

УДК 681.5.033.2

Н.С. КоньковНациональный исследовательский Томский политехнический университет,
Томск, Россия**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА**

Вопросам энергосбережения и энергоэффективности РФ в последнее время уделяется значительное внимание и в том числе в некоторых основополагающих документах, таких как «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», которые определяют вектор развития российского топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Затраты на энергетические ресурсы составляют существенную часть затрат бюджетов большинства предприятий страны. С учетом постоянного роста тарифов и цен на топливно-энергетические ресурсы бесхозяйственное, энергорасточительное и неэффективное использование последних становится недопустимым. Это обстоятельство становится определяющим для того, чтобы проблема энергосбережения и повышения энергетической эффективности в настоящее время приобрела столь важное значение. Расчетный запас потенциальных гидроресурсов мира составляет 7,2 млрд тонн условного топлива (т у.т.), но их использование связано с огромными капитальными затратами на строительство гидроэлектростанций (ГЭС). Использование солнечной энергии ограничивается низким КПД преобразования, высокой стоимостью преобразователей и резкой суточной неравномерностью солнечного излучения, требующей создания мощных накопителей. Использование всей энергии ветра на планете эквивалентно всего лишь 2,8 млрд т у.т., а использование геотермальной энергии – 1 млрд т у.т. Поскольку основным источником энергии в настоящее время является органическое топливо и в ближайшем будущем эта ситуация вряд ли изменится, то приведенный анализ данных запасов нетрадиционных источников энергии лишь подтверждает, что достигнутое значение потребления топлива в 15 млрд т у.т. не может быть мгновенно обеспечено за счет других нетрадиционных источников энергии. Главной научно-технической проблемой в области совершенствования использования скрытой энергии топлива является необходимость одновременного решения сложных и часто взаимоисключающих задач повышения экономичности сжигания топлива и снижения выбросов вредных веществ в атмосферу. В современной научно-технической терминологии одновременное решение этих вопросов формулируется как задача энергоэкологической оптимизации сжигания топлива. В данной статье рассмотрен один из вариантов энергоэкологической оптимизации сжигания природного газа путем применения корректирующего мониторинга.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, котлоагрегат, природный газ, режимно-наладочные испытания, газовый регулятор, горелочное устройство.

N.S. Konkov

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia Federation

AUTOMATION OF HEAT POWER EQUIPMENT WITH THE PURPOSE OF ENERGY OPTIMIZATION OF BURNING OF FUEL

The issues of energy saving and energy efficiency of the Russian Federation recently received considerable attention including in some fundamental documents such as "Energy strategy of Russia for the period till 2030", which define the vector of development of Russian fuel and energy complex (FEC). The cost of energy resources constitute a significant part of the cost of the budgets of most companies in the country. Taking into account constant growth of tariffs and prices on energy resources, thriftless, wasteful and inefficient use of the latter becomes invalid. This fact becomes crucial to the problem of energy saving and energy efficiency increase at the present time has become so important. Estimated reserve potential of hydro resources of the world is 7.2 billion tons.t., but their use is associated with huge capital costs for construction of hydropower plant (HPP). The use of solar energy is limited by the low conversion efficiency, high cost of converters and sharp daily by uneven solar radiation, requiring the creation of powerful drives. The use of wind energy on the planet is equivalent to only 2.8 billion tons.t., and the use of geothermal energy – 1 billion tons.t. Since the main source of energy is currently fossil fuels, and in the near future this situation is unlikely to change, then the analysis of these unconventional energy sources only confirms that the achieved value of fuel consumption of 15 billion tons.t. may not be instantly achieved at the expense of other alternative energy sources. The main research problem in the field of improving the combustion of a fuel is the need of simultaneous solution of complex and often mutually exclusive tasks for increasing the efficiency of combustion and reduce harmful emissions into the atmosphere. In the modern scientific and technical terminology simultaneous solution of these questions is formulated as a problem of energy and ecological optimization of fuel combustion. This article describes one of the variants of energy-environmental optimization of natural gas combustion by applying corrective monitoring.

Keywords: Energy efficiency, boiler, natural gas, adjustment modes, gas regulator, burner device.

