

ОПТИКО-ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОМАССООБМЕНА НА ПОВЕРХНОСТЯХ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ

А.Е. Ефимов

*ГНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт
Россельхозакадемии», г. Санкт-Петербург*

Представлена членом редколлегии профессором Н.Ц. Гапановой

Нами предложена методика расчета интенсивности испарения на склонах сельскохозяйственных угодий с использованием физико-оптического моделирования конвективного теплообмена на наклонных поверхностях, имитирующих холмистую поверхность различной крутизны. Полагаем, что процессы теплообмена и влагообмена описываются аналогичными дифференциальными уравнениями и закономерности испарения подобны передаче тепла от нагреваемой поверхности. Вышесказанное допущение дает возможность рассматривать тепло- и влагообмен с использованием теории подобия.

В этом случае для процесса испарения возможно ввести диффузионный критерий Нуссельта

$$\text{Nu}_e = \frac{Kl}{D},$$

где K – коэффициент испарения; D – коэффициент диффузии; l – протяженность поверхности испарения. Таким образом, если нам известны значения Nu_e и диффузионный поток у поверхности ($\frac{dE}{dt} = K \frac{\partial C}{\partial z} S$, где S – площадь испарения; C – концентрация паров воды), тогда скорость испарения можно описать следующим выражением

$$\frac{dE}{dt} = \text{Nu}_e D H \frac{\partial C}{\partial z},$$

где H – поперечный размер площадки испарения. С другой стороны скорость испарения определяется тепловым потоком q , подводимым к поверхности в процессе иссушения. При стационарном режиме температура поверхности испаряющейся жидкости постоянна $t_{\text{п}} = \text{const}$. Если тепло, необходимое для испарения, берется из окружающего воздуха, то плотность теплового потока от воздуха к жидкости равна

$$q = \alpha(t_c - t_{\text{п}}),$$

где t_c – температура окружающего воздуха; $t_{\text{п}}$ – температура у нагретой поверхности; α – коэффициент теплоотдачи.

Интенсивность испарения при стационарном потоке рассчитывается следующей формулой [1]

$$I = \frac{\alpha}{r}(t_c - t_{\text{п}}),$$

где r – скрытая теплота испарения.

Между коэффициентом испарения K и коэффициентом теплоотдачи α существует связь, которая на основании подобия температурного и диффузионного полей, имеет вид [2]

$$\frac{\alpha}{K} = C_{\text{вл}} \left(\frac{D}{a} \right)^{1-n},$$

где $C_{\text{вл}}$ – удельная теплоемкость влажного воздуха; a – коэффициент теплопроводности влажного воздуха.

Установлено, что при испарении воды в воздухе $a/D \approx 1$. В этом случае коэффициент испарения есть $K = \alpha C_{\text{вл}}$.

Используя физическое моделирование процессов можно экспериментально определить коэффициент теплообмена у наклонных поверхностей с различными углами наклона. Оптические методы исследования прозрачных неоднородностей дают возможность изучать тонкую структуру тепловых пограничных слоев (ПС) без введения в них геометрически объемных датчиков. Одним из перспективных методов исследования структуры ПС является цветной теневой метод, модернизированный для количественного изучения прозрачных неоднородностей [3].

В отделе физики атмосферы и агроклимата Агрофизического института проводятся исследования на аэродинамическом стенде процессов теплообмена на моделях с применением теневого прибора ИАБ-451. Для реализации цветного теневого метода была проведена модификация прибора. Цветная теневая картина фиксируется как на фотопленку, так и на цифровую камеру с использованием соответствующего оптического адаптера. Для количественной расшифровки цветных тенеграмм процесса теплообмена разработаны методы и алгоритмы калибровки [3]. На рис. 1 приведена, для примера, тенеграмма, а на рис. 2 – ее компьютерная расшифровка по реализованной программе [3].

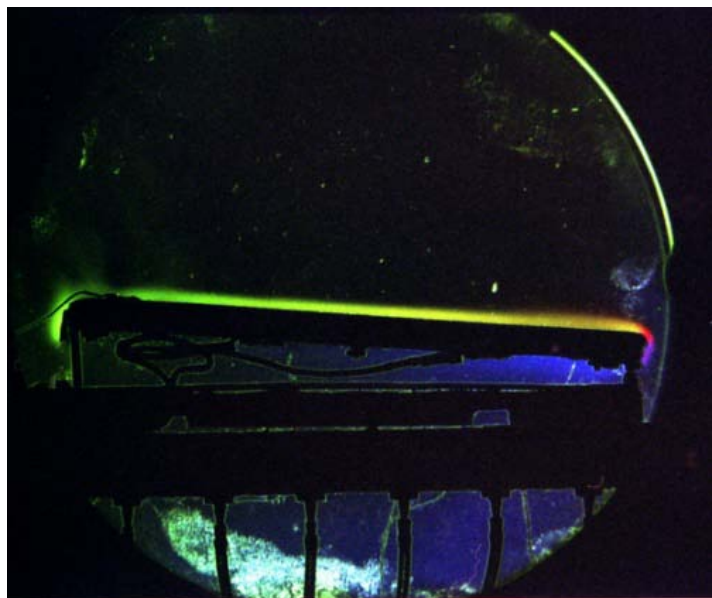


Рис. 1. Тенеграмма процесса теплообмена с углом наклона исследуемой поверхности 5°

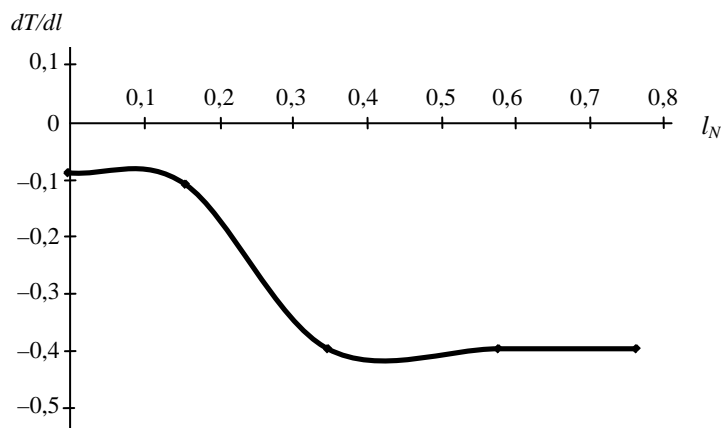


Рис. 2. Распределение градиента температур исследуемого образца с углом наклона поверхности 5°

Список литературы

1. Кутателадзе, С.С. Справочник по теплопередаче / С.С. Кутателадзе, В.М. Боришанский. – М. : Госэнергоиздат, 1969. – 414 с.
2. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1950. – 417 с.
3. Расшифровка цветных теннеграмм / И.Б. Усков [и др.]. – СПб. : Б.м., 2005.

**Optical Physical Modeling of Energy and Mass Transfer
on the Surfaces of Different Shape**

A.E. Efimov

Agro-Physical Research Institute of Rosselkhozacademy, St.Petersburg

**Optisch-physikalische Modellierung des Energiemassewechsel
auf den Oberflächen von verschiedener Form**

**Modélage optique et physique de l'échange d'énergie et de masse
sur les surfaces de différentes formes**