



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ СТОЧНОЙ ДУШЕВОЙ ВОДЫ

В статье представлена информация о разработке способа рекуперации тепловой энергии воды, сливаемой из душевых устройств. В качестве такого способа выбрано использование теплообменного аппарата, спроектированного конкретно для данных условий и задач. Описан процесс расчета теплообменного аппарата, имеется его схематичное изображение. Теплообменный аппарат воплощен в физическом виде и экспериментально опробован. Представлены результаты эксперимента и основные формулы для расчёта характеристик теплообменного аппарата.

Теплообменный аппарат, утилизация теплоты, энергоэффективность, энергосбережение.

В России активно развивается сфера индивидуального жилищного строительства. Многие граждане делают выбор в пользу проживания в собственном доме, а не в многоквартирном. Но большая часть земельных участков, выбранных для строительства частных домов, находится относительно далеко от инженерных сетей, обеспечивающих население энергетическими ресурсами и коммунальными благами: газопроводов, централизованных систем водоснабжения и отопления. В данных условиях собственнику земельного участка приходится самостоятельно оплачивать подведение коммуникаций к земельному участку.

Электрическая энергия – это единственный энергоресурс, экономически и физически доступный в подобных ситуациях. В связи с этим появился запрос на решение задачи о проектировании дома, все инженерные сети которого будут потреблять в качестве энергоресурса только электрическую энергию. Для успешной работы по данной теме необходимо найти новые способы исполнения инженерных сетей внутри дома или модернизировать уже известные решения.

Предполагается, что в проектируемом доме вода, предназначенная для принятия душа, будет нагреваться в проточном электрическом водонагревателе. Необходимо найти способ максимально сократить потребление электрической энергии, идущей на нагрев воды при принятии душа. Как известно, горячая вода после принятия душа удаляется в канализацию, и теплота, которой вода обладает, никак не используется.

Поэтому актуальной задачей является разработка способа утилизации теплоты горячей воды, отводимой в канализацию от душевых установок. Целью данной статьи является разработка такого способа с целью экономии электрической энергии, идущей на нагрев воды для принятия душа.

Задачи работы:

- разработка и проектирование устройства для утилизации теплоты;

- создание устройства для утилизации теплоты;
- экспериментальное испытание устройства для утилизации теплоты;
- оптимизация устройства для утилизации теплоты.

В качестве способа утилизации теплоты предлагается использовать теплообменный аппарат (ТОА). Трудность в использовании заводских экземпляров ТОА заключается в том, что объёмы воды и специфика работы (канализационная вода удаляется безнапорным способом) не подходят ни к одному существующему образцу. В связи с этим обстоятельством необходимо разработать ТОА, подходящий для выполнения данной задачи.

Принципиальная схема душевой после модернизации представлена на рисунке 1, где 1 – теплообменный аппарат, 2 – электрический проточный водонагреватель, 3 – душ, t – температуры греющей и нагреваемой сред на входе в ТОА и на выходе из ТОА.

На основе анализа поставленной задачи были приняты следующие конструктивные решения при проектировании ТОА:

1. ТОА исполнить в виде закрытой ёмкости, включенной в канализационную сеть. Отверстия для входа и выхода канализационной воды расположить на одном высотном уровне. Расположить ёмкость горизонтально и предусмотреть люк для обслуживания ТОА в случае необходимости.

2. Внутри ТОА расположить участок трубы с водой, находящийся перед проточным электрическим водонагревателем. Участок водопровода, находящийся внутри ТОА, исполнить из оребренной трубы, сделанной из нержавеющей стали. Труба должна быть погружена полностью в воду внутри ТОА.

3. Минимизировать объём канализационной воды внутри ТОА при максимизировании площади теплообмена (площади водопроводной трубы, находящейся внутри ТОА).