Задачи повышения экономичности сжигания топлива, уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу и снижения капитальных затрат на их реализацию не только очень сложны, но и часто противоречат друг другу. Одновременное успешное решение этих задач принято называть энергоэкологической оптимизацией использования топлива или управлением качеством его сжигания [1]. В большинстве случаев при промышленном сжигании топлива основным принципом повышения эффективности является максимально возможное использование располагаемой (низшей) теплоты сгорания $Q_{нр}$. Основными составляющими потерь теплоты при этом являются потери с отходящими газами q_2 и от так называемого химического недожога q_3 . Оба этих показателя тесно связаны с коэффициентом избытка воздуха α в факеле горящего топлива. От него же зависит и количество вредных выбросов в атмосферу.

Наиболее распространенным способом автоматизации котельной техники в настоящее время является параллельное управление. При параллельном управлении система воспринимает информацию о давлениях регулируемых потоков и настраивается на оптимальное соотношение «топливо–воздух» при номинальной нагрузке, принимаемое за эталонное на момент пусконаладочных испытаний. Найденное таким образом соотношение поддерживается постоянным при любых нагрузках котла. Результатом применения такой системы является существенное падение коэффициента полезного действия (КПД) котла на малых нагрузках. К факторам, влияющим на эффективность работы, относятся колебания теплоты сгорания топлива, нагрузки агрегата, температуры и влажности топлива и воздуха, техническое состояние горелок и всего агрегата, состояние тягодутьевого оборудования, а также износ направляющих аппаратов и исполнительных механизмов.

На рис. 1 приведена разработанная в результате исследований схема, определяющая причины снижения технико-экономических показателей (ТЭП) работы теплоэнергетического оборудования [2].

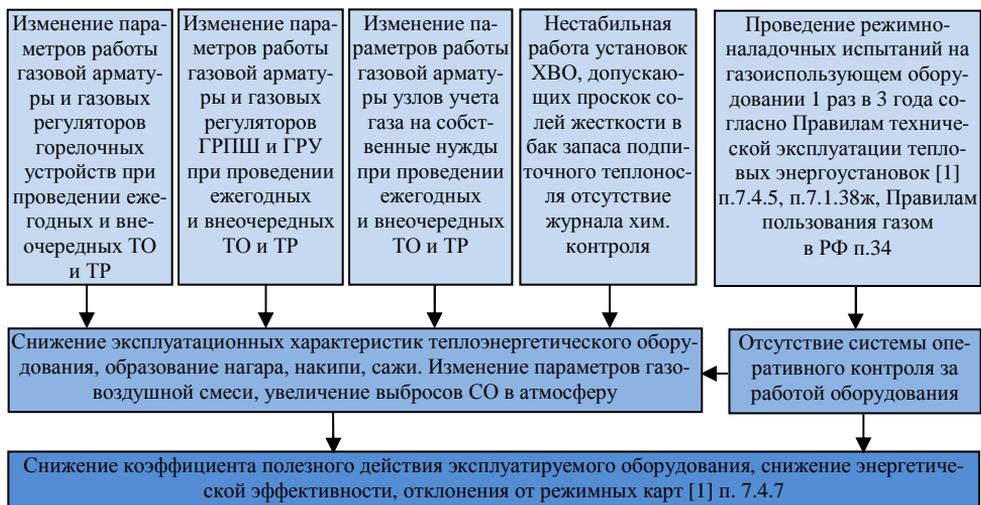


Рис. 1. Схема влияния работ, проводимых на оборудовании, обеспечивающем комплексную работу промышленных котлоагрегатов, на технико-экономические показатели работы котельных установок

В ходе исследований, проводимых на топливосжигающем теплоэнергетическом оборудовании, установленном на объектах газотранспортных систем, выявлено, что основными причинами отклонений в режимах работы оборудования являются [2, 3]:

- ухудшение эксплуатационных показателей ввиду образования накипи, нагара/сажи, нестабильные режимы работы установок химводоочистки (ХВО);

- конструктивные изменения, такие как прогорание турбулизаторов, дымогарных трубок, что ведет к их заглушению;

- изменение параметров работы газовых регуляторов горелочных устройств при проведении ежегодных технических обслуживаний (ТО) и текущих ремонтов (ТР);

- изменение параметров работы типовых газовых регуляторов газораспределительных шкафных пунктов (ГРПШ) и газораспределительных узлов (ГРУ), а также газовой арматуры узлов учета газа при проведении ТО и ТР.

Изменение параметров работы газовой арматуры обусловлено наличием абсолютной, относительной и приведенной погрешности, учитываемых при ежегодных калибровке, поверке и настройке оборудования, обеспечивающего работу котельных установок при его демонтаже/монтаже.

Исследования показали, что выполнение работ по обслуживанию газовой и теплосетевой арматуры производится 2 раза в год: до начала отопительного сезона и по его окончании. Режимно-наладочные испытания согласно Правилам технической эксплуатации тепловых энергоустановок [4] п. 7.4.5, п. 7.1.38ж и Правилам пользования газом в РФ п. 34 на газоиспользующем оборудовании производятся 1 раз в 3 года. Таким образом, было выявлено, что в промежутке между режимно-наладочными испытаниями на оборудовании, обеспечивающем работу котельных установок, прочие сервисные работы производились до 8 раз чаще.

Результатами промежуточных сервисных работ являются:

- отклонения от режимов работы, установленных режимными картами;

- снижение КПД от 3 до 13 % (по результатам исследований).

Следствиями данных изменений являются:

- перерасход топливного газа;

- увеличение выбросов СО в атмосферу;

- образование нагара и накипи;

- отклонения от требований правил технической эксплуатации;

- отклонения от требований надзорных организаций;
- несоответствие требованиям программ по энергосбережению и энергоэффективности и в целом несоответствие экологическим нормам.

Отследить данные изменения представляется возможным только при проведении плановых наладочных испытаний или при проверке органами государственного надзора, что влечет за собой получение эксплуатирующей организацией предписания об устранении нарушений, внеочередные режимно-наладочные испытания и, как следствие, внеплановые материальные затраты.

Для решения данной проблемы продолжается разработка программы для осуществления корректирующего мониторинга режимов топливосжигания теплоэнергетического оборудования. Для осуществления такого вида контроля разработан алгоритм и на основе одного из языков программирования в настоящее время продолжается разработка исходного кода программного продукта экспертной системы «THERMAL CONTROL» («ТС»).

«THERMAL CONTROL» – это разработка, представляющая многофункциональный автоматизированный программный комплекс, в настоящее время включающий в себя следующие модули:

1. Котлоагрегат промышленный. Модуль разработан для проведения режимно-наладочных испытаний и оперативного контроля за работой промышленных водогрейных котлоагрегатов.
2. Котлоагрегат бытовой. Модуль разработан для проведения режимно-наладочных испытаний и оперативного контроля за работой бытовых водогрейных котлоагрегатов.
3. Подогреватель магистрального газа. Модуль разработан для проведения режимно-наладочных испытаний и оперативного контроля за работой подогревателей магистрального газа.

Данные модули имеют разноуровневую аутентификацию для эксплуатирующих и сервисных организаций и предоставляют возможность качественно проводить режимно-наладочные испытания и оперативно производить расчеты и получать данные по работе оборудования.

На основании работы данных модулей в настоящее время в индивидуальном порядке разрабатывается функционал экспертной системы. В данном программном продукте экспертная система – это комплекс, который оперирует со знаниями в области наладки и эксплуатации теплоэнергетического оборудования с целью выработки рекомендаций по

вопросам эксплуатации или решения проблем. В алгоритм работы экспертной системы помимо логической структуры выполнения вычислительных операций заложен функционал формирования определенных соображений и выводов, основанных на тех знаниях, которыми она будет располагать. В некотором виде экспертная система комплекса «ТС» для эксплуатационного персонала будет являться службой поддержки принятия решений, а для сервисного персонала будет являться инструментом анализа параметров работы оборудования [5–10].

Кроме того, на основании данных модулей продолжается разработка функций оперативного контроля за работой оборудования ГТС, систематизации и формирования годовых и трехлетних планов работы.

