

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ПЛАСТИНЧАТОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Левцев А.П., Кудашев С.Ф., Макеев А.Н., Лысяков А.И.

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», ул. Большевикская, д. 68, г. Саранск, Республика Мордовия, 430005, e-mail: kudashev@mail.ru

Представлены результаты экспериментального исследования влияния импульсного режима течения теплоносителя на коэффициент теплопередачи в пластинчатом теплообменнике. Импульсный режим течения теплоносителя создавался при помощи преобразователя потока – устройства, разработанного и запатентованного авторами. Данное устройство использует энергию потока для создания пульсаций расхода. Исследования проводились на экспериментальной установке, представляющей собой индивидуальный тепловой пункт (ИТП) в лабораторном исполнении с независимым подключением к тепловой сети. Экспериментально установлено, что параметрами, влияющими на величину относительного коэффициента теплопередачи в случае импульсного режима течения теплоносителя, являются средний расход теплоносителя, его температура и относительная величина постоянной составляющей расхода. Частота пульсаций во время проведения эксперимента изменялась с изменением расхода и избыточного давления в системе от 2,5 Гц до 4,5 Гц.

Ключевые слова: коэффициент теплопередачи, пластинчатый теплообменник, теплоноситель, экспериментальная установка, преобразователь потока.

EFFECT OF PULSED FLOW REGIME COOLANT HEAT TRANSFER COEFFICIENTS IN PLATE HEAT EXCHANGERS HOT WATER SYSTEM

Levtzev A.P., Kudashev S.F., Makeev A.N., Lysyakov A.I.

Ogarev Mordovia State University, st. Bolshevikskaya, 68, Saransk, Mordovia, 430005, e-mail: kudashev@mail.ru

An experimental study of pulsed mode of coolant flow on the heat transfer coefficient in the plate heat exchanger. Pulse mode coolant flow created using flow transducer – a device developed and patented by the authors. This device uses the energy to generate a flow ripple rate. The studies were conducted in a pilot plant, which is the local heat distribution and metering stations (LHDMS) in laboratory performance with independent connections to the heating network. Established experimentally that the parameters affecting the value of the relative heat transfer coefficient in the case of a pulsed mode of coolant flow are average water flow, the temperature and the relative magnitude of the constant component of the flow. Pulsation frequency during the experiment varied with the flow rate and the excess pressure in the system from 2.5 Hz to 4.5 Hz.

Keywords: heat transfer coefficient, plate heat exchanger, heat transfer fluid, research facility, flow interrupter.

Введение

Теплообменники системы горячего водоснабжения (ГВС) работают в условиях постоянно изменяющихся расходов, что характеризуется высокими коэффициентами часовой и суточной неравномерности потребления горячей воды. Выбор мощности теплообменников производится исходя из обеспечения максимальной тепловой нагрузки ГВС. При этом продолжительность пиковой нагрузки зачастую незначительна, т.е. теплообменники продолжительное время работают при расходах ниже номинального. Снижение расхода, как известно, приводит к уменьшению коэффициента теплопередачи и снижению энергетической эффективности теплообменника. Благодаря своей компактности, высокому коэффициенту теплопередачи пластинчатые теплообменники получили широкое распространение в системах теплоснабжения в качестве теплообменников ГВС.

Повышение коэффициента теплопередачи можно осуществить путем создания пульсирующего режима течения теплоносителя, который в [2,3] создается при помощи одноклапанного преобразователя потока (ПП). В результате исследований, проведенных в [3], была разработана система теплоснабжения с импульсной циркуляцией теплоносителя [4] на основе одноклапанного ПП. Внедрение данной схемы позволило получить увеличение относительного коэффициента теплоотдачи кожухотрубного теплообменника на 12 %. При использовании данной технологии в [1] системе охлаждения двигателя удалось увеличить отбор тепла от рубашки охлаждения теплового двигателя. Основным недостатком данного решения является низкая надежность одноклапанного ПП. Нами была разработана и запатентована [5] конструкция двухклапанного ПП, позволившая расширить диапазон расходов устойчивой работы ПП.

Материал и методы исследования

Для исследования влияния импульсного режима течения теплоносителя на коэффициент теплопередачи в пластинчатом теплообменнике ГВС при различных расходах разработана экспериментальная установка (рис.1), представляющая собой индивидуальный тепловой пункт (ИТП) в лабораторном исполнении с импульсной циркуляцией греющего теплоносителя на основе двухклапанного преобразователя потока (ПП). Она включает три гидравлически независимых контура циркуляции: отопления, ГВС и греющего теплоносителя.

