

Оценка составляющих перерасхода топлива теплоэнергетического оборудования^{*}

А.И. ДВОРЦЕВОЙ^а, О.К. ГРИГОРЬЕВА^б, И. А. ТИХОНОВ^с

630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет

^а dvorcevoj@corp.nstu.ru ^б o.grigoreva@corp.nstu.ru ^с i.tixonov@corp.nstu.ru

Использование традиционных информационных систем с низким уровнем автоматизации на тепловых электрических станциях не позволяет организовать канал для удаленного сбора достоверной информации о текущем состоянии технологических процессов. Отсутствие возможности организовать передачу данных в центральный узел для последующего хранения и обработки не позволяет в полной мере отслеживать необходимость ремонта или модернизации оборудования. При таких условиях увеличение показателей эффективности электростанции либо невозможно, либо относительно мало. Значимого увеличения показателей эффективности можно добиться, определяя наименее экономичные элементы или участки технологического процесса, что становится возможным при использовании комплексного сбора данных с приборов учета и их анализа.

При наличии цифрового канала связи данные с первичных приборов учета технологических процессов предприятий (расход, давление, температура, уровень, напряжение и т. д.) могут передаваться в единый информационно-аналитический центр. На основе накопленных данных с помощью цифрового двойника предприятия рассчитываются реальные технико-экономические показатели и вредные выбросы, выполняются прогнозные расчеты по экономической эксплуатации оборудования и внедрению новых технологий. При достаточном количестве приборов учета хранение данных позволяет анализировать состояние как оборудования, так и технологического процесса в различные моменты времени без необходимости воздействовать на работающее оборудование.

Часть информационных функции АСУ ТП, которые сейчас выполняются локально на ТЭС, можно выполнять удаленно. К ним можно отнести такие функции, как регистрация событий, информационно-вычислительные и аналитические функции, архивирование информации, протоколирование информации (составление отчетов). Анализируя данные о ходе технологического процесса за определенный период (месяц, квартал, год и т. д.), можно судить об эффективности работы внедренного оборудования и говорить о целесообразности и направлениях дальнейшей модернизации тепловой электрической станции.

Ключевые слова: удаленный аудит, анализ данных, облачные вычисления, перерасход топлива, колебания параметров, режимы работы теплоэнергетического оборудования, методика декомпозиции, эффективность энергоблока, АСУ ТП

^{*} Статья получена 03 февраля 2020 г.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматривается подход удаленного аудита теплоэнергетического оборудования на базе облачных вычислений. В качестве примера приводится анализ работы энергоблока при отклонении регулируемых параметров, что вызывает появление перерасхода топлива. Колебания параметров энергоблоков во всех случаях связаны с изменением их нагрузки. Возникающие при этом перерасходы топлива обусловлены двумя основными причинами: во-первых, изменением потребляемого количества энергии, во-вторых, особенностями оборудования, его состояния и режима работы. Колебания параметров за счет включения / выключения потребляющих энергию приборов, агрегатов и устройств вызывают появление той части перерасхода топлива, которая является «платой за качество» энергии и не может быть уменьшена. Доля перерасхода, связанного с режимом работы и состоянием оборудования, может быть сокращена, так как именно эта часть перерасхода характеризует возможное повышение эффективности энергоблоков при наличии колебаний его параметров.

Традиционно аудит оборудования на тепловых электрических станциях выполняется периодически либо штатными специалистами предприятия, либо внешними специалистами проектных организаций. Такой подход имеет ряд ограничений, связанных с анализом данных на выборке данных за определенный период времени, с ограничением вычислительных мощностей и используемым программным обеспечением на станции. Эти ограничения можно снять за счет передачи необходимых данных за периметр предприятия на более мощные вычислительные ресурсы, где можно применить последние достижения в области информационных технологий.

Развитие облачных вычислений (масштабируемых вычислительных ресурсов) в последние годы привело к тому, что издержки, связанные с их обслуживанием, стали меньше по сравнению с издержками на вычислительные ресурсы в периметре предприятия. Возможности облачных вычислений значительно превышают возможности, которыми обладает отдельное энергетическое предприятие.

При делегировании информационных функции АСУ ТП на облачные вычисления предприятие получает следующие преимущества:

- снижаются затраты на поддержку соответствующей инфраструктуры;
- снижаются риски потери данных;
- диагностика технологических процессов выполняется в автоматическом режиме;
- разрабатываются рекомендации по повышению эффективности предприятия квалифицированными специалистами. Применение современных подходов к съему, передаче и обработке данных на базе информационных технологий позволяет расширить спектр решаемых задач и снизить издержки на аудит оборудования. Это достигается за счет повышения качества и объема информации, методов обработки собранных данных, знаний эксплуатационно-обслуживающего персонала.

Облачные вычисления находят широкое применение в разных областях знаний. В настоящей статье рассматриваются варианты использования облачных вычислений применительно к удаленному аудиту теплоэнергетического оборудования, а именно к оценке величины перерасхода топлива на основе значений регулируемых параметров.

1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПЕРЕРАСХОДА ТОПЛИВА

Одним из путей снижения величины расхода топлива является повышение коэффициента полезного действия станции по отпуску электроэнергии.

