

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 волоконистых 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; ρ_m , ρ_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

одиному 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/м³; $\cos \theta = \sin \alpha = 1$ – 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.