Контур греющего теплоносителя состоит из разгонных труб 1, 2, пластинчатых теплообменников 3, 4, ПП 5, мембранных насосов 6. Разгонные трубы 1, 2 имеют общую длину 42 м и через каждые 7 м к ним приварены патрубки с установленными на них кранами. Первые пять патрубков, по ходу течения теплоносителя, посредством соединительных трубопроводов подключены к общелабораторному подающему коллектору, а один из них к входному патрубку греющего контура пластинчатых теплообменников 3 и 4 соответственно. Выходные патрубки теплообменников подключены по одному в оба входных отверстия ПП 5, выходное отверстие которого соединено с обратным общелабораторным коллектором. На участке трубопровода между пластинчатыми теплообменниками и ПП установлены мембранные насосы 6. Контур замкнутый и состоит из последовательно соединенных теплообменника 3, калорифера 7, циркуляционного насоса 8, параллельно включенных мембранных насосов 6.

Контур ГВС разомкнутый и состоит из нагреваемого контура пластинчатого теплообменника 4, к входному патрубку которого подведена линия от общелабораторного коллектора сырой воды, а выходной патрубком нагреваемого контура пластинчатого теплообменника 4 подключен к подающему трубопроводу системы ГВС.

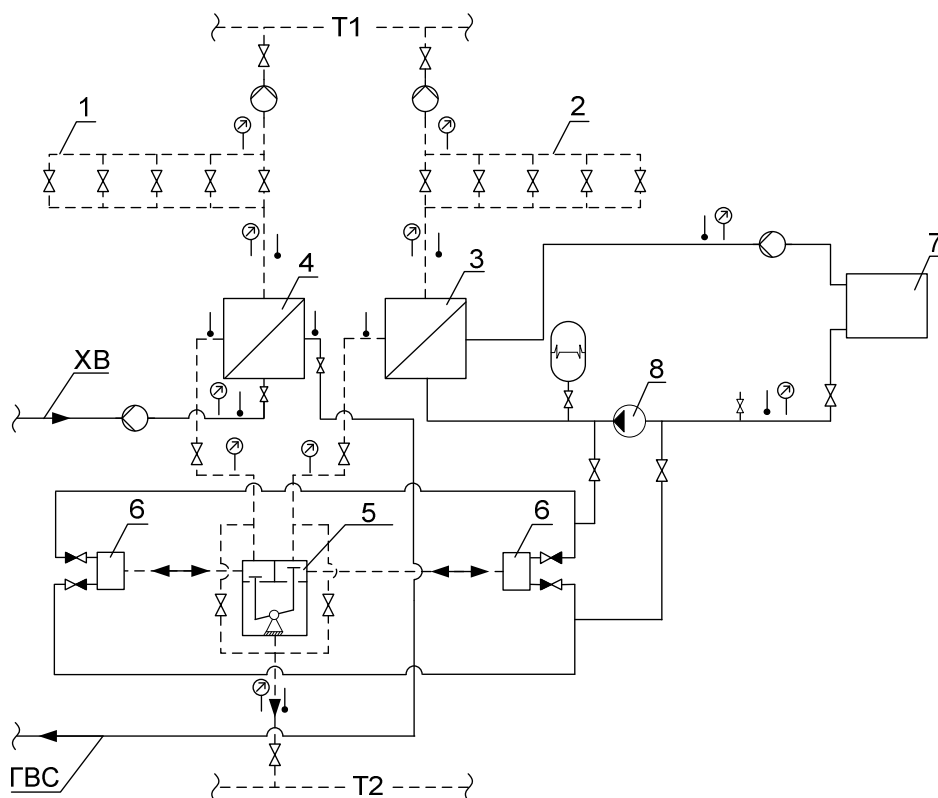


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Импульсный режим течения создавался в греющем контуре ПП 5. Его основными элементами являются два ударных клапана, расположенных в корпусе соосно и направленных против течения теплоносителя. Между штоками ударных клапанов зажата пружина. Клапаны ПП отрегулированы таким образом, что при закрытии одного клапана другой открыт. Пружина обеспечивает задержку по времени между закрытием одного и открытием другого ударного клапана, а также плавность хода клапанов при резком изменении расходов. Так как преобразователь потока устанавливается вертикально относительно оси клапанов, силы, действующие на ударные клапаны, не одинаковы. Для уравнивания сил, действующих на ударные клапаны, установлена опорная пружина.

