

УДК 536.27

## ТЕОРИЯ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТУРБУЛЕНТНОМ ТЕЧЕНИИ В КАНАЛАХ НА БАЗЕ ЧЕТЫРЁХСЛОЙНОЙ СХЕМЫ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

Лобанов И.Е.

*Московский авиационный институт, Москва, Россия*

[heat204@mai.ru](mailto:heat204@mai.ru)

Разработана теоретическая модель для расчёта теплообмена при турбулентном течении в каналах в условиях интенсификации теплообмена, отличающаяся от известных моделей более высокой точностью, отсутствием дополнительных допущений, учётом большего числа параметров, оказывающих влияние на процессы теплообмена. Получены точные решения задачи об интенсифицированном теплообмене для данной постановки задачи. Полученные расчётные данные по теплообмену соответствуют экспериментальным данным лучше существующих решений.

Ключевые слова: теплообмен, интенсификация, математическое моделирование, четырёхслойные, турбулентный, турбулизатор, круглая труба

## THE THEORY OF A TASK ABOUT INTENSIFIED HEAT EXCHANGE AT TURBULENT CURRENT IN CHANNELS ON BASE FOR FOURLAYER OF THE CIRCUIT TURBULENT OF A BOUNDARY LAYER

Lobanov I.E.

*Moscow Air Institute, Moscow, Russia*

The theoretical model for account of heat exchange is developed at turbulent current in channels in conditions intensification of heat exchange distinguished from known models by higher accuracy, absence of additional assumptions, account of the greater number of parameters rendering influence on processes of heat exchange. The exact decisions of a task about intensified heat exchange for the given statement of a task are received. The received settlement data on heat exchange meet to experimental data of the better existing decisions.

Keywords: heat exchange, intensification, mathematical modeling, fourlayer, turbulent, turbulizer, round pipe.

### 1. Введение

В различных областях техники широко применяются различного рода теплообменники, в которых, в результате интенсификации теплообмена, может быть достигнуто снижение их массогабаритных показателей при заданных значениях теплового потока, гидравлических потерь, расходов и температур теплоносителей; в ряде случаев задачей является снижение температурного уровня поверхности теплообмена при фиксированных режимных и конструктивных характеристиках. Расчётные методы исследования интенсификации теплообмена при турбулентном течении в трубах разработаны ещё недостаточно. Часто они опираются на упрощённые модели сложных физических явлений, при этом допущения приводят к значительной разнице между расчётными и экспериментальными данными. Экспериментальные данные по теплообмену справедливы только для определённого вида течений и типоразмеров турбулизаторов, на которых были проведены опытные исследования. В связи с этим необходима разработка новых, более точных, чем существующие теоретических методов исследования интенсификации теплообмена при турбулентном течении в трубах. В рамках данного исследования под интенсификацией теплообмена понимаются применение искусственных турбулизаторов потока на поверхности, а также шероховатые поверхности [2, 9]. Модель предполагает

двумерную шероховатость. Рассматриваются двумерные поверхности с турбулизаторами, которые применимы и для труб с периодическими диафрагмами.

### 2. Модель интенсификации теплообмена

Теплообмен при течении в каналах теплоносителей с постоянными теплофизическими свойствами в условиях интенсификации теплообмена моделируется четырёхслойной схемой турбулентного потока [1, 4, 5]. Впервые подобная схема расчёта теплообмена была использована в работах [6-8], а затем существенным образом усложнена в работах [1, 4, 5]. Применим данную модель расчёта теплообмена при турбулентном течении в каналах в условиях интенсификации теплообмена без применения дополнительных допущений, сделанных как в работах [7-9], так и в работах [3-5]. Теперь следует перейти к непосредственному рассмотрению каждого из подслоя.

1. Вязкий подслой. Вязкий подслой располагается в следующей окрестности:

$$R \in \left[ 1 - \frac{\eta_1}{\text{Re}} \sqrt{\frac{32}{\xi}}; 1 \right], \text{ где } R \text{ — безразмерный радиус трубы (отношение расстояния от оси трубы } r \text{ к радиусу трубы } R_0);$$

$\eta_1 = 5$  — постоянная, характеризующая безразмерную толщину вязкого подслоя [1],  $\xi$  — коэффициент сопротивления трению. В области вязкого подслоя принимается, что: