

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРИСТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРУКТУРЕ УКРЫТИЙ ТЕПЛОИСТОЧНИКОВ

*Петраш В.Д. (Одесса)*

В итоге аналитических исследований установлена методика оценки теплотехнической эффективности элементов со сквозной пористостью в структуре укрытий теплоисточников, а также выявлена возможность многократного улучшения их теплоизоляционных свойств.

Конструкция укрытия теплоисточника должна обладать повышенными теплоизоляционными свойствами, что приводит к увеличению теплоэнергетической эффективности агрегатов за счет снижения тепловых стоков в окружающую среду. Среди множества возможных вариантов [1] решения проблемы для указанной цели выгодно отличается применение материалов со сквозной пористостью, которые в конструкции укрытия могли бы приобретать новые функциональные свойства, а именно: подвод теплоносителя к поверхности охлаждаемого теплоисточника и его распределение. Это создает дополнительные возможности для регулирования воздействия и изменения мощности отводимого теплового потока в условиях переменного расхода охлаждающей среды.

Оценим совместное влияние структурно-теплофизических характеристик и условий транспирационного прохождения воздуха на изменение термического сопротивления пористых элементов в процессе поступления теплоносителя к поверхности охлаждения.

На рис. 1 представлена расчетная схема пористого элемента в виде пронизанного слоя бесконечной длины толщиной  $\delta$  с теплопроводностью  $\lambda_s$  находящегося над охлаждаемой поверхностью теплоисточника.

Процесс прохождения теплоносителя через пористый слой рассмотрим с постоянным эффективным коэффициентом  $\lambda_s$  теплопроводности, который определяется теплопроводностью каркаса  $\lambda_k$  и воздуха  $\lambda_a$ , с некоторым приближением [2] может быть представлен в виде  $\lambda_s = \lambda_k + \lambda_a$

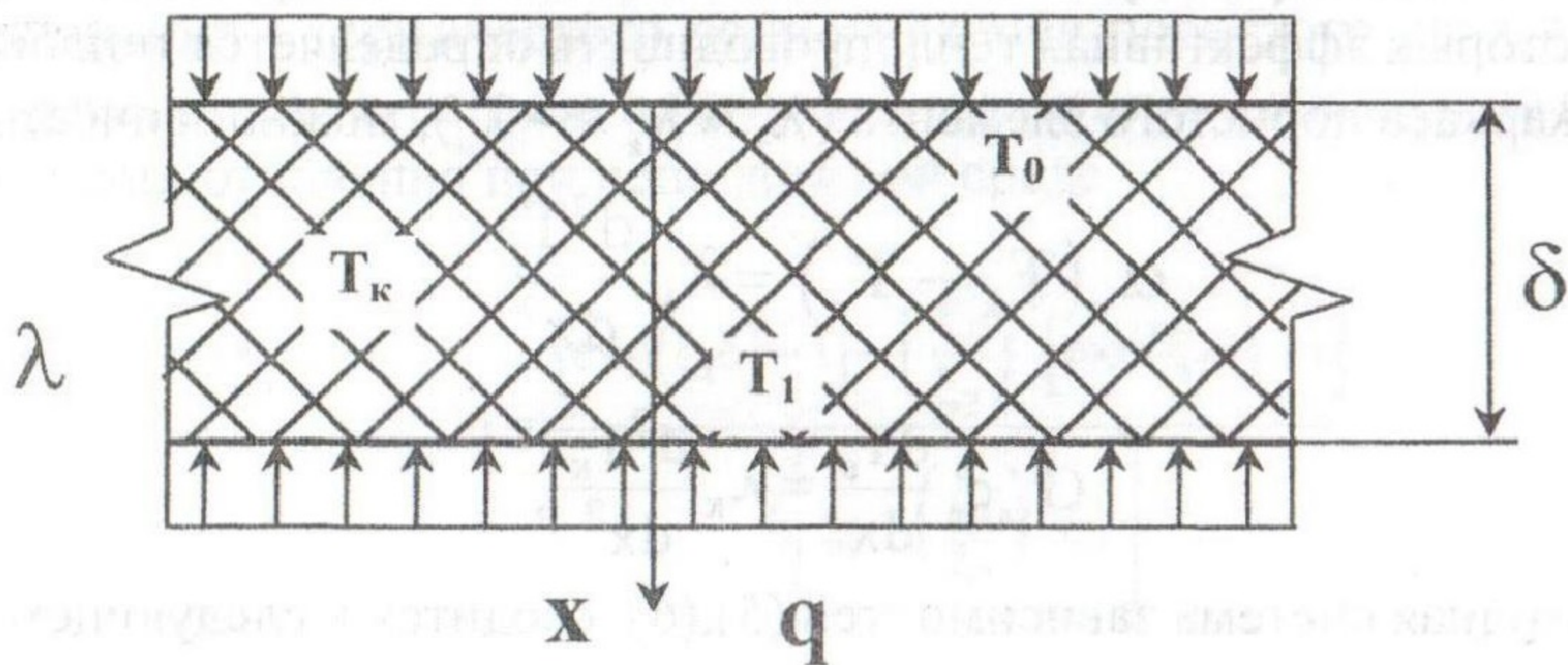


Рис. 1 Расчетная схема пористого проницаемого элемента укрытия теплоисточника

Температуры на поверхностях пористого слоя со стороны окружающей среды и теплоисточника равны соответственно  $T_0$  и  $T_1$ .

