

МРНТИ 44.31.01

Д.У. Сугиров | ©

*Д-р техн. наук, профессор*

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-8109-1658>*Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова**г. Актау, Казахстан*sugirov-56@mail.ru<https://doi.org/10.55956/GMIX6716>

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ КАРТИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕПЛОТДАЧ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ПУЧКА ТРУБ

Аннотация. В работе изложена возможность построения пространственных графиков изменения теплоотдач точек пучка гладких труб, позволяющая наглядно описать такие изменения в зависимости от значения числа Рейнольдса и степени турбулизации. Описана возможность построения наглядных картин изменения теплоотдач нескольких точек пучка труб, наглядно описывающие изменения теплоотдач в зависимости от сопротивлений и уровня турбулентности. Выявлено, что перегородка, установленная впереди пучка, может влиять на теплоотдачу отрицательно. Установлено, что увеличение числа Рейнольдса, приводит к некоторому росту теплоотдачи, так как первое способствует разрушению застойных зон за турбулизаторами.

Ключевые слова: теплообменник, конвективный теплообмен, теплоотдача, аэродинамическое сопротивление.



Сугиров, Д.У. Аксонометрические картины изменения локальных теплоотдач характерных точек пучка труб [Текст] / Д.У. Сугиров // Механика и технологии / Научный журнал. – 2021. – №3(73). – С.34-38. <https://doi.org/10.55956/GMIX6716>

Введение. Известно, что повышение КПД котла за счет интенсивного использования тепла уходящего газа является одним из резервов в уменьшении удельного расхода топлива. Эти потери достигают до 20% тепловой энергии. Интенсификация теплообмена с помощью установок турбулизаторов в экономайзерах и воздухоподогревателях котельных агрегатов будет способствовать значительному сохранению топлива.

Интенсификаторы теплообмена (турбулизаторы) улучшают теплообмен, в ряде установок создают эффект «самоочистки» от подвижных зольных отложений на поверхностях теплообмена. К тому же экономия топлива за счет его полного сгорания уменьшит вредное воздействие уходящих газов на окружающую среду.

Условия и методы исследований. В представленном эксперименте методика обработки полученных опытных данных имеет следующий вид.

Тепловой баланс установки описывается следующей зависимостью:

$$Q_{отд} = Q_{вост} \cdot \eta \quad (1)$$

где: $Q_{отд}$ - количество теплоты, отданная горячим воздухом, ккал/час; $Q_{восп}$ - количество теплоты, воспринятое холодным воздухом, ккал/час; η - коэффициент, учитывающий потерю тепла в окружающую среду от наружной поверхности нагрева.

$$Q_{отд} = 3600 \cdot M_1 \cdot C_{p1} (t_1 - t_2) \quad (2)$$

$$Q_{восп} = 3600 \cdot M_2 \cdot C_{p2} (t_4 - t_3) \quad (3)$$

где: C_{p1} ; C_{p2} - коэффициент теплоемкости воздуха; t_1 , t_3 - температура греющего и нагревающего теплоносителя до пучка, °К; t_2 , t_4 - температура греющей и нагреваемой среды после пучка, °К; M_1 , M_2 - массовый расход нагревающего и греющего воздуха, кг/с.

$$M_1 = \bar{\omega}_1 \cdot F_1 \cdot \rho_1; \quad (4)$$

$$M_2 = \bar{\omega}_2 \cdot F_2 \cdot \rho_2; \quad (5)$$

где: $\bar{\omega}_1$; $\bar{\omega}_2$ - средняя скорость воздуха в месте измерений потоков, м/сек; F_1 , F_2 - площадь поперечного сечения газотока в местах измерения скорости, м²; t_{f1} ; t_{f2} - температура воздуха в месте измерения скоростей, °К.

Итак,

$$Q_{отд} = 3600 \cdot \omega_1 \cdot F_1 \cdot \frac{\rho_0 \cdot (273 + 0)}{273 + t_2} \cdot C_p \cdot (t_1 - t_2); \quad (6)$$

$$Q_{восп} = 3600 \cdot \omega_2 \cdot F_2 \cdot \frac{\rho_0 \cdot (273 + 0)}{273 + t_4} \cdot C_p \cdot (t_4 - t_3). \quad (7)$$

Результаты исследований. Для расчетов теплообмена были взяты показания локальных теплоотдач девяти точек трубного пучка [1]. На рисунке 1 приведена расчетная схема для определения локальных точек теплоотдач.

