

Саилов Рахиб Агагюль оглы

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА В ХЛОПКЕ-СЫРЦЕ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/29.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2009. № 12 (31): в 2-х ч. Ч. I. С. 92-95. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

грунта. Оптимальный уровень влажности грунта, наличие в нем минеральных веществ и его сбалансированность, являются основой для нормального произрастания "зеленого ковра" на поверхности кровли.

Система водоотвода должна обеспечивать формирование, сбор и отведение потоков, вызванных дождевыми осадками, таянием снега, а также воды используемой для полива растений. В связи с постоянным присутствием влаги очень важен выбор типа гидроизоляции и технология ее монтажа на существующей кровле. В качестве основной гидроизоляции рекомендуется применять гидроизоляционную мембрану, выполненную из полиэтилена высокого давления и низкой плотности.

Кровельные полимерные мембраны обычно различают по химическому составу полимерного материала, из которого их производят, и методу изготовления. Сегодня наибольшее распространение получили три основных типа полимерных мембран - ПВХ-, ТПО- и ЭПДМ-мембраны.

ЭПДМ-мембраны - родоначальники класса кровельных полимерных материалов. Их название происходит от наименования синтетического каучука, из которого они изготовлены (Этилен Пропилен Диен Мономер). ЭПДМ-мембраны обладают большой прочностью на разрыв и прокол, а также высокой абразивной стойкостью. Не менее важна их устойчивость к большим перепадам температур (от -40 до +120°C). Они обладают высокой эластичностью (относительное удлинение более 300%) и способны переносить подвижки зданий. ЭПДМ-мембраны могут укладываться как на цементно-песчаную стяжку, так и на железобетонные плиты, металлические и деревянные поверхности. Полотна ЭПДМ-мембран скрепляют специальными самоклеящимися лентами. Такая технология позволяет получить прочный монолитный шов без применения дорогостоящего специального оборудования.

Более 40 лет назад началось массовое производство гидроизоляционных ПВХ-мембран. За это время мембраны из высококачественного эластичного поливинилхлорида доказали свою надежность и долговечность. ПВХ-мембраны обладают высокой прочностью на прокол, деформационной способностью, широкой цветовой гаммой. Способность материала к самозатуханию не позволяет пламени в случае пожара распространяться по кровле. Для замедления процесса испарения пластификаторов, который ведет к потере эластичности ПВХ-мембраны, в материал добавляют стабилизаторы. Крепление рулонов производят в местах перехлеста материала с последующим их свариванием горячим воздухом. Для сварки материала используют специальные автоматические и полуавтоматические сварочные машинки (для плоских частей кровли) или ручные специализированные электрические фены (при сварке материала на парапетах, в узлах и недоступных для сварочных машинок местах). При этом прочность сварного шва в месте соединения превышает прочностные показатели самого материала.

ТПО-мембраны были запущены в серийное производство только в 1990-х годах. Эту группу материалов изготавливают на основе термопластичных полиолефинов. ТПО-мембраны армированы полиэфирной сеткой и вследствие этого более стойки к механическим воздействиям. ТПО-мембраны целесообразно использовать в новостройках, на кровлях сложной конфигурации и там, где высок риск случайного повреждения мембраны, в жилых зданиях, в случаях повышенных механических нагрузок на кровлю в процессе строительства и эксплуатации. Благодаря полипропиленовой матрице ТПО-мембраны более стойки к механическим воздействиям по сравнению с ЭПДМ, но несколько менее эластичны. ТПО-мембраны монтируют таким же образом, как и кровельные материалы из поливинилхлорида.

Устройство эксплуатируемой кровли - сложная инженерная задача, требующая при своем решении неукоснительного соблюдения целого ряда требований, предъявляемых к современным высокотехнологичным кровельным покрытиям, а также соблюдение норм по гидро-, паро- и теплоизоляции. Ведь если требования нарушить, то это неизбежно приведет к протечке, разрушению конструкции кровли, а так же к загниванию грунта и растений или высыханию (или вымерзанию) растительного слоя.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА В ХЛОПКЕ-СЫРЦЕ

*Саилов Рахиб Агагюль оглы
Азербайджанский международный университет*

Известно [Суслин, 1975], что изучение распространения тепла в хлопке-сырце представляет большой теоретический и практический интерес для решения задач технологии хранения и первичной обработки хлопка. Так как хлопок-сырец является сложной средой, любые небольшие изменения ее температуры могут привести к существенным изменениям других свойств хлопка-сырца.

