

УДК 662.925

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

**INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY BOILERS OF SMALL POWER**

**Прохоров С.Г., Назаров И.С.**

**Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, г. Пенза, Российская Федерация**

**S.G. Prokhorov, I.S. Nazarov**

**Penza State University of Architecture and Construction,  
Penza, Russian Federation**

**e-mail: [tg@pguas.ru](mailto:tg@pguas.ru)**

**Аннотация.** Повышение энергетической эффективности котлов малой мощности является актуальной задачей в связи с их работой с КПД, не отвечающим современным требованиям по энергосбережению. По оценкам экспертов, до одной трети потенциала энергосбережения приходится на коммунальный сектор страны, использующий большое количество котлов малой мощности. Основным ресурсом повышения энергетической эффективности таких котлов является теплота дымовых газов (несёт в себе до 20 % резервов экономии топлива). Одним из вариантов использования теплоты дымовых газов является возвращение части её в котлоагрегат при помощи рекуператоров, регенераторов и других утилизационных устройств. Использование утилизационного оборудования за крупными энергетическими котлами и технологическими печами является устоявшейся практикой. В котлах малой мощности утилизация теплоты пока не нашла широкого применения. Однако разработка новых методов и средств для подогрева дутьевого воздуха способна повысить энергетические показатели

работы котлов этой группы. В статье приводится конструкция регенеративно-горелочного блока, защищённая патентом на полезную модель, позволяющая подогреть дутьевого воздуха за счёт теплоты уходящих дымовых газов. Предложены схемы компоновки центральных регенеративных воздухоподогревателей применительно к котлам малой мощности. Использование воздухоподогревателей позволяет снизить потери теплоты с дымовыми газами на величину до 5 %.

**Abstract.** Improving the energy efficiency of low-power boilers is an urgent task regarding their work with efficiency that does not meet modern requirements for energy saving. According to experts, up to one-third of the potential for energy saving falls on the country's utility sector, which uses a large number of low-power boilers. The main resource for improving the energy efficiency of such boilers is the heat of flue gases (it carries up to 20 % of reserves of fuel economy). One of the ways to use the heat of flue gases is to return part of it to the boiler using heat exchangers, regenerators and other utilization devices. The use of recycling equipment for large energy boilers and process furnaces is an established practice. In low-power boilers, heat recovery has not yet found wide application. However, the development of new methods and means for heating the blast air can increase the energy performance of the boilers of this group.

The article presents the design of the regenerative-burner unit, protected by a patent for a utility model, which allows heating of the blast air due to the heat of the outgoing flue gases. Layouts of central regenerative air heaters are proposed for low power boilers. The use of air heaters can reduce heat loss with flue gases by up to 5%.

**Ключевые слова:** котлы малой мощности, регенеративный подогрев дутьевого воздуха, регенеративно-горелочный блок, схемы компоновки центральных воздухоподогревателей.

**Key words:** low-power boilers, regenerative heating of blast air, regenerative burner unit, layout schemes of central air heaters.

Повышение энергетической эффективности производства – одна из приоритетных задач экономики России. По оценкам экспертов, до одной трети потенциала энергосбережения приходится на коммунальный сектор страны, использующий большое количество котлов малой мощности. Основным ресурсом повышения энергетической эффективности таких котлов является теплота дымовых газов (несёт в себе до 20 % резервов экономии топлива). Одним из вариантов использования теплоты дымовых газов является возвращение части её в котлоагрегат при помощи рекуператоров, регенераторов и других утилизационных устройств. Использование утилизационного оборудования за крупными энергетическими котлами и технологическими печами является устоявшейся практикой. В котлах малой мощности утилизация теплоты пока не нашла широкого применения. Однако разработка новых методов и средств для подогрева дутьевого воздуха способна повысить энергетические показатели работы котлов этой группы.

Воздухоподогреватели – рациональное теплоиспользующее оборудование, за счёт которого теплота продуктов сгорания непосредственно, без какой-либо трансформации, возвращается с подогретым воздухом в рабочее пространство огнетехнического агрегата. При установке воздухоподогревателя и постоянстве расхода топлива вся введённая в котёл физическая теплота воздуха расходуется на повышение производительности, а, следовательно, и КПД котла.

