

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.343

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-116-125

*Н.И. КУРИЛЕНКО, К.Е. КУЗЬМЕНКО,  
Тюменский индустриальный университет*

## АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ

Приведен анализ существующих методик проведения испытаний трубопроводов теплоснабжения на тепловые потери, гидравлические сопротивления и максимальную температуру теплоносителя. Испытания рассмотрены с точки зрения наличия современного оборудования и требований, предусмотренных нормативно-технической документацией. Актуальность данной темы обусловлена несовершенством требований действующего нормативно-технического законодательства РФ к проведению испытаний на тепловых сетях ресурсоснабжающих организаций. На основании полученных данных можно оценить имеющийся потенциал тех или иных методов проведения испытаний, а также оценить степень возникающих затрат.

**Ключевые слова:** централизованное теплоснабжение; тепловые потери; испытания; трубопроводы.

**Для цитирования:** Куриленко Н.И., Кузьменко К.Е. Актуализация методов проведения испытаний на тепловых сетях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 1. С. 116–125.  
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-116-125

*N.I. KURILENKO, K.E. KUZMENKO,  
Tyumen Industrial University*

## HEAT NETWORK TESTING ACTUALIZATION

The paper analyzes the testing methods for the heat loss, hydraulic resistance and maximum temperature of the heat carriers. The tests are based on the availability of modern equipment and the requirements of regulatory and technical documentation. The relevance of this work is due to the imperfect requirements of the current regulatory and engineering legislation of the Russian Federation for testing heating networks of resource providers. Based on the data obtained, it is possible to assess the potential of the test methods and expenditures. **Purpose:** Consideration of existing methods and updating of heating network testing methods. **Methodology:** Theoretical heat and hydraulic loss analyses of the heating networks. The test results are taken into consideration. **Research findings:** The obtained data can be used to update the testing process and eliminate errors in the test methods. **Practical implications:** The obtained

results will allow the resource providers to increase the test efficiency of heating networks. **Value:** The existing heat and hydraulic loss test methods of heating networks were developed and approved in 1998. This work is aimed at developing modern methods with the elimination of the shortcomings of the existing methods and implementation of the modern equipment.

**Keywords:** centralized heat supply; heat losses; tests; pipelines.

**For citation:** Kurilenko N.I., Kuzmenko K.E. Aktualizatsiya metodov provedeniya ispytaniy na teplovykh setyakh [Heat network testing actualization]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 1. Pp. 116–125. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-116-125

### **Общие положения при проведении испытаний на тепловых сетях**

Теплоснабжение на территории Российской Федерации в 2020 г. осуществляется преимущественно централизованными системами теплоснабжения с теплогенерирующими установками в виде ТЭЦ. Квартальное теплоснабжение применяется для небольших городов или сельских поселений, а также для отопления отдельных районов крупных городов. Индивидуальное отопление фонда многоквартирных домов применяется для малой части существующих и возводимых домов и влечет удорожание стоимости жилой площади.

Использование централизованных и квартальных систем отопления населённых пунктов и городов подразумевает содержание на балансах теплоснабжающих организаций тепловых сетей. Тепловые сети отопления и ГВС (в случае применения четырехтрубной системы теплоснабжения) требуют своевременного технического обслуживания, а также нуждаются в проведении капитального ремонта, реконструкции и технического перевооружения [1]. Существующие методы обслуживания тепловых сетей регламентируются сроками эксплуатации, обозначенными в действующей нормативно-технической документации, а также паспортными данными организации-производителя. С целью поддержания удовлетворительного технического состояния тепловых сетей, а также выявления наиболее уязвимых участков тепловых сетей предусмотрено проведение периодических испытаний тепловых сетей на максимальную температуру теплоносителя, испытания на гидравлические сопротивления и испытания на тепловые потери [2]. Указанные испытания позволяют определить степень износа тепловых сетей и провести предупреждающие мероприятия перед началом отопительного сезона.

По состоянию на 2020 г. в Российской Федерации существуют определенные требования, предъявляемые к ресурсоснабжающим организациям в части контроля за техническим состоянием трубопроводов сетей теплоснабжения. Данные требования регулируются Правилами технической эксплуатации тепловых энергоустановок [3, п. 6.2.32]. Правила устанавливают сроки проведения испытаний на максимальную температуру теплоносителя, на определение тепловых и гидравлических потерь не реже 1 раза за 5 лет. Органом государственной власти, уполномоченным на осуществление контроля за проведением вышеуказанных испытаний, является Ростехнадзор.

Для рассмотрения существующих методик проведения испытаний представлена сводная таблица, в которой приведена существующая документация,

регламентирующие методы проведения испытаний, и действующий статус документа на текущий момент.

#### Нормативная документация

Вид испытаний на сетях отопления и ГВС	Название методического/нормативного документа	Дата введения	Статус по состоянию на 2020 г.	Комментарий
Испытания на максимальную температуру теплоносителя	РД 153-34.1-20.329-2001	01.08.01	Не действует	Исключен из Реестра действующих в электроэнергетике НТД приказом НП «ИНВЭЛ» № 102 от 31.12.2009 г.
Испытания на гидравлические потери	РД 34.20.519-97	01.01.98	Не действует	Исключен из Реестра действующих в электроэнергетике НТД приказом НП «ИНВЭЛ» № 102 от 31.12.2009 г.
Испытания на тепловые потери	РД 34.09.255-97	01.01.98	Не действует	Исключен из Реестра действующих в электроэнергетике НТД приказом НП «ИНВЭЛ» № 102 от 31.12.2009 г.
Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии	РД 153-34.0-20.523-98 Часть II	01.05.99	Не действует	Исключен из Реестра действующих в электроэнергетике НТД приказом НП «ИНВЭЛ» № 102 от 31.12.2009 г.
Испытания на максимальную температуру теплоносителя, гидравлические и тепловые потери	СТО 70238424.27. 010.004-2009	31.12.09	Действует	Организационно-ограниченного применения. Стандарт распространяется на членов Некоммерческого партнерства «Инновации в электроэнергетике»

Действующий в настоящее время СТО 70238424.27.010.004-2009 включает в себя методики проведения испытаний на максимальную температуру теплоносителя, испытания на гидравлические и тепловые потери, принятые в вышеуказанных РД. Методика распространяется на неустановленный список организаций, также отсутствуют признаки организаций, подпадающих под действие данного документа. Нормативная документация, регламентирующая ме-

тодику проведения испытаний на тепловые и гидравлические потери, максимальную температуру теплоносителя для теплоснабжающих организаций, отсутствует [4]. Ввиду сложившейся ситуации, ресурсоснабжающие и профильные подрядные организации вынуждены руководствоваться собственными технологиями и методиками при проведении испытаний на тепловых сетях, что вызывает отсутствие стандартизированного результата и может послужить причиной противоречий между организацией-заказчиком, контролирующим органом и организацией-исполнителем.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что требования к ресурсоснабжающим организациям со стороны органов ФС «Ростехнадзор» в части обязательного проведения испытаний на сетях отопления и ГВС на тепловые и гидравлические потери, на максимальную температуру теплоносителя имеют место быть. В то же время отсутствуют утвержденные в законодательном порядке методики и технические инструкции для указанных испытаний.

### **Рассмотрение существующих методов проведения испытаний на тепловых сетях**

Согласно нормативно-технической документации, по состоянию на 2020 г. единственным утвержденным документом, регламентирующим проведение испытаний на тепловых сетях на тепловые, гидравлические потери и максимальную температуру теплоносителя, является СТО 70238424.27.010.004-2009 «Тепловые сети. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования». Стандарт организации НП «ИНВЭЛ». Соблюдение и следование этапности проведения испытаний для иных организаций, кроме ИП «ИНВЭЛ», законом Российской Федерации не предусмотрено. По состоянию на 2020 г. компания НП «ИНВЭЛ» прекратила свою деятельность и признана ликвидированной.

С целью проверки актуальности методик проведения испытаний на тепловые и гидравлические потери в работе предложено рассмотреть порядок их проведения по СТО 70238424.27.010.004-2009.

Приведенные в СТО методики проведения испытаний сводятся к принципу определения *циркуляционного кольца* на испытуемых тепловых сетях и создания *циркуляционной перемычки* в существующей тепловой камере либо использования существующей перемычки между подающим и обратным трубопроводом в центральном тепловом пункте/индивидуальном тепловом пункте потребителя. Для выделения участков, включаемых в циркуляционное кольцо, принят метод выделения доли *характерных участков трубопроводов* по материальной характеристике [5].

Для выделения участков, включаемых в циркуляционное кольцо, принят метод выделения доли *характерных участков трубопроводов* по материальной характеристике.

Выделенные термины означают следующее:

– циркуляционное кольцо – замкнутый контур по любому направлению циркуляции теплоносителя;

– перемычка циркуляционного кольца – точка соединения подающего и обратного трубопровода циркуляционного кольца;

– характерные участки тепловой сети – участки, доля которых по отношению к существующей тепловой сети составляет не менее 20 % (характеристика, предлагаемая к сравнению, может изменяться в соответствии с типом проводимых испытаний (протяженность, тип изоляции, год прокладки, материал труб и пр.);

– материальная характеристика тепловой сети – сумма произведений наружных диаметров трубопроводов участков тепловой сети на их длину. Данный термин используется при проведении испытаний на тепловых сетях в редакции существующей методики СТО.

#### Определение участков трубопроводов, участвующих в испытаниях на гидравлические потери

Доля выделенных участков, участвующих в испытаниях на определение гидравлических сопротивлений, по отношению к существующей сети трубопроводов  $\varphi$ , %, определяется по формуле [6]:

$$\varphi = \frac{\sum M_{\text{уч}}^n \cdot T_{\text{уч}}^n \cdot 100}{M_{\text{т.с}} \cdot T_{\text{т.с}}^{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где  $\sum M_{\text{уч}}^n$  – сумма материальных характеристик выделенных участков тепловых сетей по каждому пятилетнему периоду эксплуатации (от 0 до 5 лет, от 5 до 10 лет, от 10 до 15 лет, от 15 до 20 лет, от 20 и более лет),  $\text{м}^2$ ;  $M_{\text{т.с}}$  – суммарная материальная характеристика трубопроводов теплоснабжения, всех трубопроводов, подключенных к выбранному теплогенерирующему объекту;  $T_{\text{т.с}}^{\text{ср}}$  – средний срок эксплуатации трубопровода;  $T_{\text{уч}}^n$  – средний срок эксплуатации трубопроводов выбранной тепловой сети, год.

Материальная характеристика участка сети определяется по формуле [7],  $\text{м}^2$ :

$$M_{\text{уч}}^n = d_{\text{у}}^{\text{п}} \cdot L^{\text{п}} + d_{\text{у}}^{\text{о}} \cdot L^{\text{о}}, \quad (2)$$

где  $d_{\text{у}}^{\text{п}}$  и  $d_{\text{у}}^{\text{о}}$  – условный диаметр соответственно подающего и обратного трубопроводов на участке, м;  $L^{\text{п}}$  и  $L^{\text{о}}$  – протяженность соответственно подающего и обратного трубопроводов на участке, м.

Определение среднего срока эксплуатации трубопроводов теплоснабжения выполняется по формуле

$$T_{\text{т.с}}^{\text{ср}} = \frac{\sum (M_{\text{уч}}^n \cdot T_{\text{уч}}^n)}{M_{\text{т.с}}}. \quad (3)$$

Участками, включенными в циркуляционное кольцо для данной сети теплоснабжения, являются трубопроводы, доля которых  $\varphi$ , определенная по формуле (1), составляет не менее 20 % [8].

Выделение участков трубопроводов, участвующих в испытаниях на тепловые потери, выполняется следующим образом.

Включаемыми в состав циркуляционного кольца являются участки, расчётная доля которых  $\varphi$  в материальной характеристике составляет не менее 20 %, расчёт производится по формуле

$$\varphi = \frac{M_x}{M_c} = \frac{\sum_x (d_n L)}{\sum_c (d_n L)} > 0,2, \quad (4)$$

где  $M_x = \sum_x (d_n L)$  – материальная характеристика для подающего или обратного трубопровода сети, просуммированная по всем участкам с данным типом прокладки и конструкцией изоляции,  $\text{м}^2$ ;  $M_c = \sum_c (d_n L)$  – материальная характеристика для подающего или обратного трубопровода, просуммированная по всей сети в целом,  $\text{м}^2$ ;  $L$  – протяженность сетей теплоснабжения,  $\text{м}$ ;  $d_n$  – значение наружного диаметра трубопровода в пределах участка сети,  $\text{м}$ .

На основании выполненных расчётов принимается решение о выборе участка для циркуляционного кольца.

Подготовка к проведению испытаний на тепловые и гидравлические потери включает в себя определение следующих параметров:

$t_{\text{исп}}$  – температура, устанавливаемая на теплогенерирующем оборудовании в момент проведения испытаний,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$G_{\text{исп}}$  – расход теплоносителя, устанавливаемый в трубопроводе на выходе из насосной группы (параметр расхода фиксируется для сетевого контура теплоснабжения).

Дальнейшая последовательность действий состоит в сборе фактических данных на основании первичных расчётов, выполненных в рамках предлагаемых методик, и выполнении расчётов. Итогом вычислений является сравнение исходных параметров, таких как теплопроводность тепловой изоляции фактическая и теплопроводность новых аналогичных труб при проведении испытаний на тепловые потери и сравнение новых и существующих труб по признаку эквивалентной шероховатости трубопровода при проведении испытаний на тепловые потери [9].

### **Существующие недостатки принятых методик проведения испытаний на тепловые потери и гидравлические сопротивления**

При проведении вычислений, предписанных существующими методиками, а также при фактическом сборе данных обнаружены недостатки, в ряде случаев делающие невозможным процесс проведения испытаний и сбор необходимых данных.

Процесс определения трубопроводов, участвующих в испытаниях, заключается в следующем.

#### **1. Определение циркуляционного кольца.**

Данный этап заключается в определении трубопроводов со значением материальной характеристики не менее 20 % согласно предложенным методам расчёта и составлении из данных участков трубопровода циркуляционного кольца. На первый взгляд кажется, что данное решение является обоснован-

ным, т. к. стремится к выделению тех участков, которые наиболее часто фигурируют в выбранном теплосетевом хозяйстве. Но дело в том, что организации, эксплуатирующие тепловые сети, подключенные к ТЭЦ или крупным квартальным и городским котельным, имеют на своем балансе значительные объёмы устаревших тепловых сетей или же обновленных в результате капитальных ремонтов, реконструкций или нового строительства [10].

В результате возможность определения хотя бы одного участка с параметром материальной характеристики более 20 % по таким характеристикам, как протяженность, диаметр, для испытаний на гидравлические сопротивления и протяженность, год ввода в эксплуатацию, тип изоляции, вид прокладки, для испытаний на тепловые потери, оказывается проблематичной. Кроме того, данный подход не учитывает фактора фактической эксплуатации.

Участки, отключенные в результате обнаружения аварийных порывов или утечек, имеют, как правило, разрушенный теплоизоляционный слой и поврежденную поверхность трубопровода и должны быть также испытаны на дальнейшую пригодность [11].

2. Установка расчётных параметров на теплогенерирующем и насосном оборудовании.

Установка расчётного параметра температуры теплоносителя.

Установка расчётного параметра температуры в подающем трубопроводе теплоснабжения является технически возможным мероприятием ввиду наличия шкафов управления либо иных средств по контролю за работой котлового оборудования котельной или ТЭЦ.

Установка расчётного параметра расхода теплоносителя [9].

Для обеспечения параметров расхода в трубопроводе на выходе из насосной группы эксплуатирующая и экспертная в области проведения испытаний организации сталкиваются с рядом технических несоответствий, а именно:

– необходимость работы насоса на «малый» циркуляционный круг, в то время как установленный насос подобран для обеспечения необходимого напора во всех точках существующей тепловой сети, вследствие чего возможно создание аварийной ситуации на тепловой сети;

– отсутствие оборудования, обеспечивающего частотную регулировку насосной группы;

– несоразмерность диаметра трубопровода на теплогенерирующем объекте и допустимого диаметра подключения насосного оборудования в случае намеренной установки насосного оборудования под расчётные параметры  $G_{исп}$ ;

– вероятность инициации аварийной ситуации или гидравлическая перегрузка сетей, включенных в циркуляционное кольцо, в случае применения насоса без частотной регулировки [12].

3. Фиксация данных в ходе проведения испытаний [13].

Приведенные методики не классифицируют теплогенерирующие объекты, подключенные к испытуемым сетям, ввиду чего отсутствует классификация точности вычислений. Гидравлические и температурные перепады на магистральных трубопроводах имеют большие значения, чем аналогичные значения, имеющие место быть на квартальных тепловых сетях. В результате возникают повышенные требования к измерительному оборудованию,

способному определить незначительные перепады давления и температуры в трубопроводе.

### **Мероприятия по модернизации существующих методик проведения испытаний**

Ввиду технического несоответствия требуемых параметров при проведении испытаний и технических возможностей оборудования единых тепло-снабжающих организаций предлагается внести изменения либо полностью пересмотреть существующие методики проведения испытаний на тепловые и гидравлические потери.

Выбор циркуляционного кольца, основанный на выделении участков сетей, соответствующих материальной характеристике более 20 %, не является обоснованным. Ввиду сроков эксплуатации и частичной реконструкции существующего объема тепловых сетей невозможно назначить циркуляционное кольцо, удовлетворяющее вышеуказанным требованиям. Как правило, в сети существуют участки с частичным разрушением тепловой изоляции, связанные с порывами и заполненные теплоизоляционным слоем теплоносителя. Такие участки не могут относиться к типовым участкам даже при соответствии типа изоляции и года ввода в эксплуатацию.

С целью актуализации существующих методик необходимо выполнить обоснование требуемых значений материальной характеристики испытуемых участков, включенных в циркуляционное кольцо. Такие выводы будут сделаны на основании будущих исследований в данном направлении с учетом фактических результатов проведенных испытаний.

Параметры расхода и температуры теплоносителя в ряде случаев невозможно установить в ходе проведения испытаний.

Для установления расчетного расхода в циркуляционном кольце необходимо применение дорогостоящего частотного регулирования насосной сетевой группы, что делает невозможным проведение испытаний на ряде теплогенерирующих источников теплосетевых организаций. При рассмотрении этого вопроса в дальнейших научно-технических работах по данному направлению планируется провести ряд испытаний и подбор оптимального расчетного метода.

Процесс фиксации параметров проведения испытаний подлежит рассмотрению в части применения измерительного оборудования. Оборудование, применяемое на испытуемом объекте, должно иметь цифровое отображение фиксируемых показателей и соответствовать требованиям РФ в части измерительных приборов, иметь действительную поверку.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. РД 34.20.519-97 : методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери : утв. Департаментом науки и техники РАО «ЕЭС России» 24.04.97. Москва, 1989. 14 с.
2. РД 34.09.255-97 : методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях : утв. Департаментом науки и техники РАО «ЕЭС России» 24.04.97. Москва, 1989. 18 с.

3. Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хин Э.Б. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей : справочник. Москва : Стройиздат, 1988. 241 с.
4. Агапкин В.М., Борисов С.Н., Кривошеин Б.Л. Справочное руководство по расчетам трубопроводов. Москва : Недра, 1987. 53 с.
5. Аксенов Б.Г. Математическая модель вторичного морозного пучения вблизи низкотемпературного подземного трубопровода // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. 18 с.
6. Аксенов Б.Г., Карякина С.В., Моисеев Б.В., Шаповал А.Ф., Степанов О.А. Моделирование колебаний границы промерзания-оттаивания в грунтах и наружных строительных конструкциях // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. 21 с.
7. Богомолов В.П., Моисеев Б.В., Шаповал А.Ф. Оптимизация работы тепловых сетей в условиях Западной Сибири // Известия вузов. Нефть и газ. 1997. № 4. 41 с.
8. Богомолов В.П., Шаповал А.Ф., Моисеев Б.В. Энергосберегающие технологии в системах теплоснабжения Западной Сибири // Известия вузов. Нефть и газ. 1998. № 4. 38 с.
9. Богомолов В.П., Моисеев Б.В., Чикишев В.М., Шаповал А.Ф. Повышение надежности и эффективности системы теплоснабжения в Западной Сибири. Москва : Недра, 1999. 51 с.
10. Tuomas E., Skriniska A. An exploration of heat consumption for production of domestic hot water in central heat substations // Statyba. 1998, V. IV. № 3. P. 196–201.
11. Williams B. Point Arguello Project Start-up Blocked Again // Oil and Gas Journal. 1990. V. 88. № 47. P. 34–36.
12. Zemenkov Yu.D., Moiseev B.V., Toropov S.Y. Industrial power system: Textbook. Tyumen : Oil and Gas University Publishing House, 2014. 236 p.
13. Krylov G.V., Moiseev B.V., Stepanov O.A. Fundamentals of Heat Power Engineering in Gas Industry. Moscow : Nedra-Business Center, 1999. 239 p.

## REFERENCES

1. Metodicheskie ukazaniya po ispytaniyu vodyanyh teplovyh setej na gidravlicheskie poteri [Instructions for testing water heating networks for hydraulic losses]. Moscow, 1989. 14 p. (rus)
2. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu teplovyh poter' v vodyanyh teplovyh setyah [Instructions for determining heat losses in water heating networks]. Moscow, 1989. 18 p. (rus)
3. Manyuk V.I., Kaplinskij Ya.I., Hin E.B. Naladka i ekspluatatsii vodyanyh teplovyh setej: spravochnik [Adjustment and operation of water heating networks. Reference book]. Moscow: Stroyizdat, 1988. 241 p. (rus)
4. Agapkin V.M., Borisov S.N., Krivoshein B.L. Spravochnoe rukovodstvo po raschetam truboprovodov [Reference guide for pipeline]. Moscow: Nedra, 1987. 53 p. (rus)
5. Aksenov B.G., Karyakina S.V., Moiseev, B.V., Shapoval A.F., Stepanov O.A. Matematicheskaya model' vtorichnogo moroznogo pucheniya vblizi nizkotemperaturnogo podzemnogo truboprovoda [Mathematical model of secondary frost heaving near low-temperature underground pipeline]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012. No. 3. 18 p. (rus)
6. Aksenov B.G., Karyakina S.V., Moiseev, B.V., Shapoval A.F., Stepanov O.A. Modelirovanie kolebanij granicy promerzaniyaottaivaniya v gruntah i naruzhnyh stroitel'nyh konstrukciyah [Modeling of freezing-thawing boundary vibrations in soils and external building structures]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012. No. 2. 21 p. (rus)
7. Bogomolov V.P., Moiseev B.V., Hapoval A.F.S. Optimizatsiya raboty teplovyh setej v usloviyah Zapadnoj Sibiri [Optimization of heating networks in Western Siberia]. *Izv. vuzov. Neft' i gaz*. 1997. No. 4. 41 p. (rus)
8. Bogomolov V.P., Moiseev B.V., Hapoval A.F.S. Energoberegayushchie tekhnologii v sistemah teplosnabzheniya Zapadnoj Sibiri [Energy-saving technologies in heat supply systems of Western Siberia]. *Izv. vuzov. Neft' i gaz*. 1998. No. 4. 38 p. (rus)
9. Bogomolov V.P., Moiseev B.V., Chikishev V.M., Shapoval A.F. Povyshenie nadezhnosti i effektivnosti sistemy teplosnabzheniya v Zapadnoj Sibiri [Reliability and efficiency improvement of heat supply system in Western Siberia]. Moscow: Nedra, 1999. 51 p. (rus)
10. Tuomas E., Skriniska A. An exploration of heat consumption for production of domestic hot water in central heat substations. *Statyba*. 1998. V. 4. No. 3. Pp. 196–201.

11. *Williams B.* Point Arguello Project start-up blocked again. *Oil and Gas Journal*. 1990. V. 88. No. 47. Pp. 34–36.
12. *Zemenkov Yu.D., Moiseev B.V., Toropov S.Y.* Industrial power system. Tyumen: Oil and Gas University Publishing House, 2014. 236 p.
13. *Krylov G.V., Moiseev B.V., Stepanov O.A.* Fundamentals of heat power engineering in gas industry. Moscow: Nedra-Business Center, 1999. 239 p.

**Сведения об авторах**

*Куриленко Николай Ильич*, канд. физ.-мат. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, Kurilenkoni@tyuiu.ru

*Кузьменко Кирилл Евгеньевич*, аспирант, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, Kuzmenkoke@suenco.ru

**Authors Details**

*Nikolai I. Kurilenko*, PhD, A/Professor, Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, Kurilenkoni@tyuiu.ru

*Kirill E. Kuzmenko*, Research Assistant, Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, KuzmenkoKE@suenco.ru