

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЩЕБЁНОЧНОГО ОСНОВАНИЯ С РАСКЛИНЦОВКОЙ НЕФЕЛИНОВЫМ ШЛАМОМ

*Мухаррямов Иршат Рафисович, аспирант кафедры
«Автомобильные дороги, мосты и тоннели»*

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Санкт-Петербург
(Научный руководитель – Карпов Б.Н., д-р техн. наук, профессор)*

Постоянное увеличение интенсивности движения транспортных средств на автомобильных дорогах требует уделять больше внимания на безопасность функционирования дороги и ее сооружений в течение заданного периода эксплуатации. Безопасное функционирование достигается путем соблюдения требуемых характеристик надежности и работоспособности дороги как инженерного сооружения. При оценке автомобильной дороги на безопасное (надежное) функционирование учитывают большое количество факторов: устойчивость земляного полотна, прочность конструкции дорожной одежды, однородность слоев конструкции, трещиностойкость, сопротивляемость колееобразованию, ровность, шероховатость и сцепные качества покрытий, долговечность дорожной одежды и т.д. Также важную роль играет выбранная технология изготовления строительных материалов и технология устройства слоев дорожной одежды. Большое влияние оказывает основание конструкции дорожной одежды на вышеперечисленные технико-эксплуатационные качества автомобильной дороги. С ростом интенсивности и грузоподъемности автомобильного транспорта[1], укрепление оснований также играет важную роль, так как при высоких интенсивностях неукрепленные основания уже не могут обеспечить сохранения в течение длительного времени требуемой ровности покрытия и несущей способности дорожной одежды в целом[2]. Укрепление основания из щебня специальными медленноотвердеющими минеральными вяжущими обеспечивает требуемую прочность, долговечность, делает строительство экономичным (открывается возможность использования местных грунтов, некондиционных материалов, промышленных отходов взамен дорогостоящим привозным материалам) [2], обеспечивает чистоту окружающей среды, технологию устройства слоев конструкции дорожной одежды менее трудоемким. Перспективным минеральным вяжущим материалом при

укреплении щебеночных оснований на Северо-Западном регионе нашей страны является нефелиновый шлам Пикалевского глиноземного завода. (Рис. 1).

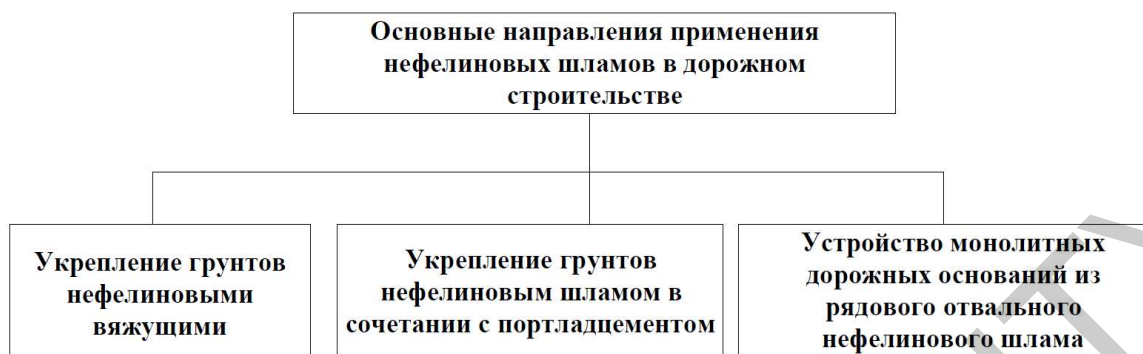


Рисунок 1 – Схема применения нефелиновых шламов в дорожном строительстве[2]

Применение нефелинового шлама в строительстве дорог актуально, потому что запасы шлама в шламохранилищах огромны, этот вторичный минеральный ресурс является вяжущим материалом и дает возможность вести строительство даже при низких температурах. Отвальный нефелиновый шлам – медленно твердеющее вяжущее, соответствующее требованиям ГОСТ23558-94 для марок М75 и М100. В свежем отвальном состоянии представляет собой влажный сыпучий пескообразный материал, имеющий крупность 0-5мм. Модуль крупности 1,1-1,5, при этом подвержен агрегации мелких фракций шлама на крупных зернах (крупнее 0,314мм). Содержание вяжущего компонента белита находится в пределах 70-85%. Естественная влажность свежего отвального шлама близка к оптимальной и составляет 20-22%. Оптимальная влажность для использования его в дорожном строительстве составляет 23-26%. Шлам является самостоятельным вяжущим и одновременно мелкозернистым низкомарочным трещиностойким бетоном с низким коэффициентом теплопроводности. Относится к III классу радиоактивности, может быть использован для дорожного строительства вне населенных пунктах.