Температура, накапливаемая в очаге, в результате кинетических изменений, первоначально носит локальный характер, а в последующем, до определенного периода времени, будет развиваться и распространяться вокруг очага.

Влага в хлопке-сырце может находиться в виде свободного пара между волокнами, в качестве связи между поверхностями волокон и в виде влаги внутри волокон и семян. Поэтому небольшие изменения температуры обязательно сопровождаются большими качественными изменениями физических параметров хлопка-сырца. Физические процессы, протекающие в массе хлопка-сырца неоднородные, нестационарные и нелинейные [Щеколдин, 1958]. Поэтому возникает необходимость разработки специальной математической модели хлопка-сырца на основе экспериментальных исследований.

Для описания распространения заданного начального тепла воспользуемся известным дифференциальным уравнением [Тихонов, 1977]

$$\rho c \cdot U_t = \Delta(\lambda U),$$

$$U|_{t=0} = \phi(x, y, z) \quad (1)$$

где: c - теплоемкость;

Δ - оператор Лапласа;

$\phi(x, y, z)$ - начальное распределение тепла.

Экспериментальные исследования показали, что в первоначальной области самосогревания, хлопок-сырец имеет температуру не более $U|_{t=0} = 80^\circ C$, а в достаточно удаленной области от очага тепла $U = 20^\circ C$, где относительная влажность хлопка сырца более $W = 14\%$.

Рассмотрим хлопок-сырец в пределах изменения температуры U от U_{\min} до U_{\max} . Взаимосвязь между ними будет [Там же]

$$U = U_{cp} \left(1 + \frac{U'}{U_{cp}} \right), U_{cp} = U_{\min} + \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2}; \quad (2)$$

где; $\frac{U'}{U_{cp}}$ - безразмерная величина равна $\frac{U'}{U_{cp}} \leq 0,75$

Если безразмерную функцию V ввести так, чтобы

$$V = \begin{cases} 1 \text{ при } U = 80^\circ C \\ 0 \text{ при } U = 20^\circ C \end{cases} \quad (3)$$

При этом функция U принимает вид

$$U = 20^\circ (1 + 3V) \quad (4)$$

Теплофизические свойства хлопка-сырца можно записать эмпирической формулой, полученной экспериментальным способом.

$$\lambda = [a_1 + a_2 U + a_3 \rho + a_4 (W_p - W)] \quad (5)$$

где: a_1, a_2, a_3, a_4 - коэффициенты полученные из эксперимента;

λ - теплопроводность хлопка-сырца;

W_p - допустимая влажность хлопка-сырца;

W - физическая влажность, %;

ρ - объемная плотность хлопка-сырца в бунте определяется так

$$\rho = \rho_0 \left(1 + \frac{\rho'}{\rho_0} \right) \quad (6)$$

где ρ_0 - среднее значение плотности в бунте;

ρ' - отклонение от среднего значения.

По экспериментальным данным [Саилов, 1982], при $\rho_0 = 220 \text{ кг} / \text{м}^3$ безразмерная функция $\frac{\rho'}{\rho_0}$ всегда меньше, чем 0,75.

