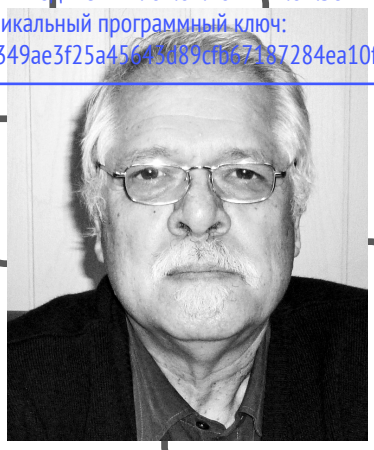
Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Махаева Наталья Юрьевна
Должность: Проректор по учебной и воспитательной работе, молодёжной политике ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ"
Дата подписания: 02.02.2024 11:01:58
Уникальный программный ключ:
fa349ae3f25a45643d89cfb67187284ea10f48e8

DOI 10.35694/YARCX.2019.46.2.017

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРА МАЛОЙ МОЩНОСТИ



О.Г. Несиоловский (фото)
к.т.н., доцент, доцент кафедры технического сервиса
Р.Д. Адакин
старший преподаватель кафедры технического сервиса
Н.А. Козлов
аспирант кафедры технического сервиса
Е.В. Уткин
обучающийся инженерного факультета
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, г. Ярославль

Теплоутилизатор, дымовые газы, теплогенерирующее устройство, теплообмен

Heat exchanger, stack effluent, heat producing device, heat exchange

Одной из основных тенденций в области энергоресурсов является утилизация тепла, уходящего с дымовыми газами. Имеется множество устройств – утилизаторов тепла, предназначенных для мощных теплогенерирующих устройств. Обычно это рекуперативные или регенеративные теплообменники, имеющие значительные весогабаритные показатели, а, следовательно, высокую стоимость. Рекуперативные утилизаторы кожухотрубного типа достаточно надёжны и долговечны, но сложны в изготовлении (высокая трудоёмкость при изготовлении трубчатой конструкции) и обслуживании (технологические сложности при очистке внутренней поверхности трубок и межтрубного пространства). В качестве рекуперативных утилизаторов используются вращающиеся массивные диски, которые при вращении поочередно проходят горячие и холодные потоки газа. Такого типа утилизаторы достаточно сложны, потребляют электроэнергию для вращения диска, что повышает стоимость их эксплуатации. Подобные утилизаторы для теплогенерирующих устройств малой мощности (до нескольких десятков кВт) имеют сложную конструкцию, высокую стоимость и трудоёмкое обслуживание при эксплуатации, что обусловило их незначительное распространение.

Как показал анализ существующих конструкций, для утилизации тепла представляют определённый интерес пластинчатые рекуперативные теплообменники. Они относительно просты, имеют низкую стоимость по сравнению с другими теплообменниками (состоят в основном из штампованных деталей, стянутых в пакет с помощью резьбовых шпилек) и удобны для обслуживания во время эксплуатации. Известные конструкции таких теплообменников, как правило, предназначены для больших тепловых мощностей. Примеров использования пластинчатых теплообменников сравнительно небольшой тепловой мощности для утилизации тепла практически неизвестно. Исходя из положительных качеств пластинчатых теплообменников, можно говорить о целесообразности работы над подобными устройствами с целью утилизации тепла. Конечной целью проводимой нами работы является разработка эффективного малогабаритного и недорогого теплоутилизатора для теплогенерирующих устройств малой мощности.

При создании подобных устройств необходимо решить ряд задач:

1) разработать методику расчёта теплоутилизатора;

2) разработать общую схему теплоутилизационной установки;

3) разработать и изготовить установку для испытания теплообменника;

4) создать виртуальную модель пластинчатого теплоутилизатора для изучения процессов, происходящих в ходе теплообмена между дымовыми газами и нагреваемым воздухом.

Методика

Методика расчёта подобных теплоутилизаторов основывается на двух основных формулах (1), (2):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R_{\text{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \qquad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи, отнесённый к поверхности теплопередачи для плоской стенки [1, 2, 3].

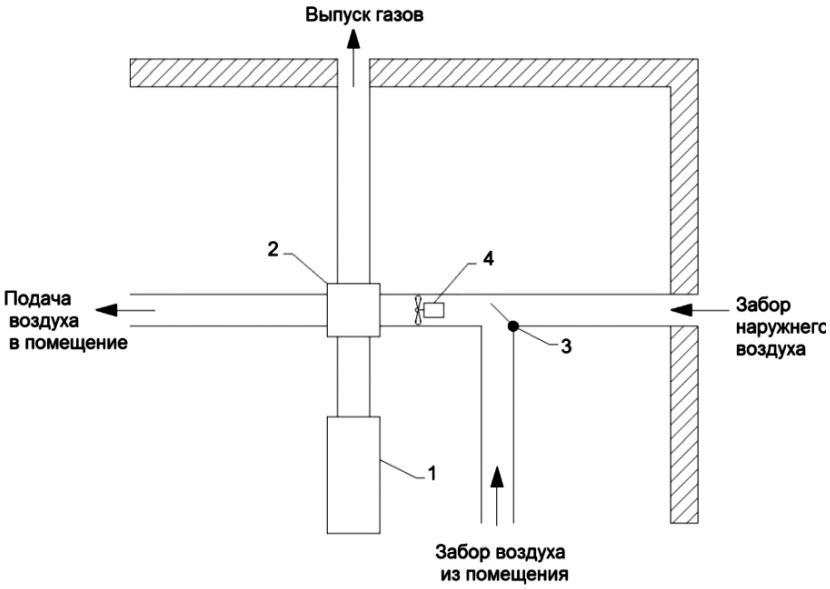
Главная трудность при расчёте коэффициента теплопередачи состоит в определении коэффициентов теплоотдачи α_1 и α_2, которые определяются или с помощью критериального уравнения (2), или опытным путём.

При турбулентном режиме течения рабочей среды для области Re от 50 до 20000 действительны расчётные уравнения для критериев Нуссельта, Эйлера и Рейнольдса:

$$Nu = 0{,}135\, Re^{0.73}\, Pr^{0.43} \left(\frac{Pr}{Pr_{\text{ст}}}\right)^{0{,}25}. \qquad (2)$$

Что касается схемы теплоутилизации в целом, то в настоящее время разработан следующий вариант утилизации тепла отработавших газов с помощью пластинчатого теплообменника [4] (рис. 1).

В этом устройстве в качестве вторичного энергоресурса используются отработавшие газы, поступающие от теплогенерирующего устройства в рекуперативный теплообменник. Теплообменник состоит из системы алюминиевых гофрированных или гладких пластин, в котором горячий



1 – теплогенерирующее устройство; 2 – рекуперативный теплообменник; 3 – заслонка; 4 – вентилятор.

Рисунок 1 – Схема системы утилизации теплоты отработавших газов теплогенерирующего устройства

и холодный теплоносители движутся между этими пластинами, не перемешиваясь друг с другом. Забор воздуха подводят через соответствующие входные патрубки из помещения или снаружи помещения. Имеется заслонка, которая позволяет контролировать забор воздуха с улицы. При движении потоков через теплообменник происходит передача теплоты через стенки от отработавших газов к холодному приточному воздуху. Затем эти потоки выводят из теплообменника и далее через соответствующие выходные патрубки отработавшие газы – на улицу, а нагретый воздух – в помещение. Далее воздух идёт на технологические нужды или на теплоснабжение (отопление).

Возможны и другие виды утилизации тепла отработавших газов, например, нагрев воды для горячего водоснабжения.

Для испытания пластинчатых теплоутилизаторов разработана следующая установка (рис. 2).

Основные элементы опытной установки представлены на рисунке 3.

После проведения работ на опытной установке, получения и обработки данных, основные исследования предполагается вести методом чи-

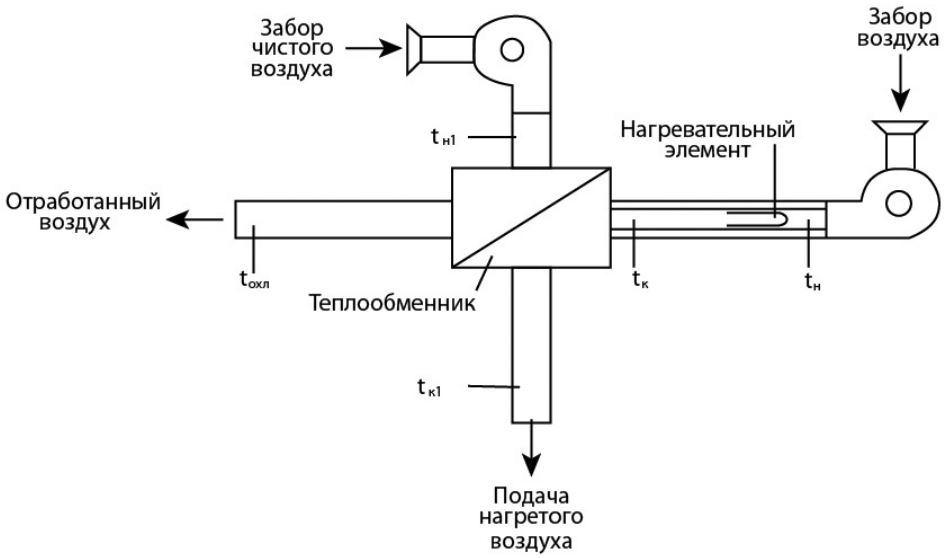


Рисунок 2 – Схема опытной установки для испытания и исследования теплообменника – утилизатора малой мощности

сленного моделирования с помощью программы SolidWorks [5], которая позволяет моделировать процессы течения газа и теплопередачи от отработавших газов к холодному воздуху. Для проведения таких работ была создана виртуальная модель пластинчатого теплоутилизатора (рис. 4).

