

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №4 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-4.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/64TVN417.pdf>

Статья опубликована 06.09.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Аксенов Б.Г., Емельянов А.В., Ильин В.В., Молостова И.Е., Чекардовский М.Н. Теплогидравлические режимы тепловых сетей г. Тюмени // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №4 (2017)

<http://naukovedenie.ru/PDF/64TVN417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 697.34

Аксенов Борис Гаврилович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень¹

Заведующий кафедрой «Математика»

Доктор физико-математических наук, профессор

E-mail: aksenovbg@tyuiu.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=517757

Емельянов Алексей Владимирович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Аспирант кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция»

E-mail: emelyanov_027@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=866955

Ильин Валерий Владимирович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Доцент кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция»

Кандидат технических наук

E-mail: emelyanov_027@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=331253

Молостова Ирина Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Ассистент кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция»

E-mail: stepanovoa@tyuiu.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=179758

Чекардовский Михаил Николаевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Профессор кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция»

Доктор технических наук, доцент

E-mail: chekardovskijmn@tyuiu.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=471356

Теплогидравлические режимы тепловых сетей г. Тюмени

Аннотация. В работе приводится краткий обзор исследований тепловых сетей с целью повышения энергетической эффективности систем централизованного теплоснабжения. Отмечены основные проблемы систем теплоснабжения на территории Российской Федерации, а также проведен анализ существующих параметров сети на основе потребления тепловой

¹ 625000, Тюменская обл., г. Тюмень, ул. Володарского 38, к. 337а

нагрузки в отопительный сезон 2012-2013 гг., в ходе которого были выявлены значительные отклонения фактических значений температуры обратного трубопровода и расхода теплоносителя от нормируемых значений в тепловых камерах магистрального трубопровода, взятых в различных районах тепловой сети. На основе анализа авторами сделан вывод о взаимосвязи несоответствия расхода и температуры теплоносителя в обратном трубопроводе и о наличии «неблагоприятного» теплогидравлического режима в контуре ТЭЦ-2. Также в статье приведен пьезометрический график тепловой сети от Тюменской ТЭЦ-2 до конечной исследуемой тепловой камеры, после построения которого делается вывод о существовании факта разбалансировки тепловой сети. В результате исследований выявлен факт повышенного давления в обратном теплопроводе по сравнению с подающим, что свидетельствует об эффекте "опрокидывания" гидравлических сетей, который повлияет на тепловой и гидравлический режим соседних потребителей, и возрастет вероятность вскипания воды в тепловой сети при недостаточном давлении теплоносителя, что в свою очередь может привести к нарушению конструктивной целостности теплопровода.

Ключевые слова: энергоэффективность системы теплоснабжения; нормируемый и фактический расход теплоносителя; нормируемая и фактическая температура теплоносителя; давление теплоносителя в тепловой сети; пьезометрический график

Вопрос эффективного (рационального) использования энергетических ресурсов возник с момента зарождения систем теплоснабжения. Именно стремление к повышению энергетической эффективности теплоснабжения привело к реализации централизованного теплоснабжения на базе комбинированной выработки электричества и теплоты. Регулирование тепловых нагрузок – сложный процесс, подразумевающий реализацию большого количества задач, которые тесно взаимосвязаны между собой, то есть регулировке подлежат по меньшей мере три параметра тепловой сети. В настоящее время не найдено единственно верного и экономически обоснованного способа эффективного использования теплоснабжения, что обуславливает актуальность темы исследования. Учитывая значительную территорию России, и наличия в ней большого числа ТЭЦ, в которых до 70 % выработанного тепла не поступает к потребителю, так как одна часть теряется в теплоцентралях, другая часть в зданиях и сооружениях, вопрос энергоэффективности важен для большинства регионов и для города Тюмень, в частности.