Используем положение о декомпозиции энергоблока и представлении его в виде элементов [1], каждый из которых является самостоятельно функционирующей частью. Связи между полученными элементами определяются перетоками сред и энергии (к ним относятся топливо, воздух, пар, вода, электроэнергия, механическое движение и прочее). При таком разбиении и с использованием методики для определения коэффициента полезного действия по отпуску электроэнергии [2–10] можно получить выражение вида

$$\eta_N = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \varepsilon_S \varepsilon_N, \quad (1)$$

где $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ – коэффициенты полезного действия котельной части, части высокого давления турбины, частей среднего и низкого давления турбины, электрической части соответственно; ε_S – структурный коэффициент эксергетических связей ($0 \leq \varepsilon_S \leq 1$), учитывающий взаимосвязи между функционирующими частями энерготехнологического блока; ε_N – эксергетический коэффициент внутрициклового возврата потерь теплоты в турбоагрегате ($\varepsilon_N \geq 1$) [2–5].

КПД по отпуску электроэнергии и теплоты (как общий случай для энергоблока) определяют с использованием коэффициента структуры и коэффициента возврата теплоты. Для перерасхода топлива при отклонении значения регулируемого параметра [11–17] выражение выглядит следующим образом:

$$\Delta b_N \approx -b_N \left(\sum_{i=1}^4 \frac{1}{\eta_i} \frac{\partial \eta_i}{\partial x} + \frac{1}{\varepsilon_S} \frac{\partial \varepsilon_S}{\partial x} + \frac{1}{\varepsilon_N} \frac{\partial \varepsilon_N}{\partial x} \right) \Delta x, \quad (2)$$

где Δx – отклонение регулируемого параметра; $\frac{\partial \eta_i}{\partial x}, \frac{\partial \varepsilon_S}{\partial x}, \frac{\partial \varepsilon_N}{\partial x}$ – частные производные каждого влияющего фактора, а 1–4 – функциональные элементы энергоблока, определяющие его КПД.

Суммарный удельный перерасход топлива при отклонении n -го количества параметров

$$\sum \Delta b_N = \sum_n \left(\frac{\partial b_N}{\partial x_n} \right) \Delta x_n. \quad (3)$$

Общий перерасход топлива при отпуске электроэнергии учитывает факторы, связанные с отклонением нагрузки энергоблока и его регулируемых параметров:

$$\Delta B_N = \Delta B_{\Delta x}^N + \Delta B_{\Delta N}^N. \quad (4)$$

Таким образом, величина $\Delta B_{\Delta N}^N$ характеризует неснижаемую часть перерасхода топлива, возникающего при отклонении нагрузки, а величина $\Delta B_{\Delta x}^N$ зависит от колебаний параметров, и ее значение можно снизить.

2. ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Реализация описанной выше методики расчета перерасхода топлива может быть реализована с использованием облачных вычислений.

Согласно определению Национального института стандартов и технологии США (NIST) «облачное вычисление» – это модель обеспечения повсеместного сетевого доступа по требованию к совместно используемому пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов, которые можно быстро предоставить и внедрить с минимумом административных усилий или взаимодействия с сервис-провайдером [18].

Для использования облачных вычислений необходимо организовать канал передачи значений регулируемых параметров технологических процессов предприятия на вычислительные ресурсы. Для этого необходимо данные с первичных (полевых) приборов учета в виде физических единиц измерений (например, м³/ч, °С, МПа) преобразовать в электрические унифицированные сигналы (например, 4...20 мА) и затем оцифровать с помощью АЦП (аналого-цифрового преобразователя). Оцифрованная физическая величина может быть передана по любому открытому протоколу передачи данных. Для задач телеметрии наиболее широкое распространение получил протокол GPRS (General Packet Radio Service) на базе сотовых сетей GSM (Global System for Mobile Communications). Это позволяет мобильным сетям быть совместимыми с Internet. Однако у стандарта GPRS на базе GSM есть ряд ограничений по энергопотреблению конечных устройств и дальности передачи сигнала. В этой связи был разработан новый стандарт LPWAN (Low-power Wide-area Network), который имеет дальность передачи данных более 10 км при низком энергопотреблении, при этом данные передаются с низкой скоростью (~10 кбит/с), но для задач телеметрии такая скорость приемлема. Передача данных для удаленного аудита также может осуществляться по традиционным проводным каналам связи.

Таким образом, значения измеряемых параметров в цифровом виде передаются в облачные вычислительные ресурсы, которые находятся за периметром предприятия.

Рассмотрим основные типы облачных вычислительных ресурсов, которые предоставляются ведущими провайдерами в этой области и могут быть использованы для решения задач удаленного аудита: а) хранение данных; б) расчет математических моделей; в) предоставления результатов вычислений.

Рассмотрим варианты использования облачных вычислительных ресурсов более подробно.

