

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ ВЛАГИ ИЗ ГРУНТА

*М.Ю.ТРЕЩАЛИН, В.С.МАНДРОН, Ю.Я.ТЮМЕНЕВ*

(Международная академия предпринимательства, НПО "Энергия ПЛЮС",  
Московский государственный университет сервиса)

Защита грунта от переувлажнения включает комплекс мероприятий. При этом одним из возможных вариантов удаления избыточной влаги из грунта, а также влаги, скопившейся на поверхности земли, может быть создание испарительных колонн из капиллярно-пористых материалов.

Выбор класса водоотводных материалов и определение его физико-механических свойств должны основываться на условиях перспективной эксплуатации, в соответствии с которыми материал должен:

- иметь капиллярно-пористое строение, благодаря которому жидкость будет перемещаться из внутренних слоев материала к поверхностным, что позволит осуществить ее удаление путем испарения;

- обладать достаточной прочностью, чтобы сохранить свою целостность в результате возникающих нагрузок.

Вышеперечисленным требованиям отвечают иглопробивные нетканые полотна, вследствие их высоких физико-механических свойств, достаточно простой и экономичной технологии изготовления, возможности использования разнообразного волокнистого состава. При проектировании водоотводящего нетканого материала необходимо учитывать условия эксплуатации и различное функциональное назначение каждой из частей (которые можно условно подразделить на дренажную и испарительную), в связи с чем будут различны их свойства и физико-механические характеристики.

В [1] были разработаны оптимальные физико-механические параметры иглопробивных нетканых материалов и установлен необходимый волокнистый состав с учетом дренажных свойств. Таким образом,

задача сводится к определению требуемых физико-механических свойств испарительной части материала.

Наиболее информативными параметрами с точки зрения прогнозирования эксплуатационных свойств изотропных волокнистых материалов являются их объемные плотность и пористость, связанные между собой соотношением:

$$R_v = 1 - (\rho_m / \rho_v), \quad (1)$$

где  $R_v$  – объемная пористость материала;  $\rho_m$ ,  $\rho_v$  – плотность материала и волокна соответственно.

В [2] отмечается, что от величины плотности тканей существенно зависят их полная влагоемкость и общее количество влаги в микропорах ткани. Однако плотность материала во многом определяется плотностью структурных элементов – волокон, которые могут иметь различные сорбционные свойства. Известно [2], что между количеством сорбируемой жидкости и увеличением его объема наблюдается прямая зависимость. Чем больше гигроскопичность волокна, тем более увеличиваются его линейные размеры и соответственно объем. В [3] указывается, что ткани из гидрофобных волокон (нейлон, дакрон и др.) могут удерживать значительное количество свободной воды. При этом влага не поглощается волокнами, а распределяется свободно вокруг каждого волокна. В [2] отмечается высокая капиллярность нетканых полотен, полученных механическими способами.

Учитывая вышеизложенное, при проектировании и изготовлении водоотводящих

волоконистых материалов следует ориентироваться на:

– использование гидрофобных волокон, так как гидрофильные увеличивают свой объем при впитывании воды, что может привести к образованию тупиковых пор и к снижению интенсивности водоотвода и испарения вследствие застоя влаги в материале;

– применение нетканых полотен с неориентированным расположением волокон, что обеспечивает поликапиллярность материала, под которой понимается разветвленная система капилляров произвольной геометрической формы, сообщающихся между собой.

Таким образом, проектирование водоотводящего нетканого материала предполагает:

– выбор оптимального волокнистого состава исходя из поставленного выше условия гидрофобности;

– определение и прогнозирование максимальной высоты капиллярного подъема жидкости в зависимости от его плотности (пористости).

Выбор оптимального волокнистого состава водоотводящего материала производится на основании данных, приведенных в [2]. Анализ результатов указанных работ позволяет сделать вывод о том, что наилучшими гидрофобными свойствами обладают полипропиленовые, полиэфирные и полиамидные волокна. Помимо этого, преимуществом полипропиленовых, полиэфирных и полиамидных волокон является большая упругость и стойкость в химическом отношении. Из указанных трех видов волокон приоритет будут иметь полиэфирные, поскольку они обладают большой светостойкостью, лучше переносят нагрев, и при этом прочность их снижается меньше, чем у других волокон.

