

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ПЕРЕНОСА ВЛАГИ ЧЕРЕЗ НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ

Сосн М. А.¹, Бодров В. И.¹

¹ГОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. e-mail: mars91.06@gmail.com

В статье приведены особенности расчета интенсивности переноса влаги через наружные ограждения. Рассмотрена возможность регулирования миграции влаги через конструкции за счет эффекта электроосмоса. Приведены результаты экспериментальных исследований закономерностей изменения плотности потоков влаги в строительных конструкциях. Они показывают зависимость скорости фильтрации от напряжения, что позволяет переводить результаты из шкалы разности потенциалов напряжения в шкалу разности потенциалов влажности.

Ключевые слова: перенос влаги, электроосмос, плотность потока влаги.

FEATURES OF CALCULATION OF THE INTENSITY OF MOISTURE TRANSPORT THROUGH THE OUTER FENCES

Sosn M. A.¹, Bodrov V. I.¹

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

Russia, 603950, N. Novgorod, Ilyinskaya street, 65. e-mail: mars91.06@gmail.com

The article discusses the features of calculation of the intensity of moisture transport through the outer fences. The possibility of regulating the migration of moisture through the constructions at the expense of the effect of electro-osmosis is considered. The results of experimental studies patterns of change of flux density of moisture in building constructions are presented. They show the dependence of the filtration rate on the voltage that allows to translate the results from the scale of the potential difference of voltage to the scale of the potential difference of humidity.

Keywords: moisture transfer, electro-osmosis, moisture flux density.

Эксплуатационное влажностное состояние наружных ограждений подразумевает периодическое изменение влагосодержания в течение года около своего постоянного среднегодового значения. В гражданских и промышленных зданиях оно несколько возрастает в апреле-мае и понижается к осени, зимой значения влажности близки к среднегодовым [1]. Просыхание надземных стен овощекартофелехранилищ из-за сезонной эксплуатации наблюдается в летний период, а увлажнение – в холодный период. Влажность подземных стен практически не зависит от периода эксплуатации. Помещения хранилищ (за исключением лукохранилищ) относятся к мокрым помещениям, и теплофизические характеристики материалов для всех зон строительства следует выбирать по группе Б*.

Наиболее полно влажностный режим материалов ограждений описывается с помощью потенциала влажности. Для практических расчетов достаточно рассмотрения стационарной влагопередачи [1,2]. Потенциал влажности наружного θ_n и внутреннего θ_v воздуха определяется зависимостями, приведенными в [3].

Эксплуатационное влажностное состояние любого слоя материала многослойного ограждения находится по формуле [1]:

$$\theta_{\text{сл}} = \theta_{\text{в}} - \bar{R}_{\text{в-сл}} (\theta_{\text{в}} - \theta_{\text{н}}), \quad (1)$$

где $\bar{R}_{\text{в-сл}}$ – относительное сопротивление влагопередаче.

Интенсивность влагопереноса через наружные ограждения равна:

$$j_{\theta} = \chi (\theta_{\text{в}} - \theta_{\text{н}}). \quad (2)$$

Экспериментальные значения коэффициента влагопроводности χ для глиняного кирпича и пенобетона приведены в [2].

В холодный период года в хранилищах потенциал влажности внутреннего воздуха $\theta_{\text{в}}$ больше наружного $\theta_{\text{н}}$, так как температура внутреннего воздуха $t_{\text{в}}$ выше наружной $t_{\text{н}}$ и относительная влажность внутреннего воздуха $\phi_{\text{в}}$ выше наружной $\phi_{\text{н}}$ ($t_{\text{в}} > t_{\text{н}}$, $\phi_{\text{в}} \geq \phi_{\text{н}}$). Поэтому влага через надземные ограждения удаляется в атмосферу. Для предотвращения увлажнения ограждений слой пароизоляции должен предусматриваться с внутренней стороны. У подземных ограждений в связи с их контактом с грунтом, имеющим влажность выше гигроскопической ($\theta_{\text{гр}} > \theta'_{\text{в}}$), мероприятия по предупреждению увлажнения конструкций выполняются с внешней стороны стен хранилищ.

