УДК 625.7/.8

© Д. Н. Харламова, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: stark6@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-2-194-198

© D. N. Kharlamova, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: stark6@mail.ru

ЗАДАЧИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УСТРОЙСТВА ЩЕБЕНОЧНЫХ ОСНОВАНИЙ

PROBLEMS OF ADJUSTING OF THE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETER SOLUTIONS OF CRUSHED-STONE ROAD BASES

Рассмотрены возможности для совершенствования конструктивно-технологических решений устройства щебеночного основания с учетом анализа истории развития и практического современного опыта его применения при строительстве автодорог. Описаны критерии качества щебеночно-песчаных оснований.

Ключевые слова: щебеночно-песчаное основание, модуль упругости, разрушение.

The paper considers the improvement options of design and technological solutions for construction of the crushed stone base, taking into account the analysis of its development history and recent experience of its application at the motor road construction. The quality criteria are described for crushed stone and sand bases.

Keywords: crushed stone and sand base, modulus of elasticity, destruction.

Развитие транспортной инфраструктуры имеет первостепенное значение для экономического развития и роста любой страны в мире. Но в связи с ростом интенсивности и увеличением динамической нагрузки транспортного потока на дороги федерального и местного значения сокращаются межремонтные сроки службы дорожных конструкций. Кроме того, в настоящее время не обосновано развитие процессов накопления остаточных деформаций в слоях дорожной одежды и их влияние на образование неровностей покрытия. Тем не менее любой вид покрытия требует основания с высокими прочностными характеристиками и длительным сроком службы. Важнейшим фактором для снижения стоимости строительства автомобильных дорог и повышения прочности является возможность регулировать исходные свойства местных дорожно-строительных материалов, которые могут обеспечить снижение остаточных деформаций в элементах дорожных конструкций.

Щебеночное основание является несущей прочной частью дорожной одежды, обеспечивающей совместно с покрытием перераспределение

и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна (СП 78.13330.2012 «Автомобильные дороги»). Поэтому слои основания должны быть преимущественно монолитными, сдвигоустойчивыми, достаточно хорошо сопротивляться растягивающим напряжениям, возникающим при изгибе, и, кроме того, должны иметь определенные демпферные характеристики для того, чтобы сохранять в процессе эксплуатации расчетные технические показатели (СП 78.13330.2012). В настоящее время для устройства монолитных оснований чаще всего применяют щебеночно-песчаную смесь (ЩПС), представляющую собой комбинированный стройматериал, наиболее широко использующийся для устройства дорожного основания, так как этот материал обладает рядом преимуществ по сравнению с иными щебеночными материалами:

- ЩПС несколько дешевле фракционированного щебня;
- технология устройства основания (укладка, планировка, укатка) проще;

- достигаемое высокое качество уплотнения ЩПС относится ко всей толщине слоя основания, а не только к его верхней части, как это имеет место у оснований из фракционированного щебня;

- ровность поверхности основания из ЩПС, как правило, заметно лучше, что немаловажно для последующей укладки асфальтобетонного покрытия [4].

В качестве недостатков можно отметить сложность сохранения оптимального состава при перевозке и производстве работ (сегрегация) [7], а также отсутствие связующего материала, которое снижает сдвиговые характеристики щебеночно-песчаной смеси [1].

Совершенствование конструктивно-технологических решений для устройства щебеночно-песчаных оснований проводилось на протяжении всей истории строительства автомобильных дорог. Практика использования определила, что эксплуатационные качества оснований из плотных смесей зависят от гранулометрического состава этих смесей, форм и прочности щебня. Кроме того, контроль качества уплотнения щебеночных оснований как из щебня разной фракции, так и из ЩПС довольно упрощен. Проверка осуществляется визуально по образующейся волне перед вальцом и по раздавливанию вальцом щебенки (СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги») [6]. При этом не учитывается ни частота контроля, ни физическо-механические характеристики самой щебенки.

Наиболее приемлемым способом оценки уплотнения щебеночного основания в процессе строительства является определение динамического модуля упругости при помощи установок динамического нагружения (см. СП 78.13330.2012 «Автомобильные дороги»), которые позволяют оперативно оценить качество производимых работ.

Следует отметить, что до настоящего времени не получены решения на современном теоретическом уровне и не установлены закономерности процессов развития и накопления остаточных деформаций в слоях дорожных одежд и характер влияния этих деформаций на развитие неровностей покрытия [2]. Для того чтобы наиболее ясно представлять процессы, происходящие в конструкции щебеночного основания, следует

анализировать показатели, получаемые как в лабораторных условиях, так и непосредственно на объекте дорожного строительства.

Для изучения изменения физико-механических показателей ЩПС и выявления возможностей совершенствования методов конструирования был проведен анализ гранулометрического состава смеси при различных показателях динамического модуля упругости. Для проведения исследования использовались образцы ЩПС, соответствующие ГОСТ 25607–2009 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов» смеси С-5 и марки по прочности 1400. Гранулометрический состав анализировался до и после воздействия уплотняющей техники: в пробах ЩПС определялось содержание щебня разных фракций до и после воздействия вибрационной техники при достижении различных показателей модуля упругости.