Выбор структурных элементов нетканого полотна позволяет перейти к следующему этапу проектирования водоотводящего материала – рассмотрению движения жидкости под действием капиллярных сил.

В основе расчета предельной высоты, на которую может подняться жидкость по

одиночному капилляру, лежит уравнение Жюрена [4]:

$$H_m = (2 p \cos \theta) / (r \rho g \sin \alpha), \quad (2)$$

где  $p = 74,9 \cdot 10^{-3}$  – поверхностное натяжение воды при  $t = 5^\circ\text{C}$ , Н/м;  $\theta = 0$  – краевой угол смачивания;  $\alpha = 90^\circ$  – угол наклона капилляра к горизонтальной плоскости;  $\rho = 1000$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\cos \theta = \sin \alpha = 1$  – для вертикального капилляра при полном смачивании;  $r$  – радиус капилляра.

При этом кинетику капиллярного движения можно представить в виде:

$$V_m = \frac{d\ell}{dt} = (r^2 \rho g \sin \alpha)(H_m - h) / (8\eta h), \quad (3)$$

где  $V_m$  – скорость капиллярного движения жидкости;  $h$  – высота пропитанного участка капилляра;  $\eta = 1518 \cdot 10^{-6}$  – вязкость воды при  $t = 5^\circ\text{C}$ , Па·с.

Приведенные численные значения параметров воды приняты по справочным данным и рекомендациям [5].

В случае поликапиллярной системы формулы (2) и (3) принимают вид:

$$H_m = \frac{2p \cos \theta}{r \rho g \sin \alpha} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{1}{r} f(r) dr, \quad (4)$$

где  $f(r)$  – функция распределения капилляров по радиусам;

$$V_m = \frac{(r^2 \rho g \sin \alpha)(H_m - h)}{8\eta h} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r^2 f(r) dr, \quad (5)$$

где  $h = 0,99 \times H_m$  – высота пропитанного участка материала.

Как следует из выражений (4) и (5), скорость и максимальная высота подъема жидкости определяются ее физическими параметрами и распределением капилляров по радиусам.

Если свойства воды изучены всесторонне и для определения численных значений необходимых параметров достаточно воспользоваться справочными данными, то расчет и прогнозирование геометрических размеров капилляров в текстиль-

ном материале в зависимости от плотности (пористости) представляет значительные трудности. При этом следует отметить, что моделирование нетканого полотна, представляя его структурные элементы в виде сфер или цилиндров, имеющих вполне конкретную укладку (кубическую, гексагональную, тетраэдрическую, ромбоэдрическую и т.д.) [4], нецелесообразно в связи с различными геометрическими размерами, извитостью и хаотическим расположением волокон в материале.

Таким образом, без грубых допущений, обусловленных моделированием строения и структуры нетканого полотна, получить аналитическим путем зависимость высоты капиллярного подъема жидкости от плотности (пористости) материала не представляется возможным. Поэтому дальнейшие исследования следует проводить, основываясь на результатах экспериментального изучения пористости и капиллярности иглопробивных нетканых материалов.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что одним из возможных вариантов удаления избыточной влаги из грунта, а также влаги, скопившейся на

поверхности земли, может быть создание испарительных колонн из капиллярно-пористых материалов.

2. Проектирование водоотводящего нетканого материала предполагает выбор оптимального волокнистого состава исходя из условия гидрофобности материала; определение и прогнозирование максимальной высоты капиллярного подъема жидкости в зависимости от его пористости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Трещалин М.Ю.* Аналитические методы проектирования геотекстильных материалов и их реализация в промышленности. – М.: МЭИ, 1996.
2. *Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И.* Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбыт-издат, 1992.
3. *Dillon S.* The Textile Rainbow // A.D.R. – 1952, №41. P.65.
4. *Аксельруд Г.А., Альтишлер М.А.* Введение в капиллярно-химическую технологию. – М.: Химия, 1983.
5. *Лыков А.В.* Теория сушки. – М.: Энергия, 1968.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы МГУС. Поступила 27.01.08.