

*Сугиров Джиенбек Умирзаевич,
профессор
Каспийский университет технологий и инжиниринга,
г. Актау, Казахстан
e-mail: sugirov-56@mail.ru*

*Жайылхан Нураддин Алиевич,
кандидат технических наук,
Каспийский университет технологий и инжиниринга,
г. Актау, Казахстан*

*Оспанова Салтанат Мухитовна,
доктор PhD,
Каспийский университет технологий и инжиниринга,
г. Актау, Казахстан*

*Байсарова Гульбану Гасанкулиевна,
доктор PhD,
Каспийский университет технологий и инжиниринга,
г. Актау, Казахстан*

*Смайлова Айгерим,
студент магистратуры
Каспийский университет технологий и инжиниринга,
г. Актау, Казахстан*

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА

Аннотация: В статье излагаются результаты исследования комплексного влияния нескольких видов интенсификации теплообмена трубного пучка со следующими видами одновременной турбулизации набегающего теплового потока: за пучком устанавливалась сплошная плоская перегородка, внутри труб установились спирали, три трубы у каждой последних трех рядов пучка были заменены на трубы с большим диаметром. Описана экспериментальная установка, представляющей собой аэродинамическую трубу прямоугольного сечения. Описаны измерительные инструменты. Приведены полученные опытных данные. Приведены эмпирические зависимости, полученные в результате эксперимента.

Ключевые слова: теплообмен, турбулизатор, аэродинамическое сопротивление, число Рейнольдса.

Sugirov Dzhiembek Umirzaevich,

*professor,
Caspian University of Technology and Engineering,
Kazakhstan, Aktau*

*Zhayylkhan Nuraddin Alievich,
candidate of technical sciences,
Caspian University of Technology and Engineering,
Kazakhstan, Aktau*

*Ospanova Saltanat Mukhitovna, PhD,
Caspian University of Technology and Engineering,
Kazakhstan, Aktau*

*Gulbanu Gasankuliyevna Baysarova, PhD,
Caspian University of Technology and Engineering,
Kazakhstan, Aktau*

*Smaylova Aigerim,
master student
Caspian University of Technology and Engineering,
Kazakhstan, Aktau*

INVESTIGATION OF THE COMPLEX EFFECT OF SEVERAL TYPES OF HEAT TRANSFER INTENSIFICATION

***Abstract:** The article presents the results of studying the combined effect of several types of intensification of heat exchange tube bundle with the following types of simultaneous turbulence of the incoming heat flux: the beam has established a solid flat partition, inside the tubes was established spirals, three tubes at each of the last three rows of the beam was replaced by a pipe with a larger diameter. An experimental setup consisting of a rectangular wind tunnel is described. Measuring instruments are described. The experimental data obtained are presented. The empirical dependences obtained as a result of the experiment are given.*

Keywords: heat transfer, turbulator, aerodynamic drag, Reynolds number.

Введение. Одним из важнейших путей увеличения эффективности энерготехнических установок является путь усовершенствования теплообменных аппаратов путем создания новых высокоэффективных методов повышающих интенсивность теплообмена.

При повышении теплообмена будет расти количество тепла, переданного через поверхность теплообменного аппарата, и, будут снижаться габариты

теплообменников; будет достигнут рост выгоднейших соотношений между передаваемым теплом и самой мощностью, затрачиваемую на продвижение теплоносителя.

Улучшенные технические качества интенсификаторов теплообмена, использованных в энергоустановках повысит общую характеристику энергетических технологических устройств.

Искусственно созданный высокий уровень турбулентности потоков продуктов сгорания позволяет более эффективно использовать энергию турбулизированного потока на нагрев конвективных поверхностей, что является резервом в снижениях удельных расходов топлив на единицу произведенного тепла.

Актуальность темы связано с тем, что вопросы проектирования новых высокоэффективных теплообменных аппаратов и модернизация существующих оборудований даже на основе апробированного на практике метода интенсификации, требует проведения дополнительных исследований теплообмена и гидродинамического течения в каналах, а также предложения новых моделей и методов для их теплового и гидравлического расчета.

Научная новизна данной статьи заключается в том, что в настоящее время существующие различные способы повышения теплообмена разработаны и исследованы в неодинаковой степени, только лишь часть из них доведены до уровня промышленных использований. Общие физические принципы, лежащие в основе этих способов и объясняющие возможность получения положительного эффекта в случае их применения, известны уже длительное время, однако имеющиеся зависимости для количественного расчета теплообмена и гидравлического сопротивления в диапазонах изменений геометрических характеристиках интенсификаторов по теплообмену и гидравлических условий течения определены далеко не в полной мере.

С целью изучения комплексного влияния нескольких видов интенсификации теплообмена был исследован трубный пучок со следующими видами одновременной турбулизации набегающего теплового потока:

- за пучком устанавливалась сплошная плоская перегородка, выдвинутая на $d = 0,3$;

- внутри труб установились спирали с $d/D = 0,1$; $S/D = 0,9$.

- три трубы у каждой последних трех рядов пучка были заменены на $\text{AE}20$, причем внутри замененных труб устанавливали проволочные спирали с показателями $d/D_1=0,1$; $S/D_1=0,9$.

Трубный пучок имел следующие характеристики (таблица 1). Экспериментальная установка представляет собой аэродинамическую трубу прямоугольного сечения, выполненную из авиационной фанеры и древесностружечных плит. Труба присоединена к всасам вентиляторов. Рабочий участок установлен на расстоянии 1,5 м от входа в трубу. Подробно экспериментальная установка описывается в [1, с. 45].