К основным проблемам российских систем теплоснабжения можно отнести следующие:

- отсутствие надежных данных по фактическому состоянию систем теплоснабжения;
- отсутствие перспективных генеральных планов, муниципальных энергетических планов и обновленных схем теплоснабжения в подавляющем большинстве населенных пунктов;
- существенный избыток мощностей источников теплоснабжения и завышенные оценки тепловых нагрузок потребителей;
- высокий уровень потерь в тепловых сетях как за счет обветшания тепловых сетей и роста доли сетей, нуждающихся в срочной замене;
- разрегулированность систем теплоснабжения (высокие потери от перетоков, достигающие 30-50 %) [1, 2, 10].

В статье приведены результаты исследований магистральных тепловых сетей в контуре Тюменской ТЭЦ-2. По результатам исследований была предпринята попытка определить

основные факторы, которые влияют на понижение энергоэффективности систем центрального теплоснабжения [1, 11].

Анализ существующей системы теплоснабжения основан на выявлении отклонений от заданных, нормируемых параметров, расхода и температуры. Эти параметры и являются основными критериями эффективности работы системы теплоснабжения. Также для устойчивой работы тепловой сети необходимо поддерживать заданное давление теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе. Это позволит теплоносителю циркулировать в системе теплоснабжения города. Следовательно, организация надёжного гидравлического режима является важнейшим фактором для поставок теплоносителя [7, 9]. В связи с этим было принято решение провести исследование существующих параметров сети на основе потребления тепловой нагрузки в отопительный сезон 2012-2013 гг.

На рисунке 1 представлена схема расположения тепловых камер относительно источника теплоснабжения. На схеме видно, что от источника теплоснабжения ТЭЦ-2 отходят две магистральные линии, одна направлена в сторону тепловой камеры 9к1А, а вторая на павильон 9ПЗ.

Закольцовка сети произведена через тепловую камеру 4к27, которая в свою очередь соединена с тепловой камерой 4К26А. Далее тепло поступает в тепловую камеру 4К11, которая является частью теплогидравлического закольцовывания, через тепловую камеру 9К7 и павильон 4П7.

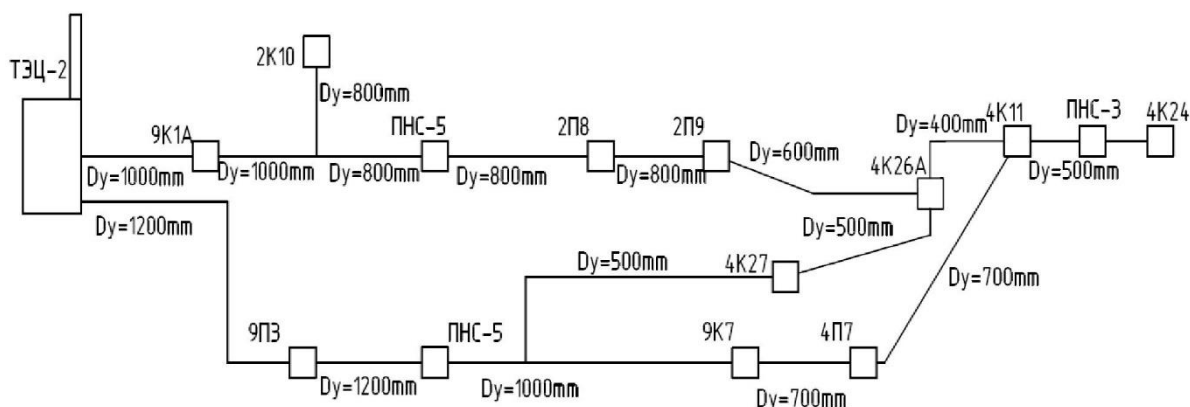


Рисунок 1. Схема расположения тепловых камер относительно источника теплоснабжения (составлено авторами)

Для проведения исследования системы централизованного теплоснабжения были выбраны несколько тепловых камер, расположенных в различной части тепловой сети. Главной особенностью выбора тепловых камер является оснащённость дистанционной системой сбора данных по основным параметрам теплоносителя, которые получены при использовании автоматизированной системы коммерческого учета тепловой энергии (АСКУТЭ). Которая была установлена на границе балансовой принадлежности магистральных и распределительных тепловых сетей [2]. Система была реализована в Тюмени в 2011 году и предназначена для мониторинга основных параметров системы теплоснабжения. В структуру системы входят основные измерительные приборы по давлению, температуре и расходу теплоносителя.