1. Для хранения непрерывно поступающих данных с нормализатора от первичных приборов учета можно использовать как классические реляционные базы данных, так и специально адаптированные базы данных для хранения временных рядов (данных с меткой времени). На базе облачных ресурсов могут быть запущены сервисы для сбора данных с различных информационных систем как в периметре предприятия (SAP, 1С и т. д.), так и с различных внешних источников данных, которые находятся в открытом доступе для последующей обработки. При этом надежность хранения данных на облачных ресурсах выше, чем на серверах, расположенных в периметре предприятия, также снижаются издержки на обслуживание.

2. Для непрерывного расчета математических моделей на базе облачных вычислений предоставляются масштабируемые ресурсы, которые зависят от объема вычисления. Математические модели могут быть описаны на любом доступном языке программирования (Matlab, Python, C#, C++ и т. д.), а также могут использоваться различные вычислительные платформы – от Excel до узкоспециализированных расчетных комплексов. На вход математической модели или комплекса подается информация из базы данных, затем выполняется расчет (могут быть подключены другие математические модели для последовательного или параллельного вычисления), результаты расчета записываются в базу данных. Помимо использования математических моделей и расчетных комплексов можно использовать сервисы по машинному обучению, которые позволяют делать логические выводы на базе глубокого обучения, разрабатывать сервисы рекомендаций в режиме реального времени, применять предоставляемые библиотеки по искусственному интеллекту. Для хранения результатов расчета возможно использование документной базы данных.

По результатам расчетов могут быть сформированы отчеты о состоянии оборудования и технологических процессов, отправлены уведомления на телефон или электронную почту, для этого также предоставляются соответствующие сервисы.

3. Результаты вычислений могут быть представлены как в виде интерактивного пользовательского интерфейса (графики, таблицы и т. д.), так и в виде открытых форматов для межмашинного взаимодействия (XML (eXtensible Markup Language), JSON (Java Script Object Notation) и т. д.) через API (application programming interface), который располагается на облачных ресурсах.

Сервисы, предоставляемые на облачных ресурсах, постоянно расширяются. Например, уже сейчас доступны сервисы для работы с устройствами в концепции IoT, а именно: операционные системы, средства сбора и интерпретации данных, аналитические инструменты, дистанционное управление.

За счет масштабируемых облачных ресурсов практически снимаются ограничения на вычислительные ресурсы, объемы хранения информации. На базе облачных вычислений и накопленных данных появляется возможность выполнять аналитические, статистические, прогнозные и оптимизационные вычисления.

За счет высококонкурентной среды провайдеры облачных технологий снижают барьер внедрения передовых сквозных технологий. Это позволяет не только снизить издержки на решение стандартных вычислительных задач, но и разрабатывать новые подходы взаимодействия для заинтересованных сторон, представителей власти, науки и бизнеса.

3. ВАРИАНТ РЕАЛИЗАЦИИ УДАЛЕННОГО АУДИТА

Описанная методика оценки перерасхода топлива реализована в качестве расчетного блока на языке программирования C#. Данный блок располагается на удаленном вычислительном ресурсе. Реализация удаленного аудита представлена на рис. 1.

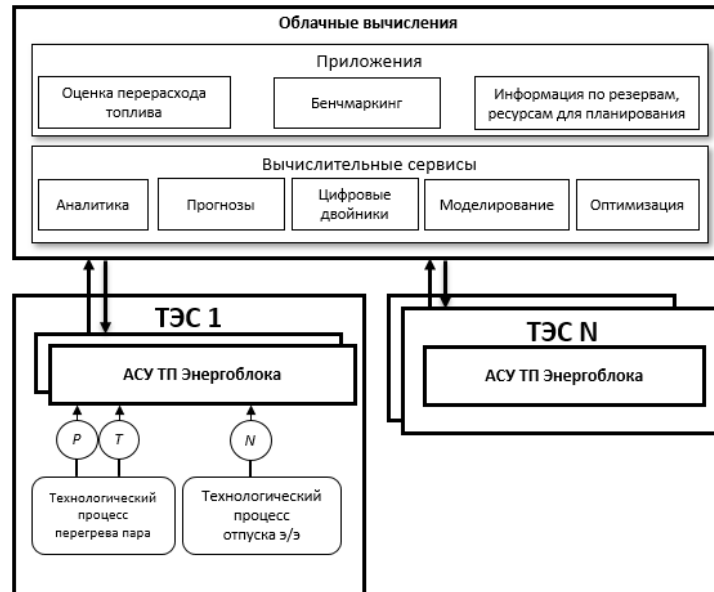


Рис. 1. Схема реализации удаленного аудита

Fig. 1. A scheme for implementing remote audit

На рис. 1 представлена обобщенная схема использования облачных вычислений. Объем передаваемых данных может быть любой, ограничением является только канал передачи данных.

На облачных вычислительных ресурсах располагаются сервисы, которые выполняют работу над поступающими данными, а также приложения, которые представляют собой математические модели и пользовательский интерфейс.

В рассматриваемом примере для оценки перерасхода топлива необходимо передать на удаленные вычислительные ресурсы три основных параметра: температуру и давление перегретого пара (параметры T и P на рис. 1), текущую мощность энергоблока (параметр N на рис. 1). Информационные системы тепловой электрической станции на периодической основе передают данные для удаленного аудита.