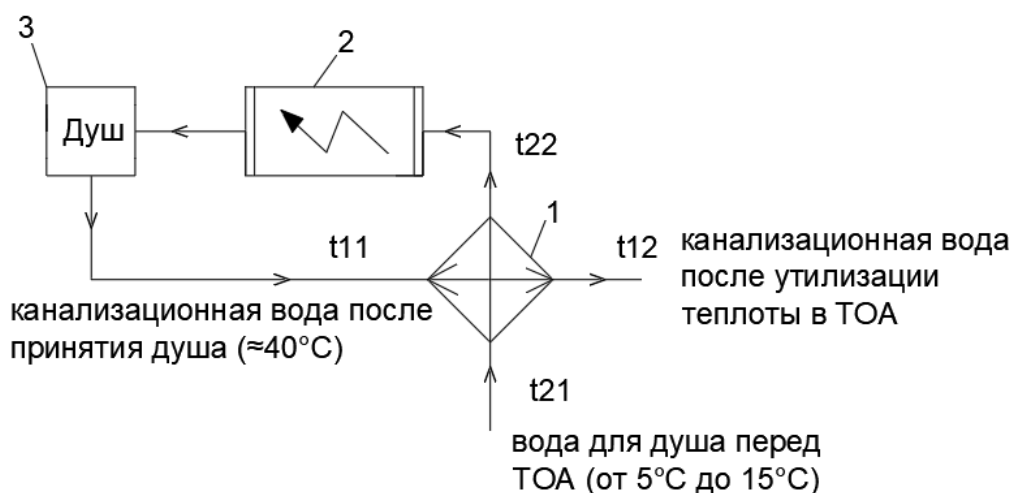


Рис. 1. Принципиальная схема душевой с использованием ТОА для утилизации теплоты горячей воды, удаляемой в канализацию

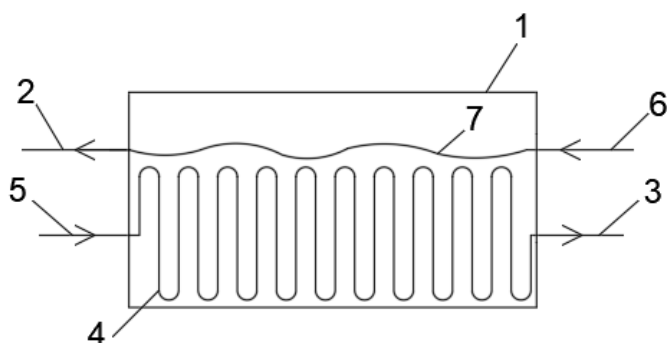


Рис. 2. Схематичное изображение теплообменного аппарата, разработанного для утилизации теплоты горячей воды, удаляемой в канализацию

Схематичное изображение разработанного ТОА представлено на рисунке 2, где 1 – корпус ТОА (пластиковый контейнер), 2 – канализационная труба, удаляющая греющую воду из ТОА, 3 – водопроводная труба, подающая нагретую в ТОА воду в проточный водонагреватель, 4 – участок водопровода, находящийся внутри ТОА (трубы из нержавеющей стали, полностью погруженные в греющую воду), 5 – водопроводная труба, подающая нагреваемую воду в ТОА, 6 – канализационная труба, подающая греющую воду в ТОА, 7 – уровень греющей воды в ТОА (изображен волнистой линией и совпадает с высотой, на которой расположено отверстие для удаления греющей воды).

Чтобы проверить работоспособность данного ТОА, необходимо воплотить его в физическом виде и провести экспериментальное испытание, так как некоторые характеристики (коэффициенты теплоотдачи сред) не могут быть определены расчетным путем. Для проведения эксперимента были выбраны и приобретены все необходимые материалы. Корпус ТОА изготовлен из пластикового контейнера, в котором проделаны отверстия для подвода труб. Для исполнения участка водопровода внутри ТОА выбраны специальные трубы из нержавеющей стали, предназначенные для прокладки тёплого пола. Все нужные технические характеристики труб были получены у производителя.

Испытание ТОА проходило в ванной комнате многоквартирного жилого дома с использованием

сетей внутридомового водоснабжения. В эксперименте в качестве греющей среды использовалась вода с температурой 40 °С (оптимальная для принятия душа с комфортом среднестатистическим человеком). Нагреваемая вода имела температуру 14 °С, а расход внутри трубы составлял 0,14 кг/с. Использовалось 15 м трубы с оребрением диаметром 0,021 м. Площадь теплообмена при данных условиях составила 1,725 м². Греющая среда передавала теплоту нагреваемому участку трубы свободной конвекцией. Данный вывод был сделан исходя из аналитического анализа характера движения воды внутри ёмкости при данных условиях.

