

**ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ / OTHER QUESTIONS RELATED TO  
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**

DOI: 10.18454/mca.2016.04.6

Никулин Н.Ю.<sup>1</sup>, Кушев Л.А.<sup>2</sup>, Темников Д.О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>доктор технических наук, <sup>3</sup>магистр, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

*Аннотация*

*В статье рассмотрено общее состояние теплоэнергетического комплекса: численность источников тепловой энергии, степень износа котельных, тепловых сетей, систем теплопотребления. Проведен анализ по применению современных высокоэффективных технологий, материалов и оборудования при проведении работ по реконструкции и техническом перевооружении систем теплоснабжения. Сделан акцент на применении кожухотрубных теплообменных аппаратов и повышении эффективности их работы.*

**Ключевые слова:** тепловая энергия, трубопровод, теплоизоляция, теплообменный аппарат, реконструкция, котельная.

Nikulin N. Yu.<sup>1</sup>, Kushchev L.A.<sup>2</sup>, Temnikov D. O.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>PhD in Engineering, <sup>3</sup>MA student, Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov

**MODERN TECHNOLOGICAL ASPECTS OF HEATING SYSTEMS**

*Abstract*

*The article considers the overall thermal power complex: the number of sources of thermal energy, the degree of deterioration of the boilers, heating networks, the heat load systems. Analysis on application of modern highly efficient technologies, materials and equipment for the reconstruction and technical re-equipment, construction of heating systems. Emphasis is placed on the use of shell and tube heat exchangers and improving the efficiency of their work.*

**Keywords:** thermal energy, pipeline, heat insulation, heat exchanger, renovation, boiler.

Система теплоснабжения в России за более чем за столетний период своего развития стала самой большой в мире. Потребление тепловой энергии занимает порядка 35% от всего суммарного потребления энергии [1]. Теплоэнергетический комплекс России состоит из 485 ТЭЦ, около 6,5 тыс. котельных мощностью до 20 гкал/ч, более 100 тыс. малых котельных и более 600 тыс. автономных индивидуальных теплогенераторов [2].

На сегодняшний день теплоэнергетический комплекс сталкивается с множеством проблем, связанных с производством, передачей и распределением тепловой энергии:

- доля котельных с полным износом оборудования достигает порядка 60%, только 25% энергетических котлов и 36% турбин ТЭС эксплуатируются менее 30 лет (в пределах срока службы);
- средний процент износа тепловых и паровых сетей оценивается в 60-70 %, около 50 % - требуют замены, более 15 % - находятся в аварийном состоянии;
- износ оборудования в системах теплопотребления (ИТП) составляет около 60% и требует реконструкции и замены оборудования.

В настоящее время в связи с возрастанием потребления тепловой энергии необходимо развитие всех элементов систем теплоснабжения с целью повышения их качества и надежности.

Развитие котельных заключается в применение современного высокоэффективного основного и вспомогательного оборудования при реконструкции и техническом перевооружении существующих котельных, а так же строительстве новых.

Одним из требований высокоэффективных водогрейных котлов (основного оборудования котельных) для их нормальной работы и длительного срока эксплуатации является определенная температура воды на входе в котлоагрегат. Так, для водогрейных котлов «Энтророс» (РФ), «Ремекс» (РФ) и многих других производителей температура воды на входе должна составлять не менее 60 °С [3,4].

Но температура обратного трубопровода систем теплоснабжения не всегда (согласно температурному графику котельной) равна или выше 60 °С. И одним из технических решений является применение теплообменного аппарата [5] (рис. 1) для поддержания температуры теплоносителя на входе в котел круглогодично на заданном уровне. При этом во внешнем контуре температура поддерживается согласно температурному графику.

Особый акцент сделан на применении теплообменных аппаратов (в котельной) для организации системы горячего водоснабжения (ГВС) по закрытой схеме.