Ниже представлены результаты вычислений на основе собранных данных с энергоблока на базе паровой турбины К-215-130.

За основу взяты данные ночного провала, набора и сброса нагрузки. Рассматривалось отклонение от номинальных значений температуры и давления свежего пара при заданной электрической мощности. Для параметров определялись относительные значения:

$$x_i = \frac{x_{\text{тек}}}{x_{\text{ном}}}, \quad (5)$$

где $x_{\text{тек}}$, $x_{\text{ном}}$ – текущие и номинальные значения параметра; i – вид параметра (давление, температура и т. п.).

Номинальный расход топлива определяют по функциональной зависимости

$$B_{\text{ном}} = f(x_{\text{ном}}; N_{\text{тек}}), \quad (6)$$

где $N_{\text{тек}}$ – текущее значение электрической мощности.

Отклонение x_i больше единицы свидетельствует о превышении параметров номинального значения. В случае относительного расхода топлива больше единицы энергоблок будет работать с перерасходом топлива, а отклонение меньше единицы – с экономией. На рис. 2–4 показано влияние отклонения каждого параметра на изменение расхода топлива при нагрузках 125, 185 и 210 МВт.

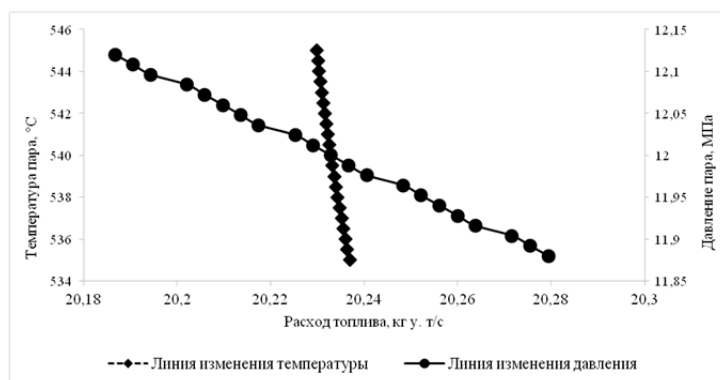


Рис. 2. Изменение расхода топлива при отклонении параметра от номинального значения для энергоблока на базе турбины К-215 при нагрузке 125 МВт

Fig. 2. Change in fuel consumption when the parameter deviates from the nominal value for a power unit based on the K-215 turbine at a load of 125 MW

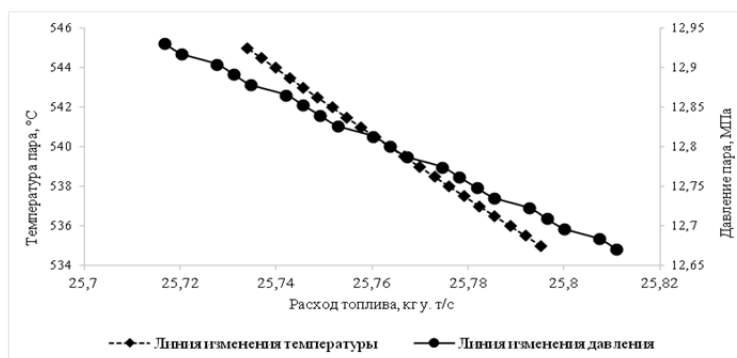


Рис. 3. Изменение расхода топлива при отклонении параметра от номинального значения для энергоблока на базе турбины К-215 при нагрузке 185 МВт

Fig. 3. Change in fuel consumption when the parameter deviates from the nominal value for a power unit based on the K-215 turbine at a load of 185 MW

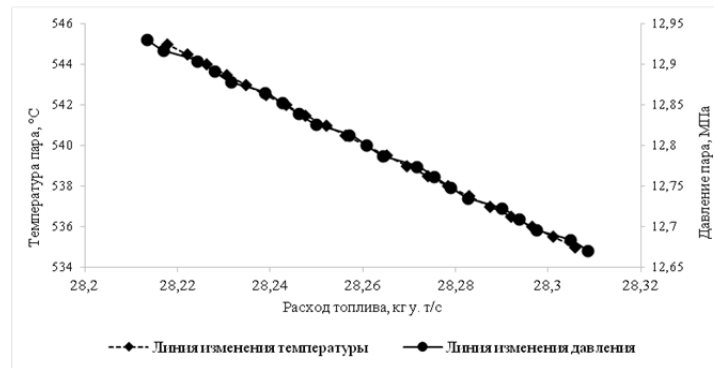


Рис. 4. Изменение расхода топлива при отклонении параметра от номинального значения для энергоблока на базе турбины К-215 при нагрузке 210 МВт

Fig. 4. Change in fuel consumption when the parameter deviates from the nominal value for a power unit based on the K-215 turbine at a load of 210 MW

Нагрузка исследуемого энергоблока мощностью 125 МВт соответствует прохождению «ночного провала», рис. 5. При этом наблюдаются одновременные отклонения давления и температуры перегретого пара от номинальных значений, что вызывает перерасход топлива в 1,7 %.

