

УДК 625**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА СЛОЕВ
ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ИЗ ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ**

Шабаев Сергей Николаевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
автомобильных дорог и городского кадастра

Смыков А. В., студент группы СДб – 141, IV курса

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Автомобильные дороги в современных условиях эксплуатации при постоянном росте количества автомобилей, грузоперевозок и пассажирооборота нуждаются в безопасном и комфортном передвижении, а эти факторы напрямую зависят от качества автомобильных дорог.

Для устройства дорожной одежды в России и за рубежом широко используют нерудные строительные материалы, основными из которых являются щебень, гравий, песок, а также щебеноочно-гравийно-песчаные смеси.

Для эффективной работы щебеноочно-песчаных смесей (ЩПС) в конструктивных слоях дорожной одежды необходимо в ходе уплотнения достичь их плотность скелета близкую к максимальной. От этого зависит срок службы и качество дорог. Как известно, щебеноочно-песчаные смеси, как и другие нерудные строительные материалы, достигают свою максимальную плотность скелета при оптимальной влажности, однако, анализ проведенных ранее исследований и нормативной литературы показывает, что область определения оптимальной влажности отсутствует [1-3].

Таким образом, на сегодняшний день для совершенствования технологии строительства слоев дорожных одежд из щебеноочно-песчаных смесей необходимо установить зависимости их оптимальной влажности от влияющих факторов и определить диапазон ее варьирования.

Обобщение априорной информации позволяет сделать вывод, что на оптимальную влажность оказывают влияние следующие факторы [4-8]:

- гранулометрический состав смеси;
- водопоглощение исходной горной породы;
- параметры уплотняющего воздействия.

Учет данных факторов позволит обоснованно подходить к назначению оптимальной влажности ЩПС, а, значит, достижению наилучшего технологического режима их уплотнения для достижения максимальной плотности скелета.

Для установления влияния вышеуказанных факторов на оптимальную влажность ЩПС был поставлен лабораторный эксперимент. Испытания проводились в следующей последовательности:

1. Смеси различного заданного гранулометрического состава, массой 5 кг каждая, высушивалась при комнатной температуре или в сушильном шкафу до воздушно-сухого состояния, помещалась в металлическую и пластмассовую чашку для испытаний. В отобранную пробу вводилось расчетное количество воды за несколько приемов, при тщательном перемешивании металлическим шпателем, далее пробы из чашки переносилась в эксикатор и выдерживалась не менее 2 часов. Затем собирали установку для определения объемной массы и статического модуля упругости смеси, загружали в собранную форму: форму заполняли смесью тремя равными слоями, каждый слой укладывали штыкованием стальным стержнем 25 повторений.

2. Форму помещали на плиту пресса, на поверхность слоя смеси устанавливали жесткий штамп, а также крепили индикаторы часового типа. Снимались показания индикаторов с точностью до 0,001 мм. При помощи гидравлического пресса передавали давление 2,5 МПа, которое выдерживали в течение 2 мин для уплотнения слоя ЩПС. Для измерения упругой деформации на испытываемый слой передавали давление 0,5 МПа, которое выдерживали в течение 2 мин. По истечению заданного времени брались отсчеты по трем индикаторам часового типа, нагрузка снималась, и повторно брались отсчеты с точностью 0,001 мм.

3. После этого, штангенциркулем по результатам четырех измерений в различных четвертях формы, определяли среднюю высоту от верхней кромки формы до слоя щебено-песчаной смеси с точностью до 0,1 мм. Затем на весах с точностью до 1 г взвешивали форму со смесью и вычисляли ее объемную массу ($\rho_{вл}$), с учетом наличия в ней воды, с точностью до 0,01 г/см³. После этого вычисляли объемную массу $\rho_{ск}$ без учета наличия в ней воды и рассчитывали статический модуль упругости смеси, Е (МПа).