Таблица 1

Геометрическая характеристика пучка

Диаметр труб, мм		Длина, (рабочая)					Коли- чество, шт.	Мате- риал трубок
наруж- ный, $d_{\text{нар}}$	внутрен- ний, $d_{\text{вн}}$	$l_{\text{тр}}$, мм	Z_1	Z_2	$\frac{S_1}{d_{\text{нар}}}$	$\frac{S_2}{d_{\text{нар}}}$	Z	
12	10	210	4 ÷ 5	12	2,0	1,5	54	латунь

Температуру воздуха до и после пучка в поперечном направлении измеряли пятью хромелькопелиевыми термопарами 0,3, установленных в одной плоскости, по одной на каждой стороне газхода, и одна посередине. Расстояние от концов термопар до стенок газхода составляло 40 мм. Термо ЭДС термопар измерялся ампервольтметрами Ф-30.

Для расчетов принимались усредненные значения показаний термопар. Предварительно в опытах изучалась равнодействующая температурного поля, и

затем при обработке вводился коэффициент поля. Обычно расхождение в показаниях термопар не превышало 1,5 °С.

Для измерения температур поверхности трубок использовались девять термопар. Термопары устанавливались на трех трубках, по три штуки в первом, шестом и двенадцатом рядах пучка.

Расходы воздуха в обоих газоходах измерялись трубками Прандтля. Трубки Прандтля были установлены в области стабилизированных участков движения потока после пучка.

Динамические и статистические давления потока измерялись с помощью миниметра Аскания. Сопротивление пучка принималось как разница статистических давлений до и после пучка. Импульсы для замеров перепадов отбирались от всех четырех сторон трубы, объединялись, и затем подводились к миниметру Аскания.

Опытные данные обрабатывались в следующей последовательности. Вначале подсчитывали тепловой баланс:

$$Q_{\text{отд}} = Q_{\text{восп}} \cdot \eta$$

где $Q_{\text{отд}}$ - количество теплоты, отданная горячим воздухом;

$Q_{\text{восп}}$ - количество теплоты, воспринятое холодным воздухом;

η - коэффициент, учитывающей потери тепла в окружающую среду от наружных поверхностей нагрева аэродинамической трубы.

$$Q_{\text{отд}} = 3600 \cdot M_1 \cdot C_{p1} (t_1 - t_2); \text{ ккал/час}$$

$$Q_{\text{восп}} = 3600 \cdot M_2 \cdot C_{p2} (t_4 - t_3); \text{ ккал/час}$$

C_{p1} ; C_{p2} - теплоемкость воздуха.

t_1 , t_3 - температура греющих и нагреваемых теплоносителей до пучка, 0К.

t_2 , t_4 - температуры греющих и нагреваемых теплоносителей после пучка, 0К.

M_1 , M_2 - массовый расход греющего и нагреваемого теплоносителя, кг/с;

Коэффициент теплопередачи определится по зависимости:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\ell}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}};$$

α_1 – коэффициент теплоотдачи греющего воздуха; Вт/м² × К.

α_2 - коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности трубок к нагреваемому теплоносителю; Вт/м² × К.

Толщина стенки трубок:

$$\ell = \frac{d_{\text{н}} - d_{\text{вн}}}{2}; \text{ мм}$$

λ - коэффициент теплопроводности; Вт/(м² · К).

$$\alpha_1 = \frac{Q_{\text{омд}}}{\left(\frac{t_1 + t_2}{2} - \bar{t}_{\text{стп}}\right) \cdot F_3}; \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$\bar{t}_{\text{стп}}$ – средняя температура стенок трубок пучка; 0К.

$$\alpha_2 = \frac{Q_{\text{восп}}}{\left(\bar{t} - \frac{t_4 + t_3}{2}\right) \cdot F_4}; \text{ Вт/м}^2 (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

F_4 – сумма площади поверхности трубок; м²

$$F_4 = \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot \ell_{\text{тр}} \cdot Z$$

$d_{\text{вн}}$ - внутренний размер диаметра трубки; м.

В ходе эксперимента была произведена одна серия опытов по изучению воздействия интенсификаторов на величину общего теплообмена и аэродинамических сопротивлений.

В результате проведенных экспериментов были получены эмпирические зависимости:

$$Nu = 0,356 \cdot Re^{0,6} ; \quad \xi = 25,91 \cdot Re^{-0,27}$$

Заключение. Рассматриваемый в данной статье метод повышения конвективного теплообмена следует разделить на группы:

- 1) задание потокам жидкости вращательных и поступательных движений;
- 2) разрушение течения пристенного слоя жидкостей.

Первый способ включает в себе в создание закрученных движений потоков с помощью завихрителей (плоская перегородка, увеличенные диаметры нескольких труб пучка). Такие завихрители будут воздействовать на весь имеющийся поток жидкости. Второй способ представляет собой воздействие на пристенные области течения за счет создания искусственной шероховатости за счет установки внутри стенок труб проволочной спирали.

Список литературы:

1. Сугиров Д.У. Исследование влияния перегородки, установленной за пучком теплообменных труб, на теплообмен и аэродинамику // Изв. АН ТССР, сер. физ. мат. хим. геол. наук. 1991. №4. С. 104-108
2. Курбанов Х.К., Пермяков Б.А., Курбанов Б.К., Пермяков А.Б. Охрана воздушного бассейна от выбросов теплогенерирующих установок. Ашгабад: ЫЛЫМ, 1994. 248 с.