

УДК 691

## ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ СДВИГОУСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ИЗ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шабаев С.Н., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Горбунова Э.З., студент гр. СДмоз-181, I курс

Мартель Н.А., студент гр. СДм-181, I курс

Штарк А.И., студент гр. СДм-181, I курс

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т. Ф. Горбачева»  
г. Кемерово

На сегодняшний день при строительстве дорожной одежды автомобильных дорог достаточно широкое распространение получили конструктивные слои из зернистых материалов – щебня по методу заклинки и щебеноочно-песчаных смесей. При этом проведенные ранее исследования и практический опыт показывают, что щебеноочно-песчаные смеси являются более технологичными, ремонтопригодными, требуют меньше энерго- и трудозатрат при их устройстве, а новые технологические возможности позволяют достигать высокого качества производства работ. Кроме того, за счет высокой плотности снижается процесс измельчения зерен материала под механическим воздействием транспортных средств, что обуславливает возможность применения щебеноочно-песчаных смесей с более низкими требованиями по прочности (дробимости) щебня, входящему в их состав, по сравнению со щебнем по методу заклинки.

В то же время, несмотря на широкое распространение щебеноочно-песчаных смесей, их прочностные характеристики изучены в недостаточной степени, что не позволяет оценивать сдвигостойчивость конструктивных слоев дорожной одежды из данных материалов, а это является, вполне вероятно, одной из причин интенсивного колеообразования. Так, например, согласно методике расчета нежестких дорожных одежд [1], оценку прочности конструкции производят из условий допускаемого упругого прогиба и прочности с учетом напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях. При этом дорожную одежду проектируют из расчета, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в подстилающем грунте или мало связных (песчаных) слоях за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации и формоизменения. Однако конструктивные слои дорожной одежды из щебеноочно-песчаных смесей также являются мало связными, причем расположены значительно выше, чем грунт земляного полотна и дополнительные слои основания из песка, а это значит, что расчет-

ное активное напряжение сдвига в этих слоях значительно выше, а предельное активное напряжение сдвига может оказаться и ниже, чем в нижележащих. Это значит, что обеспечение сдвигостойчивости нижележащих песчаных слоев дорожной одежды и грунта земляного полотна не гарантирует обеспечение сдвигостойчивости вышележащих конструктивных слоев, то есть требуется их дополнительная проверка на сдвигостойчивость особенно в тех случаях, когда слои из щебеноочно-песчаных смесей расположены непосредственно под асфальтобетонными слоями покрытия.

Чтобы оценить сдвигостойчивость слоев из зернистых материалов, необходимо определить их прочностные характеристики – угол внутреннего трения и сцепление, которые в свою очередь зависят от различных факторов. Так, если проанализировать методологические основы механики зернистых сред, то можно отметить, что на физико-механические свойства дискретных материалов оказывают влияние девять основных факторов, которые можно разделить на значительные и незначительные [2, 3].

Наиболее значимые результаты по определению прочностных характеристик зернистых сред получены в механике грунтов при изучении крупнообломочных грунтов. Так, в работе [4] отмечено, что повышение содержания глинистой составляющей в крупнообломочных грунтах с несовершенным каркасом чаще всего ведет к резкому снижению их сдвигостойчивости из-за нарушения взаимных контактов обломков, что отражается в падении угла внутреннего трения. Также установлено, что увеличение влажности глинистого мелкозема, вполне ожидаемо, ведет к снижению прочностных характеристик грунта. Однако если грунт имеет совершенный каркас, то его сопротивляемость сдвигу связана с прочностью зацепления крупных обломков между собой и содержание глинистых частиц, не зависимо от их влажности, существенного влияния на прочностные характеристики грунта не оказывает.

Исследования [5] показывают, что сопротивляемость сдвигу несвязанных грунтов возрастает с увеличением плотности их сложения, размеров зерен и с уменьшением степени окатанности частиц. Касаемо размеров частиц данный вывод противоречит мнению отдельных ученых, которые считают, что угол внутреннего трения не зависит от крупности зерен [6, 7].

Результаты исследований [8] свидетельствуют, что наибольшие значения угла внутреннего трения наблюдаются у гравийных грунтов, не имеющих песчаного наполнителя. По мере увеличения содержания наполнителя угол внутреннего трения постоянно падает, а при его доле более 45 %, прочностная характеристика приближается к данному показателю самого заполнителя. При этом увеличение влажности на прочностные характеристики гравия практически не влияет, в то время как при наличии песчаного заполнителя рост влажности ожидаемо приводит к снижению сопротивления грунта сдвигу.

Подобные исследования, но с глинистым заполнителем, также проводились под руководством Л.А. Васильевой [9]. Результаты показали, что угол внутреннего трения увеличивается с увеличением плотности сложения гравийного грунта, при этом его наибольшие значения достигаются при отсут-

ствии глинистого наполнителя. С увеличением доли заполнителя угол внутреннего трения постоянно падает, а при его содержании порядка 40-50 % значение данной прочностной характеристики приближается к значениям, характерным для чистого заполнителя.