В ходе исследования были составлены зависимости расположения тепловых камер от фактического и нормируемого расхода, от фактической и нормируемой температуры подающего и обратного теплопровода за три рассматриваемых месяца [3]. По данным зависимостям был построен график расположения тепловых камер от фактической и

нормируемой температуры подающего и обратного теплопровода отопительного сезона 2012-2013 гг., согласно температурному график регулирования тепловых сетей, относительно средней температуры наружного воздуха в ноябре 2012 года. Нормируемая температура была взята из температурного графика тепловых сетей с учетом средней фактической температуре наружного воздуха в ноябре 2012 года. Графическая зависимость представлена на рисунке 2.

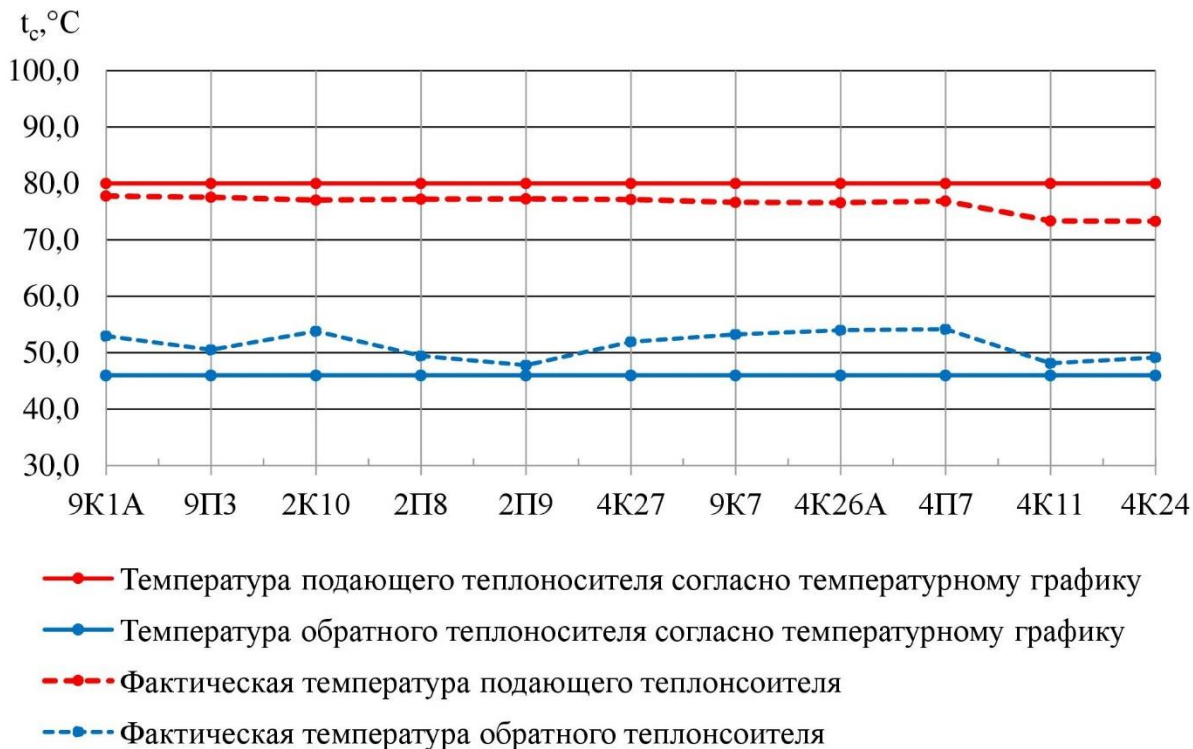


Рисунок 2. Графическая зависимость расположения тепловых камер от фактической и нормируемой температуры подающего и обратного теплопровода в отопительный сезон 2012-2013 гг., согласно температурному графику регулирования тепловых сетей, относительно средней температуры наружного воздуха в ноябре 2012 года (составлено авторами)