Согласно закона Фурье для стационарных условий проницаемого слоя с неподвижной средой мощность проходящего теплового потока может быть представлена в виде

$$q_s = \lambda_s (T_1 - T_0) / \delta = (T_1 - T_0) / R_{об} \quad (1)$$

При нормальном поступлении и дальнейшем прохождении теплоносителя с температурой  $T_b$  окружающей среды через толщу проницаемого элемента теплообмен определяется значением объемного коэффициента внутренней теплоотдачи  $\alpha_v$ , который зависит [3] от теплофизических свойств и структуры пористого каркаса, режима течения и свойств самого теплоносителя. Тепловой поток в бесконечно тонком слое пористого элемента  $dx$  единичной площади можно выразить как

$$dq_v = \alpha_v (T_k - T_b) dx \quad (2)$$

В процессе прохождения теплоносителя через пористый слой с удельными расходом  $G_{уд}$  и теплоемкостью  $c_p$  в анализируемых условиях его энтальпия возрастает, поэтому

$$dq_i = G_{уд} c_p dT_b \quad (3)$$

Проходящий тепловой поток через пористый слой связан с температурой его каркаса

$$dq_k = \lambda_k \frac{d^2 T_k}{dx^2} dx \quad (4)$$

Для стационарных условий теплового баланса с допущениями [2], согласно которых эффективная теплопроводность определяется теплопроводностью каркаса пористого элемента ( $\lambda_s \approx \lambda_k \gg \lambda_b$ ), можно записать

$$\alpha_v (T_k - T_b) = \lambda_k \frac{d^2 T_k}{dx^2}, \quad (5)$$

$$G_{уд} c_p \frac{dT_b}{dx} = \lambda_k \frac{d^2 T_k}{dx^2}, \quad (6)$$

Исходная система зависимостей (5),(6) сводится к следующему уравнению

$$\frac{G_{уд} c_p}{\alpha_v} \frac{d^3 T_k}{dx^2} + \frac{d^2 T_k}{dx^2} - \frac{G_{уд} c_p}{\lambda_k} \frac{dT_k}{dx} = 0, \quad (7)$$

общее решение которого [4] относительно переменной температуры каркаса по толщине пористого элемента имеет следующий вид

$$T_{k(x)} = c_1 \exp(\xi_1 x) + c_2 \exp(\xi_2 x) + c_3. \quad (8)$$

Из характеристического уравнения

$$\frac{G_{уд} c_p}{\alpha_v} \xi^2 + \xi - \frac{G_{уд} c_p}{\lambda_k} = 0, \quad (9)$$

корни выражаются, как

$$\xi_{1,2} = -\frac{\alpha_v}{2G_{уд} c_p} \pm \sqrt{\left(\frac{\alpha_v}{2G_{уд} c_p}\right)^2 + \frac{\alpha_v}{\lambda_k}}, \quad (10)$$

Для полного исключения стока теплоты с поверхности проницаемого слоя в окружающую среду температура на его внешней поверхности  $T_0$  должна быть равной температуре окружающего воздуха  $T_b$ . Этим определяются граничные условия для рассматриваемого случая:

$$T_{k|x=0} = T_0; \quad T_{k|x=\delta} = T_1; \quad \frac{d^2 T_k}{dx^2} \Big|_{x=0} = 0$$

На основании этих условий получено частное решение для определения переменного значения температуры каркаса пористого элемента по его толщине,  $T_{k(x)}$ , и соответствующего значения температуры теплоносителя  $T_{b(x)}$  при прохождении его через толщину пористого слоя, а также зависимость для определения теплового потока, проходящего через толщу пористого элемента с подвижной средой.

На основании вышеизложенного установлена зависимость для оценки эффективности термического сопротивления пористого слоя в условиях транспирационного нагрева воздуха по сравнению с аналогичным его значением сопротивления при неподвижной среде

$$n = \frac{[\exp(\xi_1 \delta) - 1] - \left(\frac{\xi_1}{\xi_2}\right)^2 [\exp(\xi_2 \delta) - 1]}{\delta \left[ \xi_1 - \left(\frac{\xi_1}{\xi_2}\right)^2 \xi_2 \right]} \quad (11)$$

Для иллюстрации влияния конструктивных и теплофизических параметров анализируемой системы на изменение термического сопротивления при фильтрации воздуха сквозь пористый слой укрытия теплоисточника по выражению (11) построены графики, рис.2., где приняты следующие значения исходных параметров:  $G_{уд} = 0,05 \text{ кг/(с.м}^2\text{)}$ ;  $c_p = 1000 \text{ Дж/(кг.К)}$ ;  $\lambda_k = 0,1 \text{ Вт/(м}^2\text{.К)}$ ;  $\alpha_v = 4000 \text{ Вт/(м}^3\text{.К)}$ .

