

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей
международной научной конференции,
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2018

Редакционная коллегия:

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

УДК 504.06

ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОВОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ
 ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ КУХОНЬ
 С УНИВЕРСАЛЬНЫМИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ БЫТОВЫМИ ГАЗОВЫМИ ПЛИТАМИ
 КОНСТРУКЦИИ ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

В.И. Липко, А.С. Ланезо

Полоцкий государственный университет, Беларусь

email: kafedratgsv@mail.ru

Представлены результаты исследований вентиляции газифицированных кухонь, предназначенные для создания воздухообменного процесса внутри жилых зданий с функцией подогрева приточного вентиляционного воздуха с использованием теплоты уходящих газов. Проанализированы и обобщены результаты полученных данных теоретических исследований по математическому моделированию тепломассообменных процессов устройства тепловой вентиляции газифицированных кухонь и данных, полученных при проведении экспериментальных исследований для оценки эффективности утилизации тепловых выбросов от бытовой газовой плиты для предварительного подогрева приточного вентиляционного воздуха.

Ключевые слова: микроклимат, энергоресурсосбережение, воздухообеспечение, газоснабжение, теплоснабжение, рекуперация, утилизация, модернизация, инновации.

ENERGY-EFFICIENCY EFFICIENT SYSTEM OF THERMAL VENTILATION
 OF GASIFICATED KITCHEN
 WITH UNIVERSAL MULTIFUNCTIONAL HOUSEHOLD GAS PLATES
 OF STRUCTURE OF POLOTSKOY STATE UNIVERSITY

V. Lipko, A. Lapezo

Polotsk State University, Belarus

email: kafedratgsv@mail.ru

The results of studies of ventilation of gasified kitchens intended for the creation of an air exchange process inside residential buildings with the function of heating the fresh air ventilation with the use of the heat of the exhaust gases are presented. The results of the obtained theoretical research data on the mathematical modeling of heat and mass exchange processes of the device for thermal ventilation of gasified kitchens and the data obtained during the pilot studies for estimating the efficiency of utilization of thermal emissions from a household gas cooker for preliminary heating of the fresh air ventilation air are analyzed and summarized.

Keywords: microclimate, energy and resource saving, air supply, gas supply, heat supply, recuperation, utilization, modernization, innovations.

Введение. Несовершенство технологии использования топливно-энергетических ресурсов в градостроительной отрасли и коммунально-бытовом секторе экономики, потребляющих более трети всех видов твердого, жидкого и газообразного топлива и электроэнергии, является обременительным для всего народного-хозяйственного комплекса Респуб-

лики Беларусь, импортирующей большую их часть, что значительно повышает энергоёмкость валового национального продукта и существенно снижает конкурентоспособность производимой продукции, в связи с чем дальнейшее совершенствование инженерных систем теплогазоснабжения и воздухообмена зданий с наружными ограждениями повышенной теплозащиты и герметичности, направляемых на энергоресурсосбережение в условиях комфортного проживания, являются одним из важнейших направлений государственных программ научных исследований Республики Беларусь.

Основная часть. Для обеспечения комфортных условий проживания, отвечающих современным санитарно-гигиеническим требованиям к качеству воздушной среды внутри отапливаемых и вентилируемых помещений, необходим комплексный подход к решению сложнейших научно-технических проблем, таких как:

- обеспечение нормативного воздухообмена с естественной вентиляцией за счет инфильтрации в условиях практически полной герметизации наружных ограждающих конструкций;
- улучшения качества микроклимата, снижения загазованности и переувлажнения в условиях открыто сжигаемого природного и сжиженного газа с выделением вредных веществ непосредственно внутрь жилых помещений;
- перерасход газообразного топлива из-за несовершенства конструктивно-технологического исполнения бытовых газовых плит;
- отсутствие использования теплоты продуктов сжигания газа бытовых газовых плит в теплоутилизационных устройствах перед выбросом в атмосферу для предварительного подогрева приточного вентиляционного воздуха, снижающего нагрузку на систему отопления от внешних энергоисточников.

Для успешной реализации всех этих проблем предлагается к внедрению инновационная разработка Полоцкого государственного университета многофункциональной бытовой газовой плиты (рис. 1) с широкими экологически безопасными энергоресурсоэффективными возможностями её использования, подтверждёнными патентами Республики Беларусь [1, 2].