Результаты исследования и их обсуждения

При появлении расхода в контуре с ПП гидродинамические силы действуют на ударные клапаны в сторону их закрытия. Изначально ударные клапаны располагаются не в одинаковом положении: один открыт, а другой закрыт. При нарастании расхода гидродинамические силы, действующие на открытый ударный клапан, достигают величины, необходимой для его закрытия. В результате происходит смена положения ударных клапанов. И процесс повторится в той же последовательности для другого ударного клапана. Время закрытия ударных клапанов 0,02 с, что является причиной резкого торможения потока и возникновения волнового процесса, характеризующегося колебанием давления и расхода в трубопроводе.

де. График изменения давления в трубопроводе перед ударным клапаном и изменение положения ударного клапана представлен на рис. 2. С закрытием ударного клапана давление перед ним достигает максимального значения не мгновенно, а с течением времени. Это объясняется тем, что датчик давления расположен на некотором расстоянии от ударного клапана и конечным значением скорости изменения давления вдоль трубопровода.

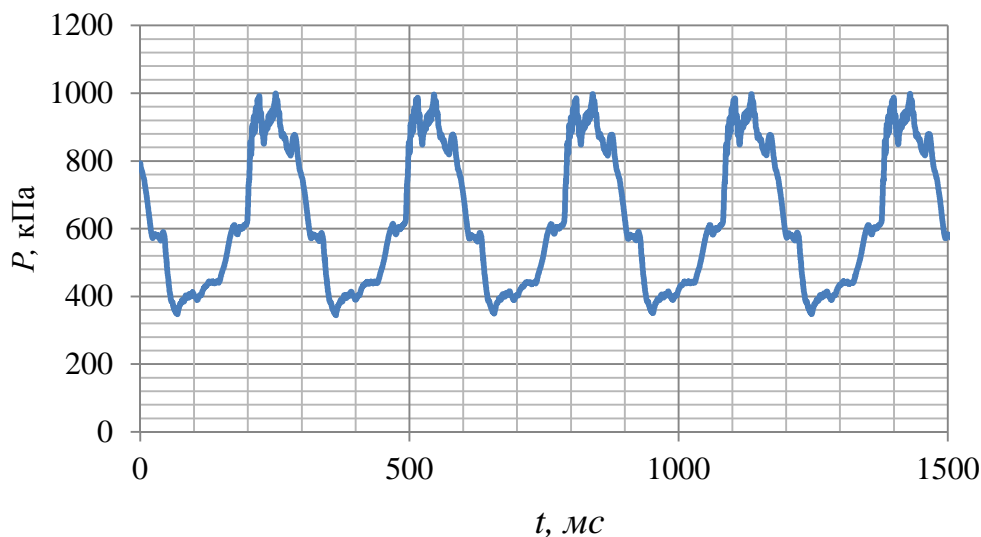


Рис. 2. Графики изменения во времени давления в трубопроводе перед ударным клапаном

Изменение давления перед ударным клапаном представляет собой колебательный процесс, т.е. повышение давления перед закрытым ударным клапаном сменяется его снижением. Это способствует открытию ударного клапана, а дальнейший рост давления приводит к сокращению времени нарастания расхода. Из экспериментального графика (рис. 3) видно, что расход возрастает за несколько (30 мс) миллисекунд. Частота пульсаций расхода при проведении эксперимента изменялась с изменением расхода и избыточного давления в системе от 2,5 Гц до 4,5 Гц. При этом форма импульсов изменяется с изменением расхода теплоносителя, избыточного давления в системе, длины подводящего трубопровода и т.д.

Импульсный режим течения теплоносителя характеризуется короткими периодами переходных процессов – временем изменения расхода от минимального до максимального значения, и обратно. Т.е. большая часть объема теплоносителя протекает через теплообменник со скоростью больше среднего значения, что влияет на коэффициент теплоотдачи со стороны импульсного потока.