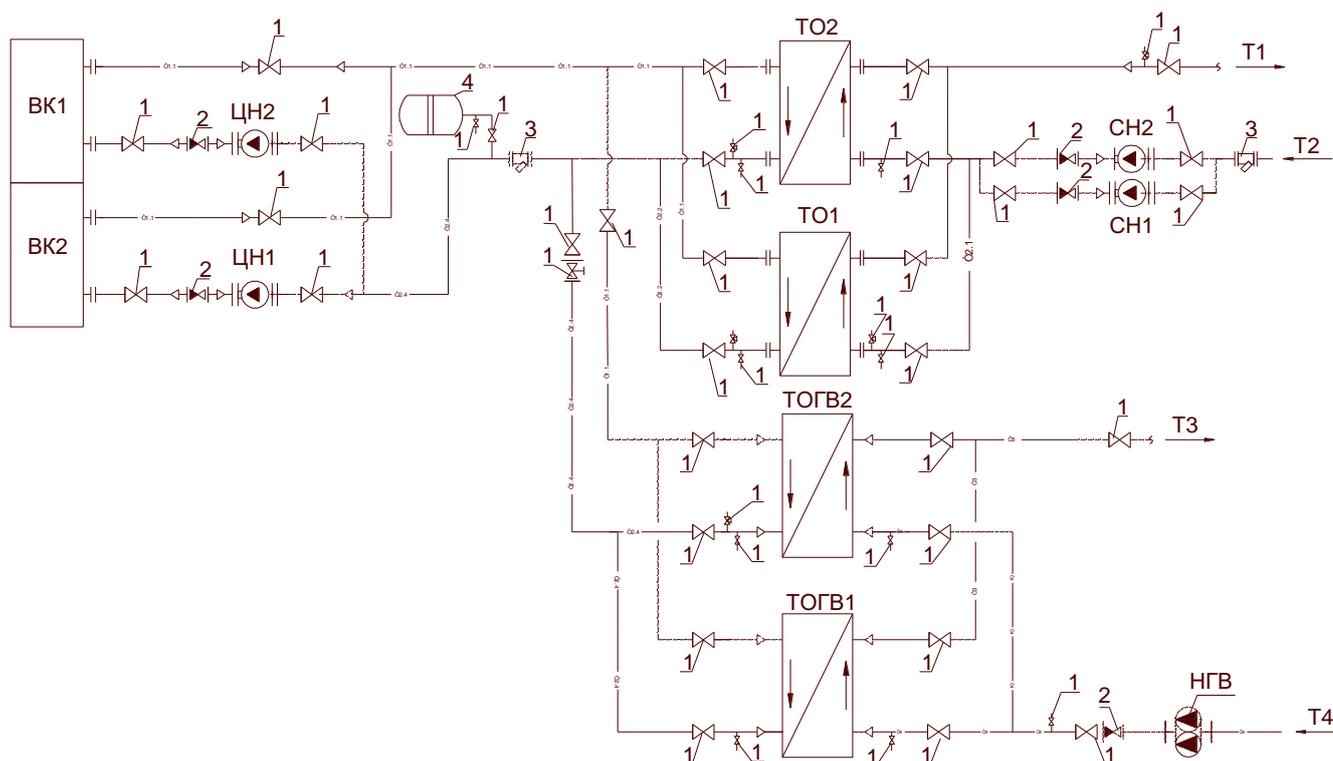


Рис. 1 – Фрагмент схемы котельной с теплообменными аппаратами в контурах отопления и ГВС:

1 – запорная арматура различного назначения; 2 – обратный клапан; 3 – фильтр; 4 – расширительный бак котлового контура; BK1, BK2 – водогрейный котел; ЦН1, ЦН2 – циркуляционные насосы котлового контура; СН1, СН2 – сетевые насосы отопления; НГВ – насос системы ГВС; ТО1, ТО2 – теплообменные аппараты системы отопления; ТОГВ1, ТОГВ2 – теплообменные аппараты системы ГВС

Одним из важных направлений при реконструкции и техперевооружении, строительстве новых котельных является применение систем автоматизации и диспетчеризации [5].

Автоматизация позволяет предусматривать: защиту оборудования (автоматика безопасности); автоматическое регулирование процессов горения; регулирование температуры воды (на входе в котел, в подающем трубопроводе на выходе из котельной и др.) поддержание давления воды (в циркуляционных трубопроводах горячего водоснабжения, в обратном трубопроводе тепловой сети и др.); работу котельных без постоянного присутствия персонала; контроль необходимых параметров теплоносителя, исходной воды, отходящих газов.

Диспетчеризация позволяет управлять работой котельных на расстоянии с оперативно-диспетчерского пульта, осуществляя следующие операции: вести требуемый режим работы; управлять режимом работы котельной; осуществлять переключения, пуски и остановки оборудования.

Основные направления в развитии тепловых сетей заключаются в применении современных высокоэффективных трубопроводов.