Регулирование потока влаги через конструкции может осуществляться за счет электроосмотического эффекта. В технической литературе указывается на возможность использования такого способа для управления миграцией влаги. Однако ни широкого технического воплощения, ни достаточного теоретического обоснования с получением функциональных зависимостей для инженерных расчетов применительно к ограждающим конструкциям этот способ до настоящего времени не получил. По своей термодинамической сущности эффект электроосмоса представляет собой характеристику интенсивности, которая обуславливает направление и предел переноса вещества.

Различают электроосмос с пассивным и с активным возбуждением. Явление передвижения влаги за счет пассивного электроосмоса наблюдается при установке в стене двух связанных между собой электродов, изготовленных из разных металлов. Интенсивность миграции влаги пропорциональна возникающему потенциалу, зависящему от электрохимического ряда напряжения металлов. Интенсивность капиллярного или осмотического движения влаги или изменение ее движения на противоположное более активно и эффективно регулируется при использовании напряжения от источника постоянного тока (активное возбуждение).

Разность потенциалов влажности в ограждении увеличивается или уменьшается на величину эффекта электроосмоса $\pm \Delta\theta_{30}$. Знак (+) или (-) принимается в зависимости от расположения электродов по электрохимической активности относительно направления движения мигрирующей влаги или от полярности электродов, вызывающей направленное движение жидкости.

Общий поток влаги составляет:

$$j = \chi(\theta_{\text{в}} - \theta_{\text{н}} \pm \Delta\theta_{30}). \quad (3)$$

Задача состоит в экспериментальном выявлении закономерностей изменения плотностей потоков влаги в строительных конструкциях, зависящих от физико-механических свойств материалов, прикладываемого к электродам напряжения и его полярности, и представлении полученных результатов в шкале потенциалов влажности в виде:

$$\Delta\theta_{30} = K_{30} U, \quad (4)$$

где K_{30} – коэффициент пропорциональности;

U – напряжение, прикладываемое к электродам или возникающее между электрохимически активными металлами электродов.

Интенсивность электроосмотического потока влаги определялась в ходе постановочных лабораторных исследований [4]. На рисунке 1 приведены графические результаты объемной скорости электроосмоса через образец глиняного кирпича $v_3 = v/\tau$, $\text{м}^3/\text{с}$, в зависимости от прикладываемого напряжения к электродам U , В. Пересчет удельного объема жидкости, переносимой через единицу площади глиняного кирпича толщиной $\delta = 0,13 \text{ м}$, по значениям экспериментальных данных v_3 , $\text{м}^3/\text{с}$, определяется соотношением $v_{3F} = 5 \cdot 10^{-7} v_3$.

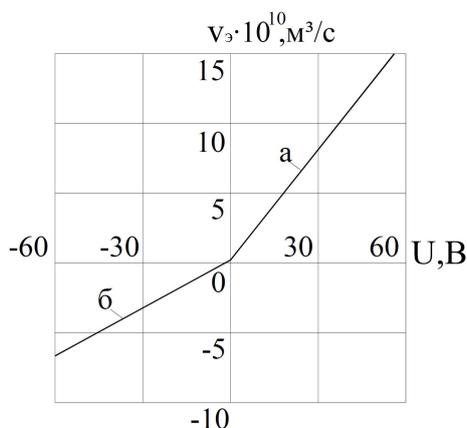


Рис. 1. Объемная скорость электроосмоса через образец глиняного кирпича

В ходе дальнейших исследований должно быть уточнено влияние эффекта электролиза, который, по нашему мнению, ответственен за перелом в нулевой точке графика $v_3 = f(U)$ во всех проведенных сериях опытов.

Электроосмотический поток влаги равен:

$$j_3 = \chi_3 U / \delta. \quad (5)$$

Электроосмотический коэффициент влагопроводности χ_3 , г/(м·с·В), согласно прямой b на рисунке 1, имеет величину:

$$\chi_3 = 8,43 \cdot 10^{-5}. \quad (6)$$

Соотношение между прикладываемым напряжением U , В, и разностью действительных парциальных давлений по обе стороны строительной конструкции $\Delta e = e_a - e_b$, Па, определим, приравняв потоки, вызываемые этим потенциалом переноса:

$$\chi_3 U / \delta = \mu \Delta e / \delta. \quad (7)$$

Отсюда:

$$\Delta e = \chi_3 U / \mu; \quad U = \mu \Delta e / \chi_3, \quad (8)$$

где μ – коэффициент паропроницаемости, г/(м·с·Па).