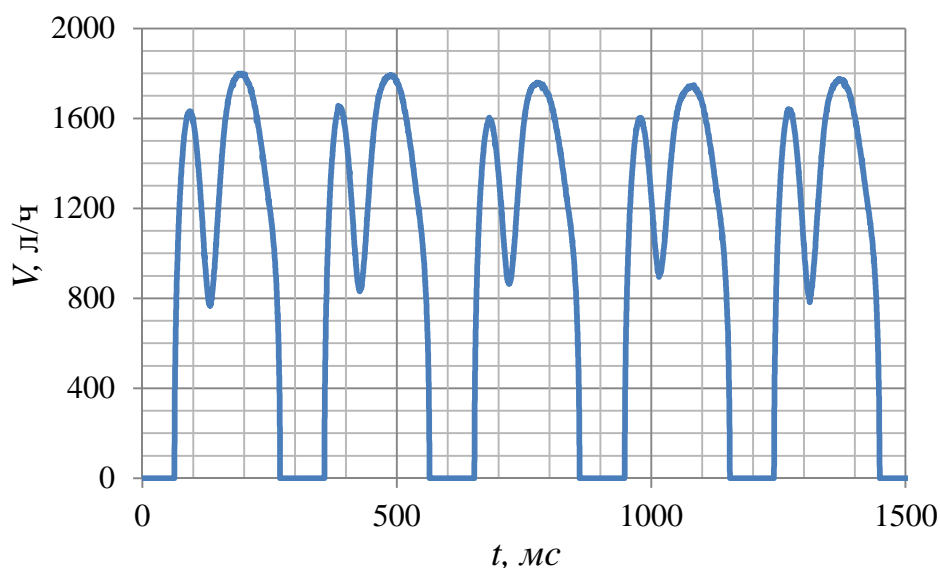


Рис.3. График изменения расхода в импульсном режиме течения теплоносителя

Коэффициент теплопередачи определялся для теплообменника РИДАН (табл.1) при постоянном расходе нагреваемого теплоносителя, импульсном расходе греющего. Для определения величины максимального возможного повышения коэффициента теплопередачи расход нагреваемого теплоносителя поддерживался $0,74 \text{ м}^3/\text{ч}$, чуть выше номинального для данного теплообменника. Это делалось для поддержания максимальной величины коэффициента теплоотдачи со стороны нагреваемого теплоносителя.

Таблица 1

Паспортные данные пластинчатого теплообменника

Параметр	Значение	
	Тип теплоносителя	Вода
Расход, т/ч	2,15	0,72
Перепад давления, кгс/см ²	0,23	0,03
Тепловая нагрузка, Ккал/ч	21 500	
Общее количество пластин, шт.	13	
Тип рифления	TL	
Площадь поверхности теплообмена, м ²	161,67	
Коэффициент теплопередачи, кВт/(м ² °С)	4 220	

Испытания проводились при установившихся расходах теплоносителей, при температурах греющего теплоносителя на входе в теплообменник $50 \text{ }^\circ\text{C}$ и $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Далее при тех же параметрах проводились испытания в импульсном режиме течения греющего теплоносителя.

Непосредственно измерялись температуры греющего и нагреваемого теплоносителя на входе и на выходе из теплообменника ГВС, расход нагреваемого теплоносителя.

Коэффициент теплопередачи k определялся из уравнения теплопередачи; кВт/(м²·°С)

$$k = \frac{Q}{S\Delta t}$$

где Q – количество теплоты, воспринятой нагреваемым теплоносителем в единицу времени, кВт;

S – площадь поверхности теплообмена, м²;

Δt – средний температурный напор, °С.

В зависимости от расхода греющего теплоносителя определялся коэффициент теплопередачи (рис. 4).

