

Оценка эффективности утилизации теплоты дымовых газов котельной

А.В. Ениватов, И.Н. Артемов, И.А. Савонин

*ФГБОУ ВО Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,
Саранск*

Аннотация: В данной статье приведены результаты экспериментального исследования глубокого охлаждения продуктов сгорания природного газа в конденсационном теплообменнике утилизаторе котельной корпуса №12 ФГБОУ ВО МГУ им. Н.П. Огарева. Тепловая схема котельной с утилизатором тепла дымовых газов обеспечивает максимальную продолжительного режима глубокого охлаждения. В результате исследования определены факторы оказывающее наибольшее влияние на эффективность теплообменника-утилизатора.

При кратковременных режимах работы котлоагрегатов в весенним и осенним периодах эффективность составляет более 3 %.

Ключевые слова: горелка, оптимизация режимов горения, теплоутилизатор, тепловая схема котельной, котлоагрегат, дымовые газы, конденсация, теплообменник, когенерационный режим, охлажденные газы.

Оптимизация топливоиспользования в котельной с помощью регенерации тепловой энергии дымовых газов за счет применения поверхностного конденсационного теплоутилизатора предполагает проведение испытаний на действующей котельной при различных режимах и получение экспериментальных зависимостей эффективности теплообменника - утилизатора.

В ходе теоретических исследований и инженерных расчетов получены, и выбраны основные узлы обвязки утилизатора тепла дымовых газов котельной. Тепловая схема котельной с утилизатором тепла дымовых газов смонтирована в соответствии с результатами анализа литературных источников информации, а также опыт эксплуатации котлоагрегатов [1-6].

Автономная котельная, принятая в качестве объекта исследования обеспечивает тепловой энергией на отопительные и ГВС цели учебный корпус №12, ФОК и гаражи ФГБОУ ВО "МГУ им. Н.П. Огарева". Тепловая схема блочная котельная с гидравлически открытым котловым контуром. Часть расчетного расхода теплоносителя с гидрораспределителя через трехходовой смесительный клапан сетевыми насосами подается в систему

отопления выше приведенных зданий. Другая часть расчетного расхода теплоносителя с гидрораспределителя через трехходовой смесительный клапан циркуляционным насосом подается в подогреватель горячей воды системы ГВС. Циркуляция контура котел-гидрораспределитель осуществляется котловыми насосами.

Функциональная схема экспериментальной установки показана на рис.1.