Тогда отклонения $\rho' \leq 165 \text{ кг} / \text{м}^3$. Преобразовав выражение (1) с учетом значений коэффициентов $a_1 = 3,8 \cdot 10^{-2}$, $a_2 = 4 \cdot 10^{-4}$, $a_3 = 1,3 \cdot 10^{-4}$, $a_4 = 0,14 \cdot 10^{-2}$ получим

$$\lambda = 1,7 \cdot 10^{-2} \left(1 + V + 0,55 \frac{\rho'}{\rho_0} \right) \quad (7)$$

Как видно, влияние изменения плотности намного меньше, чем влияние температуры и его можно отнести к третьему порядку малости. Принимая второе приближение, получим

$$\lambda = 1,7 \cdot 10^{-2} (1 + V) \quad (8)$$

Из приведенного анализа получим нелинейное дифференциальное уравнение распространения тепла в бунте хлопка-сырца,

$$\left(1 + \frac{\rho'}{\rho_0} \right) \rho_0 \cdot C V_t = 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta \left\{ V + V^2 + 0,55 V + \frac{\rho'}{\rho_0} \right\} \quad (9)$$

Таким образом, для $\frac{t'}{t}$ в безразмерных переменных, получим

$$\frac{t'}{t} = \frac{1,7 \cdot 10^{-2}}{\rho_0 \cdot C} \quad (10)$$

Выражение (9) принимает вид

$$\left(1 + \frac{\rho'}{\rho_0}\right) V_t = \frac{t'}{t} \cdot \Delta \left\{ V + V^2 + 0,55V + \frac{\rho'}{\rho_0} \right\} \quad (11)$$

$$V|_{t=0} = \frac{\phi}{3U_0} = \phi(x, y, z)$$

Уравнение (11) является приведенным, так как оно написано в безразмерных переменных и имеет место для любого модельного бунта.

Подставляя (11) в известное уравнение теплопроводности [Руденко, 1976] и учитывая что $t' = t \frac{1,7 \cdot 10^{-2}}{\rho_0 \cdot C}$,

получим

$$\left(1 + \frac{\rho'}{\rho_0}\right) V_t = \left\{ \frac{\delta}{\delta x} [(1+V)V'_x] + \frac{\delta}{\delta y} [(1+V)V'_y] + \frac{\delta}{\delta z} [(1+V)V'_z] \right\} \quad (12)$$

Уравнение (12) описывает распространение тепла в бунтах. Это уравнение решаем методом последовательных приближений.

Пусть первым приближением является $V_t^0 = \Delta(V^0)$

$$V^0|_{t=0} = \phi(x, y, z) \quad (13)$$

Уравнение (13) решается известным методом [3]

$$V^0 = V^0(x, y, z) = \left(\frac{1}{2\sqrt{\pi t}} \right)^3 \int \int \int_{-\infty}^{+\infty} G \psi dx' dy' dz',$$

где

$$G = \exp \left(- \frac{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}{4t} \right) \quad (14)$$

где $x' = \frac{x}{k}$; $y' = \frac{y}{k}$; $z' = \frac{z}{k}$ k выбирается в зависимости от размеров бунта. Решения уравнений (12 и 13)

отличаются друг от друга добавлением $V^{\mathcal{D}}$, т.е. $V = V^0 + V^{\mathcal{D}}$ где $V^{\mathcal{D}} \ll V^0$. Подставляя $V = V^0 + V^{\mathcal{D}}$ в уравнении (12) и пренебрегая членами третьего порядка малости, получаем

$$V_t^{\mathcal{D}} = \Delta V^{\mathcal{D}} + \Delta \left\{ (V^0)^2 - 0,45V^0 \frac{\rho'}{\rho_0} \right\} \quad (15)$$

$$V^{\mathcal{D}}|_{t=0} = 0$$

Если предположить, что на начальном этапе область распространения тепла небольшая, то можно пренебречь явлениями неоднородности плотности хлопка-сырца.

$$\text{Тогда } V_t = \Delta [V(1+V)] \quad (16)$$

Если область распространения тепла достаточно велика, то значение V небольшое и линейное уравнение имеет следующей вид

$$\left(1 + \frac{\rho'}{\rho_0}\right) V_t = \Delta \cdot V \quad (17)$$

Из уравнения (17) следует, что тепловой поток интенсивнее распространяется от более плотных слоев хлопка-сырца к менее плотным. Значение ρ' / ρ_0 находятся из экспериментальных данных.