В настоящее время для строительства систем теплоснабжения все же по многим факторам (главным образом – повышенные температура и давление теплоносителя) наиболее широко применяются стальные трубопроводы, которые нуждаются в антикоррозионной защите [6]. На сегодняшний день применяют теплоизоляционные материалы, которые одновременно способствуют снижению тепловых потерь и защите трубопроводов от коррозии:

- полуцилиндры, сегменты для отводов теплотрассы, тройников, запорной арматуры из пенополиуретана (ППУ, рис. 2) с различной толщиной. Могут применяться как при подземной канальной, так и при надземной и подземной типах прокладок трубопровода. Трубы могут изолироваться как на месте производства работ, так и в заводских условиях. Коэффициент теплопроводности ппу изоляции составляет  $0,028 - 0,032$  Вт/(м<sup>2</sup>·к);

- стальные трубопроводы в монолитной пенополимерминеральной (ППМ) изоляции (рис. 2). У такой изоляции по сравнению с ППУ прочность выше в 4 раза, водопоглощение ниже в 20 раз, высокая адгезия с поверхностью трубопровода, но немного выше коэффициент теплопроводности ( $0,041$  Вт/(м<sup>2</sup>·к). Необходимо отметить, что при монтаже теплотрассы повреждение изоляции любого размера может быть устранено непосредственно на месте, в то время как поврежденный сегмент ППУ изоляции заменяется полностью [7].



Рис. – 2. теплоизоляция стальных трубопроводов ППУ для подземной прокладки (а), ППУ для надземной прокладки с защитной оболочкой (б), трубопровод в ППМ изоляции (в)

Еще одним эффективным теплоизоляционным материалом является изоляция в виде полуцилиндров, цилиндров, листов на основе синтетического каучука. Поверхностный слой такой теплоизоляции может быть выполнен с защитным покрытием для надземной прокладки трубопровода. Таким образом, этот тип изоляции при соблюдении всех требований монтажа предотвращает попадание на поверхность трубы капель воды с растворенными в ней агрессивными средами (соль, кислота, щелочь).

«Революцию» в оборудовании для тепловых сетей совершило предприятие «Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО» (РФ) с разработкой гибких полимерных предизолированных трубопроводов (рис. 2) [8]. Конструкция трубопроводов представлена на рис. 3. Основной характеристикой является возможность применения теплоносителя с высокой температурой – до +135 °С, что позволяет транспортировать теплоноситель (перегретую воду, пар) к объектам непосредственно от (многих) высокотемпературных теплогенерирующих установок. Преимущество таких трубопроводов заключается так же в возможности бесканальной прокладки, трассировки по криволинейным траекториям, малое время монтажа из-за отсутствия сварочных работ.

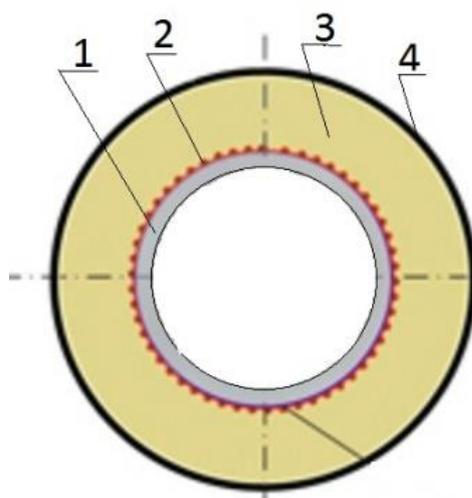


Рис. 3 – Гибкий предизолированный трубопровод «Изопрофлекс»:

1 – полимерная труба; 2 – армирующий слой из высокомодульного волокна; 3 - теплоизоляция из полужесткого пенополиизоцианурата; 4 – защитная оболочка из полиэтилена

При реконструкции систем теплоснабжения (ИТП) акцент делается на применении высокоэффективного тепломеханического оборудования, а так же системы автоматики.

Особое внимание уделяется реконструкции ИТП при существующей открытой системе горячего водоснабжения. так, в 2012 г. опубликован ФЗ №417-ФЗ от 7.12.11, согласно которому все реконструируемые объекты должны быть подключены к системе ГВС по закрытой схеме, а к 2020 г. все системы теплоснабжения должны быть переведены на закрытую систему.

Тенденция применения полимерных трубопроводов (рабочая температура воды менее 90 °С) для внутренней системы отопления зачастую заставляет предусматривать теплообменные аппараты или узлы смешения с системой автоматического регулирования тепловой энергии. Несоблюдение таких технических решений неизбежно приведет к аварийной ситуации (порыв полимерных трубопроводов) системы отопления здания.

Из тенденций развития систем теплоснабжения следует, что теплообменные аппараты - один из наиболее распространенных типов теплообменного оборудования, применяемых при строительстве и реконструкции систем теплоснабжения (котельные, центральные и индивидуальные тепловые пункты).