На основании использования многофункциональных бытовых газовых плит конструкции Полоцкого государственного университета разработано устройство тепловой вентиляции газифицированных кухонь предназначенное для создания воздухообменного процесса внутри жилых зданий с функцией подогрева приточного вентиляционного воздуха, изображенной схематично на рисунке 2 и состоящей из воздухозаборной решетки 1, воздушного фильтра 2, приточного вентиляционного теплоизолированного воздуховода 3, входного патрубка 4, клинообразного воздухораспределителя 5 с кольцевыми отверстиями 6 со стороны теплообменной камеры 7 кожухотрубного теплообменника 8, клинообразного воздухоборника 9 с кольцевыми отверстиями 10 со стороны теплообменной камеры 7, приточного патрубка 11 и регулируемой жалюзийной решетки 12 образующих нагревательный контур кожухотрубного теплообменника 8, теплообменных трубок 15, расположенных в теплообменной камере 7 и соединяющих приемную камеру 14 с верхним клинообразным воздухоборником 16, присоединенным через выходной патрубок 17 к вытяжной системе вентиляции здания 18.

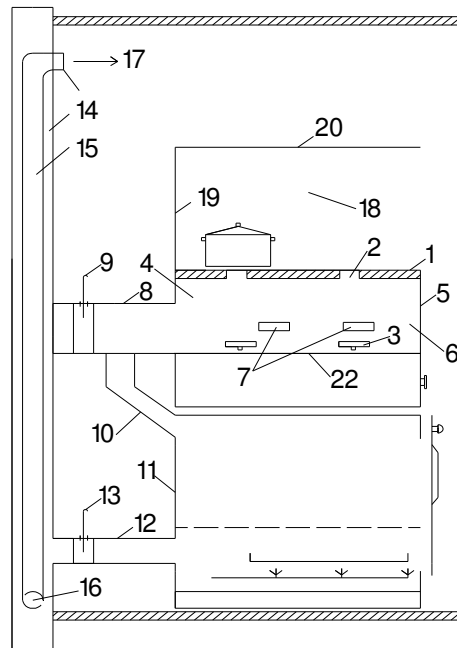


Рисунок 1. –Бытовая газовая плита:

1 – жарочная плита; 2 – открывающиеся крышки; 3 – газовые горелки; 4 – камера сжигания; 5 – глухая стенка; 6 – боковые стенки; 7 – отверстия для поступления воздуха; 8 – верхний прямооточный клапан; 9 – регулирующий шибер; 10 – промежуточный клапан; 11 – духовой шкаф; 12 – нижний вытяжной канал; 13 – регулирующий шибер; 14 – газоотводный канал; 15 – трубчатый теплообменник; 16 – воздухозаборная трубка; 17 – выходной патрубок; 18 – шкафное аспирационное укрытие; 19 – задняя стенка шкафного аспирационного укрытия; 20 – верхняя часть шкафного аспирационного укрытия; 21 – боковые стенки шкафного аспирационного укрытия; 22 – подгорелочный лист

