

M. M. АБДИБАТТАЕВА, T. K. АХМЕДЖАНОВ, Ж. У. ЖУБАНДЫКОВА

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОБОЛОЧЕК ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Тепловой режим солнечных коллекторов с тепlopриемниками любой формы, в том числе и цилиндрической, в основном формируется под влиянием двух факторов: притоком прямой солнечной радиации и тепловыми потерями через их светопрозрачные покрытия (оболочки) [1].

Исследованиям по разработке достоверных методов расчета коэффициента пропускания прямой солнечной радиации светопрозрачных оболочек, имеющих цилиндрическую форму, не уделено должного внимания.

Это объясняется сложностью физической картины процесса взаимодействия прямой солнечной радиации с поверхностью светопрозрачных оболочек рассматриваемой формы. Коэффициентом пропускания прямой солнечной радиации светопрозрачных оболочек любой формы является функция угла падения солнечного излучения на поверхность.

Особенностью светопрозрачных оболочек цилиндрической формы является то, что значение угла падения прямого солнечного излучения на их лучевоспринимающие поверхности в заданный момент времени зависит от координат точек на их поверхности. При этом сложной становится закономерность формирования дневного хода коэффициента пропускания прямой солнечной радиации в связи с изменением координат Солнца в течении светового дня относительно координат точек на их поверхности, на которые падают лучи.

Нами был использован в качестве светопрозрачной оболочки солнечного концентратора полиэтиленовые емкости, имеющие цилиндрическую форму. Емкость заполнили маслом, у которых показатель преломления выше воды, тем самым фокусировка солнечных лучей в такой среде улучшается.

Локальные значения по облучаемой прямой солнечной радиации части поверхности значения коэффициента пропускания светопрозрачных оболочек цилиндрической формы может быть определено:

$$\tau = \frac{(1 - \rho)^2 \cdot e^{\frac{kd}{\cos r}}}{1 - \rho^2 \cdot e^{\frac{kd}{\cos r}}}, \quad (1)$$

где  $\rho$  и  $\alpha$  – локальный коэффициент отражения и поглощения прямой солнечного излучения в процессе его прохождения через рассматриваемую полоску светопрозрачной оболочки;  $k$  – коэффициент, учитывающий ослабление прямого солнечного излучения в процессе прохождения через рассматриваемую полоску светопрозрачной оболочки толщиной  $d$ ;  $r$  – локальный угол преломления прямого солнечного излучения в процессе прохождения через данную полоску.

В целях уменьшения объема вычислений, предлагается пользоваться среднеинтегральным значением угла падения прямого солнечного излучения на их поверхности:

$$\overline{\cos i} = \frac{\int \cos i \cdot dF}{\int dF}, \quad (2)$$

откуда

$$\bar{i} = \arccos \left( \frac{\int \cos i \cdot dF}{\int dF} \right). \quad (3)$$

Границы интегрирования (2) и (3) определяются из условии  $i \leq 90^\circ$ .

Пользуясь законом Снеллиуса для среднеинтегральных значений углов падения ( $\bar{i}$ ) и преломления ( $\bar{r}$ ) прямого солнечного излучения на границах двух сред вместо локальных. т.е.

$$\frac{\sin \bar{i}}{\sin \bar{r}} = n, \quad (4)$$

определим среднеинтегральное значение угла преломления прямого солнечного излучения в процессе его прохождения через рассматриваемую светопрозрачную оболочку

$$\bar{r} = \arcsin \left( \frac{\sin \bar{i}}{n} \right), \quad (5)$$

где  $n$  – относительный коэффициент прямого солнечного излучения материала светопрозрачной оболочки, например, полиэтиленовой пленки.