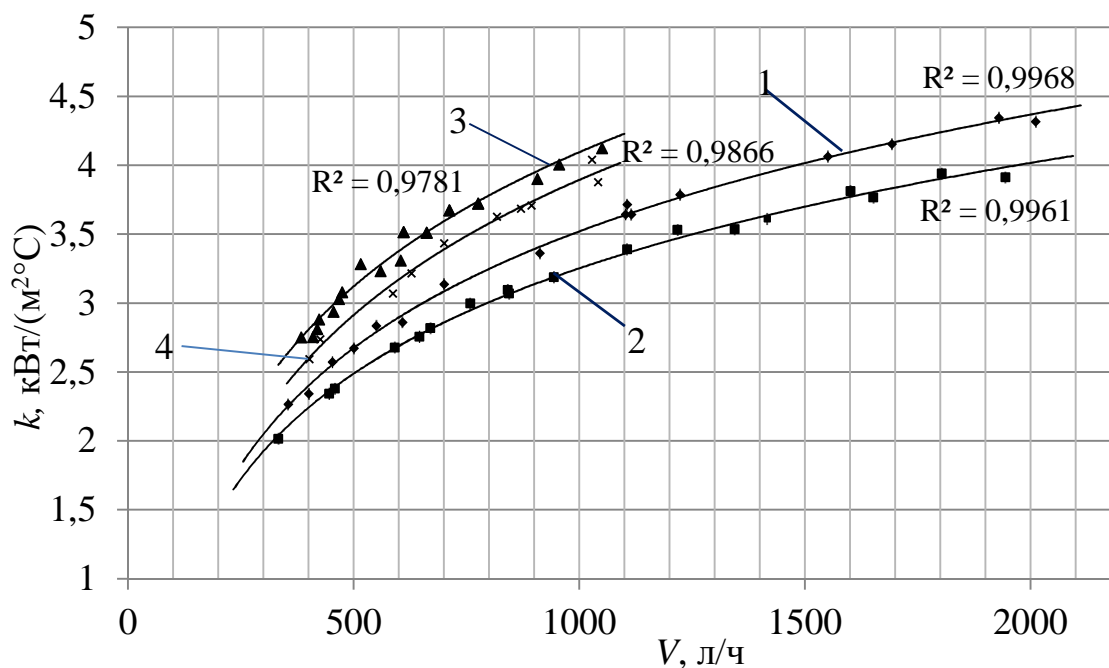


Рис. 4. График изменения коэффициента теплопередачи в пластинчатом теплообменнике в зависимости от расхода греющего теплоносителя: 1 – стационарный режим при температуре греющего теплоносителя на входе в теплообменник 70 °С; 2 – стационарный режим при температуре греющего теплоносителя на входе в теплообменник 50 °С; 3 – импульсный режим при температуре греющего теплоносителя на входе в теплообменник 70 °С; 4 – импульсный режим при температуре греющего теплоносителя на входе в теплообменник 50 °С.

Относительное увеличение коэффициента теплопередачи в диапазоне расходов греющего теплоносителя от 400 до 1040 л/ч составляет в среднем 23÷28 % для температуры гре-

ющего теплоносителя на входе в теплообменник 50 °С, и 18÷23 % для 70 °С. Увеличение расхода выше 1040 л/ч осуществлялось путем открытия байпаса ПП, что связано со сложностью демпфирования пульсаций давления в греющем контуре. С открытием байпаса ПП появляется постоянная составляющая расхода, с увеличением величины которой коэффициент теплопередачи приближается к значению в стационарном режиме.

Выводы

- 1) Применение импульсного режима течения теплоносителя способствует повышению коэффициента теплопередачи в пластинчатых теплообменниках, при этом необходимо, чтобы коэффициент теплопередачи от теплоносителя со стационарным режимом течения был не ниже его значения в импульсном.
- 2) В случае применения импульсного режима течения теплоносителя для интенсификации теплопередачи в теплообменниках, для достижения наибольшего эффекта необходимо снизить постоянную составляющую расхода.

Список литературы

1. Левцев А. П. Автономный источник энергоснабжения на базе дизель-генератора / А. П. Левцев, А. В. Ениватов // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 9. – С. 8–10.
2. Левцев А.П. Импульсные системы теплоснабжения общественных зданий / А. Н. Макеев, А. П. Левцев // Региональная архитектура и строительство. – Пенза, 2010. – №2 (9). – С. 45–51.
3. Левцев А.П. Импульсные системы тепло-, водоснабжения сельскохозяйственных объектов / А. П. Левцев, С. Ф. Кудашев, А. Н. Макеев // Вестник ФГОУВПО «Московский государственный аграрный университет имени В. П. Горячкина». – 2010. – № 2(41). – С. 91–95.
4. Пат. РФ №102760, МПК F24D 3/00. Тепловой пункт / А. П. Левцев, А. Н. Макеев, С. Ф. Кудашев; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – № 2010143635; заявл. 25.10.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 7.
5. Пат. РФ № 2484380, МПК F24D3/02. Ударный узел / А. П. Левцев, А. Н. Макеев, С. Ф. Кудашев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – № 2012111639; заявлено 26.03.2012; опубл. 10.06.2013. Бюл. № 16.

Рецензенты:

Водяков В.Н., д.т.н., профессор, заместитель директора ИМЭ по научной работе ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск.

Коваленко О.Ю., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск.