

## УДК 625.8

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД.

Шабаев Сергей Николаевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

автомобильных дорог и городского кадастра

Харазян Э.А., студент группы СДб-141, IV курса

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

Для безопасного движения по автомобильным дорогам автотранспортных средств с расчетными скоростями устраивается дорожная одежда, которая воспринимает нагрузку от подвижного состава и передает ее на грунт. Запроектированная дорожная одежда должна быть прочной и надежной в эксплуатации, а также экономичной по расходу материалов, энерго- и трудозатратам. Таким образом, конструкция должна удовлетворять условиям износостойкости, термостойкости, морозостойкости, экономичности и технологичности.

Конструктивные слои дорожной одежды зачастую устраиваются из зернистых материалов, в том числе из щебеноочно-песчаных смесей. Обуславливается это их относительно невысокой стоимостью, технологичностью, распространенностью. На сегодняшний день с точки зрения несущей способности, наиболее предпочтительными являются слои из щебня по методу заклинки, так как в соответствии с [1] их модуль упругости в 1,5-2 раза выше, чем у щебеноочно-песчаных смесей (ЩПС). Однако, как показывают результаты исследований, выполненные И.И. Ивановым [2], потенциал несущей способности ЩПС явно превышает нормативные значения. Это, в том числе, подтверждается практическими данными, полученными ЗАО «ВАД» [3]. Таким образом, необходимы дополнительные исследования, позволяющие выявить факторы, влияющие на несущую способность ЩПС, и обосновывающие возможность достижения повышенного значения модуля упругости.

Последние исследования, касающиеся вопросов проектирования состава и строительства слоев дорожных одежд из щебеноочно-песчаных смесей (раздробленных горных пород) применительно к автомобильным дорогам открытых горных разработок, выполнены Арефьевым С.А., Афиногеновым О.П., Лель Ю.И., Стениным Ю.В., Шаламановым В.А. и других [4-7]. При этом в основном рассмотрены вопросы проектирования состава и технологического режима производства работ, и практически не уделено внимания несущей способности слоев. В то же время, полученные результаты позволили учесть целый ряд особенностей при планировании эксперимента. Так, например, во всех выполненных ранее исследованиях не учитывалось влияние вибрационного метода уплотнения на несущую способность ЩПС, а известно, что при вибрационном методе уплотнения положительный эффект особенно сильно проявляется на разнозернистых материалах, к которым и относятся ЩПС. Кроме того, практически отсутствует информация о величине оптимальной влажности ЩПС, при этом все го-

вся о том, что уплотнять необходимо при оптимальной влажности. При этом необходимо понимать, что величина оптимальной влажности зависит от работы, совершающей при том или ином методе уплотняющего воздействия и, по сути, является переменной величиной.

Для оценки влияния метода уплотняющего воздействия и гранулометрического состава ЩПС на их модуль упругости был проведен эксперимент. Гранулометрические составы ЩПС представлены в таблице 1, оптимальные влажности смесей – в таблице 2, результаты проведенного эксперимента – в таблице 3.

**Таблица 1 - Гранулометрические составы ЩПС**

Показатели	Размер отверстий (ячеек) сит, мм								
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,05	Менее 0,05
<b>Гранулометрический состав № 1</b>									
Частный остаток, %	55,8	6,9	6,1	5,9	5,1	3,2	3,0	5,2	8,8
Полный остаток, %	55,8	62,7	68,8	74,7	79,8	83,0	86,0	91,2	100,0
<b>Гранулометрический состав № 2</b>									
Частный остаток, %	45,8	7,4	6,6	6,4	5,6	3,4	3,6	6,4	14,8
Полный остаток, %	45,8	53,2	59,8	66,2	71,8	75,2	78,8	85,2	100,0
<b>Гранулометрический состав № 3</b>									
Частный остаток, %	35,8	7,9	7,1	6,9	6,1	3,9	4,1	7,4	20,8
Полный остаток, %	35,8	43,7	50,8	57,7	63,8	67,7	71,8	79,2	100,0
<b>Гранулометрический состав № 4</b>									
Частный остаток, %	65,8	6,4	5,6	5,4	4,6	2,4	2,6	4,4	2,8
Полный остаток, %	65,8	72,2	77,8	83,2	87,8	90,2	92,8	97,2	100,0
<b>Гранулометрический состав № 5</b>									
Частный остаток, %	45,8	10,9	8,1	8,5	8,1	4,6	4,0	5,0	5,0
Полный остаток, %	45,8	56,7	64,8	73,3	81,4	86,0	90,0	95,0	100,0
<b>Гранулометрический состав № 6</b>									
Частный остаток, %	35,8	11,2	11,0	11,0	7,0	5,0	5,0	6,0	8,0
Полный остаток, %	35,8	47,0	58,0	69,0	76,0	81,0	86,0	92,0	100,0
<b>Гранулометрический состав № 7</b>									
Частный остаток, %	55,8	10,2	8,0	6,0	5,0	5,0	3,0	4,0	3,0
Полный остаток, %	55,8	66,0	74,0	80,0	85,0	90,0	93,0	97,0	100,0
<b>Гранулометрический состав № 8</b>									
Частный остаток, %	66,0	4,0	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	5,0	12,0
Полный остаток, %	66,0	70,0	73,0	76,0	78,0	88,0	83,0	88,0	100,0