Благодаря воздухоподогревателю использование тепла, выделяемого сжигаемым топливом, повышается на 10-15 %, также подогретый воздух улучшает горение топлива, в результате чего снижается химический недожог [1]. Исследования горелок показали, что при подогреве воздуха в результате ускорения реакции горения длина факела пламени значительно уменьшается.

Предварительный подогрев воздуха, подаваемого на горение, способствует снижению потерь тепла, связанных с дымовыми газами ( $q_2$ ). В

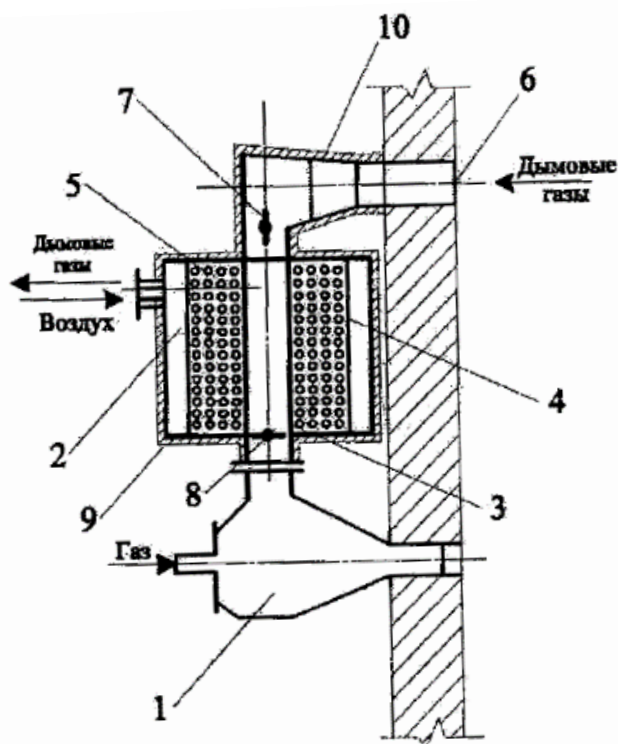
среднем снижение температуры дымовых газов на каждые 20 °С приводит к повышению коэффициента полезного действия (КПД) на 1 % [2].

По способу передачи теплоты от греющей среды к нагреваемым воздухоподогревателям можно разделить на рекуперативные (передача теплоты от дымовых газов к нагреваемому воздуху происходит через разделяющую стенку) и регенеративные (теплота передается посредством промежуточного теплоносителя). В отдельный класс можно выделить рекуперативные и регенеративные горелки, в которых горелочное устройство совмещено с рекуператором или регенератором, нагревающим воздух. Также известны контактные воздухонагреватели, в которых дымовые газы нагревают воздух при непосредственном контакте с ним.

Разработана конструкция регенеративно-горелочного блока, защищённая патентом на полезную модель [3]. На рисунке 1 представлен продольный разрез регенеративно-горелочного блока.

Предложенный регенеративно-горелочный блок работает следующим образом. При газовом периоде дымовые газы поступают в насадку регенератора (стальные шарики и т.п.) и нагревают её. При воздушном периоде воздух, подаваемый вентилятором в регенератор, проходит через кольцевой слой нагретых шариков и поступает в горелку. Направления движения дымовых газов и воздуха определяются соответствующим положением перекидных клапанов.

В котлоагрегатах малой мощности воздухоподогреватели не входят в комплект поставки завода-изготовителя. При проектировании или модернизации котельной приходится выполнять поверочный, а иногда и конструктивный расчёт такого оборудования, а также выбирать приемлемые компоновочные решения для его размещения.



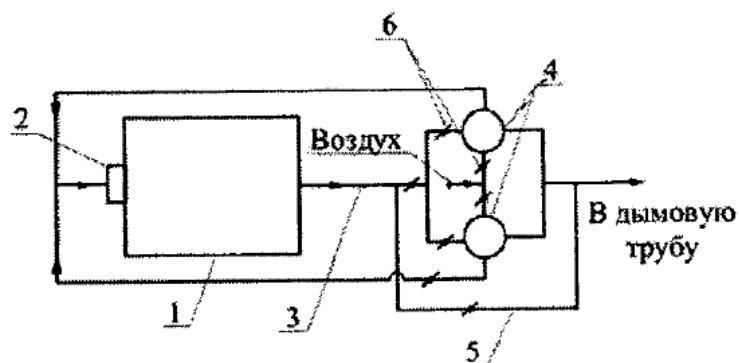
1 – горелка; 2 – регенератор; 3 – внутренняя обечайка; 4 – наружная обечайка; 5 – насадка; 6 – канал дымовых газов; 7, 8 – перекидные клапаны; 9 – тепловая изоляция; 10 – диффузор

