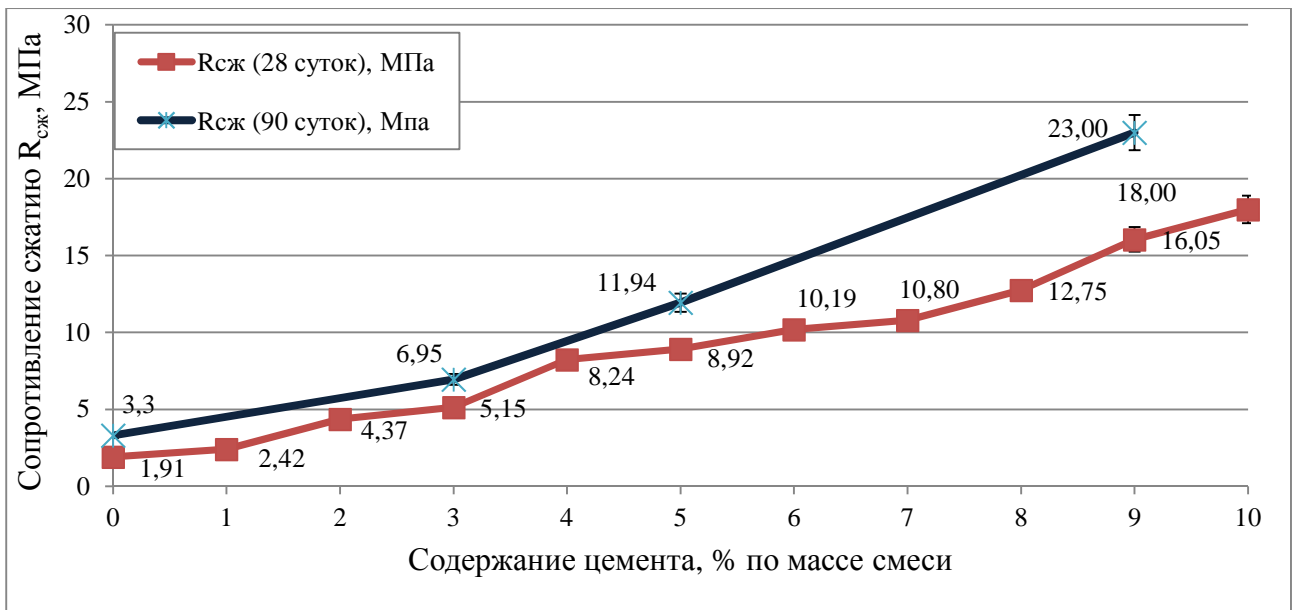


Рис. 1. Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов шлаковой щебеночно-песчаной смеси в зависимости от содержания цемента при 28, 90 суточном наборе прочности.

