

4. Повышение водостойких свойств композиционных материалов пропиткой в модифицированном серном расплаве / А. А. Юсупова, Р. Т. Ахметова, В. А. Первушин, А. И. Хацринов // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 17. С. 102-106.

5. Бетонополимеры. / Ю. М. Баженов. М. : Стройиздат, 1983. 472 с.

УДК 536.2; 621.1

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА ТЕПЛООБМЕННОГО  
ЭЛЕМЕНТА НА УДЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ  
КОМПРИМОВАННОГО ВОЗДУХА**

**DIAMETER INFLUENCE DETERMINATION OF THE EXCHANGE  
ELEMENT ON THE HIGH TEMPERATURE COMPRESSED AIR HEATER  
HEATING SURFACES UNIT COST**

Гильметдинова Ю. Р., Шмакова Л. А., Семенов Н. А., Микула В. А.  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, y.gilmetdinova@mail.ru

Gilmutdinova Yu. R., Shmakova L. A., Semenov N. A., Mikula V. A.  
Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** В работе рассмотрен теплообменный элемент высокотемпературного воздухонагревателя компримированного воздуха. Проанализировано влияние диаметра трубного теплообменного элемента на удельные затраты поверхностей нагрева и получены его оптимальные параметры.

**Abstract:** In the work heat exchange element is considered a high-temperature compressed air heater. The influence of the tubular heat exchanger element diameter in the heating surfaces unit cost and obtained its optimal parameters.

**Ключевые слова:** теплообменный элемент; высокотемпературный нагрев, воздух; диаметр; затраты.

**Key words:** heat exchange element; high temperature heating; air; diameter; costs.

В современном технократическом обществе энергосбережение является наиболее важной мерой в вопросах сохранения природных ресурсов, поскольку стоимость этих ресурсов растет из года в год. К тому же в последние годы остро встал вопрос экологических загрязнений. Все эти факторы подталкивают

исследователей на поиски новых источников энергии или же на создании экономически оправданных и экологически чистых технологий.

Одним из таких перспективных направлений по разработке высокоэффективного способа использования природных ресурсов в виде угля является развитие ПГУ на твердом топливе. На базе Уральского федерального университета ведутся исследования гибридной ПГУ-ВЦГ с внешним сжиганием твердых топлив.

В схеме гибридной ПГУ-ВЦГ с внешним сжиганием топлива на основе процессов термообработки угля и «внешнего» сжигания топлива одним из ключевых элементов является высокотемпературный воздухонагреватель, в нем нагревается сжатый воздух (до 750-1000 °С), направляемый затем в камеру сгорания газовой турбины.

Ранее отмечалось, что при разработке высокотемпературных воздухонагревателей основной проблемой является конструкционный материал труб [3]. Исходя из этого, геометрические характеристики теплообменной трубы подбираются таким образом, чтобы удовлетворить двум основным требованиям: высокой эффективности теплопередачи и эксплуатационной надежности при минимальных стоимостных показателях.

Удельные денежные затраты (капитальные и эксплуатационные) на передачу одного кВт теплоты представляют собой сумму трех составляющих:

$$Z/Q = (Z_{мет} / n + Z_v + Z_r) / Q$$

где  $Z_{мет}$  - капитальные затраты на конструкционный металл, тыс. руб.;  $n$  – срок службы теплообменного элемента (принят 12,5 лет или 100 тыс. ч);  $Z_v$  – затраты на перекачку сжатого воздуха, тыс. руб./год;  $Z_r$  – затраты на перекачку продуктов сгорания, тыс. руб./год;  $Q$  – тепловой поток, передаваемый трубой, кВт (на один погонный метр трубы).

Для определения влияния диаметра теплообменного элемента на удельные затраты поверхностей нагрева высокотемпературного воздухоподогревателя были выбраны гладкие трубы диаметрами 10 мм, 21 мм и 30 мм. При этом в расчетах принимается, что через эти трубы проходит одинаковое количество воздуха ( $G_1=G_2=G_3$ ). При этом изменялись соотношения количества труб. С учетом этих условий были рассчитаны удельные затраты для трех труб с различными диаметрами. На рис. 1 представлен график зависимости удельных затрат от скорости воздуха.

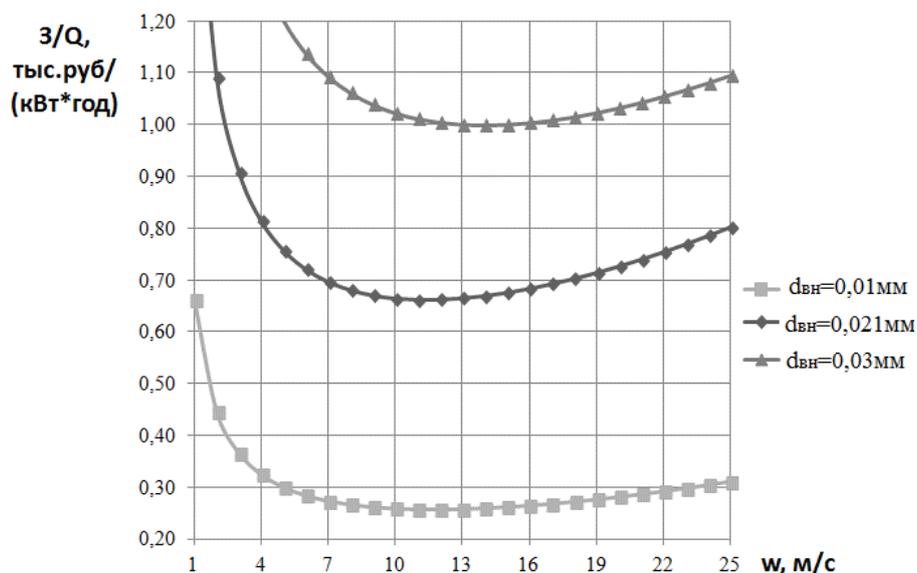


Рис. 1. Зависимость удельных денежных затрат для гладкой трубы от скорости воздуха