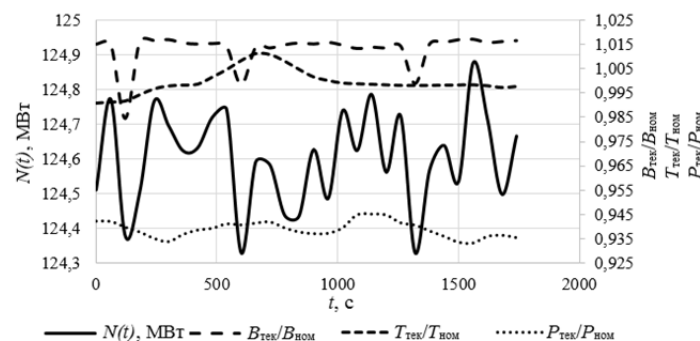


Рис. 5. Параметры работы энергоблока К-215 при «ночном провале» электрической нагрузки

Fig. 5. Operating parameters of the K-215 power unit during the night off-peak load

Для режима набора нагрузки (рис. 6) характерны как положительные (соответствует избыточному расходу топлива), так и отрицательные значения перерасхода топлива (что соответствует экономии топлива). На рисунке представлены фактические данные работы энергоблока, и в соответствии с ними отклонения давления составляют от -2 до $+0,5$ %, отклонения температуры от $-1,2$ до $+2,2$ %, что вызывает экономию/перерасход топлива от $-0,5$ до $+0,6$ %. В среднем по режиму величина $\frac{B_{\text{тек}}}{B_{\text{ном}}}$ принимает значения на уровне единицы и не зависит от давления и температуры.

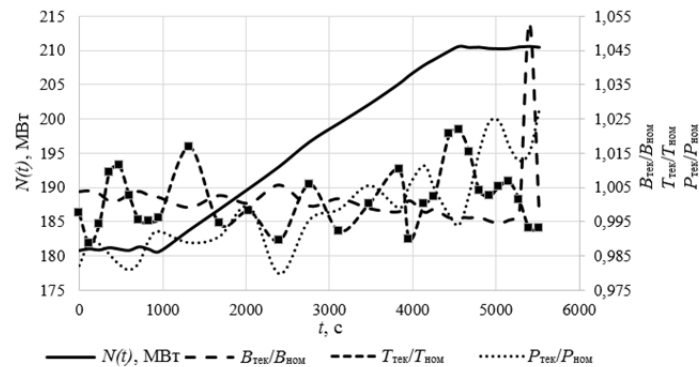


Рис. 6. Параметры работы энергоблока К-215 при наборе нагрузки

Fig. 6. Operating parameters of the K-215 power unit when the load is increased

Таким образом, при неизменной нагрузке в случае «ночного провала» наблюдается составляющая перерасхода $\Delta B_{\Delta x}^N$, зависящая от внутренних возмущений параметров, а при сбросе и наборе нагрузки появляется составляющая перерасхода $\Delta B_{\Delta N}^N$, на которую влияют изменения нагрузки.

Для рассмотренных трех режимов работы энергоблока (210, 185 и 125 МВт) были проведены расчеты по определению влияния отклонения температуры питательной воды на перерасход топлива (рис. 7).

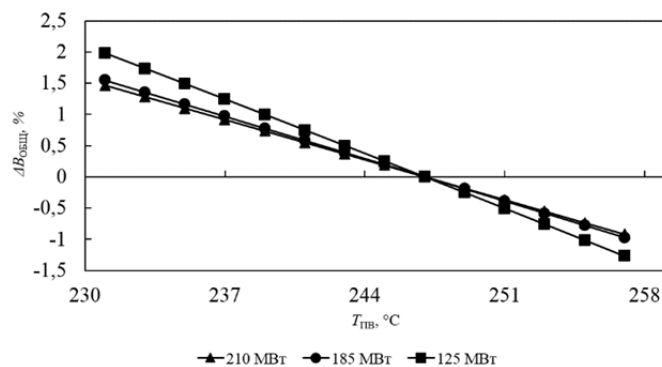


Рис. 7. Зависимость перерасхода топлива от температуры питательной воды при работе энергоблока на различных нагрузках

Fig. 7. Dependence of an excess fuel flow on the feed water temperature when the power unit is operating under different loads

По рис. 7 можно сделать вывод, что с увеличением температуры питательной воды перерасход уменьшается. При различных нагрузках энергоблока крутизна линии изменяется, и чем меньше нагрузка, тем более существенно отклонение температуры питательной воды влияет на перерасход топлива и, как следствие, общий расход топлива.

Влияние температуры перегретого пара и температуры питательной воды на перерасход топлива различается при разных нагрузках. Так, при нагрузке в 215 МВт доля перерасхода, вызванная отклонением температуры перегретого пара, составляет 0,23 % от расхода топлива, при этом аналогичное отклонение температуры питательной воды (отклонение на 1 % от номинального значения) приводит к появлению перерасхода на уровне 0,18 %. Для нагрузки в 185 МВт увеличение расхода топлива составляет 0,21 % и 0,19 % соответственно для отклонения температуры перегретого пара и температуры питательной воды. При работе энергоблока с низкой нагрузкой (125 МВт) влияние отклонения параметров уменьшается и начинает преобладать часть перерасхода, вызванная колебаниями температуры питательной воды (0,25 % от общего расхода топлива) над составляющей перерасхода, зависящей от температуры перегретого пара (0,06 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Представлена методика, которая при отклонении параметров от номинальных значений учитывает факторы сброса и наборы нагрузки, а также работу при неизменной нагрузке.