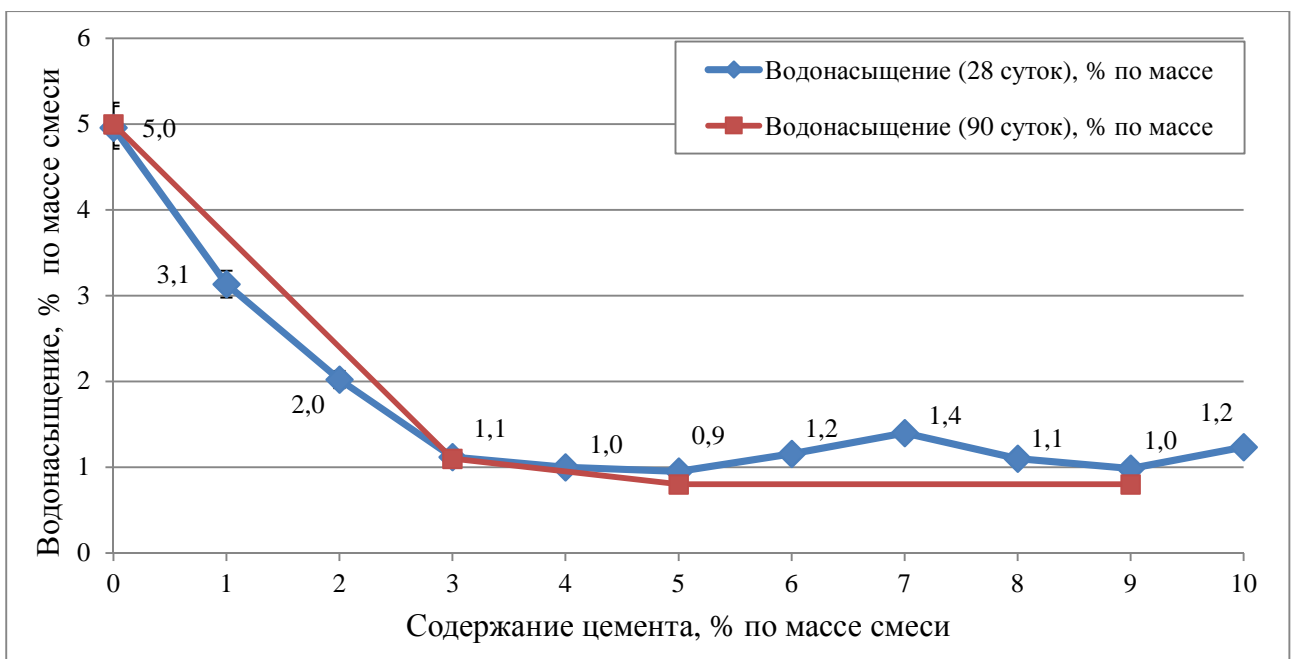


Рис. 2. Водонасыщение образцов шлаковой щебеночно-песчаной смеси в зависимости от содержания цемента при 28, 90 суточном наборе прочности.

Непрерывный набор прочности с течением времени эксплуатации является важным свойством шлаковых щебеночно-песчаных смесей, так образцы в возрасте 90 суток твердения увеличили предел прочности на сжатие при содержании 0% цемента на 73%, при содержании 3% цемента – на 35%, при содержании 5% цемента – на 34%, при содержании 9% цемента – на 43%.

Полученные данные водонасыщения образцов шлаковых щебеночно-песчаных смесей свидетельствуют, что показатель водонасыщения не зависит от срока набора прочности, а

зависит от содержания цемента. При этом минимальные значения водонасыщения в среднем 1,1% по массе смеси наблюдаются у образцов с содержанием цемента от 3% по массе смеси и выше, что связано с достижением оптимального гранулометрического состава материала.

Результаты определения морозостойкости шлаковой щебеночно-песчаной смеси, укрепленной 4% цемента показывают (рис. 3), что данная смесь в возрасте 28 суток твердения имеет марку по морозостойкости F25 и может применяться в слоях оснований дорожных одежд капитального типа в районах со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца от $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