Экспериментальные исследования, выполненные на кафедре автомобильных дорог Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, показали, что использование нефелинового шлама в качестве материала для заливки щебеночного основания автодороги является альтернативной при решении вопроса дефицита каменных материалов, а также хорошей заменой другим структурообразующим материалам. Эффективность применения шлама в основании дорожной одежды доказана испытаниями и расчетами. Нагрузки для частиц размером 70, 40, 20, 10, 5 мм на контактах между частицами будут соответственно 1029, 336, 84, 21, 5 Н. Соотнеся размеры частиц с усилиями, можно сделать вывод о том, что с уменьшением размера частиц

усилие на контакте между частицами уменьшается. В результате действия автомобильной нагрузки в верхней зоне дорожной одежды, на границе покрытия с основанием из щебня при прохождении нагрузки возникают касательные напряжения, в 10 раз большие по сравнению с нижней зоной основания. Поэтому верхняя зона основания должна иметь высокую сдвигоустойчивость, а нижняя – воспринимать нагрузки и равномерно распределять на нижележащий слой [5]. Одной из причин образования деформаций асфальтобетонного покрытия является превышение допустимого напряжения на растяжение в зоне контакта покрытия с основанием. Решающее влияние на жесткость слоя основания оказывает наличие в смеси частиц менее 0,63 мм (в том числе менее 0,05 мм). Если уложить щебень марки 1200 без заклинки, то его модуль упругости будет примерно в два раза меньше чем у основания из щебня той же марки, но с учетом заклинки нефелиновым шламом размером от 0 мм до 5 мм.

На практике известны участки дорог, которые были построены с использованием бокситового шлама. Трест «Лендорстрой» применял этот материал с 1975 года в опытно-производственном строительстве для заполнения пустот между щебенками. Здесь необходимо отметить, что нефелиновый шлам имеет более высокие показатели к гидратации, чем бокситовый шлам и его применение будет более эффективным. Имеется возможность укрепления основания вяжущими, приготовленными из нефелинового шлама и молотым и немолотым нефелиновым шламом в сочетании с портландцементом. Рядовой отвалный нефелиновый шлам можно применять как в чистом виде, так и в смеси с минеральным заполнителем для устройства монолитных оснований [1].

Этот материал, как отмечалось выше, возможно использовать при устройстве верхних слоев оснований из щебня и гравия, обработанных в верхней части шламом, шламовым вяжущим способами перемешивания, пропитки-вдавливания.

Расход шлама, необходимый для обработки щебёночных (гравийных) оснований и покрытий в верхней части, следует назначать в зависимости от требуемой толщины обрабатываемой части слоя и уточнять опытным путём при начале производства работ.

Ориентировочно, расход шлама в т на 1 м² основания или покрытия следует определять по формулам (1 и 2):

– при обработке способом пропитки

$$G = \frac{P_d \cdot h \cdot K_p}{K_p + 1,325} \quad (1)$$

– при обработке способом перемешивания

$$G = \frac{P_d \cdot h \cdot K_p}{K_p + 2,55} \quad (2)$$

где P_d – максимальная плотность натурального шлама, уплотнённого при оптимальной влажности, т/м³;

h – толщина обработанной части слоя, м;

K_p – коэффициент раздвижки зёрен, который следует принимать равным 1,05 при содержании в щебне (гравии) зерен более мелких, чем принятый размер применяемой фракции (смеси фракций) в количестве менее 10% и равным 1,35 при содержании таких зёрен от 10 до 20% по массе.