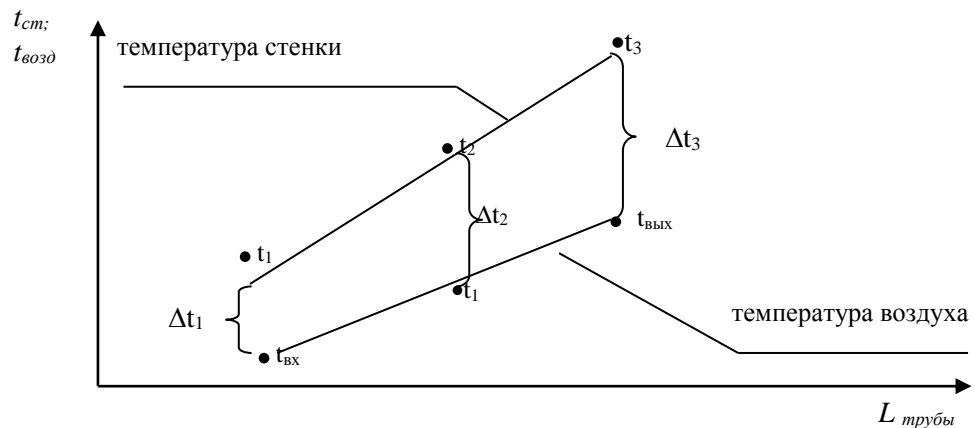
Локальная теплоотдача любой точки пучка определяется из следующего соотношения:

$$\alpha_{лок_i} = \frac{q}{\Delta t_{лок_i}}; \quad (8)$$

где $q = \frac{Q_{восп}}{F}$ - удельная тепловая нагрузка, равномерно распределенная по всей длине трубы.

Для каждой точки пучка, где установлены термомпары, локальные теплоотдачи определяются по следующим формулам:

$$\alpha_{лок_1} = \frac{q}{\Delta t_1}; \quad \alpha_{лок_2} = \frac{q}{\Delta t_2}; \quad , \dots , \quad \alpha_{лок_9} = \frac{q}{\Delta t_9}; \quad (9)$$



t_1, t_2, t_3 – показания термомпар в точках 1, 2, 3; $t_{вх}, t_{вых}$ – средняя температура теплоносителя до и после пучка; $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$ – разница температур в точках пучка.

Рис. 1. Расчетная схема определения точек локальных теплоотдач

Все изменения характерных точек локальной теплоотдачи зависят от изменений двух важных параметров - числа Рейнольдса Re и величин степени закрытия газохода. Это дает возможность построить пространственный график, наглядно описывающий все эти изменения, т.е. можно построить аксонометрические проекции локальных теплоотдач точек 1-9, рассчитанные по формулам (9) в зависимости от значений Re и δ .

Обсуждение научных результатов. С помощью программы *Microsoft Excel*, построен график изменения локальной теплоотдачи точек 1-9 в виде аксонометрии (осями проекций явились: локальная теплоотдача точек 1-9, число Re и степень закрывания газохода турбулизатором δ), при установке плоского турбулизатора, устанавливаемых до и после трубного пучка. Значения локальной теплоотдачи точек варьировались в пределах 60-160 Вт/(м²), число Рейнольдса – 7000-11000, а изменение степеней перекрытия газоходов равнялось: $\delta = 0; 0,1; 0,3; 0,5$. Значения теплоотдач точки 1 при 0 приняты $Re = 7000$.

На рисунке 2 видно, что перегородка, установленная впереди пучка, может влиять отрицательно на теплоотдачу точки 1. Это можно объяснить тем, что точка 1 расположена в застойной зоне за перегородкой, и ее теплоотдача снижается по мере увеличения. Возрастание чисел Re приводит к ощутимым увеличениям теплоотдач в этой точке. Это способствует разрушению застойных зон за турбулизаторами. В точках 2, 3, 5, 6 можно наблюдать возрастание теплоотдачи. Это, вероятно, связано со смещениями турбулентных вихрей вниз от места установки интенсификатора, порождающий активный теплообмен.

В последних рядах, а именно в точках 7, 8 и 9, заметного влияния турбулизатора на процесс теплообмена не наблюдается. Это объясняется тем, что по мере удаления потока от турбулизаторов внутри пучка возникают стойкие «внутренние» турбулентности, вызванные самими же трубками, а на эти процессы сложно оказывать влияние такими способами интенсификации [2].