Рисунок 1. Продольный разрез регенеративно-горелочного блока

По компоновке с котлом различают индивидуальные и центральные (групповые) воздухоподогреватели. В случае установки с котлами малой мощности переключающихся регенеративных воздухоподогревателей целесообразна установка воздухоподогревателей, состоящих минимум из двух блоков. В течение одного периода дымовые газы проходят через первый блок, нагревая насадку, а подогреваемый воздух проходит через второй блок, воспринимая теплоту нагретой насадки. И так далее.

Схема установки переключающихся регенераторов за котлом малой мощности с одной горелкой представлена на рисунке 2. Дымовые газы поступают в один из регенераторов, где отдают свою теплоту насадке. В это время воздух от воздухозабора котла поступает во второй регенератор, где воспринимает теплоту нагретой насадки и подаётся на горение. Затем происходит переключение, и дымовые газы начинают поступать во второй регенератор, а воздух – в первый. В случае отключения регенераторов

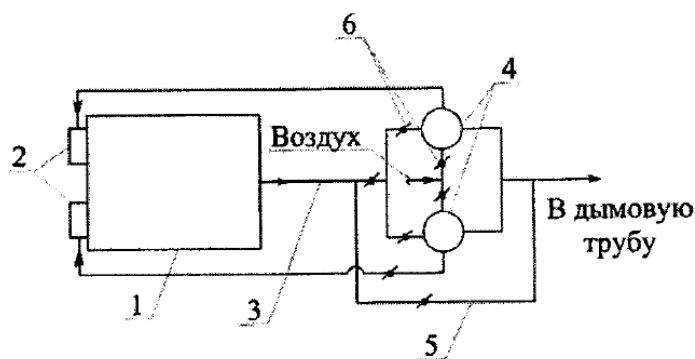
(ремонт, авария и т.д.) дымовые газы удаляются от котла через обходной газоход.



1 – котёл; 2 – горелка; 3 – газоход; 4 – регенераторы;  
 5 – обходной газоход; 6 – клапаны

Рисунок 2. Принципиальная схема установки переключающихся регенераторов за котлом малой мощности с одной горелкой

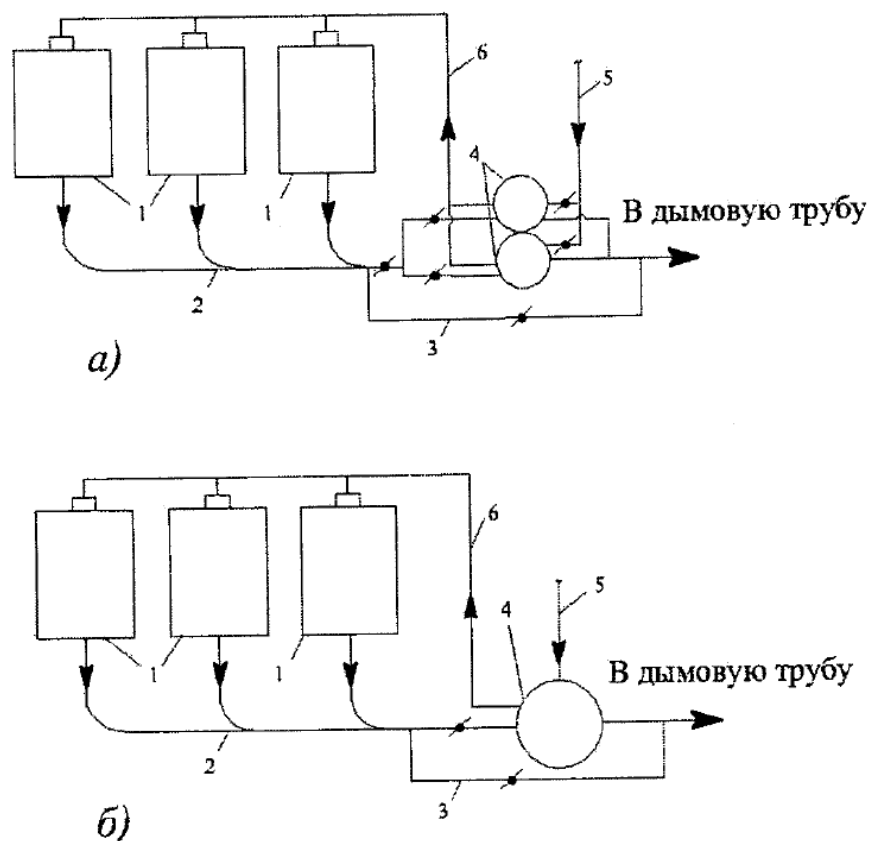
На рисунке 3 представлена схема установки переключающихся регенераторов за котлом малой мощности с двумя горелками. При такой компоновочной схеме горелки работают попеременно. Переключение происходит с помощью перекидных клапанов, которые управляются средствами автоматики.