Уплотнение материала происходит в результате приложения к его поверхности циклической нагрузки, которая в течение одного цикла изменяется от минимума до максимума и затем снова до минимума. Через определенный промежуток времени цикл воздействия уплотняющей нагрузки повторяется [8, 11]. При этом было отмечено, что дорожно-строительная техника не предусматривает возможность варьирования силовых нагрузжений. Принципы регулирования, используемые в катках, основанные на изменении только амплитуд и частот колебания вальца, дают не всегда обоснованный крупный или очень мелкий шаг и диапазон регулирования создаваемых усилий и поэтому не могут обеспечить все варианты необходимых видов и условий работ. Зачастую для достижения необходимого показателя модуля упругости приходится чрезмерно уплотнять используемый материал и увеличивать количество проходов катком. При таком уплотнении происходит разрушение крупных фракций щебня (рис. 1).

Как показано на рис. 1, крупные фракции щебня раскололись на несколько фрагментов, на щебенке появились трещины с пустотами.

Перспективным направлением в совершенствовании конструктивно-технологических решений устройства щебеночных оснований является сохранение их каркаса. Для этого в строи-

Рис. 1. Щебеночно-песчаная смесь после уплотнения катком

тельстве дорог используются георешетки, применяется щебеночно-песчаный каркасный материал [3], в результате чего при наличии крупных фракций сохранится несущий каркас основания, а мелкий заполнитель будет эффективно стабилизировать неорганическим вяжущим [10].

Как показывают результаты испытаний смеси после уплотнения, изменение содержания щебня, образующего каркас, незначительно, при условии достижения нормативного пока-

зателя динамического модуля упругости: автомобильные дороги I и II категории — не менее $65\text{--}70 \text{ МН/м}^2$ (рис. 2) [5]. Это говорит о достаточной однородности устраиваемого щебеночного основания.

Непрерывный график изменения зернового состава до уплотнения щебня в смеси С-5 соответствует нормативным показателям ГОСТ 25607–2009. Данные зернового состава щебня в ЩПС, полученные после динамического воздействия уплотняющей техники, показывают, что содержание щебня фракции 20–40 значительно сокращается при отсутствии ее замещения дроблеными частицами более крупных фракций. При этом значительно увеличивается содержание заполнителя в смеси, что может привести к потере жесткости дорожной конструкции (рис. 3).

Таким образом современные исследования показывают, что для повышения жесткости основания следует учитывать характеристики плотности при укатке щебня, форму зерен, общий гранулометрический состав смеси, при этом уделяя особое внимание межзерновой пустотности и деформационным характеристикам слоя основания. На данный момент не учитывается изменение физико-механических свойств

Рис. 2. Процентное изменение количества щебня в смеси

Рис. 3. Зерновой состав щебеночно-песчаной смеси до и после уплотнения

щебня при уплотнении и дальнейшей работе в конструкции, хотя это существенным образом может отразиться на эксплуатационных характеристиках конструкции. Вследствие этого, принимая за критерии сохранения механических свойств для оснований дорожной одежды упругость и динамическую выносливость, выявляются возможности разработки методов и способов улучшения свойств ЩПС, что крайне важно в условиях напряженного транспортного потока.

Выводы

1. При устройстве щебеночного основания применяемая уплотняющая техника не позволяет в достаточной степени варьировать силовыми нагрузками, что приводит к чрезмерному воздействию на уплотняемый материал.

2. Наиболее достоверным оперативным показателем качества уплотнения ЩПС основания является динамический модуль упругости ввиду отсутствия в дорожной отрасли России других нормативных показателей качества устройства щебеночных оснований

3. При уплотнении щебеночно-песчаной смеси до нормативных показателей динамического модуля упругости происходит разрушение каркаса смеси, что приводит к значительному увеличению количества заполнителя, что может привести к потере жесткости дорожной кон-

струкции в будущем в условиях воздействия динамического потока.

Библиографический список

1. Люпаев Б. М., Полетаев Ю. А., Луконин А. Ю., Ворсина О. А., Галочкина Л. А. Применение каркасных щебеночно-песчаных оснований в автодорогах // Вестник Мордовского университета. 2008. № 4. С. 168–173.
2. Матуа В. П., Панасюк Л. Н. Прогнозирование и учет накопления остаточных деформаций в дорожных конструкциях. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2001. 372 с.
3. Люпаев Б. М., Полетаев Ю. А., Луконин А. Ю. Оптимизация структуры щебеночно-песчаных смесей // Строительные материалы. 2007. № 5. С. 30.
4. Костельов М. П., Пахаренко Д. В. Инновации для высокого качества дорожных работ и объектов ЗАО «ВАД» // Дорожная техника: каталог-справочник. СПб.: Славутич, 2009. С. 36–52.
5. Костельов М. П., Пахаренко Д. В. Опыт фирмы «ВАД» по устройству плотных, прочных и жестких щебеночных дорожных оснований // Дорожная техника: каталог-справочник. СПб.: Славутич, 2000. С. 12–23.
6. Справочник дорожного мастера / под ред. С. Г. Цупикова. М.: Инфра-инженерия, 2005. 992 с.
7. Радовский Б. С. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США // Дорожная техника: каталог-справочник. СПб.: Славутич, 2007. С. 26–40.