На графике видно, что отклонения от нормы температуры в подающем теплопроводе наблюдается во всех ответвлениях от магистрали тепловой сети и составляет от 2,8 % до 8,4 %. Самое значительное отклонения от нормы наблюдается на ответвлениях в магистральных тепловых камерах 4К11 и 4К24. Отклонения в данном случае связаны с тепловыми потерями по длине тепловой сети, а на конечных потребителях ситуация ухудшается из-за малой скорости прохождения теплоносителя которая в свою очередь, физически зависит от потерь давления, диаметров теплопровода и располагаемого напора между подающим и обратным трубопроводом. По обратному теплоносителю отклонения от нормы составили от 4,7 % до 17,8 %, при норме в ± 5 % [4]. Самые значительные отклонения наблюдаются на ответвления в 4К26А и 4П7. Такое отклонение возможно, связано с не верно выбранной настройке автоматизированной системы контроля и управления индивидуальными и центральными тепловыми пунктами у потребителя тепла, которые функционируют согласно погодозависимому принципу. Данное утверждение было сформировано в связи с тем, что значительных отклонений от температуры в подающем трубопроводе выявлено не было, за исключением конечных потребителей.

Также одним из важнейших параметров системы теплоснабжения является расход теплоносителя. Данный параметр характеризует, как тепловой режим теплопровода, так и

гидравлический режим системы распределения тепла. В связи с этим была составлена графическая зависимость расположения тепловых камер от фактического и нормируемого расхода теплоносителя (рисунок 3).

Графическая зависимость, представленная на рисунке 3, указывает на значительные отклонения фактического расхода теплоносителя от нормы. Причем, данное отклонение характерно, как в сторону уменьшения, так и в сторону превышения расхода теплоносителя. В большую сторону отклонения зафиксированы в пределах от 3,7 % до 49,2 %, при этом самое значительное отклонение было зафиксировано в тепловой камере 9К7 и составило 49,2 %. Отклонение от нормы, так же зафиксировано и в сторону уменьшения расхода теплоносителя. Так в павильоне 2П8 отклонения от нормы составило 18 %, а в тепловой камере 4К11 31,6 %.



Рисунок 3. Графическая зависимость расположения тепловых камер от фактического нормируемого расхода подающего теплопровода отопительного сезона 2012-2013 гг., в ноябре 2012 года (составлено авторами)

При этом значительных отклонений от нормируемых параметров тепла по разнице расходов между подающим и обратным теплопроводом зафиксировано не было. Соответственно, в данный промежуток времени аварийные ситуации отсутствовали. Исследование распределения теплоносителя в контуре Тюменской ТЭЦ-2 за ноябрь месяц, показали нестабильный гидравлический режим и отклонения от нормы температурного режима как по подающему, так и по обратному теплопроводу тепловой сети.

Аналогичная оценка гидравлических режимов тепловой сети была проведена в середине зимнего периода распределения и потребления тепла, в январе 2013 г. Также, для подтверждения теории о том, что переходный период от зимнего к летнему режиму является самым не стабильным в гидравлическом регулировании, было принято решение провести исследование параметров потребления тепла в марте 2013 г.

Для данных месяцев были построены графики аналогичные графикам за ноябрь 2012 г. Результаты наиболее значительных отклонений сведены в таблицы 1, 2.

Таблица 1

Сравнение фактических и нормируемых параметров тепловых камер за январь 2013 г.