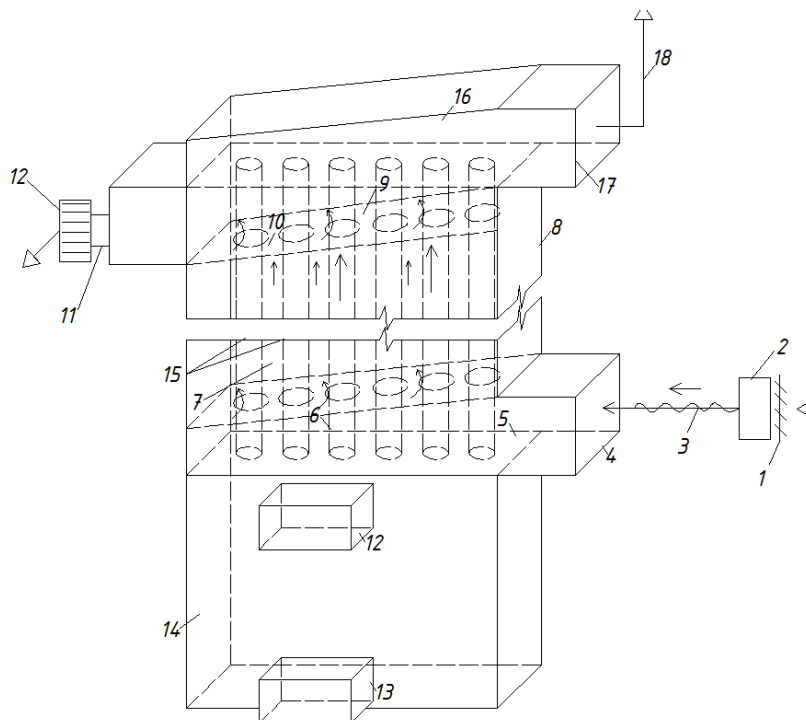


Рисунок 2. – Схема тепловой вентиляции газифицированных кухонь

Кожухотрубный теплообменник 8 габаритами 0,5 x 0,1 x 2,5 (рис. 3) устанавливается в нише капитальной стены помещения кухни за универсальной бытовой газовой плиты [1, 2] и не загромождает пространство кухни, а замена воздушного фильтра 2 выполняется через открывающееся кухонное окно.

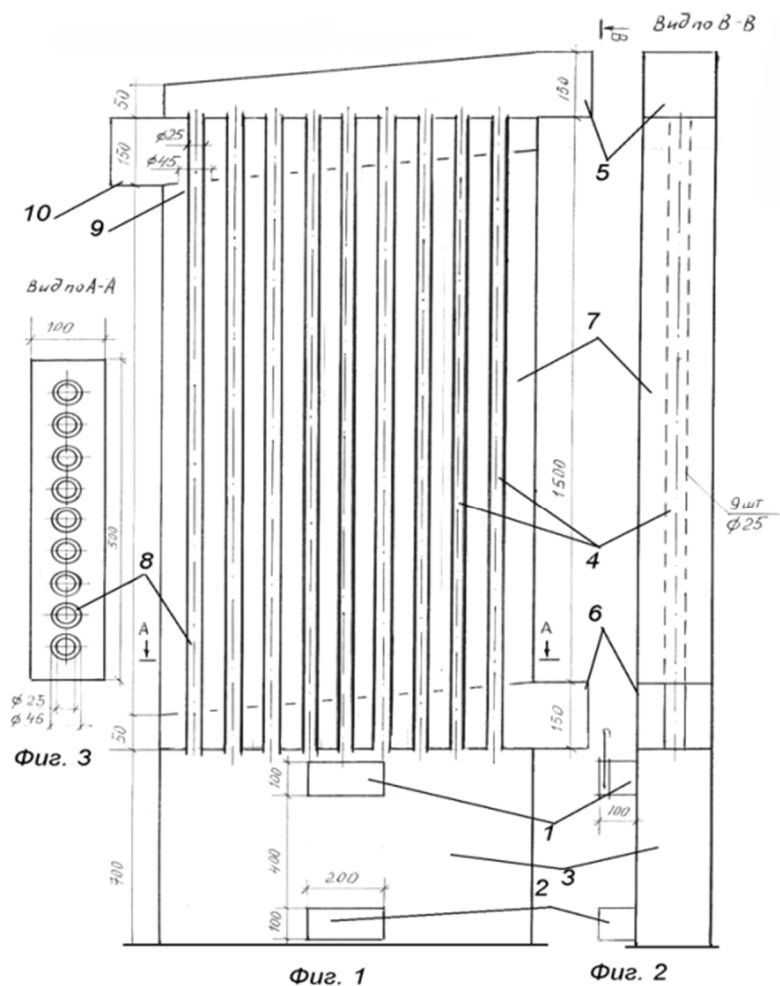


Рисунок 3. – Рекуперативный теплоутилизатор универсальной бытовой газовой плиты

Технологически принцип работы устройства тепловой вентиляции газифицированных кухонь заключается в том, что под действием работы системы вытяжной вентиляции здания 18 с наружными ограждениями повышенной теплозащиты и герметичности продукты сжигания газа из универсальной бытовой газовой плиты [1, 2] с температурой $t_r > 100^\circ\text{C}$ через верхний 12 или нижний 13 (см. рис. 2) присоединительные патрубки поступают в приемную камеру 14 кожухотрубного рекуперативного теплообменника 8 и движутся по теплообменным трубкам 15 снизу вверх по теплообменной камере 7, передавая при этом через контактные наружные поверхности теплообменных трубок 15 теплоту греющих продуктов сжигания газа холодному наружному приточному воздуху, который также движется снизу вверх в межтрубном пространстве теплообменной камеры 7, а затем через верхний клинообразный воздухоотборник 16, выходной патрубков 17 и вытяжную систему 18, вентиляции здания выбрасывается в атмосферу, формируя таким образом греющий контур кожухотрубного рекуперативного теплообменника 8, а в нагреваемом контуре наружный воздух заходит через воздухозаборную решетку 1, воздушный фильтр 2, приточный теплоизолированный возду-

ховод 3, входной патрубок 4, клинообразный воздухораспределитель 5 с кольцевыми отверстиями 6 теплообменную камеру 7, из которой через кольцевые отверстия 10, клинообразный воздухосорник 9, приточный патрубок 11 и регулирующую жалюзийную решетку 12 поступает в помещение газифицированной кухни в предварительно подогретом состоянии, снижая при этом тепловую нагрузку на систему отопления здания с функцией энергосбережения теплотребления от внешних энергоисточников.