2. Выполнен обзор вариантов использования облачных технологий для удаленного аудита.

3. Представлен результат удаленного аудита перерасхода топлива энергоблока на базе турбины К-215-130. В анализе указано, что существует обратная зависимость величины расхода топлива и отклонения давления или температуры острого пара, а также выявлена зависимость перерасхода топлива от мощности энергоблока при отклонении регулируемых параметров.

4. При анализе режимов работы энергоблока было выявлено, что в режиме «ночного провала» отклонение давления и температуры острого пара обуславливают перерасход топлива на уровне 1,7 %.

5. При различных нагрузках энергоблока одно и то же отклонение температуры питательной воды приводит к различному отклонению перерасхода топлива от 1,46 % при номинальной нагрузке до 1,98 % при нагрузке в 125 МВт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ноздренко Г.В. Эффективность применения в энергетике КАТЕКа экологически перспективных энерготехнологических блоков электростанций с новыми технологиями использования угля: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НЭТИ, 1992. – 249 с.

2. Дворцовой А.И. Эксергетический анализ влияния параметров регулирования пылеугольных теплофикационных энергоблоков на перерасход топлива: дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2010. – 144 с.

3. Техничко-экономическая эффективность энергоблоков ТЭС / В.С. Ларионов, Г.В. Ноздренко, П.А. Щинников, В.В. Зыков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. – 31 с.

4. Андрющенко А.И. Показатели эффективности сложных систем энергоснабжения и взаимосвязь между ними // Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: материалы Четвертой российской научно-технической конференции. – Ульяновск, 2003. – С. 12–14.

5. Nolan K.E., Guibene W., Kelly M.Y. An evaluation of low power wide area network technologies for the internet of things // International Wireless Communications and Mobile

Computing Conference (IWCMC). – Paphos, Cyprus, 2016. – P. 439–444. – DOI: 10.1109/IWCMC.2016.7577098.

6. Внедрение элементов цифровой экономики в электроэнергетике / А.Г. Филимонов, Н.Д. Чичирова, А.А. Чичиров, А.А. Филимонова // Надежность и безопасность энергетики. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 94–102.

7. Грабчак Е.П. Оценка технического состояния энергетического оборудования в условиях цифровой экономики // Надежность и безопасность энергетики. – 2017. – Т. 10, № 4. – С. 268–274.

8. Мищеряков С.В. Цифровая оценка надежности производственной системы субъектов энергетики // Надежность и безопасность энергетики. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 109–116.

9. Андриященко А.И. Методика расчета эксергетической эффективности технологических процессов и производств. – Саратов: СРПИ, 1989. – 151 с.

10. Горшков А. С. Техничко-экономические показатели тепловых электрических станций / А. С. Горшков. – Москва: Энергия, 1974. – 240 с.

11. Dvortsevov A., Tikhonov I. Factors affecting the excess fuel flow at thermal power plants // 2016 11th International forum on strategic technology, June 1–3, 2016, Novosibirsk, Russia: proceedings of IFOST-2016. – Novosibirsk, 2016. – Pt. 3. – P. 131–135.

12. The advanced steam and gas technology / P.A. Shchinnikov, G.V. Nozdrenko, O.K. Grigoryeva, A.A. Kuryanov // Journal of Engineering Thermophysics. – 2014. – Vol. 23, iss. 3. – P. 229–235. – DOI: 10.1134/S1810232814030060.

13. Щинников П.А., Дворцовой А.И. Анализ влияния параметров регулирования теплофикационных энергоблоков на перерасход топлива // Теплоэнергетика. – 2011. – № 10. – С. 41–44.

14. Тихонов И.А., Дворцовой А.И. Анализ влияния перерасхода топлива на технико-экономические показатели пылеугольных теплофикационных энергоблоков // Электротехника. Электротехнология. Энергетика, ЭЭЭ-2015: сборник научных трудов VII Международной научной конференции молодых ученых. – Новосибирск, 2015. – Ч. 3. – С. 412–415.

15. Щинников П.А., Дворцовой А.И. Анализ влияния параметров регулирования теплофикационных энергоблоков на расход топлива // Проблемы региональной энергетики. – 2011. – № 1 (15). – С. 49–55.

16. Тихонов И.А., Щинников П.А., Дворцовой А.И. Модель расчета перерасхода топлива при различных типах нагрузки // Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса: сборник научных трудов. – Саратов, 2016. – Вып. 8: Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов: материалы 13 междунар. науч.-техн. конф., Саратов, 1–3 ноября 2016 г. – С. 150–154.

17. Щинников П.А., Ноздренко Г.В. Использование вычислительного комплекса ОПТЭС для технико-экономических исследований ТЭС // Научный вестник НГТУ. – 2005. – № 1 (19). – С. 51–62.