Подставляя значения  $\bar{i}$  и  $\bar{r}$  соответственно в формулы Френеля и Бугера, определим среднеинтегральные значения коэффициентов отражения ( $\bar{\rho}$ ) и поглощения ( $\bar{\alpha}$ ) прямого солнечного излучения в процессе прохождения через рассматриваемую оболочку, т.е.

$$\bar{\rho} = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin^2(\bar{r} - \bar{i})}{\sin^2(\bar{r} + \bar{i})} + \frac{\tg^2(\bar{r} + \bar{i})}{\tg^2(\bar{r} - \bar{i})} \right], \quad (6)$$

$$\bar{\alpha} = 1 - e^{-\frac{kd}{\cos \bar{r}}}. \quad (7)$$

Далее, заменяя локальные значения  $\rho$  и  $\alpha$  в выражении (1) на их соответствующие среднеинтегральные значения, определяемые по формулам (6) и (7), получим

$$\bar{\tau}_{np} = \frac{(1 - \bar{\rho})^2 \cdot e^{\frac{kd}{\cos \bar{r}}}}{1 - \rho^2 \cdot e^{\frac{-2kd}{\cos \bar{r}}}}. \quad (8)$$

Достоверность предложенной методики, т.е. возможность замены локальных значений  $i, r, \rho$  и  $\alpha$  при определении по фактически облучаемой прямой солнечной радиацией части боковой поверхности среднего значения коэффициента светопропускания светопрозрачных оболочек цилиндрических форм, проверяется следующим образом.

Среднеарифметическое по облучаемой прямой солнечной радиацией части поверхности светопрозрачных оболочек любой формы значение коэффициента пропускания ( $\tau_{np}$ ) в заданный момент времени определяется из отношения потока прошедшей через рассматриваемые оболочки прямой солнечной радиации ( $Q_{prosh}^{np}$ ) к потоку падающей на них облучаемую фронтальную поверхность прямой солнечной радиации, т.е.

$$\bar{\tau}_{np} = \frac{Q_{prosh}^{np}}{Q_{nad}^{np}}. \quad (9)$$

Значение  $Q_{prosh}^{np}$  и  $Q_{nad}^{np}$  при этом склады-

ваются из соответствующих локальных значений потоков  $Q_{prosh}^{np}$  и  $Q_{nad}^{np}$ , т.е.

$$\bar{Q}_{prosh}^{np} = \sum_{j=1}^N Q_{proshj}^{np}, \quad (10)$$

$$\bar{Q}_{nad}^{np} = \sum_{j=1}^N Q_{nadj}^{np}, \quad (11)$$

которые в свою очередь равны

$$Q_{proshj}^{np} = (\tau_{np} q_{\perp} F_{obl}^{np} \cos i)_j, \quad (12)$$

$$Q_{nadj}^{np} = (q_{\perp} F_{obl}^{np} \cos i)_j, \quad (13)$$

где  $q_{\perp}$  – поверхностная плотность потока прямой солнечной радиации на нормальную к солнечным лучам поверхность.

Подставляя (12) и (13) соответственно в (10) и (11), а затем полученное в отношении (9), с учетом, что значение  $q_{\perp}$  не зависит от координат точек на боковой поверхности полуцилиндрической светопрозрачной оболочки и  $F_{obl}^{np}$  одинаково по всей боковой поверхности рассматриваемой оболочки, имеем

$$\bar{\tau}_{np} = \frac{\sum (\tau_{np} \cdot \cos i)_j}{\sum (\cos i)_j}, \quad (14)$$

где  $N$  и  $j$  – соответственно, число и текущий номер элементарных полосок на боковой поверхности полуцилиндрической оболочки.

Как показывают результаты расчетов, при  $N=180$ , т.е. при разбивании облучаемой прямой солнечной радиацией части боковой поверхности цилиндрической оболочки на 180 элементарных полосок, каждая из которых имеет ширину

$\frac{\pi R}{180}$  ( $R$  – радиус цилиндра), значения  $\bar{\tau}_{np}$ , определенные по формулам (8) и (14), отличаются лишь на 0,5%. Однако, расчет по формуле (14) при этом требует времени в 180 раз больше, чем по формуле (8).