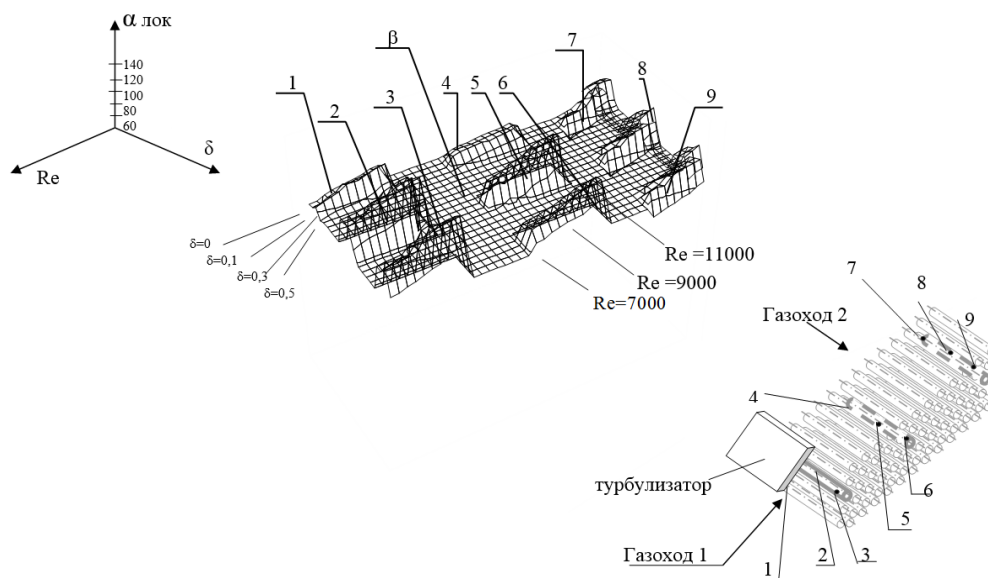


Рис. 2. Аксонометрическая картина

Заключение. Таким образом использование данного метода по наглядному изображению значений локальных теплоотдач показала, что перегородка, установленная впереди пучка, может влиять отрицательно на теплоотдачу точки 1. Увеличение чисел Рейнольдса, приводят к некоторым увеличениям теплоотдач в этой точке. Возрастание теплоотдач некоторых точек связано со смещениями турбулентных вихрей вниз от места установки интенсификатора, вызывающий активный теплообмен. В последних же рядах пучка заметное влияние турбулизатора на теплообменный процесс не наблюдается.

Список литературы

1. Сугиров, Д.У. Устройство для турбулизации потока в теплообменном аппарате [Текст] / Д.У. Сугиров [и др.] / Временный патент Туркменистана, №224 от 13.03.2000. Заявка №09/10656N.
2. Курбанов, Х.К. Исследование влияния перегородки, установленной за пучком теплообменных труб на теплообмен и аэродинамику [Текст] / Х.К. Курбанов, Б.А. Пермяков, Д.У. Сугиров // Изв. АН Туркменистана, сер. физ.мат.тех.хим.геол.наук. – 1991. – №4. – С.104-108.

Материал поступил в редакцию 22.09.21.

Д.У. Сугиров

*Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті,
Ақтау қ., Қазақстан*

ЖЕРГІЛІКТІ ЖЫЛУ БЕРІЛІСТЕРІ ӨЗГЕРУІНІҢ АКСОНОМЕТРИЯЛЫҚ СУРЕТТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада Рейнольдс санына және турбуленттілік дәрежесіне байланысты осы өзгерістерді нақты сипаттауға мүмкіндік беретін тегіс құбырлар шоғы нүктелерінің жылу беру өзгеруінің кеңістіктік графиктерін құру мүмкіндігі баяндалған. Кедергілер мен турбуленттілік деңгейіне байланысты жылу берудің

өзгеруін көрнекі түрде сипаттауға мүмкіндік беретін құбырлар шоғырының бірнеше нүктелерінің жылу беруі өзгеруінің көрнекі суреттерін құру мүмкіндіктері сипатталған. Сәуленің алдына қойылған бөлік жылу берілуіне теріс әсер етуі мүмкін екені көрсетілген. Рейнольдс санының көбеюі жылу берудің біршама өсуіне әкелетіні анықталған, өйткені Re санының өсуі турбулизаторлардың артындағы тоқырау аймақтарының жойылуына ықпал етеді.

Тірек сөздер: жылу алмастырғыш, конвективті жылу алмасу, жылу беру, аэродинамикалық кедергі.

D.U. Sugirov

*Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenov,
Aktau, Kazakhstan*

AXONOMETRIC PATTERNS OF CHANGES IN LOCAL HEAT TRANSFER CHARACTERISTIC POINTS OF THE TUBE BUNDLE

Abstract. The article describes the possibility of constructing spatial graphs of changes in the heat transfer points of a beam of smooth pipes, which make it possible to visually describe these changes depending on the number of Re and the degree of turbulence. The possibilities of constructing visual pictures of changes in the heat transfer of several points of the pipe bundle are described, which make it possible to visually describe changes in the heat transfer depending on the resistances and the level of turbulence. The article concluded that the partition installed in front of the beam can negatively affect the heat transfer. The increase in the Reynolds numbers has led to some increases in heat transfer, since the increase in the Re number contributes to the destruction of stagnant zones behind the turbulators.

Keywords: heat exchanger, convective heat and mass transfer, heat transfer, aerodynamic drag.

References

1. Sugirov D.U. et al. Ustrojstvo dlja turbulizacii potoka v teploobmennom apparate [Device for turbulizing the flow in the heat exchanger].- Vremennyj patent Turkmenistana [Temporary patent of Turkmenistan], No. 224 of 13.03.2000. Application no. 09/I0656N. [in Russian].
2. Kurbanov Kh.K., Permyakov B.A., Sugirov D.U. Issledovanie vlijaniya peregorodki, ustanovlennoj za puchkom teploobmennyh trub na teploobmen i ajerodinamiku [Investigation of the influence of a partition installed behind a bundle of heat-exchange pipes on heat exchange and aerodynamics]. Izvestiya Akedemii nauk Turkmenistana [Bulletin of the academy of sciences of Turkmenistan], ser. fiz. mat. teh. chem. geol.nauk, 1991. - No. 4. - pp. 104-108. [in Russian].