При рассмотрении тепломассообменных процессов, протекающих в устройстве тепловой вентиляции газифицированных кухонь на основе теории теплотехники в прямоточном газовоздушном рекуперативном теплообменнике изменения температур теплообмениваемых сред осуществляется по графику, представленному на рисунке 4, в котором изменение температур теплоносителей при их движении вдоль поверхности теплообмена происходит нелинейно.

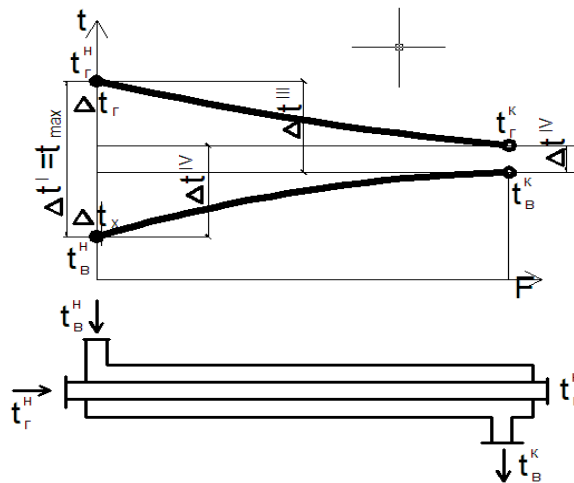


Рисунок 4. – График изменения температур теплообмениваемых сред в прямоточном газовоздушном рекуперативном теплообменнике

Учитывая это обстоятельство, средняя разность температур Δt_{cp} , определяется по логарифмическому уравнению

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}}, \quad (1)$$

где Δt_{δ} – большая разность температур греющего и нагреваемого теплоносителей, °С;

$\Delta t_{\text{м}}$ – меньшая разность температур греющего и нагреваемого теплоносителей, °С.

Общее количество теплоты, передаваемой от нагретых газов через стенку F нагреваемому воздуху определяется из выражения

$$Q = k \cdot F, \quad (2)$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/м²°С;

F – площадь поверхности теплообмена, м².

Коэффициент теплопередачи k через стенку газохода определится из выражения

$$k = 1 / \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right), \quad (3)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент тепловосприятия от греющего теплоносителя к внутренней поверхности стенки газохода, Вт/м²°С;

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стенки газохода нагреваемому теплоносителю, Вт/м²°С;

δ – толщина стенки газохода, м;

λ – теплопроводность материала стенки газохода, Вт/м °С.

$$\alpha_{\text{н}} = 11,6 + 7 \cdot \sqrt{V_{\text{вв}}}, \quad (4)$$

где $V_{\text{вв}}$ – скорость нагреваемого вентиляционного воздуха при его движении внутри теплообменника, м/с.

Поверхность теплопередачи через стенку газохода определится из выражения

$$F_{\text{пр}} = \pi \cdot d_{\text{н}} \cdot l, \quad (5)$$

где $d_{\text{н}}$ – наружный диаметр газохода, м;

l – длина газохода в зоне контакта м.

Для оценки интенсивности теплообмена при утилизации теплоты горячих газов, локально удаляемых от бытовой газовой плиты через рекуперативный теплообменник устройства тепловой вентиляции газифицированных кухонь, используется безразмерный критериальный коэффициент теории подобия критерий Нусельта, определяемый по формуле

$$\text{Nu} = 0,0207 \cdot \text{Re}^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,43} \cdot \theta, \quad (6)$$

где Re – критерий Рейнольдса;

Pr – критерий Прандтля;

$\theta = 1 + 2 \cdot d_{\text{вн}}/l$ – поправочный коэффициент;

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр газохода, м.