Также немаловажным фактором в определении прочностных характеристик зернистых материалов является возможность проведения эксперимента с использованием стандартных приборов и оборудования, а также методов. Для определения прочностных характеристик грунтов используются методы прямого среза (глинистые и песчаные грунты, преимущественно ненарушенного строения), трехосного сжатия (любые грунты нарушенной или ненарушенной структуры), четырехлопастного среза (пластичные грунты ненарушенной структуры в полевых условиях), шарового штампа (связные грунты ненарушенной структуры), косого среза (пылевато-глинистые грунты ненарушенной структуры с включением частиц размером 10 мм в количестве до 40 %), грунтовых целиков (связные и мало связные грунты при испытании в полевых условиях). Несмотря на достаточно большое количество различных методов определения прочностных характеристик грунтов, практически все они ориентированы на пылевато-глинистые (иногда и песчаные) грунты. Фактически только два из них могут применяться для определения прочностных характеристик зернистых материалов: метод трехосного сжатия и метод косого среза. При этом в методе трехосного сжатия для боковой обжимки грунта используется тонкая резиновая оболочка, что не позволяет испытываться зернистые материалы без наличия мелкого заполнителя, так как на участках контакта крупных частиц с поверхностью резиновой оболочки будут возникать достаточно большие контактные напряжения, что может привести к проколам. Кроме того, площадь контакта будет не соответствовать реальным условиям работы грунта, что скажется на искажении полученных результатов. Также при помощи боковой обжимки практически невозможно обеспечить степень уплотнения зернистого материала сопоставимую со степенью уплотнения, достигаемую после уплотнения на объекте строительства. А отобрать монолит этого материала невозможно, так как он будет разрушаться.

Таким образом, для определения прочностных характеристик зернистого материала из существующих методов наиболее приемлемым является метод косого среза. Однако и он, будучи реализуемый при помощи клиновой установки типа КУ-54 [10], предусматривает испытания монолитов грунтов, отобранных из целиков. Ранее отмечалось, что количество крупных включений в грунте должно быть не более 40 %, так как при их большем количестве недостаточная связность грунта ведет к нарушению монолитности образцов при их отборе из монолита, что также подтверждают результаты исследований [11]. В связи с этим требуется совершенствование клиновой установки таким образом, чтобы можно было определять прочностные характеристики зернистых материалов, в том числе не содержащих в своем составе мелких

частиц, имеющих степень уплотнения, сопоставимую с их степенью уплотнения, достигаемую в реальных построенных условиях.

Подводя итог можно сказать, что проведенные ранее исследования не выявили однозначных зависимостей прочностных свойств зернистых материалов от их гранулометрического состава, крупности и формы частиц, что объясняет отсутствие нормативных значений данных показателей в нормативно-справочной литературе. Отсутствие приемлемых методик не позволяет адекватно определять прочностные характеристики зернистых материалов, а, следовательно, и оценивать сдвигостойчивость конструктивных слоев дорожной одежды автомобильных дорог из подобных материалов. Решение данных проблем позволит более обоснованно подходить к конструированию и проектированию дорожных одежд автомобильных дорог со слоями из зернистых материалов.

### **Список литературы:**

1. ОДН 218.046-01. Отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М.: ГП «Информавтодор», 2001. – 143 с.
2. Кандауров, И. И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве. 2-е изд., испр. и перераб. [Текст]. – Л.: Стройиздат, Ленингр. издание, 1988. – 280 с.
3. Шабаев, С. Н. Факторы, влияющие на несущую способность раздробленных горных пород осадочного происхождения [Текст] // Известия Уральского государственного горного университета. – 2018. – Выпуск 2 (50). – С. 85-93.
4. Добров, Э. М. Крупнообломочные грунты в дорожном строительстве [Текст] / Э. М. Добров [и др.]. – М.: Транспорт, 1981. - 180 с.
5. Трофименков, Ю. Г. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов [Текст] / Ю. Г. Трофименков – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 215 с., ил.
6. Авакян, Л. А. Вопросы методики исследования физико-технический свойств крупнообломочных грунтов на основе опыта ТНИСГЭО [Текст]. – В. кн.: Труды совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. В 2 т. Т. II. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – С. 245-249.
7. Сидоров, Н. Н. Лабораторные исследования механических свойств крупнообломочных грунтов [Текст] / Н. Н. Сидоров, А. А. Лаврова, И. В. Ковалев // Тр. ЛИИЖТ. Подземные сооружения, основания и фундаменты. – 1965. – Вып. 241. – С. 115-117.
8. Васильева, Л. А. О зависимости прочностных свойств гравийных грунтов от вида и состояния песчаного заполнителя пор [Текст] / Л. А. Васильева, Т. Л. Лобanova, В. В. Михеев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1971. - № 3 – с.9-11.
9. Васильева, Л. А. Исследования прочностных свойств гравийных грунтов с глинистым заполнителем [Текст] / Л. А. Васильева, Т.Л. Ткаченко,

В.Л. Лебедев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1979. - № 4 – с.16-17.

10. ВСН 29-76. Технические указания по оценке и повышению технико-эксплуатационных качеств дорожных одежд и земляного полотна [Текст]. – М.: Транспорт, 1977.

11. Швец, В. Б. Влияние включений крупных фракций на показатели сдвига грунта [Текст] / В. Б. Швец, В. В. Лушников, О. Н. Жидков // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1975. – № 5. – С. 27-28.