Как видно из рисунка минимальные удельные затраты достигаются при трубе диаметром 10 мм и составляют 0,26 тыс. руб./ (кВт·год), что почти в 4 раза ниже, чем на трубе диаметром 30 мм и 2,5 раза ниже затрат, полученных на трубе диаметром 21 мм.

Так же был построен график процентных соотношений  $Z_{мет}$  – затраты на конструкционный металл,  $Z_{в}$  – затраты на перекачку сжатого воздуха,  $Z_{г}$  – затраты на перекачку продуктов сгорания в зависимости от диаметра труб (рис. 2).

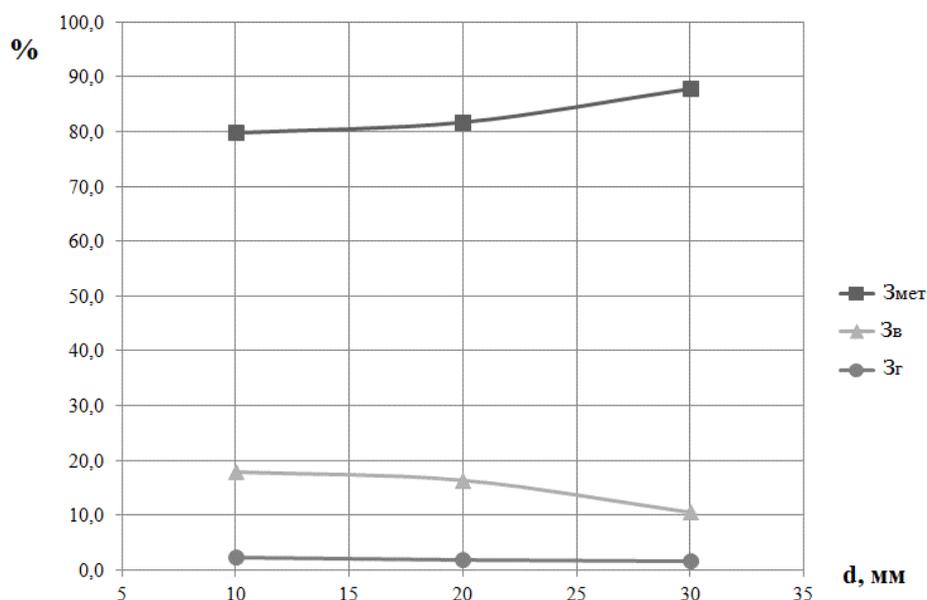


Рис. 2. Зависимость затрат на металл, перекачку сжатого воздуха и продуктов сгорания (в %) от диаметра труб

По представленному графику можно сделать вывод, что затраты на конструкционный материал составляет большую часть и они возрастают с увеличением диаметра труб. И данный факт имеет большую весомость, несмотря

на то что с увеличением диаметра трубы затраты на перекачку воздуха снижаются.

Таким образом можно сказать, что наиболее важной задачей при разработке воздушного котла является снижение затрат на дорогостоящий металл. При этом минимальные удельные затраты достигаются на трубе диаметром 10 мм и составляют 0,26 тыс. руб./(кВт·год). Для достижения минимума удельных денежных затраты скорость воздуха должна быть – 11-12 м/с.

#### Список использованных источников

1. Теплопередача. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. М.: Энергоиздат, 1981.
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). СПб.: изд-во НПО ЦКТИ, 1998. 255 с.
3. Гильметдинова Ю.Р., Степанов Д.Н., Микула В.А. Разработка концепции теплообменного элемента конвективного высокотемпературного нагревателя компримированного воздуха / Конференция молодых ученых – 2016, УрФУ, 2016 г.

УДК 669.013

### АНАЛИЗ РАБОТЫ КОЛЬЦЕВОЙ ПЕЧИ ДЛЯ НАГРЕВА ЗАГОТОВОК ТЦ № 2 ОАО «ЧТПЗ»

#### ANALYSIS OF RING FURNACE FOR HEATING BILLETS ON CHELYABINSK PIPE ROLLING PLANT

Гребнева Н. В., Черемискина Н. А., Киселев Е. В., Лошкарёв Н. Б., Лавров В. В.  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, nat1994@bk.ru

Grebneva N. V., Cheremiskina N. A., Kiselev E. V., Loshkarev N. B., Lavrov V. V.  
Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** В работе произведен анализ тепловой работы кольцевой печи для нагрева трубных заготовок ОАО «ЧТПЗ». Проанализированы проблемы, возникающие при работе печи. В ходе анализа выявлены недостатки существующей системы утилизации тепла и предложены мероприятия для решения данных недостатков. Приведены ожидаемые результаты проведения реконструкции печных систем и узлов.

**Abstract:** This article considers the analysis of thermal performance annular heating furnace located at the Chelyabinsk Pipe Rolling Plant. There are problems arising from the operation of the furnace, given the purpose of the reconstruction of its