Учитывая медленное изменение плотности по координате можно разложить функции ρ_0 / ρ' по координатам x, y, z , в ряд Тейлора до членов третьего порядка малости

$$\frac{\rho'}{\rho_0} = A_0x + B_0y + C_0z + A_1x^2 + B_1y^2 + C_1z^2 \quad (18)$$

При $A_0 = 0$, $B_0 = 0$ тогда распределение плотности относительно центральной оси z симметрично и значение плотности хлопка-сырца от высоты бунта определяется по формуле

$$\rho = \rho_0 (1 - 0,1z), \quad z \leq 10m \quad (19)$$

Из уравнений (18 и 19) имеем

$$\frac{\rho'}{\rho_0} = -0,17 + A_1 x^2 + B_1 y^2, \quad (20)$$

где: A_1, B_1 - коэффициенты, зависящие от исходных параметров бунта.

Из уравнений (18-19) видно, что в центральных зонах бунта хлопок-сырец нагревается больше, чем в поверхностных слоях.

Аналогично уравнению (12) получим уравнение распространения тепла для случая насыпного состояния хлопка-сырца, оно отличается от уравнения (13) тем, что ρ меняется в пределах $50-90 \text{ кг/м}^3$.

Следовательно

$$\rho - \rho_0 \left(1 + \frac{\rho'}{\rho_0} \right); \frac{\rho'}{\rho_0} \leq 0,25 \quad (21)$$

то есть в насыпном виде влияние изменения плотности на распространение тепла меньше, чем в бунтах.

Выводы.

1. Полученная формула (12) является общим решением математической модели распространения тепла в хлопке-сырце при хранении в бунтах, на основе которой можно построить ряд физических реальных моделей.

2. Предлагается математическая модель для исследования распространения тепла заданного первоначального температурного поля. Полученные формулы позволяют оценить изменения температурного поля в заданных объемах хлопка-сырца с учетом плотностных, влажностных и неоднородных свойств среды.

Список литературы

1. Руденко А. И. Теоретические основы нелинейной акустики. М.: Наука, 1976.
2. Саилов Р. А. Движение потока хлопка в однородной среде. Ташкент: УзНИИТИ, 1982.
3. Суслин А. Н. Объяснение сохранности хлопка повышенной влажности / А. Н. Суслин, Г. А. Тихомиров // Обзор. Ташкент: УзНИИТИ, 1975.
4. Тихонов А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. М.: Наука, 1977.
5. Щеколдин М. И. Тепловлажностные константы хлопка-сырца. М., 1958.

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ ХЛОПКА-СЫРЦА НА ПРОЦЕСС САМОСОГРЕВАНИЯ

*Саилов Рахиб Агаюль оглы
Азербайджанский международный университет*

При длительном хранении хлопка-сырца теряются ценные свойства волокна и масличность семян. Решению вопросов обеспечения сохранности хлопка посвящены многие работы, однако в промышленности предложен только профилактический способ, заключающийся в принудительном вентилировании массы складированного хлопка-сырца. По ряду технических причин, его чаще всего применяют несвоевременно, в результате чего качество волокна снижается.

Известные экспериментальные работы осуществляли в основном на достаточно больших массах хлопка-сырца. Это затрудняло варьирование различными параметрами массы, отбор образцов из мест самосогревания и т.д.

В основу метода положено условие изоляции ядра самосогревающегося хлопка от окружающей среды. По данным [Суслин, 1975] достаточным считается изолирующий слой хлопка-сырца в 1,5-2 м. Несомненно, методически это неверно и зачастую приводит к ограниченности и неточности получаемой информации.

За аксиому формирования модели на базе известных исследовательских работ мы приняли следующие факторы изменения: 1) плотности хлопковой массы в модели, 2) ее влажности, 3) сорта.

Особым фактором была принята окружающая среда. Смысл изоляции слоя хлопка-сырца заключается в уменьшении теплоотдачи из зоны самосогревания в окружающую среду. Так как самосогревание хлопка является неустановившимся температурным процессом, то с учетом уравнения теплопроводности [Лыков, 1950], запишем

$$X \Delta t + \frac{W}{C} = \frac{\partial t}{\partial \tau} \quad (1)$$

где $X = \frac{K}{CP}$ - коэффициент теплопроводности среды;

K - коэффициент теплопроводности хлопка по Максвеллу;