18. NIST Cloud Computing Standards Roadmap / National Institute of Standards and Technology. – URL: <https://www.nist.gov/publications/nist-cloud-computing-standards-roadmap> (accessed: 16.10.2020).

Дворцовой Александр Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых электрических станций Новосибирского государственного технического университета. Основное направление исследований – влияние отклонения параметров на технико-экономические показатели энергоблоков. Имеет более 40 публикаций. E-mail: dvorcevoj@corp.nstu.ru

Григорьева Оксана Константиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых электрических станций Новосибирского государственного технического университета. Основные области научных интересов: теория надежности тепловых электрических станций и нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Имеет более 80 публикаций. E-mail: o.grigoreva@corp.nstu.ru

Тихонов Илья Андреевич, аспирант, ассистент кафедры тепловых электрических станций Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – влияние отклонения параметров и изменение нагрузки энергоблоков на расход топлива. Имеет 8 публикаций. E-mail: i.tikhonov@corp.nstu.ru

Dvortsevoy Alexander I., Ph.D. (Eng), associate professor of the Department of Thermal Power Plants, Novosibirsk State Technical University. The main research area is the influence of parameter deviations on the technical and economic indicators of power units. He has more than 40 publications. E-mail: dvorcevoj@corp.nstu.ru

Grigorieva Oksana K., Ph.D. (Eng), associate professor of the Department of Thermal Power Plants, Novosibirsk State Technical University. Her main research interests include the reliability theory of thermal power plants and non-traditional and renewable energy sources. She has more than 80 publications. E-mail: o.grigoreva@corp.nstu.ru

Tikhonov Ilya A., assistant lecturer at the Department of Thermal Power Plants, Novosibirsk State Technical University. The main field of his research is the influence of parameter deviations and load change on fuel consumption of power units. He has 8 publications. E-mail: i.tixonov@corp.nstu.ru

DOI: 10.17212/1814-1196-2020-2-3-109-122

Evaluation of components of an excess fuel flow in the heat power equipment*

A.I. DVORTSEVOY^a, O.K. GRIGORIEVA^b, I.A. TIKHONOV^c

Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation

^a dvorcevoj@corp.nstu.ru ^b o.grigoreva@corp.nstu.ru ^c i.tixonov@corp.nstu.ru

Abstract

The use of traditional information systems with a low level of automation at thermal power plants does not allow organizing a channel for remote collection of reliable information about the current state of technological processes. The inability to organize data transfer to the central node for subsequent storage and processing does not allow tracking in full measure the need to repair or upgrade the equipment. In these conditions, an increase in the efficiency of the power plant is either impossible or relatively small. A significant increase in efficiency indicators can be reached by determining the least cost-effective elements or areas of the technological process, which becomes possible when using a complex collection of data from metering devices and their analysis.

In the presence of a digital communication channel, data from the primary measuring device of technological processes (flow rate, pressure, temperature, voltage, etc.) can be transferred to a single information and analytical center. Based on the accumulated data, using a digital twin of the enterprise, real technical and economic indicators, as well as harmful emissions are calculated. Predictive calculations are performed for the cost effective operation of equipment and the introduction of new technologies. With a sufficient number of measurement devices, data storage makes it possible to analyze both the condition of the equipment and the state of the process at various points of time without having to affect the operating equipment.

Part of informational functions of industrial control systems performed locally at TPPs can be executed remotely. These include such functions as recording events, information-computational and analytical functions, archiving information, and logging information (reporting). Analyzing the data on the technological process for a certain period (month, quarter, year, etc.), we can evaluate the efficiency of the implemented equipment and speak about the feasibility and ways of further modernization of the thermal power plant.

Keywords: remote audit, data analysis, cloud computing, excess fuel flow, parameter fluctuations, operating modes of heat and power equipment, decomposition methods, power unit efficiency, automated and control systems

* Received 03 February 2020.