По значению критерия Nu определяется величина коэффициента α

$$\alpha = \text{Nu} \cdot \frac{\lambda}{d}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}. \quad (7)$$

Для определения закономерностей изменения теплопроизводительности теплообменника устройства тепловой вентиляции газифицированных кухонь зданий с повышенной теплозащитой и герметичностью наружных ограждений при переменных тепловых и аэродинамических режимах выполнены экспериментальные исследования.

Экспериментальная установка, представленная на рисунке 5, состоит из газовой плиты 1, теплообменника, включающего греющий газоход 4 круглого сечения, диаметром $d_{\text{г}}$, нагреватель воздуха квадратного сечения с входным 2 и выходным 7 патрубками.

Для фиксации температур греющего и нагреваемого теплоносителей, а также температур поверхностей установлены термометры стеклянные 3, 5, 8 и контактные 9, 10, 11 и 12.

Для фиксации скорости движения и расходов греющего и нагреваемого воздушных теплоносителей на установке используются крыльчатые анемометры 13, 14. Для определения расхода сжигаемого газа в установке использован газовый бытовой счетчик 15, а для фиксации давления газа – микроманометр 16.

При розжиге газа от горелки 6 продукты сгорания газа вместе с эжектируемым воздухом образуют смесь греющих газов, направляемую в газоход 4 конвективным потоком, имеющим начальную температуру $t_{\text{пр}}^{\text{н}}$ и температуру на выходе $t_{\text{пр}}^{\text{к}}$ фиксируемую термометром 5.

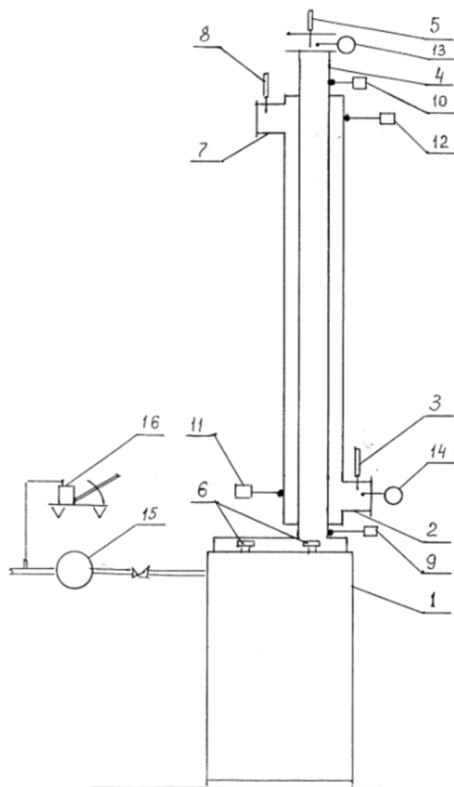


Рисунок 5. – Схема экспериментального стенда для исследования теплообменника газовой плиты

Средняя температура теплоотдающей поверхности $t_{9,10}^{cp}$ газохода 4 измеряется контактными термометрами 9 и 10 и определяется из выражения

$$t_{9,10}^{cp} = \frac{t_9^H + t_{10}^K}{2}, \quad (8)$$

где $t_{9,10}^{cp}$ – соответственно начальная температура поверхности газохода и конечная, °С.

Количество теплоты $Q_{г.с.п}$, затрачиваемой на нагрев вентиляционного воздуха с поверхности газохода, определится из выражения

$$Q_{г.с.п} = K_{г} \cdot F_{п.г} \cdot (t_{9,10}^{cp} - t_{8,14}^{cp}), \quad (9)$$

где $K_{г}$ – коэффициент теплоотдачи через стенку газохода 4, Вт/м²°С;

$F_{п.г}$ – теплоотдающая поверхность газохода, м²;

$t_{9,10}^{cp}$ – средняя температура газовой смеси в газоходе, °С;

$t_{8,14}^{cp}$ – средняя температура нагреваемого вентиляционного воздуха, °С.

Теплоотдающая поверхность газохода определяется из выражения

$$F_{п.г} = \pi \cdot d_{г} \cdot l_{г}, \quad (10)$$

где $d_{г}$ – диаметр газохода, м;

$l_{г}$ – длина теплообменника, м.

При установившемся режиме количество теплоты $Q_{г.с.п}$, передаваемой от первичного теплоносителя (газовой смеси) через стенку газохода, равно количеству теплоты, переходящей по теплообменнику к нагреваемому вентиляционному воздуху, т.е.

$$Q_{г.с.п} = Q_{пг}. \quad (11)$$

Величина $Q_{пг}$ численно равна количеству теплоты, отдаваемой с поверхности газохода, т.е.

$$Q_{пг} = \alpha_n \cdot F_{пг} \cdot (t_{гс}^{ср} - t_{вв}^{ср}), \quad (12)$$

где все входящие величины известны и определяются расчетом или экспериментально.