Благодаря тому, что в эксперименте используется труба, состоящая из нескольких элементов, имеется возможность изменять длину участка водопровода внутри ТОА и получать данные о температуре воды внутри трубы в некоторых точках и мощности всего теплообменного аппарата. Следовательно, имеется возможность определить коэффициент теплопередачи k для разной длины участка трубы, находящегося внутри ТОА.

Данные эксперимента представлены в таблице, где L – длина водопроводной трубы из нержавеющей стали, находящейся внутри ТОА, t''_2 – температура воды на выходе из ТОА при разных значениях длины участка водопроводной трубы внутри ТОА, k – коэффициент теплопередачи для разной длины участка водопроводной трубы.

Результаты экспериментального исследования характеристик ТОА при разной длине участка водопровода

Характеристика ТОА	Значение					
L , м	0	3	6	9	12	15
t''_2 , °С	14	19	23	27	29,5	30
k , Вт/м ² × К	-	330	323	362,3	344,1	299,13

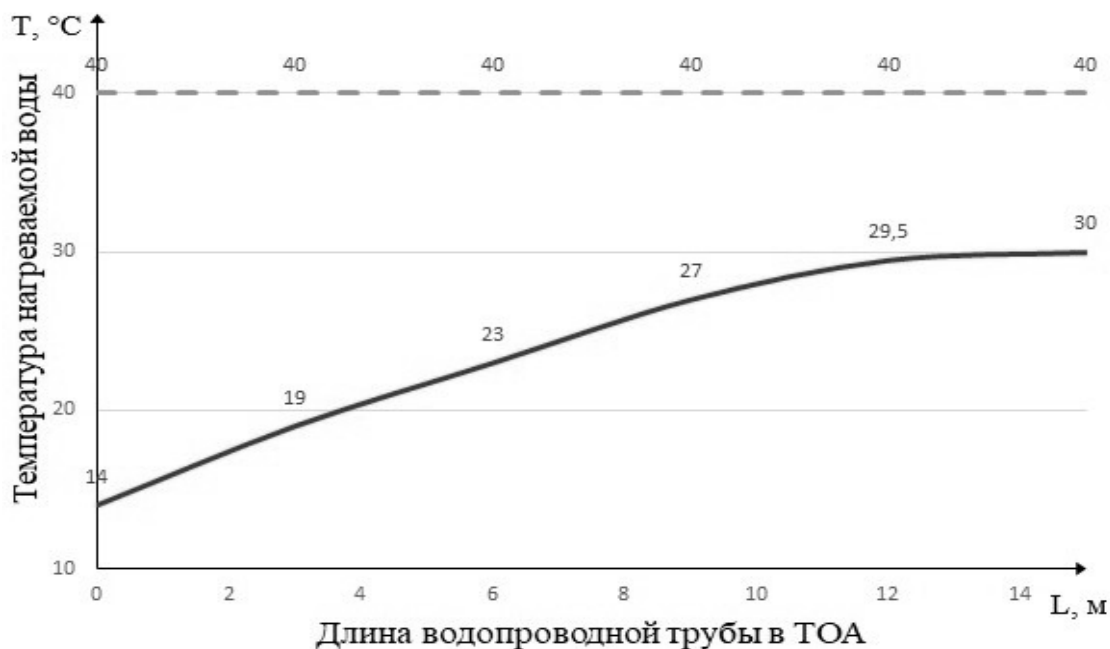


Рис. 3. Зависимость температуры нагреваемой воды на выходе из ТОА от длины водопроводной трубы, находящейся внутри ТОА (сплошная линия)

Коэффициент теплопередачи k при изменении длины участка водопроводной трубы внутри ТОА остаётся практически одинаковым. Отметим, что оптимальной длиной трубы при данных условиях греющей и нагреваемой сред является длина 12 м, так как увеличение длины участка трубы с 12 до 15 метров приводит к повышению температуры воды на выходе из ТОА всего лишь на 0,5 °С. В рамках нашей работы примем данное увеличение температуры невыгодным по сравнению с затраченными на него материальными ресурсами.