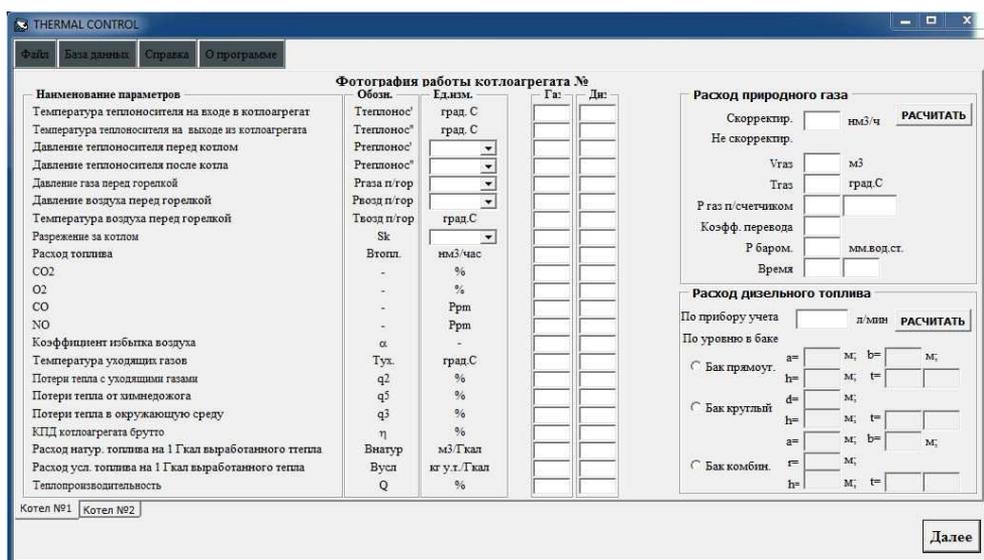


Рис. 2. THERMAL CONTROL

Принцип работы требует на эксплуатирующем оборудовании зафиксировать необходимые параметры работы и получить анализ дымовых газов, необходимый для расчетов. После получения анализа дымовых газов и внесения полученных данных в базу с помощью программы «ТС» эксплуатирующая организация получает возможность обратиться к специализированному персоналу Инженерно-технического центра (ИТЦ) для анализа и оценки качества работы теплоэнергетического оборудования. В свою очередь, специализированный персонал ИТЦ дает заключение о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования или о необходимости внесения корректировок.

Перспективой развития данного продукта является полная автоматизация процесса получения данных. С помощью установки современных автоматизированных контроллеров, используя имеющееся оборудование и каналы связи, через «THERMAL CONTROL» появится возможность получать данные, находясь на рабочем месте, возле компьютера в офисе, что предоставит возможность применения полностью автоматизированного процесса оперативного контроля за оборудованием.

В целях получения предварительного результата и анализа рентабельности проводимых исследований данное направление продолжает параллельно прорабатываться на базе приложения MS Office Excel. Для этого создана база данных производственных объектов, по каждому из объектов собраны все необходимые данные, проработан удобный и понятный интерфейс, который загружает соответствующие значения для выбранного места работ и позволяет задать необходимые параметры работы для оборудования, размещенного в выбранном объекте работ, а также прописан код, который формирует пакет документов по необходимым формулярам.

Библиографический список

1. Коньков Н.С. Оперативный контроль качества сжигания топлива как метод повышения энергоэкологической эффективности теплоэнергетического оборудования // Интеллектуальные энергосистемы: тр. III Междунар. молодеж. форума: в 3 т.; Томск 28 сентября – 2 октября 2015 г. Т. 1. – Томск, 2015. – 310 с.
2. Коньков Н.С. Проблемы эксплуатации и методы повышения энергетической эффективности теплоэнергетического оборудования при помощи внедрения новой методики контроля за работой оборудования // Механизация строительства. – 2015. – № 7(853). – С. 43–45.
3. Коньков Н.С. О некоторых проблемах эксплуатации, технического ремонта и обслуживания водогрейных котлов малой и средней мощности (до 2000 кВт) и путях их решения // Энергетик. – 2016. – № 1.
4. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 208 с.
5. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод / под ред. Н.В. Кузнецова [и др.]. – 2-е изд., перераб. (Репринтное воспроизведение издания 1973 г.). – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 296 с.
6. Вулис Л.А. Основы теории газового факела. – М., 1968.