Вычислив значение $Q_{пг}$ из выражения (12) с учетом выражения (11) решим уравнение (9) относительно величины $t_{гс}^к$

$$t_{гс}^{ср} = t_{вв}^{ср} + \frac{Q_{г.с.п}}{k \cdot F_{пг}}, \quad (13)$$

а величину начальной температуры газовой смеси $t_{гс}^н$ определим из выражения

$$t_{гс}^н = 2 \cdot t_{гс}^{ср} - t_{гс}^к. \quad (14)$$

Значения критерия Re для определения величины α_n вычисляются расчетным путем

$$Re = \frac{V_{гс} \cdot d_{г}}{\nu}, \quad (15)$$

где $d_{г}$ – диаметр газохода 4, м;

$V_{гс}$ – скорость движения газовой смеси по газоходу, замеряемая экспериментально анемометром 13 (см. рис. 5), м/с;

ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с (для средней температуры газовой смеси).

Данные экспериментальных исследований и результаты их обработки по вышеизложенной методике представлены в таблице.

Таблица. – Результаты исследования теплообменника

	$L_1, \text{ м}^3/\text{с}$	$V_{вв}$	α_n	$Q_{пг}, \text{ Вт}$	$\Delta t_{вх}$	$\Delta t_{вых}$	$\ln \frac{\Delta t_{вх}}{\Delta t_{вых}}$	$\frac{\Delta t_{вх}}{\Delta t_{вых}}$	$t_{3,8}^{ср}$	$\Delta t_{ср} = t_{9,10}^{ср} - t_{3,8}^{ср}$	K
1	0,0067	0,22	14,9	82,4	8,3	5,7	0,375	1,456	27,90	7,00	15,07
2	0,0071	0,24	15,0	67,5	10,4	1,0	2,340	10,400	31,50	5,70	21,25
3	0,006	0,20	14,7	58,1	9,0	1,0	2,200	9,000	32,50	5,00	20,20
4	0,0074	0,25	15,1	75,2	12,0	0,6	3,000	20,000	35,00	6,30	25,05
5	0,008	0,27	15,2	108,7	15,0	3,0	1,610	5,000	36,25	9,05	18,50
6	0,0085	0,28	15,3	111,8	16,5	2,0	2,110	8,250	37,25	9,25	20,60
7	0,0087	0,29	15,4	149,0	20,0	4,5	1,490	4,440	38,75	12,25	18,14

Заключение. Анализируя и обобщая результаты полученных данных теоретических исследований по математическому моделированию тепломассообменных процессов устройства тепловой вентиляции газифицированных кухонь и данными, полученными при проведении экспериментальных исследований для оценки эффективности утилизаций тепловых выбросов от бытовой газовой плиты [1, 2] для предварительного подогрева приточного вентиляционного воздуха, можно сделать выводы и общее заключение.

В целях энергоресурсосбережения и снижения отопительной нагрузки на системы обогрева зданий в отопительный период, улучшения качества воздушной среды за счет локализации вредных выделений при сжигании газообразного топлива в бытовых газовых плитах, обеспечения необходимого нормативного воздухообмена газифицированных кухонь и жилых помещений в условиях практически полной герметизации наружных ограждающих конструкций, снижения расхода газообразного топлива за счет конструктивных усовершенствований бытовой газовой плиты, осуществления социально-экономической и экологической, санитарно-гигиенической безопасности за счет комфортного проживания предлагается к реализации новационная разработка Полоцкого государственного университета, подтвержденная патентами и результатами выполненных теоретических и экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газовая плита : пат. ВУ 4338 / В.И. Липко, С.В. Липко ; дата публ.: 03.01.2012.
2. Газовая плита : пат. ВУ 8117 / В.И. Липко ; дата публ.: 30.04.2012.
3. Липко, В.И. Энергоресурсоэффективное тепловоздухоснабжение гражданских зданий : в 2 т./ В.И. Липко. – Т. 2. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2004. – 212 с.
4. Липко, В.И. Энергоресурсоэффективное тепловоздухоснабжение гражданских зданий : в 2 т./ В.И. Липко. – Т. 2. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2004. – 392 с.