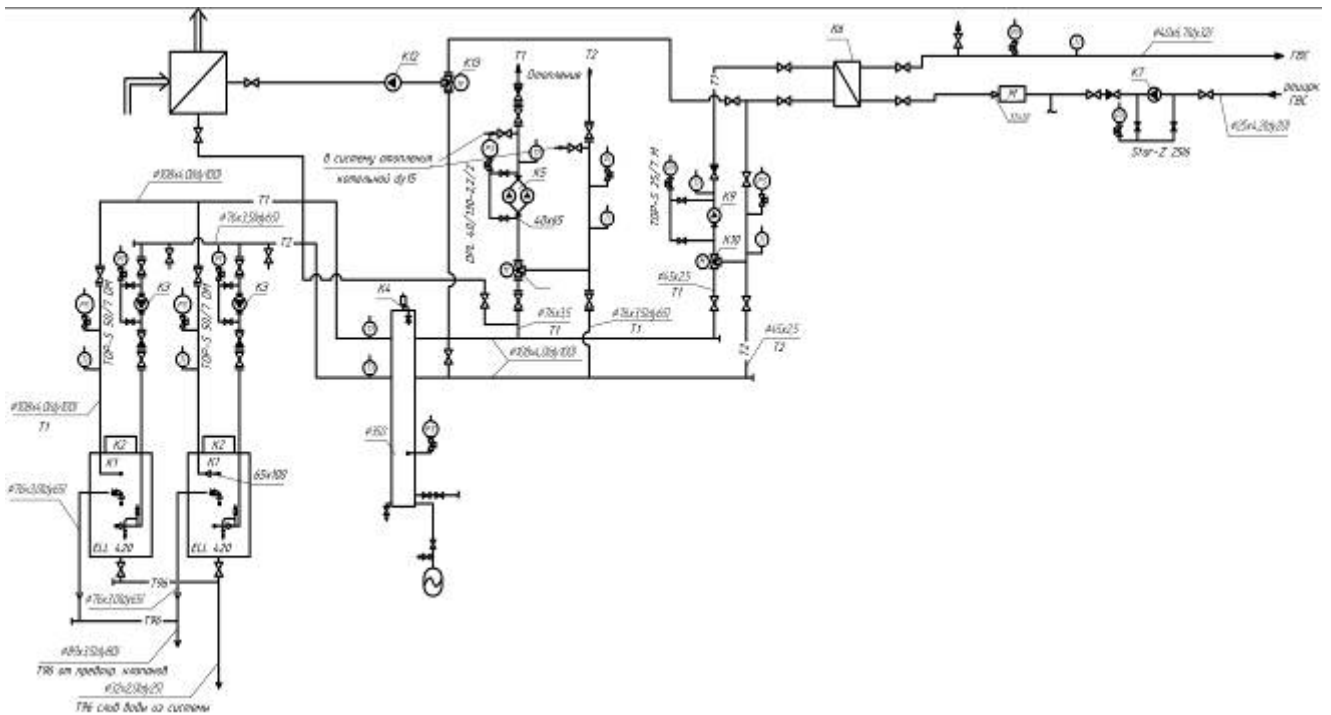


Рис. 1. – Функциональная схема экспериментальной установки

K1 - котел водогрейный ELLPREX 420, K2 - горелка двухступенчатая RS38tl, K3 - насос котловой TOP S50/7Dm, K4 - распределитель гидравлический, K5 - насос сетевой отопление DPL 40/130-2.2/2, K6 - теплообменник пластинчатый НН №4-ТО 16-27-TL, K7 - насос рециркуляционный ГВС Wilo Star-Z 25/6, K8 - клапан трехходовой смесительный 3F65, K9 - насос сетевой ГВС TOP S 30/10 DM, K10 - кран трехходовой смесительный 3F40, K11 - утилизатор тепла уходящих газов, K12 - насос рециркуляционный, K13 - клапан трехходовой.

Горячая вода согласно тепловой схеме подогревается в пластинчатом теплообменном аппарате теплоносителем подающего трубопровода

поступающего с распределителя гидравлического на трехходовые смесительный клапан системы отопления и ГВС. Теплоноситель от потребителей тепловой энергии на отопительные цели и от подогревателя горячей воды системы ГВС подается по обратному трубопроводу в распределитель гидравлический. Температура теплоносителя после потребителей системы отопления согласно температурному графику. Температура теплоносителя после подогревателя горячей воды может изменяться от температуры теплоносителя в подающем трубопроводе распределителя гидравлического до температуры выше на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ температуры холодной воды подаваемого в подогреватель, что составляет $20\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$. В связи с этим в тепловой схеме котельной с утилизатором тепла дымовых газов предусматривается установка трехходового клапана исполняющая функции управления отбора теплоносителя с наименьшей температурой. Это позволит подавать в контур утилизатора теплоты дымовых газов для организации их конденсации теплоноситель с наименьшей температурой не превышающей температуре теплоносителя поступающая от потребителей согласно температурного графика. При этом, чем больше расход горячей воды потребителем на ГВС тем ниже температура и тем выше эффективность утилизатора.

Основным агрегатом входящий в экспериментальную установку является утилизатор тепла дымовых газов рис. 2. Рекуперативный теплообменный аппарат расчетной мощностью $60\text{--}80\text{ кВт}$ выполнен в виде трубы квадратного сечения с размещенными во внутренней полости змеевикового типа теплообменниками-секциями, перегородками, газоходами и завихрителями способствующие интенсификации теплопередачи от газов к стенке трубопроводной поверхности.



Рис. 2. – Общий вид экспериментального теплообменника - утилизатора

Результаты экспериментальных исследований параметров (расход, температура) теплоносителя на входе и выходе в утилизатор тепла дымовых газов для режима с минимальными и максимальными параметрами теплоносителя представлены на рис. 3 - 5. График изменения температуры теплоносителя на обратном и подающем трубопроводах на вводе и выходе в утилизатор тепла дымовых газов по двум режимам рис. 3; график динамики расхода теплоносителя через утилизатор тепла дымовых газов рис. 4; график тепловой мощности утилизатора тепла дымовых газов рис. 5. Оценка эффективности реализации проектов по глубокой утилизации тепла дымовых газов необходимо осуществлять при длительной эксплуатации в режимах погодного регулирования работы котельной [7].