Название камеры	Отклонение температуры подающего трубопровода от нормируемого значения, %	Отклонение температуры обратного трубопровода от нормируемого значения, %	Отклонение расхода от нормируемого значения, %	Причины отклонений
4К24	5			Является конечным потребителем. Ситуация ухудшается из-за малой скорости прохождения теплоносителя.
4К26		23,6		Вероятно, неверно выбрана настройка автоматизированной системы контроля и управления индивидуальными и центральными тепловыми пунктами у потребителя тепла, поскольку значительных отклонений температуры в подающем трубопроводе не выявлено.
4П7		25,8		
4К27			25,5	Завышение температуры по обратному трубопроводу.

Составлено авторами

Таблица 2

Сравнение фактических и нормируемых параметров тепловых камер за март 2013 г.

Название камеры	Отклонение температуры подающего трубопровода от нормируемого значения, %	Отклонение температуры обратного трубопровода от нормируемого значения, %	Отклонение расхода от нормируемого значения, %	Причины отклонений
4К11		19,6		Неправильная настройка системы автоматического контроля и диагностики инженерного оборудования, находящегося непосредственно на территории абонента потребления тепла.
4К26а		15,9		
4П7		15,9		
4К27			25,5	Завышение температуры по обратному трубопроводу.
4К26а			21,4	

Составлено авторами

Обобщая итоги исследования эффективности работы системы теплоснабжения участка тепловой сети от Тюменской ТЭЦ-2 за отопительный сезон 2012-2013 гг., необходимо отметить, что были выявлены следующие отклонения от устойчивого теплового и гидравлического режима:

- По температуре подающего теплопровода у конечных магистральных тепловых камер;
- По температуре обратного теплопровода у всех рассматриваемых магистральных тепловых камер за исключением 2П8 и 2П9;
- По расходу теплоносителя относительно проектного значения, у всех рассматриваемых магистральных тепловых камер, за исключением 2К10 и 2П9.

Значительные отклонения от нормы по расходу и температуре обратного теплопровода предполагает существование неблагоприятного теплогидравлического режима, причем необходимо отметить, что несоответствие по расходу теплоносителя в значительной мере,

связно с завышением температуры по обратному теплопроводу, так как данное отклонение от нормы приводит к увеличению расхода теплоносителя, в противном случае потребитель снижает параметры теплоносителя и не догревает помещения, что в свою очередь влияет на комфортное пребывание в них людей.

Устойчивость гидравлического режима систем теплоснабжения зависит от распределения давления по всей магистральной и распределительной сети. Оценка возможности для повышения эффективности распределения давления, будет существовать при обнаружении точных мест для корректировок давления в тепловой сети. Поэтому необходимо провести исследование существующего располагаемого давления в магистральной тепловой сети, путем построения пьезометрического графика с привязкой к высотным отметкам земли (рисунок 4) [5].