На кафедре теплогасоснабжения и вентиляции БГТУ им. В.Г. Шухова (г. Белгород) ведутся исследования по повышению эффективности кожухотрубного теплообменного аппарата за счет изменения геометрии теплообменных поверхностей [6, 9]. получен патент «Кожухотрубный теплообменный аппарат» (рис. 4) [10], главным отличительным элементом которого является теплообменная трубка с плавниковыми пластинами, оснащенными ребрами криволинейного сечения. Это позволяет увеличить теплообменную поверхность, а также создать дополнительную турбулизацию потока нагреваемой жидкости при обтекании этих ребер.

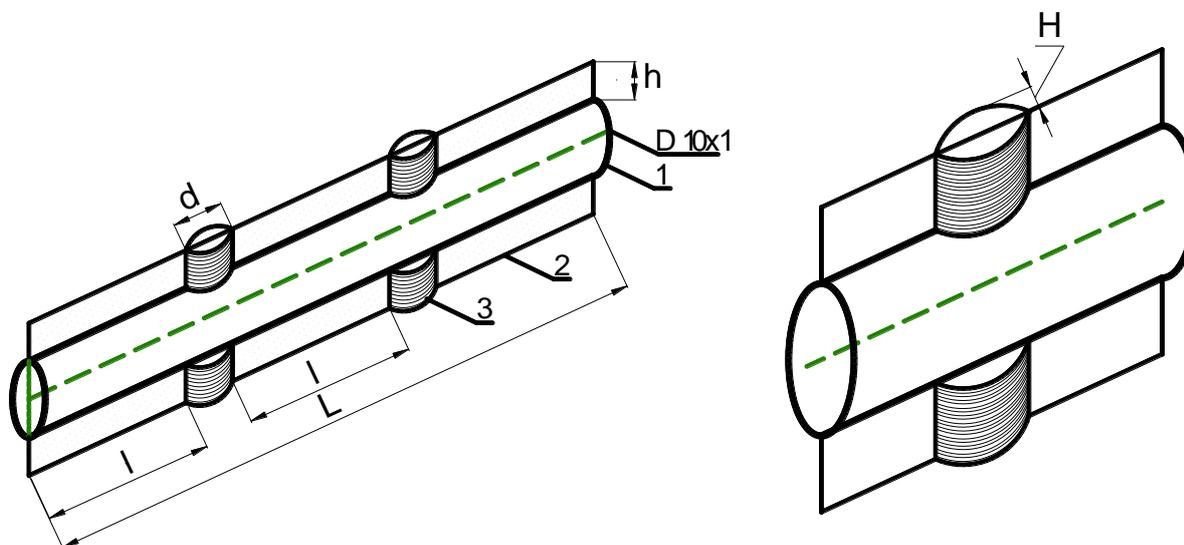


Рис. 4 – Элемент теплообменной поверхности теплообменного аппарата:

1 – трубка круглая; 2 – пластина; 3 – ребро цилиндрической формы

Проведен вычислительный эксперимент, основной целью которого является определение оптимального шага между ребрами цилиндрической формы  $l$  при эксплуатационных скоростных режимах работы исследуемого теплообменного аппарата, определяемых СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов».

При проведении исследований были приняты следующие конструктивные параметры элементов теплообменной поверхности кожухотрубного теплообменного аппарата:  $d=8$  мм,  $H=4$  мм,  $h=5$  мм,  $D=10 \times 1$  мм,  $L=1000$  мм. При этом конструктивный размер  $l$  является определяемым шагом расположения ребер цилиндрической формы.

Основные выводы проведенного эксперимента:

Значительное увеличение турбулизации происходит со скорости  $0,7$  м/с. При меньших скоростях потока ( $0,1 - 0,4$  м/с) на расстоянии менее  $10H$  от центра ребра значение турбулизации стремится к 0;

Наибольшая часть поверхности теплообмена (как пластина, так и лобовая часть ребра) находится в зоне повышенной турбулизации при скорости потока жидкости  $1$  м/с; при этой скорости расстояние от центра ребра до снижения интенсивности вихрей составляет ориентировочно  $9H$  ( $36$  мм).

В настоящее время существует большое количество оборудования и материалов, технологий для систем теплоснабжения. основной целью разработки оборудования является повышение срока службы, улучшение технических характеристик, снижение длительности монтажных работ и стоимости. Эффективные решения по применению того или иного оборудования, материалов необходимо предусматривать на стадии проектных работ.