REFERENCES

1. Nozdrenko G.V. *Effektivnost' primeneniya v energetike KATEKa ekologicheskii perspektivnykh energotekhnologicheskikh blokov elektrostantsii s novymi tekhnologiyami ispol'zovaniya uglya* [Efficiency of application in the power engineering of KAFEC of ecologically perspective energy-technological blocks of power stations with new technologies of coal use]. Novosibirsk, NETI Publ., 1992. 249 p.
2. Dvortsevoy A.I. *Eksergeticheskii analiz vliyaniya parametrov regulirovaniya pyleugol'nykh teplofikatsionnykh energoblokov na pereraskhod topliva*. Diss. kand. tekhn. nauk [Exergetic analysis of the effect of the parameters of regulation of pulverized coal-fired power units on fuel overruns. PhD eng. sci. diss.]. Novosibirsk, 2010. 144 p.
3. Larionov V.S., Nozdrenko G.V., Shchinnikov P.A., Zykov V.V. *Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' energoblokov TES* [Technical and economic efficiency of TPP power units]. Novosibirsk, NSTU Publ., 1998. 31 p.
4. Andryushchenko A.I. [Performance indicators of complex power systems and the relationship between them]. *Energobezrezhenie v gorodskom khozyaistve, energetike, promyshlennosti: materialy Chetvertioi Rossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Proceedings of the Fourth Russian Scientific and Technical Conference "Energy savings in municipal services, energy, industry"]. Ul'yanovsk, 2003, pp. 12–14. (In Russian).
5. Nolan K.E., Guibene W., Kelly M.Y. An evaluation of low power wide area network technologies for the internet of things. *International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, Paphos, Cyprus, 2016, pp. 439–444. DOI: 10.1109/IWCMC.2016.7577098.
6. Filimonov A.G., Chichirova N.D., Chichirov A.A., Filimonova A.A. Vnedrenie elementov tsifrovoy ekonomiki v elektroenergetike [Implementaon of digital economy elements in electric power industry]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*, 2018, vol. 11, no. 2, pp. 94–102. – DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-94-102.
7. Grabchak E.P. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya energeticheskogo oborudovaniya v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki [Assessment of technical condition of power equipment in conditions of digital economy]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*, 2017, vol. 10, no. 4, pp. 268–274.
8. Mishcheryakov S.V. Tsifrovaya otsenka nadezhnosti proizvodstvennoi sistemy sub"ektov energetiki [Digital assessment of reliability of production system of power subjects]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*, 2018, vol. 11, no. 2, pp. 109–116.
9. Andryushchenko A.I. *Metodika rascheta eksergeticheskoi effektivnosti tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv* [Method of calculating the exergy efficiency of technological processes and production]. Saratov, Saratov Polytechnic Institute Publ., 1989. 151 p.
10. Gorshkov A. S. *Tekhniko-ekonomicheskie pokazateli teplovykh jelektricheskikh stancij* [Technical and economic indicators of thermal power plants]. – Moscow : Energy, 1974. – 240 p.
11. Dvortsevoy A., Tikhonov I. Factors affecting the excess fuel flow at thermal power plants. *2016 11th International forum on strategic technology*, June 1–3, 2016, Novosibirsk, Russia: proceedings of IFOST-2016, pt. 3, pp. 131–135.
12. Shchinnikov P.A., Nozdrenko G.V., Grigoryeva O.K., Kuryanov A.A. The advanced steam and gas technology. *Journal of Engineering Thermophysics*, 2014, vol. 23, iss. 3, pp. 229–235. DOI: 10.1134/S1810232814030060.
13. Shchinnikov P.A., Dvortsevoi A.I. Analiz vliyaniya parametrov regulirovaniya teplofikatsionnykh energoblokov na pereraskhod topliva [The analysis of the influence of the parameters of the regulation of the heating power units on the fuel overruns]. *Teploenergetika = Thermal Engineering*, 2011, no. 10, pp. 41–44. (In Russian).
14. Tikhonov I.A., Dvortsevoy A.I. [Analysis of the effect of fuel overruns on the technical and economic performance of coal-fired power plant units]. *Elektrotehnika. Elektrotekhnologiya. Energetika, EEE-2015: sbornik nauchnykh trudov VII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh*. V 3 ch. [Electrical engineering. Electrotechnology. Energy. EEE-2015. In 3 pt.]. Novosibirsk, 2015, pt. 3, pp. 412–415. (In Russian).
15. Shchinnikov P.A., Dvortsevoy A.I. Analiz vliyaniya parametrov regulirovaniya teplofikatsionnykh energoblokov na raskhod topliva [Analysis of the influence of the parameters of the regulation of the heat-generating power units on fuel consumption]. *Problemy regional'noi energetiki = Problems of the Regional Energetics*, 2011, no. 1 (15), pp. 49–55.
16. Tikhonov I.A., Shchinnikov P.A., Dvortsevoy A.I. Model' rascheta pereraskhoda topliva pri razlichnykh tipakh nagruzki [Model for calculating fuel overruns for various types of load]. *Problemy*

sovershenstvovaniya toplivno-energeticheskogo kompleksa: sbornik nauchnykh trudov [Problems of improving the fuel and energy complex]. Saratov, 2016, iss. 8, pp. 150–154.

17. Shchinnikov P.A., Nozdrenko G.V. Ispol'zovanie vychislitel'nogo kompleksa ORTES dlya tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniy TES [Using computing complex ORTES for feasibility studies TPP]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2005, no. 1 (19), pp. 51–62.

18. *NIST Cloud Computing Standards Roadmap*. National Institute of Standards and Technology. Available at: <https://www.nist.gov/publications/nist-cloud-computing-standards-roadmap> (accessed 16.10.2020).

Для цитирования:

Дворцовой А.И., Григорьева О.К., Тихонов И.А. Оценка составляющих перерасхода топлива теплоэнергетического оборудования // Научный вестник НГТУ. – 2020. – № 2–3 (79). – С. 109–122. – DOI: 10.17212/1814-1196-2020-2-3-109-122.

For citation:

Dvortsevov A.I., Grigorieva O.K., Tikhonov I.A. Otsenka sostavlyayushchikh pereraskhoda topliva teploenergeticheskogo oborudovaniya [Evaluation of components of an excess fuel flow in the heat power equipment]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2020, no. 2–3 (79), pp. 109–122. DOI: 10.17212/1814-1196-2020-2-3-109-122.