8. Строительство и реконструкция автомобильных дорог: справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. I / А. П. Васильев, Б. С. Марышев, В. В. Силкин и др.; под ред. А. П. Васильева. М.: Информавтор, 2005. 1519 с.

9. Грушко И. М., Королев И. В., Борщ И. М., Мищенко Г. М. Дорожно-строительные материалы. М.: Транспорт, 1991. 357 с.

10. Коганзон М. С. Проблемы развития автомобильных дорог и повышение сроков службы дорожных одежд // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог: задачи и решения. М., 2001. С. 20–29.

11. Кручинин И. Н., Ращектаев В. А. Особенности взаимодействия уплотняющей техники с каменными материалами при строительстве щебеночных оснований автомобильных дорог // Актуальные вопросы проект. авт. дорог: сб. науч. тр. «ГИПРОДОРНИИ». Вып. 4(63). Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. С. 157–168.

References

1. Lyupaev B. M., et al. *Primenenie karkasnykh shchebenochno-peschanykh osnovaniy v avtodorogakh* [Application of frame sand-gravel bases at construction of roads]. *Vestnik Mordovskogo universiteta – Bulletin of the Mordovia University*, 2008, no. 4, pp. 168–173.

2. Matua V. P., Panasyuk L. N. *Prognozirovanie i uchet nakopleniya ostatochnykh deformatsiy v dorozhnykh konstruktsiyakh* [Forecasting and accounting of residual deformation accumulation in road constructions]. Rostov-on-Don, RGSU Publ., 2001, 372 p.

3. Lyupaev B. M., Poletaev Yu. A., Lukonin A. Yu. *Optimizatsiya struktury shchebenochno-peschanykh smesey* [Optimization of the structure of sand-gravel composites]. *Stroitel'nye materialy – Building materials*, 2007, no. 5, p. 30.

4. Kostel'ov M. P., Pakhareno D. V. *Innovatsii dlya vysokogo kachestva dorozhnykh rabot i ob'ektov ZAO «VAD»* [Innovations for high quality of road works and objects of JSC “VAD”]. *Dorozhnaya tekhnika. Katalog-spravochnik* [Road-building machines. Catalogue-guide]. St. Petersburg, Slavutich Publ., 2009, pp. 36–52.

5. Kostel'ov M. P., Pakhareno D. V. *Opyt firmy «VAD» po ustroystvu plotnykh, prochnykh i zhestkikh shchebenochnykh dorozhnykh osnovaniy* [Experience of the “WAD” company on construction of solid, durable and hard road bases]. *Dorozhnaya tekhnika. Katalog-spravochnik* [Road-building machines. Catalogue-Guidebook]. St. Petersburg, Slavutich Publ., 2000, pp. 12–23.

6. *Spravochnik dorozhnogo мастера* [Reference book for road builders]. Ed. by Tsupikov S. G. Moscow, Infra-Inzheneriya Publ., 2005, 992 p.

7. Radovskiy B. S. *Segregatsiya asfal'tobetonnykh smesey i metody bor'by s ney v SShA* [Segregation of asphalt mixtures and methods of its prevention in the USA]. *Dorozhnaya tekhnika. Katalog-spravochnik* [Road-building machines. Catalogue-Guidebook]. St. Petersburg, Slavutich Publ., 2007, pp. 26–40.

8. Vasil'ev A. P., et al. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya avtomobil'nykh dorog: spravochnaya ehntsiklopediya dorozhnika (SEhD)* [Construction and reconstruction of roads. Reference encyclopedia of road builders (RBE)]. Vol. I. Ed. by Vasil'ev A. P. Moscow, Informavtodor Publ., 2005, 1519 p.

9. Grushko I. M., Korolev I. V., Borshch I. M., Mishchenko G. M. *Dorozhno-stroitel'nye materialy*. [Road-building materials]. Moscow, Transport Publ., 1991, 357 p.

10. Koganzon M. S. *Problemy razvitiya avtomobil'nykh dorog i povyshenie srokov sluzhby dorozhnykh odezhd* [Problems of highway development and increasing the service life of road clothes]. *Trudy MADI (PTU). Stroitel'stvo i ehkspluatatsiya avtomobil'nykh dorog: zadachi i resheniya*. Construction and operation of highways: tasks and solutions. Moscow, 2001, pp. 20–29.

11. Kruchinin I. N., Rashchektaev V. A. *Osobennosti vzaimodeystviya uplotnyayushchey tekhniki s kamennymi materialami pri stroitel'stve shchebenochnykh osnovaniy avtomobil'nykh dorog* [Features of interaction of the compressing machines with stone materials in the construction process of macadam bases of roads]. *Sb. nauch. tr. GIPRODORNII «Aktual'nye voprosy projekt. avt. Dorog»* [Coll. of sci. works GIPRODORNII “Actual problems of designing highways”]. Iss. 4(63). Ekaterinburg, Ural Federal University Publ., 2013, pp. 157–168.