Таким образом, можно сделать вывод, что приведенная методика определения коэффициента пропускания солнечной радиации светопрозрачных оболочек цилиндрической формы через

среднеинтегральные значения по облучаемой прямой солнечной радиации части поверхности, уменьшает объем вычислений и является более точной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аvezov P.P. (мл.), Аvezова Н.Р. Коэффициент пропускания прямой солнечной радиации светопрозрачных оболочек цилиндрической формы // Гелиотехника. 2002. №5.
2. Аvezова Н.Р. Расчет среднеинтегрального угла падения прямой солнечной радиации на поверхность полусферических теплоприемников // Гелиотехника. 1999. №5.
3. Попель О.С., Фрид С.Е., Альварес Герра М. К расчету поступления солнечной радиации на земную поверхность // Гелиотехника. 1986. №1.
4. Аvezов P.P. (мл.), Аvezова Н.Р. Коэффициент пропускания прямой солнечной радиации светопрозрачных оболочек сферической формы // Гелиотехника. 2002. №3.

5. Дибиров М.Г., Махмудов И.С. К определению суммарной солнечной радиации расчетным способом // Гелиотехника. 1982. №3.

#### Резюме

Беткі бөлігінің тұра күн радиациясымен сәулеленуі бойынша оқшау және орташа интегралды мәндері арқылы цилиндр формалы жарық мөлдірлеткіш қабықшасының күн радиациясын өткізу коэффициентін анықтау әдістемесі келтірілген.

#### Summary

The procedure that define the passing-through coefficients of the solar radiation from the translucent tubular shells by way of local and med - integrated values via direct exposed solar over ground radiation.

УДК 666.97.035.51

КазНТУ им. К. И Сатпаева

Поступила 2.10.07г.

Ш. К. КОДАНОВА, Б. К. СУЛЕЙМЕНОВ

## ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ НЕРАВНОВЕСНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

В работе рассмотрена применение метода слабой аппроксимации для решения математической модели вытеснения нефти раствором активной примеси, приведены численные результаты. Применение раствора активной примеси при разработке нефтяных месторождений обусловлено процессом повышения нефтеотдачи. Введение дополнительного фактора (активной примеси) повлечет изменение системы уравнений двухфазной фильтрации (или системы Баклея-Леверетта). Изучаемая математическая модель состоит из уравнений баланса воды и нефти в потоке, обобщенного закона фильтрации Дарси, условия капиллярного равновесия и уравнений диффузии относительно концентрации активной примеси.

### 1. О применении метода слабой аппроксимации в задачах массопереноса при двухфазной фильтрации жидкости в пористой среде.

Основные процессы повышения нефтеотдачи отличаются от обычного тем, что к воде добавляется некоторый агент, изменяющий условия течения жидкостей в пористой среде. Этот агент может быть в следующих трех состояниях: растворенный в воде, растворенный в нефти и

адсорбированный на стенках поровых каналов. Система уравнений двухфазной фильтрации имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial t} (ms\rho_1) + \operatorname{div}(\rho_1 \vec{v}_1) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (m(1-s)\rho_2) + \operatorname{div}(\rho_2 \vec{v}_2) = 0, \quad (2)$$

$$\vec{v}_i = -k \frac{f_i}{\mu_i} \nabla p_i, \quad (i=1,2), \quad (3)$$

$$p_2 - p_1 = p_c \quad (4)$$

индекс «1» соответствует водной фазе, а «2» - нефтяной фазе. В случае применения активной примеси система уравнений (1)-(4) является незамкнутой. Так как активная примесь влияет на все основные характеристики жидкостей и пористой среды:  $m$  - пористость,  $\rho_i$  - плотности,  $\mu_i$  - вязкости,  $f_i$  - фазовые проницаемости,  $k$  - коэффициент относительной проницаемости,  $p_c$  - капиллярное давление. Каждое состояние характеризуется массовой концентрацией  $s$  и  $\varphi(c)$  - активной