Была определена мощность ТОА в данной конфигурации (длина участка водопровода внутри ТОА – 15 м), которая составила 8690 Вт [1]. На рисунке 3 представлен график, построенный по данным из таблицы. Данный график показывает значение температуры воды на выходе из ТОА в зависимости от длины участка трубы, находящегося внутри ТОА, при постоянной температуре греющей среды (штриховая линия). Обратим внимание на то, что точное значение температуры нагреваемой воды известно только в определённых точках (0; 3; 6; 9; 12; 15 м), соответствующих длине участка трубы внутри ТОА. Между этими точками (внутри отрезков трубы) истинные температуры воды неизвестны. График на рисунке 3 построен с предположением о том, что температура воды изменяется равномерно внутри участка водопровода и является аппроксимированным графиком

истинного изменения температуры воды, нагреваемой в ТОА.

Стоит заметить, что при реальных условиях мы будем наблюдать три стадии работы ТОА:

1. В первые мгновения принятия душа греющая среда внутри ТОА будет иметь температуру, равную температуре воздуха в ванной комнате (26 °С [2]), так как вода остынет до температуры окружающей среды;

2. Далее греющая среда будет менять свою температуру от 26 °С до расчетной температуры 40 °С, нагреваясь от поступающей воды из душа;

3. На третьей стадии работы ТОА греющая среда будет иметь рабочую температуру 40 °С;

Именно наличие данных стадий в работе ТОА требует минимизирования объёма воды внутри ТОА для наискорейшего достижения значения рабочей температуры греющей среды (40 °С). Объём воды внутри ТОА зависит от объёма, который занимает участок водопровода, находящийся внутри ТОА. Именно поэтому важно расположить трубу компактно.

Определим количество электроэнергии, которое можно сэкономить при использовании предлагаемого ТОА. Для расчета примем время использования душа – 10 минут, расход воды из крана – 0,14 кг/с. Для подогрева использован проточный водонагреватель мощностью 7 кВт. Зная теплоёмкость воды, определим количество энергии, необходимое для нагрева 1 кг воды на 1 °С. Получаем 0,00116 кВт·ч электрической

энергии. Далее определим потребление электрической энергии, необходимое для нагрева воды, имеющей температуру 14 °С, до температуры 40 °С по формуле

$$W = 0,00116 \cdot m \cdot \Delta t,$$

где W – потребление электрической энергии, кВт·ч;

m – масса нагреваемой воды, кг;

Δt – разность температур на входе и выходе из водонагревателя, °С.

При использовании ТОА количество потреблённой электрической энергии для нагрева воды снизится до 2,53 кВт·ч, что меньше в 2,6 раза.

Можно сделать вывод, что способ утилизации теплоты горячей воды, отводимой в канализацию от душевых установок, может быть реализован. Экономия электрической энергии, идущей на нагрев воды

для душа, может быть достигнута. Дальнейшие перспективы данной работы заключаются в оптимизации теплообменной установки: поиске оптимальных размеров ТОА, поиске оптимальной площади теплообмена.

Литература

1. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – Изд. 3-е. – Москва : Энергия, 1975. – 488 с.

2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях : введен 01.01.2013. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 12 с.

V.A. Kunitsky

USE OF HEAT EXCHANGE UNIT FOR RECOVERY OF WASTE SHOWER WATER HEAT ENERGY

The article provides the information on the development of a method for recovering the heat of water discharged from shower devices. For such method, the use of a heat exchanger designed specifically for these conditions and tasks is selected. The process of the developing of the heat exchanger is described; there is a schematic representation of it. The process of calculating heat exchanger is embodied in physical form and experimentally tested. The experimental results and basic formulas for calculating the characteristics of the heat exchanger are presented.

Heat exchanger, heat recovery, energy efficiency, energy saving.