Методика проведения испытаний при динамическом методе уплотнения аналогично той, которая использовалась при статическом методе за исключением следующего ряда изменений:

- после загрузки щебено-песчаной смеси в форму (по указанным в статическом методе правилам), ее устанавливают на виброплощадку и сверху устанавливают пригруз из расчета 40 г/см²;

- включают виброплощадку и уплотняют смесь в течение трех минут (если после первых 5-20 секунд произошла резкая осадка щебено-песчаной смеси, то виброплощадку отключают, снимают пригруз, верхний слой смеси разрыхляют и добавляют необходимое количество таким образом, чтобы высота щебено-песчаной смеси в форме была во всех испытаниях приблизительно одинаковой. Затем, обратно устанавливают пригруз и производят уплотнение в течение времени недостающего до трех минут);

- после снятия пригруза форма устанавливается на плиту пресса и далее испытание проводится аналогично методу статического нагружения [6].

Результаты проведенного эксперимента представлены в таблице 1. Удельная поверхность частиц щебено-песчаных смесей приведена в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты эксперимента по определению плотности скелета щебено-песчаной смеси в зависимости от влажности

Смесь № 1						
Вибрационный метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	4,25	4,5	5,0	5,25	5,5
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,09	2,10	2,18	2,18	2,18
Статический метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	6,25	6,50	6,75	7,00	7,50
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,20	2,20	2,23	2,25	2,23
Смесь № 2						
Вибрационный метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	5,25	5,5	6,0	6,25	6,50
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,06	2,20	2,21	2,28	2,28
Статический метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	7,50	7,75	8,00	8,25	8,75
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,15	2,17	2,19	2,21	2,22
Смесь № 3						
Вибрационный метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,11	2,15	2,26	2,31	2,32
Статический метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	8,75	9,25	9,75	10,25	10,75
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,15	2,18	2,21	2,22	2,21
Смесь № 4						
Вибрационный метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	3,75	4,25	4,50	4,75	5,0
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,03	2,04	2,11	2,10	2,12
Статический метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,05	2,03	2,07	2,07	2,06
Смесь № 5						
Вибрационный метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	4,50	4,75	5,0	5,25	5,50
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,23	2,23	2,28	2,32	2,32
Статический метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,14	2,17	2,28	2,32	2,32
Смесь № 6						
Вибрационный метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	4,75	5,25	5,50	5,75	6,00
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,22	2,22	2,33	2,33	2,35
Статический метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,14	2,13	2,17	2,16	2,18
Смесь № 7						
Вибрационный метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,11	2,14	2,19	2,20	2,19
Статический метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	5,75	6,00	6,25	6,75	7,00
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,05	2,05	2,06	2,06	2,05
Смесь № 8						
Вибрационный метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	4,50	4,75	5,25	5,50	5,75
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,03	2,04	2,17	2,16	2,18
Статический метод уплотняющего воздействия	$W, \%$	6,75	7,00	7,25	7,75	8,00
	$\rho_{ck}, \text{г/см}^3$	2,04	2,06	2,12	2,10	2,13

Примечания:

1. W – влажность щебено-песчаной смеси; ρ_{ck} – плотность скелета щебено-песчаной смеси.
2. Жирным шрифтом выделена оптимальная влажность.

Таблица 2 – Удельная поверхность частиц щебено-песчаных смесей

Номер смеси	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Удельная поверхность частиц, $\text{см}^2/\text{г}$	23,59	37,27	50,85	10,12	16,02	23,29	10,77	29,90

Зависимость оптимальной влажности щебено-песчаных смесей от их удельной поверхности частиц приведена на рисунке.