1 – котёл; 2 – горелки; 3 – газоход; 4 – регенераторы;  
 5 – обходной газоход; 6 – клапаны

Рисунок 3. Принципиальная схема установки переключающихся регенераторов за котлом малой мощности с двумя горелками

На рисунке 4 представлена принципиальная схема установки центрального регенератора.



- 1 – котлы; 2 – газопровод; 3 – обходной газопровод;  
 4 – регенератор (а – переключающийся из двух блоков; б – вращающийся);  
 5 – воздухопровод холодного воздуха; 6 – воздухопровод подогретого воздуха

Рисунок 4. Принципиальная схема установки центрального регенератора

По этой схеме дымовые газы котлов собираются в коллективный газопровод, по которому поступают в первый блок переключающегося (а) или вращающегося (б) регенератора, нагревая насадку. Воздух от воздухозабора котельной поступает во второй блок регенератора (а), где нагревается и поступает на горение.

### Вывод

Подогрев дутьевого воздуха позволяет эффективно решать проблему повышения КПД котла. Воздухоподогреватели регенеративного типа наиболее компактны и эффективны. Использование воздухоподогревателей «сухого» типа в котлах малой мощности способно снизить потери теплоты с уходящими газами на величину до 5 %.

Разработанный регенеративно-горелочный блок интересен в техническом контексте проблемы энергосбережения, однако требуется его экспериментальная апробация.

Компоновочные схемы котлов малой мощности с переключающимися и вращающимися воздухоподогревателями показывают размещение такого оборудования в помещении котельной.

### Список используемых источников

1. Воздухоподогреватели котельных установок / Т.С. Добряков, В.К. Мигай, В.С. Назаренко и др. Л.: Энергия, 1977. 184 с.

2. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. Seville (Spain), 2009. 398 p.

3. Пат. 132176 РФ, МПК F 28 D 17/00. Регенеративно-горелочный блок / С.Г. Прохоров, А.А. Кожунов. 2013116212/06; Заявлено 09.04.2013, Опубл. 10.09.2013. 3 с.

### References

1. Dobryakov T.S., Migai V.K., Nazarenko V.S., e.a. *Vozdukhopodogrevateli kotel'nykh ustanovok* [Air Heaters of Boiler Plants]. Leningrad, Energy Publ., 1977. 184 p. [in Russian].

2. *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency*. Seville (Spain), 2009. 398 p.

3. Prokhorov S.G., Korunov A.A. *Regenerativno-gorelochnyi blok* [Regenerative-Burner Unit]. Patent RF, No. 132176, 2013. [in Russian].



## **Сведения об авторах**

### **About the authors**

Прохоров С.Г., кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», ФГБОУ ВО «ПГУАС», г. Пенза, Российская Федерация

Prokhorov S.G., Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Heat and Gas Supply and Ventilation Department, FSBEI HE «PSUAC», Penza, Russian Federation

e-mail: [tgv@pguas.ru](mailto:tgv@pguas.ru)

Назаров И.С., магистрант кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», ФГБОУ ВО «ПГУАС», г. Пенза, Российская Федерация

Nazarov I.S., graduate student of Heat and Gas Supply and Ventilation Department, FSBEI HE «PSUAC», Penza, Russian Federation

e-mail: [tgv@pguas.ru](mailto:tgv@pguas.ru)