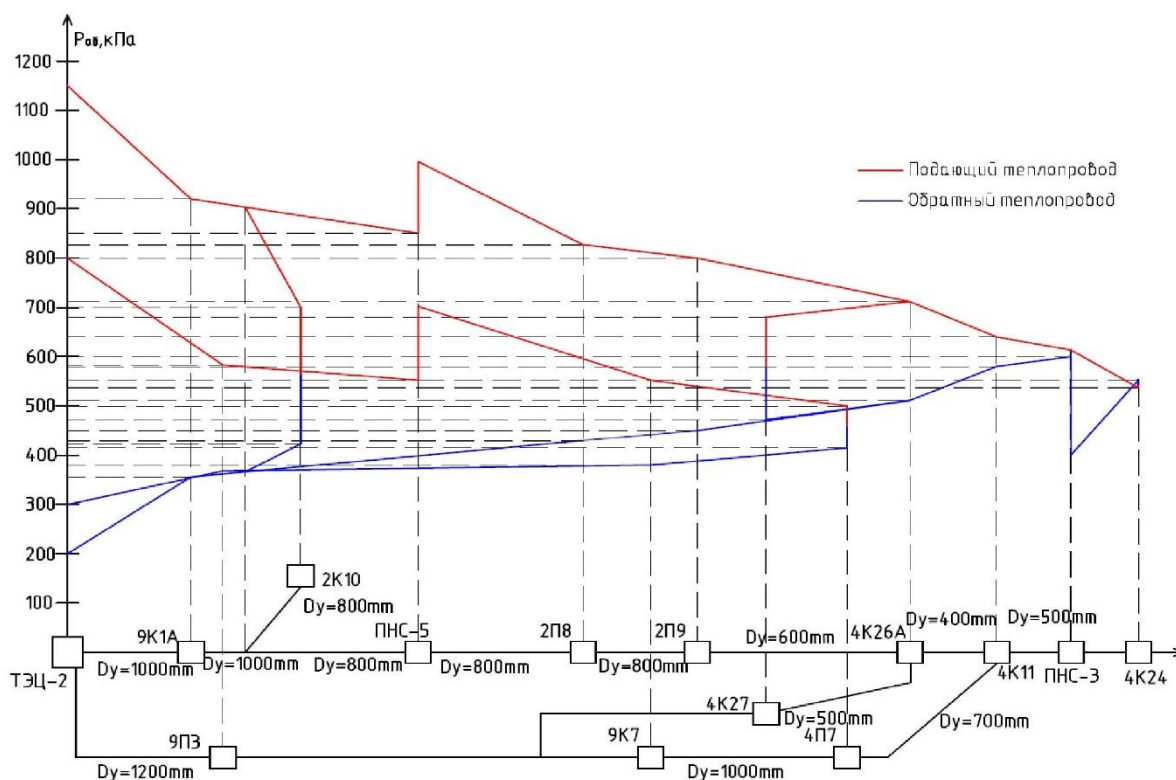


Рисунок 4. Пьезометрический график от Тюменской ТЭЦ-2 до тепловой камеры 4K24 (составлено авторами)

На представленном рисунке показано распределение давления в участке магистральной тепловой сети от Тюменской ТЭЦ-2 до тепловой камеры 4K24 за отопительный сезон 2012-2013 гг. График имеет как основную, так и вспомогательную тепловую магистраль. Основная магистраль имеет большой перепад и большую нагрузку, в тоже время диаметр основной магистрали меньше диаметра вспомогательной. Это свидетельствует о том, что вспомогательная магистраль необходима для перспективных районов застройки города Тюмени, и основная часть абонентов будет подключена согласно градостроительному плану города [6, 8]. По графику можно определить, что в начальных точках существует значительный перепад давления, который не благотворно сказывается на гидравлический режим распределительных тепловых сетей, и повышается вероятность гидравлической разбалансировки сети. Середина основной магистральной тепловой сети имеет вполне сбалансированный перепад давления. В особенности тепловой режим благотворно сказывается на распределительные тепловые сети от точки подключения до теплового павильона 2П9. После павильона 2П9 давление в обратном трубопроводе главной магистрали растет. В

результате в тепловой камере 4К24 давление в обратном теплопроводе выше, чем в подающем, что свидетельствует об эффекте "опрокидывания" гидравлических сетей, который повлияет на тепловой и гидравлический режим соседних потребителей, и возрастет вероятность вскипания воды в тепловой сети при недостаточном давлении теплоносителя, что в свою очередь может привести к нарушению конструктивной целостности теплопровода.