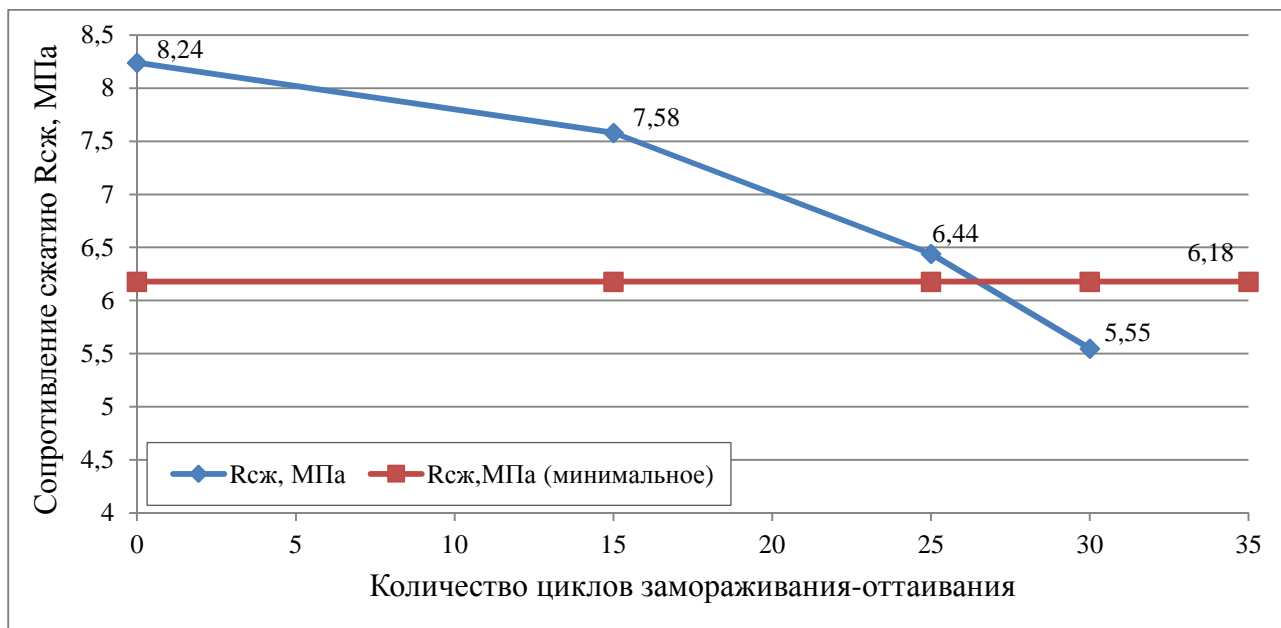


Рис. 3. Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов шлаковой щебеночно-песчаной смеси, укрепленной 4% цемента, при испытаниях на морозостойкость.

Таким образом, результаты лабораторных исследований показывают возможность применения щебеночно-песчаных смесей металлургических шлаков Первоуральского новотрубного завода с добавкой 4% по массе смеси цемента ЦЕМ ША 32,5Н для устройства монолитных оснований дорожных одежд капитального типа в районах со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца от $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ в соответствии с требованиями ГОСТ 23558-94.

Выводы

1. Монолитные основания щебеночно-песчаных смесей металлургических шлаков в большей степени соответствуют функциональному назначению оснований дорожных одежд, чем основания из дискретных (щебеночных, гравийных и т.п.) материалов в течение всего периода эксплуатации автомобильных дорог при минимальных эксплуатационных затратах.
2. Монолитные основания щебеночно-песчаных смесей металлургических шлаков обладают гидравлической активностью и способностью к самомоноличиванию, что

обеспечивает надежную сопротивляемость дорожной конструкции возрастающим разрушающим нагрузкам в течение всего периода эксплуатации автомобильных дорог.

3. Щебеночно-песчаные смеси металлургических шлаков Первоуральского новотрубного завода с добавкой 4% по массе смеси цемента ЦЕМ ША 32,5Н соответствуют требованиям ГОСТ 23558-94 для устройства оснований дорожных одежд капитального типа на большей части территории России в районах со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца от -15 °С до -30 °С.

Список литературы

1. Волков М.И. Методы испытаний строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1974. – 315 с.
2. Отчет о НИР «Разработка и внедрение рекомендаций по использованию техногенных отходов предприятий Свердловской области в слоях дорожной одежды на автомобильных дорогах: «обход г. Невьянска» и «Серов-Ивдель». ФГУДП «Омский Союздорнии» – Омск, 2003. – 75 с.
3. Отчет по НИР «Технико-экономический анализ использования шлаковых материалов при строительстве автомобильных дорог Свердловской области». НТФ «Металлоконсалтинг». – Екатеринбург, 1998. – 84 с.
4. Тулаев А.Л., Корошев М.В., Исаев В.С. Дорожные одежды с использованием шлаков. – М.: Транспорт, 1986. – 221 с.
5. Чудинов С.А. Исследования влияния технологических факторов на прочность цементогрунтов//Вестник Марийского государственного технического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование». – 2010. – № 1 (8). – С. 46–52.

Рецензенты:

Силуков Ю.Д., д.т.н., профессор кафедры транспорта и дорожного строительства Уральского государственного лесотехнического университета, г. Екатеринбург.

Кошкарлов Е.В., д.э.н., к.т.н., старший научный сотрудник, ООО «Научно-исследовательский центр «ГИПРОДОРНИИ», г. Екатеринбург.