Ориентировочный расход шламового вяжущего для получения пескошламовой смеси различных марок определяется по таблице 20 «Руководства по строительству оснований и покрытий автомобильных дорог из щебеночных и гравийных материалов» (Таблица 1) [3].

Таблица 1

Марка цементно-песчаной смеси	Расход цемента, % по массе, при применении		
	отсевов дробления карбонатных пород	крупно- и среднезернистых песков	мелких песков
60	6-9	12-16	13-17
75	8-12	16-19	17-20
100	11-14	19-22	20-23

Образцы, укрепленные шламовяжущей смесью, испытывают через 90 суток набора прочности в лаборатории. Важно провести испытания образцов на сжатие при достижении возраста 28 суток. Образцы по показателю прочности должны дать значения не менее 50% от нормативно требуемых. Расчетные значения модуля упругости и предела прочности на растяжение при изгибе нефелинового шлама в зависимости от его активности следует принимать по таблице 1 «Методических рекомендаций по устройству дорожных оснований и переходных покрытий с применением белитового шлама в нефтегазоносных районах Западной Сибири» [4].

Технологический процесс устройства оснований с использованием нефелинового шлама для укрепления щебня: подготавливают земляное полотно; начальное распределение шлама на поверхности подготовленного слоя; работы по доведению влажности шлама до оптимального (поливомоечная машина) в ходе перемешивания этой смеси грейдером или машиной для профилирования

поверхности; заключительное распределение шлама с обеспечением требуемого уклона поверхности слоя и с учетом коэффициента уплотнения. Уплотнение слоя производится до показателя плотности 0,98. Отличительная особенность этих работ – начальное уплотнение, которое необходимо производить тяжелым моторным гладковальцовым катком (5-8 проходов по следу). Окончательное уплотнение осуществляется пневматическими катками за 10-12 проходов по следу, причем между распределением нефелинового шлама и его уплотнением технологический разрыв практически неограничен.

Заключение

Надежную работу дороги возможно организовать, обеспечив требуемую жесткость основания;

Из множества оснований дорожных конструкций наиболее перспективные те, которые устраиваются из дисперсных материалов, укрепленных структурообразующими материалами (нефелиновый шлам, бокситовый шлам, доменные шлаки и др.);

Использование нефелинового шлама, в строительстве дорог, в части устройства заклиненного основания из щебня, дает возможность поддерживать экологическую чистоту;

Предполагается экономическая отдача от применения данного материала за счет решения вопроса дефицита каменных материалов.

Упрощается технология строительства дорог.

Таким образом, применение нефелинового шлама при устройстве основания дороги, в качестве заклинивающего материала, повышает прочность конструкции дорожной одежды и обеспечивает трещиностойкость, тем самым достигается гарантированная сопротивляемость колееобразованию, ровность покрытия в процессе эксплуатации, что в конечном счете отражается на долговечности дорожной одежды, следовательно, и дороги в целом, что очень важно для безопасности дорожного движения.

Литература:

1. Бескровный В.М. Методические рекомендации по применению нефелинового шлама Ачинского глиноземного комбината при устройстве оснований автомобильных дорог в районе Западной и Восточной Сибири. – 1981. – 9 с.
2. Мещеряков И.В. Применение нефелиновых шламов в дорожном строительстве. Современные научные исследования и инновации. – 2012г. - №10 - URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/17755>
3. Юмашев В.М., Исаев В.С., Панфилов Ф.В., Матросов А.А., Еркина Н.А., Саль А.О., Белоусов Б.В., Бескровный В.М. Руководство по строительству

оснований и покрытий автомобильных дорог из щебеночных и гравийных материалов. – 1999. – 52с.

4. Белоусов Б.В., Бескровный В.М., Лыткин А.А., Трусов Т.А., Петешов Ю.В. Методические рекомендации по устройству дорожных оснований и переходных покрытий с применением белитового шлама в нефтегазоносных районах Западной Сибири. Москва: Союздорнии; 1985.
5. Мухаррямов И.Р. Использование вторичного минерального сырья в устройстве земляного полотна и повышение сдвигоустойчивости основания дорожной одежды. Повышение надежности и безопасности транспортных сооружений и коммуникаций. – 2015. - №1. – С. 266-268.

Репозиторий БНТУ