

УДК 622.794

ГЕОТЕКСТИЛЬНОЕ ФИЛЬТРОВАНИЕ: СПОСОБЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ

И.В. Мухомедзянов, студент гр. ГМс-171, КузГТУ

С.О. Марков, доцент кафедры маркшейдерского дела и геологии, к.т.н.

Е.В. Мурко, начальник отдела аспирантуры, докторантуры, к.т.н.

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

На сегодняшний день проектирование геотекстильных материалов, особенно для удержания грунта, в основном базируется на отношениях, основанных между примерным размером пор для геотекстиля и размером зерен грунта. В частности, в США большинство методов конструирования геотекстильных фильтров использует очевидный (явный, видимый) размер пор (ОРП) как размер пор, который контролирует удержание частиц; причем ОРП определяется как размер поры, при котором 95% всех пор имеют размер меньше данного размера. ОРП оценивается с помощью сухого просеивания калиброванных по размерам стеклянных шариков (дробинки) через геотекстиль и определения размера шариков, которые соответствуют прошедшим через геоматериал 5% или меньше частиц в соответствии с ASTM D4751-16 – стандартным методом проверки, применяемым в странах Запада [1, 2, 5], либо ГОСТ Р 53238-2008 «Материалы геотекстильные. Метод определения характеристики пор» [5, 6]. Применяя терминологию, близкую к определению гранулометрического состава грунтов, это выражается как O_{95} . В действительности, это размер наибольшей частицы, которая беспрепятственно пройдет через геотекстиль в соответствии со всеми условиями тестирования, и, следовательно, размер самого большого отверстия в геотекстиле.

Для выявления характерных размеров пор в геотекстилях используются и

другие многочисленные методы, включая мокрое просеивание (швейцарские и немецкие стандарты), гидродинамическое просеивание (канадские, французские и бельгийские стандарты), ртутная интрузионная порометрия, капиллярная жидкостная экструзия, метод минимального пузырькового давления, графический анализ и др. Эти методы обсуждались с точки зрения их недостатков и преимуществ в работах [3, 4]. Каждый метод предоставляет различные интерпретации характерного размера пор геотекстиля и предполагает, что распределение пор по размерам не обязательно уникальное качество геотекстиля, а функция способа измерения этого распределения. Расчет фильтрующей конструкции основан как на опытных отношениях между планируемой эффективностью и стандартным размером пор, так и на методах проведения эксперимента.

Другие характеристики геотекстиля включают: его проницаемость (по ASTM D4491); пористость (размер пустот от общего объема); и процент открытой площади, т.е. есть мера внутренней пористости тканых геотекстилей. Эти методы стандартизированы во всем мире.

Критерий засорения

По определению, засорение – это результат проникновения мелких частиц в геотекстиль и блокировки каналов или «слипания» на стороне восходящего потока, вызывающий снижение критерия проницаемости. Вообще, засорение тесно связано с критериями проницаемости. Однако, в [4] было показано, что обеспечение и удержания, и проницаемости не обязательно сохранит полную работоспособность фильтра, поскольку система может прийти в неработоспособное состояние в связи с кольматацией геотекстиля.

Критерий прочности

Независимо от вышеупомянутых критериев, выбранных для разработки, ни один из них не будет эффективным, если геотекстиль поврежден в процессе монтажа. Прочностные свойства геотекстиля определяются для установления его способности «пережить» процесс монтажа. Следует признать, что это минимальные требования, которые должны служить ориентирами для в выборе

геотекстилей для повседневного использования. Они не предназначены для замены участка характерной оценкой, тестирования и конструирования [7, 8].

Хотя геотекстильные фильтры признаны подходящей альтернативой зернистым и крупнокусковым фильтрам, и разработаны успешно функционирующие установки с их использованием, практика не обходится без проблемных моментов. Отсутствие универсального критерия ограничивает применение таких материалов у производителей, особенно когда присутствует разногласие относительно установления стандартного размера действующих пор в геотекстиле для оценки критерия удержания (т.е. O_{95} , O_{90} , O_{50} , O_{15}). Из-за зависимости каждой процедуры от выбранного метода тестирования существует несколько методов определения данного размера. Из-за существующего разнообразия грунтов и гидравлических условий в самих методиках существуют вариации.

Решение этой проблемы лежит в улучшенном понимании цели первоначального метода. В США стандартный метод тестирования – это процедура определения ОРП, следовательно, конструкции, основанные на этом методе, должны рассматриваться в первую очередь. Если будут приняты альтернативные методы, то для продолжения проектирования геотекстильных оболочек необходимо получить соответствующее экспериментальное подтверждение, на котором основываются предлагаемые методы. Сложно точно определить параметры геотекстиля, опирающиеся на альтернативные методы, поскольку корреляции между процедурами на самом деле не существует (сравнение методов приведены в [3]). Со значением ОРП или O_{95} критерий оценки принимает форму $O_{95} < B$ (от d_{85} до d_{15} , [10]). Примерный диаметр частиц грунта и модифицирующий коэффициент B изменяются в зависимости от конкретных условий, связанных с определением гранулометрического состава грунта, его плотности и минерального состава, гидравлических условий и применения геотекстиля. Относительно кольматации следует уделять особое внимание, когда величина B ниже результата, основанного на определенном методе.