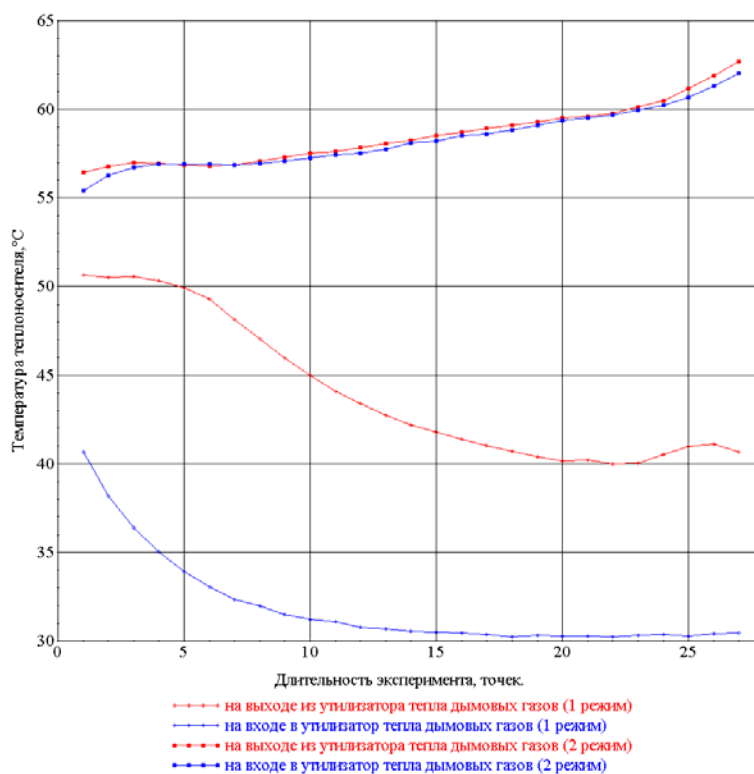


Рис. 3. – Температура теплоносителя на входе и выходе утилизатора
тепла ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

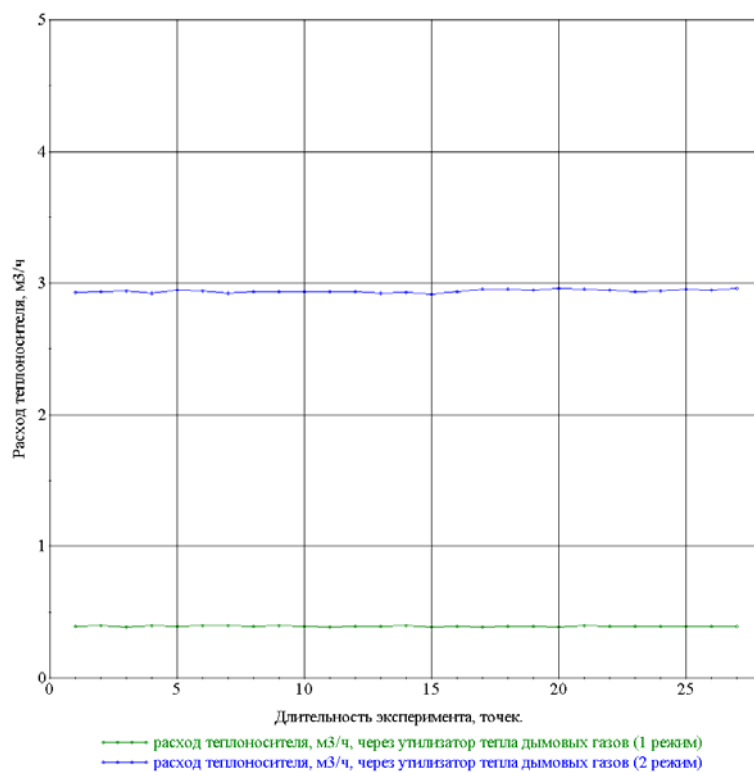


Рис. 4. – Расход теплоносителя через утилизатор тепла ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