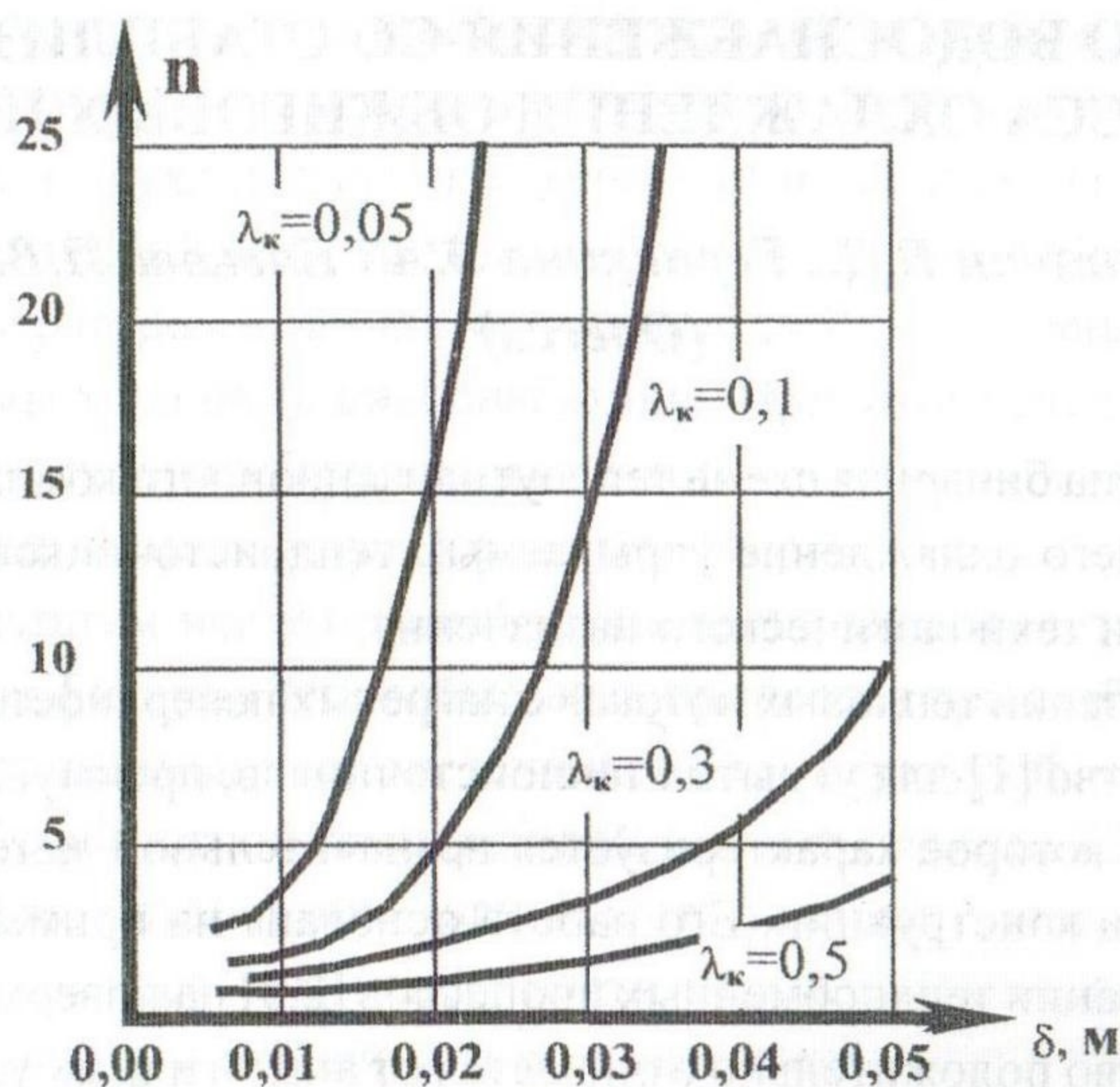


Рис 2. Зависимость относительного изменения термического сопротивления пористого слоя укрытия с подвижной средой и неподвижным её состоянием от толщины и коэффициента теплопроводности каркаса.

Из рис.2 следует о целесообразности применения материала для изготовления каркаса пористых элементов с низкой теплопроводностью.

### *Литература*

1. Петраш В.Д., Полунин М.М., Гераскина Э.А. Системы утилизации теплоты от обжиговых вращающихся печей//Водоснабжение и санитарная техника- М., 1982.- №12.-с. 14-15.
2. Полежаев Ю.В. Тепловая защита. М., 1976. -с. 95-105.
3. Поляев В.М., Майоров В.А., Васильев Л.Л. Гидродинамика и теплообмен в пористых элементах конструкций летательных аппаратов. М., «Машиностроение», 1988. -с. 29-71.
4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М., 1984.