#### Литература

1. Башмаков И.А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения в России и за рубежом /И.А. Башмаков / «Новости теплоснабжения» – 2008. – № 2 (90). с. 6-10, ТТ – 3.1
2. Коков А.Ч. Современные тенденции формирования и взаимодействия хозяйствующих субъектов теплоэнергетического комплекса / А.Ч. Коков, Ш.Х. Алиев, М.М. Абитов / «Вопросы экономики и права» – 2014. – №10. – с. 79-82
3. Котлы водогрейные «Термотехник тип ТТ-100» 1000 – 16500 кВт. Техническое описание. – 2015
4. Каталог котлов производства Группы Компаний Рэмэкс. – 2015
5. СП 89.13330.2012 Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76
6. Куцев Л.А. Современные методы повышения эффективности работы систем теплоснабжения / Л.А. Куцев, Н.Ю. Никулин, А.Н. Ряполов / Сборник трудов всероссийской научно-практической конференции «Повышение эффективности строительного производства за счет применения новых материалов и инновационных технологий» – г. Рязань, 2013. – с. 113 – 118.
7. И.Е. Абакумов. «ППУ и ППМ изоляции. области применения в тепловых сетях»/ Абакумов И.Е. / «Новости теплоснабжения» – № 2. – 2009. – с. 32 – 36.
8. Гибкие полимерные теплоизолированные трубы «Изопрофлекс – 135А». Техническое описание. – 2015.
9. Kevin M. Lunsford. Increasing Heat Exchanger Performance// Bryan Research & Engineering, Inc., Bryan, Texas, 2006.

10. Патент на полезную модель «Кожухотрубный теплообменный аппарат» №149737 от 20.01.2015.

#### References

1. Bashmakov I.A. Analiz osnovnyh tendencij razvitiya sistem teplosnabzheniya v rossii i za rubezhom [Analysis of main trends in heating systems development in Russia and abroad] / I.A. Bashmakov / «Novosti teplosnabzheniya» ["Heat supply news"] – 2008. – № 2 (90). p. 6-10, VV – 3.1 [in Russian]
  2. Kokov A.Ch. Sovremennye tendencii formirovaniya i vzaimodejstviya hozjajstvujushhih sub#ektov teploenergeticheskogo kompleksa [Modern trends of formation and interaction of economic entities in heat and power supply complex] / A.Ch. Kokov, Sh.H. Aliev, M.M. Abitov / «Voprosy jekonomiki i prava» ["Issues of Economics and Law"] – 2014. – №10. – p. 79-82 [in Russian]
  3. Kotly vodogrejnnye «Termotehnik tip tt-100» 1000 – 16500 kVt. Tehnicheskoe opisanie [Water heating boilers "Thermoteknik type tt-100" 1000 – 16500 kW. Technical description]. – 2015 [in Russian]
  4. Katalog kotlov proizvodstva Gruppy Kompanij Rjemjeks [Product catalogue of water boilers produced by Remeks Companies Group]. – 2015 [in Russian]
  5. SP 89.13330.2012 Kotel'nye ustanovki. Aktualizirovannaja redakcija SNiP II-35-76 [SP 89.13330.2012 Boilers. Updated edition of SNiP II-35-76] [in Russian]
  6. Kushhev L.A. Sovremennye metody povysheniya jeffektivnosti raboty sistem teplosnabzheniya [Modern methods of heating systems efficiency improvement] / L.A. Kushhev, N.Ju. Nikulin, A.N. Rjapolov / Sbornik trudov vsrossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Povyshenie jeffektivnosti stroitel'nogo proizvodstva za schet primenenija novyh materialov i innovacionnyh tehnologij» [Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference "Improving the efficiency of building production with the help of new materials and innovative technologies"] – g. Rjazan', 2013. – p. 113 – 118. [in Russian]
  7. I.E. Abakumov. «PPU i PPM izoljicii. oblasti primenenija v teplovyh setjah» ["Insulations of foamed polyurethane and semiconductor materials. Application in heating networks"] / Abakumov I.E. / «Novosti teplosnabzheniya» ["Heat supply news"] – № 2. – 2009. – p. 32 – 36. [in Russian]
  8. Gibkie polimernye teploizolirovannye truby «Izoprofleks – 135A». Tehnicheskoe opisanie [Flexible polymer-insulated pipes "Izoprofleks - 135A". Technical description]. – 2015. [in Russian]
  9. Kevin M. Lunsford. Increasing Heat Exchanger Performance// Bryan Research & Engineering, Inc., Bryan, Texas, 2006.
  10. Patent na poleznuju model' «Kozhuhotrubnyj teploobmennyj apparat» №149737 ot 20.01.2015 [A useful model patent "Shell and tube heat exchanger"]. [in Russian]
- 
-