Построение пьезометрического графика показало, что существует факт разбалансировки тепловой сети, в которой прослеживается тенденция по ухудшению гидравлической устойчивости системы с каждым новым отопительным сезоном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ эффективности гидравлических режимов магистральных тепловых сетей в городе Тюмени / К. Н. Илюхин, А. П. Мельников, Д. А. Алейников // Новости теплоснабжения, 2014. – №08 (168).
2. Исследование режимов работы магистральных тепловых сетей в контуре Тюменской ТЭЦ-2 / К. Н. Илюхин, А. П. Мельников, Д. А. Алейников, А. Ф. Шаповал, О. А. Степанов // Приволжский научный журнал, период. науч. изд. – Н. Новгород, ННГАСУ, 2012. – № 2. – С. 104-108.
3. Манюк В. И., Каплинский Я. И., Хиж Э. Б., Манюк А. И., Ильин В. К. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник / 3 издание. – М.: изд-во Либроком, 2009. – 432 с.
4. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учеб. для вузов / Е. Я. Соколов. – М.: изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
5. Мельников А. П., Алейников Д. Н., Ильин В. В., Илюхин, К. Н., Чекардовский М. Н. Исследование перспективных гидравлических режимов тепловых сетей города Тюмени // Современные проблемы науки и образования, 2013, № 6.
6. Чикишев В. М. Энергосберегающие технологии, оборудование и материалы при строительстве объектов в нефтегазодобывающем регионе Западной Сибири / В. М. Чикишев, Б. В. Моисеев и др. // СПб.: ООО «Недра», 2004. – 270 с.
7. Моисеев Б. В. Повышение надежности и эффективности системы теплоснабжения / Б. В. Моисеев, К. Н. Илюхин, Н. В. Налобин // Известия вузов. Строительство. 2004. – №5. – С. 81-85.
8. Илюхин К. Н. Повышение энергоэффективности и снижение теплопотерь в системах теплоснабжения нефтегазовых объектов на севере Западной Сибири / К. Н. Илюхин, Н. В. Налобин // СПб.: ООО «Недра», 2007. – 114 с.
9. Илюхин К. Н. Методы оценки технического состояния теплообменного и насосного оборудования систем теплоснабжения. – СПб.: ООО «Недра», 2006. – 112 с.
10. Илюхин К. Н. Контроль и диагностика оборудования в системе теплогазоснабжения / К. Н. Илюхин, И. А. Чекардовская, С. М. Чекардовский // СПб.: ООО «Недра», 2007. – 200 с.

Aksenov Boris Gavrilovich

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: aksenovbg@tyuiu.ru

Yemelyanov Alexey Vladimirovich

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: emelyanov_027@mail.ru

Ilyin Valery Vladimirovich

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: emelyanov_027@mail.ru

Molostova Irina Evgenevna

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: molostovaie@tyuiu.ru

Chekardovsky Mikhail Nikolaevich

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: chekardovskijmn@tyuiu.ru

Thermal-hydraulic modes of heat networks in Tyumen

Abstract. The paper provides a brief overview of the research of heat networks in order to increase the energy efficiency of district heating systems. The main problems of heat supply systems in the territory of the Russian Federation were noted and an analysis of existing network parameters based on heat load consumption in the heating season 2012-2013 was conducted, during which significant deviations in the actual values of the return pipe temperature and coolant flow from the rated values in Thermal chambers of the main pipeline taken in different regions of the heat network. Based on the analysis, the authors concluded that there is a correlation between the flow mismatch and the coolant temperature in the return pipeline and the presence of an "unfavorable" thermal-hydraulic regime in the CHP-2 circuit. Also in the article is a piezometric graph of the heat network from Tyumen CHPP-2 to the final thermal chamber under study, after construction of which a conclusion is made about the existence of a thermal network unbalance. As a result of the research, the fact of increased pressure in the return heat pipeline as compared to the feeder was revealed, which indicates the effect of the "overturning" of hydraulic networks, which will affect the thermal and hydraulic regime of neighboring consumers, and the probability of boiling of water in the heating network will increase when the pressure of the coolant is insufficient. In turn, may lead to a violation of the structural integrity of the heat conductor.

Keywords: energy efficiency of the heat supply system; the normalized and actual flow of the heat carrier; the normalized and actual temperature of the heat carrier; the heat carrier pressure in the heating network; the piezometric graph