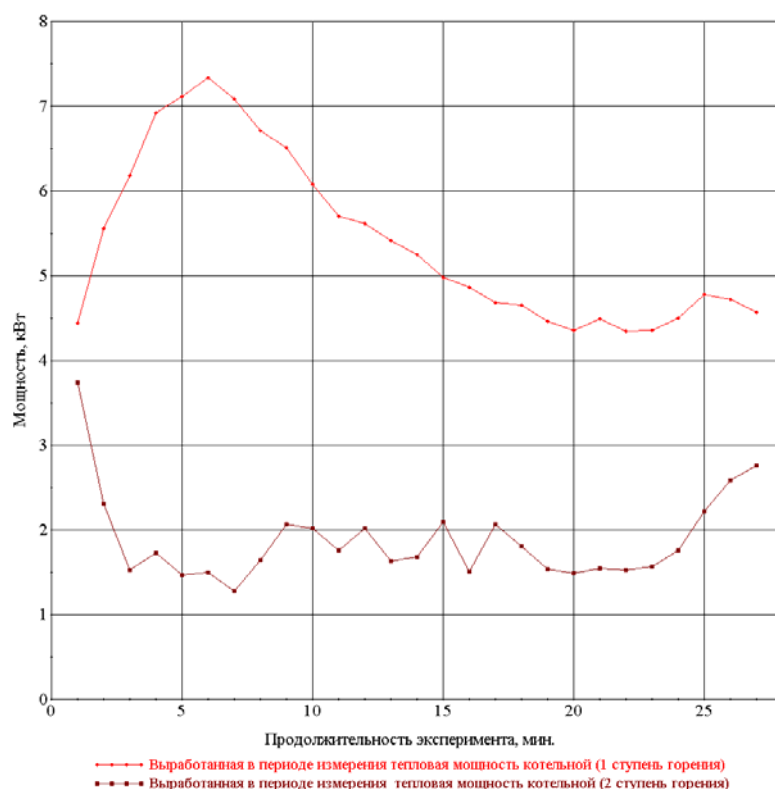


Рис. 5. – Тепловая мощность утилизации тепла дымовых газов

Как следует из графика рис. 3 температура теплоносителя на входе и выходе утилизатора тепла дымовых газов в режимах с минимальным и максимальным расходом теплоносителя разного уровня. При работе утилизатора тепла при минимальном расходе и котлоагрегата в режиме поочередного «большого и малого горения» температура теплоносителя на выходе из утилизатора стабилизируется на уровне 40-42 °С при стабильной температуре на входе в утилизатор в 30-32 °С. Температура в среднем за период эксперимента составляет соответственно на входе - 31,92 °С и выходе из УТДГ - 44,03 °С. Разность температур в среднем за период эксперимента составляет 12,11 °С.

При работе утилизатора тепла при максимальном расходе теплоносителя и котлоагрегата в режиме поочередного «большого и малого горения», за период эксперимента, температура теплоносителя на выходе из утилизатора стабильно возрастает с 56,5 °С до 62,5 °С при аналогичном изменении

температуры на входе в УТДГ. Температура в среднем за период эксперимента составляет соответственно на входе - 58,3 °С и выходе из УТДГ - 58,87 °С. Разность температур в среднем за период эксперимента составляет 0,57 °С.

Минимальный и максимальный расход теплоносителя через утилизатор тепла дымовых газов соответственно составляет (среднее значение за период измерения) 0,393 м³/ч и 2,939 м³/ч. Согласно графика представленным на рисунке 4 расход за период измерения стабилен.

При относительно соизмеримой тепловой нагрузке котельной в периодах испытаний и ее работы в поочередном режиме большого и малого горения отбор тепловой энергии в утилизаторе тепла дымовых газов осуществлялся при отличных параметрах теплоносителя на входе. Тепловая мощность утилизации теплоты дымовых газов в среднем за периода измерения соответственно составляют: в первом режиме при минимальных значения расхода и температуры теплоносителя - 5,396 кВт и 1,883 кВт. Средняя тепловая мощность котла в период проведения эксперимента, при расходе газа за периоды измерения 3 м³ и 4 м³ составляет соответственно 153,93 кВт и 149,26 кВт. Доля тепловой энергии полученной при измерении в утилизаторе тепла дымовых газов соответственно в режиме с минимальным и максимальным расходом теплоносителя через утилизатор составляет 3,49 % и 1,33 %.