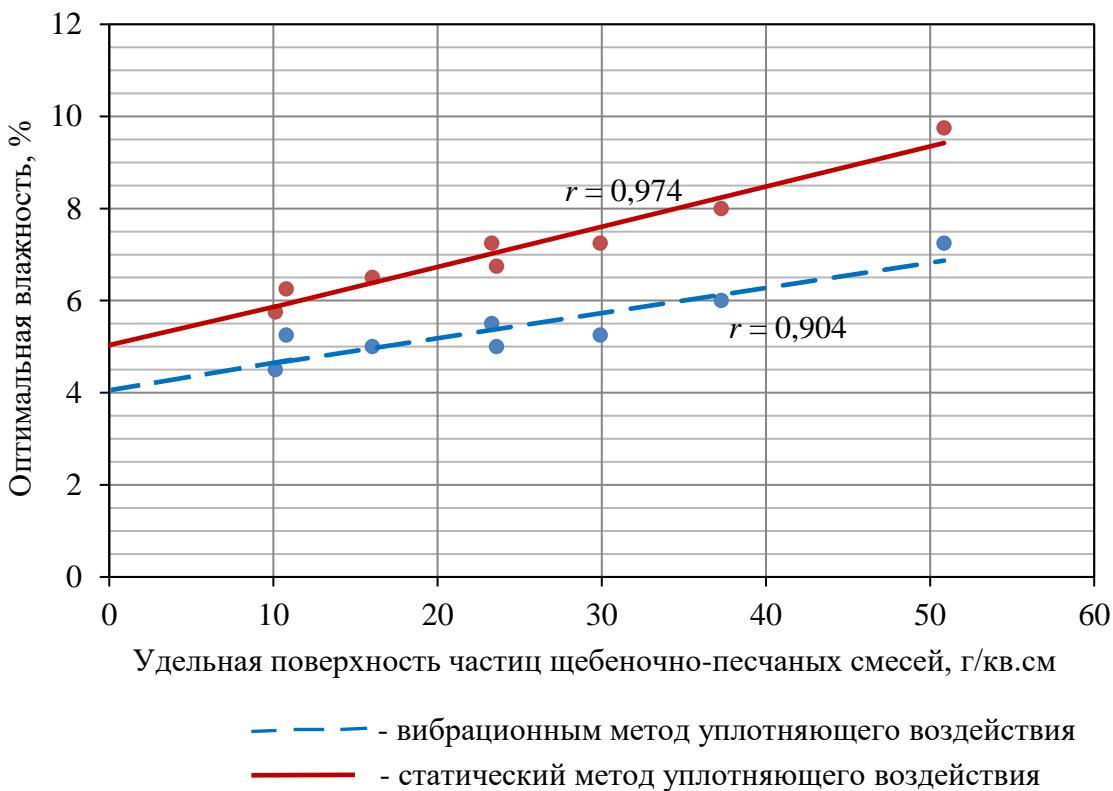


Рисунок - Зависимость оптимальной влажности щебено-песчаных смесей от удельной поверхности частиц

Данные, представленные на рисунке, свидетельствуют, что оптимальная влажность имеет линейную зависимость от удельной поверхности частиц:

- при статическом методе уплотняющего воздействия

$$W_{opt} = 0,0872S_{уд} + 5,$$

- при вибрационном методе уплотняющего воздействия

$$W_{opt} = 0,0546S_{уд} + 4.$$

Таким образом, можно сделать вывод, что оптимальная влажность щебено-песчаных смесей прямо пропорциональна удельной поверхности частиц и составляет от 4 до 7 % при вибрационном методе уплотняющего воздействия и от 5 до 10,5 % при статическом методе уплотняющего воздействия.

Список литературы

1. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги (актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85) /Госстрой России, 2012. – 112 с.
2. ГОСТ 25607-2009. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 13с.
3. Руководство по строительству оснований и покрытий автомобильных дорог из щебеночных и гравийных материалов. – М.: Союздорний, 1999. – 88 с.
4. Инновационные технологии проектирования и строительства автомобильных дорог : монография / Д. Г. Неволин, В. Н. Дмитриев, Е. В. Кошкаров [и др] ; под ред. Д. Г. Неволина, В.Н. Дмитриева. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – 291 с.
5. Шаламанов В. А. Предпосылки разработки методики проектирования зерновых составов щебеночно-песчаных смесей для устройства покрытий и оснований карьерных дорог / В. А. Шаламанов, О. П. Афиногенов, С. Н. Шабаев // Вестник КузГТУ. - 2006. - В№4. - С. 48-53.
6. Шабаев, С. Н. Обоснование конструктивных параметров технологических дорог угольных разрезов из вскрышных пород на основе рационализации их гранулометрического состава : дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Кемерово, 2009. – 132 с.
7. Шаламанов, В. А. Оценка экономической эффективности при проведении мероприятий по улучшению качества покрытий карьерных автомобильных дорог / В. А. Шаламанов, С. Н. Шабаев, Н. В. Крупина // Вестник КузГТУ. – № 3. – 2007. – С. 54-55.
8. Шабаев, С. Н. Улучшение физико-механических характеристик грунтов за счет оптимизации их гранулометрического состава // Вестник ТГАСУ. – № 4. – 2008. – С. 182-186.