Эта модель позволяет изучать процессы теплообмена, течения газов в пространстве между пластинами, а также сравнивать изменения этих процессов при изменении параметров теплоутилизатора.

1 – часть установки для подачи горячего воздуха;
2 – корпус для размещения теплообменной части;
3 – теплообменные пластины.

Рисунок 3 – Элементы исследовательской установки

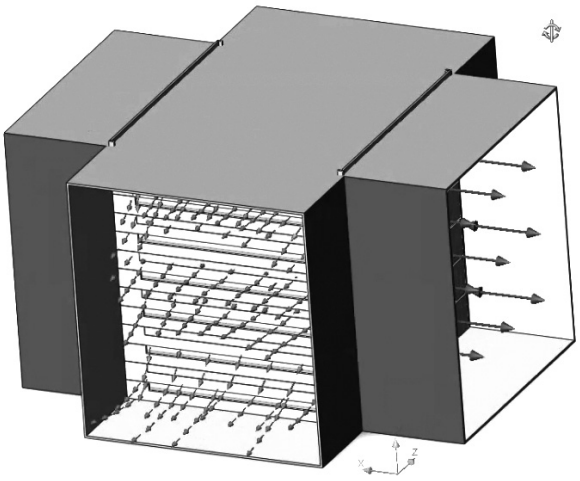


Рисунок 4 – Виртуальная модель теплообменной части утилизатора тепла

Выводы

Таким образом, нами разработаны испытательный стенд и виртуальная модель компактного и недорогого теплоутилизатора, который можно использовать как для бытовых теплогенерирующих устройств, так и для хлебопекарных печей и других теплогенерирующих устройств малой мощности. Основой такого теплоутилизатора является пластинчатый теплообменник, представляющий собой легкосменную кассету.

Литература

1. Теплотехника [Текст]: учеб. для вузов / под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. – М.: Изд-во Высшая школа, 2000. – 671 с.: ил.

2. Байгалиев, Б.Е. Теплообменные аппараты [Текст]: учеб. пособие / Б.Е. Байгалиев, А.В. Щелчков, А.Б. Яковлев, П.Ю. Гортышов. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. университета, 2012. – С. 43–59.

3. Черноногова, И.В. Особенности методики расчета теплообменника-утилизатора пластинчатого типа [Текст] / И.В. Черноногова, О.Г. Несиоловский // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2017. – Т. 1. – № 1-1. – С. 159–162.

4. Справочник по теплообменникам [Текст]: в 2-х т. Т. 2 / пер. с англ.; под ред. О.Г. Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 467 с.

5. Справка по SOLIDWORKS [Электронный ресурс]: основные принципы SolidWorks. – URL: http://help.solidworks.com/2013/russian/SolidWorks/sldworks/ c_solidworks_fundamentals_overview.htm?verRedirect=1 (дата обращения: 01.08.2018).

References

1. Teplotehnika [Tekst]: ucheb. dlja vuzov / pod red. V.N. Lukanina. – 2-e izd., pererab. – M.: Izd-vo Vysshaja shkola, 2000. – 671 s.: il.

2. Bajgaliev, B.E. Teploobmennye apparaty [Tekst]: ucheb. posobie / B.E. Bajgaliev, A.V. Shchelchkov, A.B. Yakovlev, P.Yu. Gortyshov. – Kazan': Izd-vo Kazan. gos. tehn. universiteta, 2012. – S. 43–59.

3. Chernonogova, I.V. Osobennosti metodiki rascheta teploobmennika – utilizatora plastinchatogo tipa [Tekst] / I.V. Chernonogova, O.G. Nesiolovskij // Istorija i perspektivy razvitija transporta na severe Rossii. – 2017. – T. 1. – № 1-1. – S. 159–162.

4. Spravochnik po teploobmennikam [Tekst]: v 2-h t. T. 2 / per. s angl.; pod red. O.G. Martynenko i dr. – M.: Jenergoatomizdat, 1987. – 467 s.

5. Spravka po SOLIDWORKS [Jelektronnyj resurs]: osnovnye principy SolidWorks. – URL: http://help.solidworks.com/2013/russian/SolidWorks/sldworks/ c_solidworks_fundamentals_overview.htm?verRedirect=1 (data obrashhenija: 01.08.2018).