Литература

1. Ениватов А.В., Артемов И.Н., Савонин И.А. Оптимизация тепловой схемы котельной с утилизатором тепла дымовых газов // Инженерный вестник Дона, 2018, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2018/4746.

2. Бойко Е. А., Шпиков А. А. - Котельные установки и парогенераторы (конструкционные характеристики энергетических котельных агрегатов). В



данное справочное пособие ... котельных агрегатов). - КГТУ, Красноярск, 2003. - 230 с.

3. Артемов И.Н., Ениватов А.В., Артемова Е.А., Лазарев А.А., Лазарев В.А. Эффективность применения в котельных устройства утилизации теплоты уходящих газов на примере котельной № 3 г. Спасска Пензенской области. Международная научно-техническая конференция. «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы» Саранск, 2016. С. 164-167.

4. Артемов И.Н., Артемова Е.А. Наиболее полное использование теплоты уходящих газов котлоагрегатов. Международная научно-техническая конференция. «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы» 2014. С. 126-129.

5. Лысяков А.И., Артемов И.Н., Ениватов А.И., Зинкин Д.А., Цыцарева Е.И. Анализ отклонений основных параметров работы котлоагрегатов в период эксплуатации. Международная научно-техническая конференция. «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы» Саранск: 2013. С. 215-221.

6. Горяев А.Б. Исследование распределения температур и энтальпий теплоносителей в поверхностных конденсационных утилизаторах / А.Б. Горяев // Теплоэнергетика. – 2005. №7. С. 55-59.

7. Левцев А.П., Кручинкина О.А., Ениватов А.В. Экспресс-оценка эффективности функционирования систем централизованного теплоснабжения Вестник НИИ гуманитарных наук при Правительстве Республики Мордовия. 2015. № 1 (33). С. 79-88.

8. Ефимов А.Ю., Фролов А.А. Эффективность применения теплоутилизатора тепла дымовых газов на котельных малой мощности // Инженерный вестник Дона, 2018, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4869.

9. Industrial Waste Heat Recovery Industrial Energy Round Table Kathey Ferland Texas Industries of the Future Riyaz Pappar, Hudson Technologies Co. September 21, 2006. Hudson Technologies Combustion & Energy systems LTD. pp. 23-29.

10. Panov A.V. Phase-frequency characteristics of capacitive heat exchanger with an active pipe part // Components of scientific and technological progress. № 3(18) 2013. pp. 24-31.

References

1. Enivatov A.V., Artemov I.N., Savonin I.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus) 2018, №1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2018/4746.

2. Boyko Ye. A., Shpikov A. A. Kotel'nyye ustanovki i parogeneratory [konstruktsionnyye kharakteristiki energeticheskikh kotel'nykh agregatov] [Boiler installations and steam generators]. V dannoye spravochnoye posobiye kotel'nykh agregatov). KGTU, Krasnoyarsk, 2003. 230 p.

3. Artemov I.N., Enivatov A.V., Artemova E.A., Lazarev A.A., Lazarev V.A. Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya. «Energoehffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy» Saransk, 2016. pp. 164-167.

4. Artemov I.N., Artemova E.A. Mezhdunarodnaya nauchno tekhnicheskaya konferenciya. «EHnergoehffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy» 2014. pp. 126 -129.

5. Lysyakov A.I., Artemov I.N., Enivatov A.I., Zinkin D.A., Cycareva E.I. Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya. «EHnergoehffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy» Saransk: 2013. pp. 215-221.

6. Garyayev A.B. Teploenergetika. 2005. №7. pp. 55-59.

7. Levitsev A.P., Kruchinkina O.A., Yenivatov A.V. Vestnik NII gumanitarnykh nauk pri Pravitel'stve Respubliki Mordoviya. 2015. № 1 (33). pp. 79-88.



8. Yefimov A.Y, Frolov A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4869.

9. Industrial Waste Heat Recovery Industrial Energy RoundTable Kathey Ferland Texas Industries of the Future Riyaz Papar, Hudson Technologies Co. September 21, 2006. Hudson Technologies Combustion & Energy systems LTD. pp 23-29.

10. Panov A.V. Components of scientific and technological progress. № 3(18) 2013. pp. 24-31.