**Таблица 2 – Оптимальные влажности смесей**

Параметры	Технические значения ШПС							
	Смесь № 1	Смесь № 2	Смесь № 3	Смесь № 4	Смесь № 5	Смесь № 6	Смесь № 7	Смесь № 8
Оптимальная влажность, %, при статическом методе уплотняющего воздействия	7,13	8,41	9,69	5,86	6,42	7,10	5,92	7,72
Оптимальная влажность, %, при вибрационном методе уплотняющего воздействия	5,48	6,31	7,14	4,66	5,02	5,46	4,70	5,86

Таблица 3 - Результаты эксперимента

№ смеси		Частные и средние значения динамического модуля упругости, МПа, при методе уплотнения:	
		вибрационном	статическом
№1	Частные	269	204
		282	250
		270	220
		277	244
		282	234
	Средние	<b>276</b>	<b>230</b>
№2	Частные	341	173
		329	181
		352	196
		357	185
		333	199
	средние	<b>342</b>	<b>186</b>
№3	Частные	375	147
		344	169
		356	165
		364	158
		359	168
	средние	<b>360</b>	<b>161</b>
№4	Частные	278	233
		280	244
		268	228
		224	237
		285	223
	Средние	<b>281</b>	<b>233</b>
№5	частные	348	238
		339	226
		339	234
		328	222
		367	243
	средние	<b>345</b>	<b>232</b>
№6	частные	381	204
		384	193
		373	208
		375	214
		371	191
	средние	<b>377</b>	<b>203</b>
№7	частные	338	191
		355	165
		341	180
		356	164
		351	201
	средние	<b>349</b>	<b>180</b>
№8	частные	324	157
		306	182
		312	165
		305	174
		305	189
	средние	<b>311</b>	<b>173</b>

Анализ полученных результатов показывает:

1. Смеси № 5 и № 7 по гранулометрическому составу соответствуют готовой смеси С6 по [8], расчетный модуль упругости которой для трудноуплотняемого щебня составляет 200 МПа [1], при этом при статическом методе уплотняющего воздействия фактический модуль упругости смесей составляет 232 и 180 МПа, а при вибрационном методе уплотняющего воздействия – 345 и 349 МПа соответственно. Таким образом, при статическом методе уплотняющего воздействия модуль упругости не значительно отличается от расчетного, а при динамическом методе уплотняющего воздействия на 70-75 % превышает расчетное значение.

2. Смеси № 3 и № 6 по гранулометрическому составу соответствуют готовой смеси С2, расчетный модуль упругости которой составляет для трудноуплотняемого щебня 265 МПа, при этом при статическом методе уплотняющего воздействия фактический модуль упругости смесей составляет 161 и 203 МПа, а при вибрационном методе уплотняющего воздействия – 360 и 377 МПа соответственно. Следовательно, при статическом методе уплотняющего воздействия модуль упругости фактически оказался ниже расчетного, а при вибрационном методе уплотняющего воздействия – на 85-90 % выше расчетного.

3. Смесь состава № 6 по гранулометрическому составу соответствует готовой смеси С7, расчетный модуль упругости которой для трудноуплотняемого щебня составляет 180 МПа, при этом при статическом методе уплотняющего воздействия фактический модуль упругости смеси составляет 203 МПа, а при вибрационном методе уплотняющего воздействия – 377 МПа. Значит, при статическом методе уплотняющего воздействия фактический модуль упругости приблизительно соответствует расчетному, а при динамическом методе уплотняющего воздействия более чем в 2 раза его превышает.

Таким образом, можно сделать вывод, что при вибрационном методе уплотняющего воздействия фактический модуль упругости щебеноочно-песчаных смесей в 1,5-2 раза превышает расчетные значения, следовательно, при правильном технологическом режиме их уплотнения можно уменьшать толщину конструктивных слоев дорожной одежды, уменьшая тем самым, стоимость работ.

## Список литературы

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М.: Информавтодор, 2001. – 143 с.
2. 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.
3. Костельев, М. П., Пахаренко, Д. В. Опыт фирмы «ВАД» по устройству плотных, прочных и жестких щебеночных дорожных оснований [Электронный ресурс] // <http://stroit.ru>. Режим доступа: <http://library.stroit.ru/articles/vad/index.html>. – Загл. с экрана.
4. Шаламанов, В. А. Предпосылки разработки методики проектирования зерновых составов щебеноочно-песчаных смесей для устройства покрытий и оснований карьерных дорог / В. А. Шаламанов, О. П. Афиногенов, С. Н. Шабаев // Вестник КузГТУ. - 2006. – № 4. - С. 48-53.
5. Лель, Ю.И., Арефьев, С.А., Глебов, А.В., Ильбульдин, Д.Х.. Вопросы оценки качества карьерных автодорог. [Электронный ресурс] // <https://cyberleninka.ru>. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/k-voprosu-otsenki-kachestva-kariernyh-avtodorog>. - Загл. с экрана.
6. Стенин, Ю. В. Карьерные автодороги - их значимость и проблемы совершенствования [Электронный ресурс] // <https://cyberleninka.ru>. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kariernye-avtodorogi-ih-znachimost-i-problemy-sovershenstvovaniya> - Загл. с экрана.
7. Арефьев, С. А. Экспериментальная оценка зависимости качества дорожных одежд от уплотнения их карьерными автосамосвалами [Электронный ресурс] // <https://cyberleninka.ru> Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnaya-otsenka-zavisimosti-kachestva-dorozhnyh-odezhd-ot-uplotneniya-ih-kariernymi-avtosamosvalami> - Загл. с экрана.
8. ГОСТ 25607-2009. Смеси щебеноочно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 13 с.