7. Трёмбовля В.И., Фиигер Е.Д., Авдеева А.А. Теплотехнические испытания котельных установок. – М.: Энергия, 1977. – 296 с.

8. Равич М.Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. – М.: Машиностроение, 1966. – 398 с.

9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий: учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 288 с.

10. Ахмедов Р.Б. Рациональное использование газа в энергетических установках: справочное руководство. – Л.: Недра, 1990. – 423 с.

References

1. Kon'kov N.S. Operativnyi kontrol' kachestva szhiganiia topliva kak metod povysheniia energoekologicheskoi effektivnosti teploenergeticheskogo oborudovaniia [Operational control of the fuel combustion quality as a method of increasing the energy and ecological efficiency of heat and power equipment]. *Trudy III Mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma "Intellektual'nye energosistemy"*. Tomsk, 28 September – 2 October 2015. Tomsk, 2015, vol. 1, 310 p.

2. Kon'kov N.S. Problemy ekspluatatsii i metody povysheniia energeticheskoi effektivnosti teploenergeticheskogo oborudovaniia pri pomoshchi vnedreniia novoi metodiki kontrolya za rabotoi oborudovaniia [Usability problems and energy efficiency improvement methods of thermal power equipment by means of new equipment control technology implementation]. *Mekhanizatsiia stroitel'stva*, 2015, no. 7(853), pp. 43-45.

3. Kon'kov N.S. O nekotorykh problemakh ekspluatatsii, tekhnicheskogo remonta i obsluzhivaniia vodogreinykh kotlov maloi i srednei moshchnosti (do 2000 kVt) i putiakh ikh resheniia [On some usability problems, technical operation and maintenance of low and medium-power boilers (up to 2000 kW) and ways to solve them]. *Energetik*, 2016, no. 1.

4. Pravila tekhnicheskoi ekspluatatsii teplovykh energoustanovok [The operating and maintenance rules of thermal power plants]. Moscow: Novatsionnyi tsentr "ENAS", 2004. 208 p.

5. Kuznetsova N.V. [et al.]. Teplovoi raschet kotel'nykh agregatov. Normativnyi metod [Thermal design of boiler units. Normative method]. Moscow: EKOLIT, 2011. 296 p.

6. Vulis L.A. Osnovy teorii gazovogo fakela [The foundations of gas flame theory]. Moscow, 1968.

7. Trembovia V.I., Fiiger E.D., Avdeeva A.A. Teplotekhnicheskie ispytaniia kotel'nykh ustanovok [Thermotechnical testing of boiler plants]. Moscow: Energiia, 1977. 296 p.

8. Ravich M.B. Uproshchennaia metodika teplotekhnicheskikh raschetov [A simplified method of thermotechnical calculation]. Moscow: Mashinostroenie, 1966. 398 p.

9. Esterkin R.I. Ekspluatatsiia, naladka i ispytanie teplotekhnicheskogo oborudovaniia promyshlennykh predpriatii [Operation, adjustment and testing of industrial heat engineering equipment]. Moscow: Energoatomizdat, 1984. 288 p.

10. Akhmedov R.B. Ratsional'noe ispol'zovanie gaza v energeticheskikh ustanovkakh: spravochnoe rukovodstvo [Rational use of gas in power plants: reference guide]. Leningrad: Nedra, 1990. 423 p.

Сведения об авторе

Коньков Никита Сергеевич (Томск, Россия) – аспирант кафедры тепловых электрических электростанций, их энергетических систем и агрегатов Национального исследовательского Томского политехнического университета (634034, Томск, пр. Ленина, 30, e-mail: sibtherm@gmail.com).

About the author

Konkov Nikita Sergeevich (Tomsk, Russian Federation) is a Graduate Student of the Department of thermal electric power plants, their power systems and units National Research Tomsk Polytechnic University (634034, Tomsk, 30, Lenina pr., e-mail: sibtherm@gmail.com).

Получено 20.02.2016