Кладка из обыкновенного глиняного кирпича ($\rho = 1700 \text{ кг/м}^3$) имеет $\mu = 0,12 \text{ мг/(м·ч·Па)} = 3,33 \cdot 10^{-8} \text{ г/(м·с·Па)}$. Сопоставляя значения μ и χ_3 по (6), имеем:

$$\chi_3 = 2,53 \cdot 10^3 \mu. \quad (9)$$

Подставляя в (8) значения $e_a = \varphi_a p_{на}$, $e_b = \varphi_b p_{но}$ и χ_3 по (9), найдем напряжение U :

$$U = 0,369 \cdot 10^{-3} (\varphi_a p_{на} - \varphi_b p_{но}), \quad (10)$$

где $p_{н}$ – парциальное давление насыщенного пара при температуре воздушно-паровой смеси, Па.

Аналитическую взаимосвязь потенциала влажности и относительной влажности воздуха определим аппроксимацией графических зависимостей этих величин при различных температурах, показанных на рисунке 2:

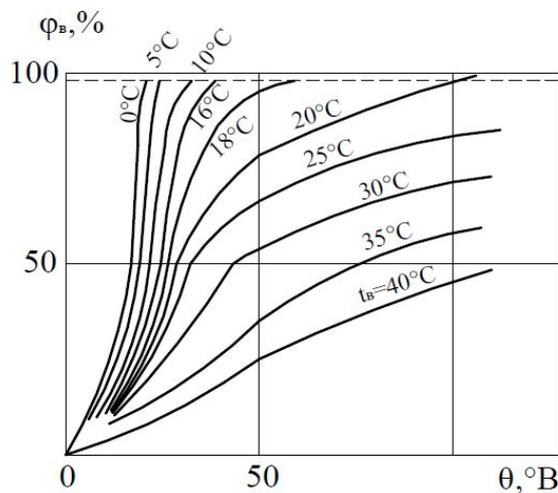


Рис. 2. Зависимость относительной влажности воздуха от потенциала влажности [2]

$t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$,	$\varphi = 30 \dots 50 \%$,	$\varphi = 22,2 + \theta/3,6$;
$t = 35 \text{ }^\circ\text{C}$,	$\varphi = 35 \dots 60 \%$,	$\varphi = 26,7 + \theta/3,0$;
$t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$,	$\varphi = 50 \dots 75 \%$,	$\varphi = 25,0 + \theta/2,4$;
$t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$,	$\varphi = 65 \dots 90 \%$,	$\varphi = \theta/2,63$;
	$\varphi = 0 \dots 65 \%$,	$\varphi = (\theta - 5)/0,662$;
$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$,	$\varphi = 80 \dots 100 \%$,	$\varphi = 13,3 + \theta/3,0$;
	$\varphi = 0 \dots 80 \%$,	$\varphi = (\theta - 5)/0,43$;
$t = 18 \text{ }^\circ\text{C}$,	$\varphi = 0 \dots 85 \%$,	$\varphi = (\theta - 10)/0,25$;
	$\varphi = 85 \dots 95 \%$,	$\varphi = (\theta - 10)/0,1$;
$t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$,	$\varphi = 0 \dots 95 \%$,	$\varphi = (\theta - 10)/0,05$.

Подставляя значения φ в (10), определяем необходимое напряжение U .

Учитывая явления переноса влаги через конструкции от отрицательного электрода к положительному, необходимо контролировать знак (+) или (-) перед величиной U при подстановке ее в (5).

Список литературы:

1. Богословский В.Н. Тепловой режим зданий. – М.: Стройиздат, 1979.-248с.
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. – М.: Высшая школа, 1982.-415с.
3. Бодров В.И., Бодров М.В., Ионычев Е.Г., Кучеренко М.Н. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2008.-623с.
4. Бодров В.И., Громыко Г.Г., Шаранин Ю.И. Учет электроосмоса при влагопередаче через ограждения зданий //Инженерные задачи вентиляции и теплоснабжения на Севере. Сб. научных трудов. – Якутск: ЯГУ, 1986.-с.49...55.
5. Бодров М.В. Отопление и вентиляция животноводческих и птицеводческих зданий: монография – Н.Новгород: ННГАСУ, 2012.-145с.