Другая проблема заключается в определении эффективного размера пор. Во-первых, метод сухого просеивания требует много времени, порядка нескольких часов для выполнения каждого эксперимента. Это является непрактичным для использования ОРП как инструмента контроля качества производства геотекстильных материалов. Более серьезная проблема – это воспроизводимость метода. При использовании метода сухого просеивания частиц стекла через геотекстиль частицы могут ломаться и, следовательно, изменяться в размерах после каждого эксперимента либо застревать в геотекстиле, даже имея меньший по сравнению с порами размер. Статическое электричество и влажность, как и особенности тканевых покрытий, могут приводить к «прилипанию» частиц к ткани [10]. Свободное размещение ткани на сите без натяжения также может привести к проблемам. В то время как каждый из этих факторов влияет на результаты эксперимента, они часто игнорируются. Другая проблема или, на самом деле, заблуждение, состоит в том, что геотекстильные материалы достаточно однородны, так что их очевидный размер пор может быть определен единственным значением ОРП. Фактическая величина данного геотекстиля, как правило, меняется между несколькими единицами ОРП из-за изменчивости в продукте [9].

Решения этих проблем тестирования относительно просты. Во-первых, процедура тестирования ОРП нуждается в переоценке/перепроверке либо в улучшении или замене альтернативной процедурой, которая обеспечит более быстрый и воспроизводимый результат. Мокрый рассев более предпочтителен, однако на него затрачивается больше времени, чем на сухое просеивание. Оптимальное решение расчета точного размера пор в настоящее время не найдено, хотя в этом направлении проводится достаточно большое количество исследований. Помимо стандартных процедур, исследуются альтернативные подходы определения размеров пор геосинтетиков.

Основная проблема с критерием проницаемости – это то, насколько проницаемым должен быть геотекстиль, чтобы соответствовать фильтрованию грунта. Решение включает в себя действия со стороны потребителя. Простая

оценка должна быть осуществлена с точки зрения возможности засорения и фактора безопасности, растущего в соответствии с учетом характера выполняемых работ и условий их проведения. Высокая проницаемость подразумевает высокую пористость. Что касается опасных проектов, полная подробная оценка кольматации может определить требования к проницаемости геоматериала.

Проблемы, связанные с коэффициентом фильтрации

Коэффициент фильтрации в первом приближении считается критерием проектирования геотекстильных оболочек, предназначенных для фильтрования. Одной из основных проблем является наличие эмпирических методов, которые не всегда применимы, а эффективная оценка довольно часто требует проведения фильтрационных испытаний. Однако данные эксперименты не так просто выполнить, во-первых, из-за высокой стоимости, а во-вторых, потому что предоставляют результаты только для конкретного грунта и геотекстильной системы [4]. Обычно у инженера-конструктора нет возможности проводить подобные исследования, он не может определить геотекстиль с помощью этого метода. Каждое исследование также является проблемой для заказчиков и исполнителей во время выбора и монтажа соответствующих фильтрующих конструкций, т.к. обычно отсутствует соответствующее оборудование для проведения экспериментальных работ. В результате проектировщики часто пытаются сделать выбор из ограниченного числа марок геотекстильных материалов, подобрать заменители, основываясь на имеющемся опыте, или игнорировать явление кольматации геотекстиля в целом.

Список литературы

1. Wates, J. A. (1980). Filtration, an application of a statistical approach to filters and filter fabrics. In Proceedings of the Seventh Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering. A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp. 433-40.
2. Faure, Y. H., Gourc, J. P., Millot, F. & Sunjoto, S. (1986). Theoretical and

- experimental determination of the filtration opening size of geotextiles. In Proceedings of the Third International Conference on Geotextiles, Vienna, Austria, Vol. IV. Austrian Association of Engineers and Architects, Vienna, Austria, pp. 1275-80.
3. Van der Sluys, L & Dierickx, W. (1990). Comparative studies of different porometry determination methods for geotextiles. Geotext. Geomemb., 9, 183-98.
 4. Carroll, R. G. (1983). Geotextile filter criteria. Transportation Research Record, 916, 46-53.
 5. ASTM D4751-16, Standard Test Methods for Determining Apparent Opening Size of a Geotextile, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016. DOI: 10.1520/D4751-16.
 6. ГОСТ Р 53238-2008 Материалы геотекстильные. Метод определения характеристики пор.
 7. Lodi P.C. Weathering degradation of polyester and polypropylene geotextiles / P.C. Lodi, B.S. Bueno, O.M. Vilar, N.S. Correia // Proceedings of the 4th Asian Regional Conference on Geosynthetics, June 17-20, 2008. – PP. 35-39.
 8. Suits L.D., Hsuan Y.G. Assessing the photodegradation of geosynthetics by outdoor exposure and laboratory weatherometer / Geotextiles and Geomembranes, 21, 2003. – PP. 111-122.
 9. Калашников В.А. Некоторые результаты опытно-промышленных испытаний оболочечных фильтровальных конструкций из геотекстильных и геотекстилеподобных материалов / В.А. Калашников, А.В. Горбачев // Техника и технология горного дела. – 2018. – №3. – С. 56-79.
 10. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.