

УДК 621.311

**ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЭЦ****Г.В. Ноздренко, О.В. Боруш, П.А. Щинников, С.В. Зыков, Чимэд Оршуу***Новосибирский государственный технический университет*

Одним из путей повышения эффективности топливоиспользования на ТЭЦ является обеспечение их в системах управления технологическими процессами современными методами и алгоритмами эксергетического анализа режимов работы. Традиционные методики анализа режимов работы ТЭЦ строятся на базе «физического метода», который не позволяет термодинамически корректно оценить эффективность режимов работы и КПД котельного, турбинного отделений ТЭЦ и в целом ТЭЦ по отпуску тепло- и электроэнергии, что не позволяет в полной мере использовать новые возможности технических средств. Сегодня практически полностью отсутствуют количественные оценки эксергетической эффективности режимов работы ТЭЦ, помогающие наиболее рационально использовать имеющийся как энергетический потенциал, так и потенциал систем управления технологическими процессами ТЭЦ. В связи с этим на основе дифференциального эксергетического подхода предложена методика анализа КПД котельной, турбинной подсистем и в целом ТЭЦ, удельных расходов условного топлива по отпуску электроэнергии и теплоэксергии, структурных эксергетических коэффициентов. Представлены результаты расчетов ТЭЦ с двумя теплофикационными энергоблоками Т-180/210. Эксергетический КПД ТЭЦ по отпуску теплоэксергии составляет 0,275, удельный расход условного топлива – 0,447 кг у.т./кВт·ч; КПД и удельный расход условного топлива по отпуску электроэнергии ТЭЦ 0,417 и 0,295 кг у.т./кВт·ч, соответственно.

Ключевые слова: эксергия, топливо, эффективность, энергоблок, производительность, структурный коэффициент, энергобаланс.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-1-66-74

Введение

Эффективность работы ТЭЦ характеризуется КПД, удельными расходами топлива по отпуску тепло- и электроэнергии [1–3]. Эти показатели входят в отчеты электростанции и акционерного общества энергетики и электрификации о тепловой экономичности оборудования.

По «физическому» методу [1] КПД энергоблока по отпуску теплоэнергии оценивается произведением КПД котла и транспорта, что практически не изменяет эффективность отпуска теплоэнергии ТЭЦ на различных режимах. При этом КПД по отпуску электроэнергии в значительной степени определяется режимом работы турбогенераторной установки и значением ее КПД. Для режима противодавления в простейшем случае подводимая теплоэнергия к турбине рассчитывается как разность энтальпий острого пара и питательной воды, а отпускаемая теплоэнергия – как разность энтальпий отработавшего пара (пара противодавления) и питательной воды. При этом работа турбогенераторной установки становится равной теплоэнергии, отнесенной на выработку электроэнергии, а КПД – равным единице, что затрудняет анализ работы ТЭЦ и требует дополнительных показателей, таких, как, например, выработка электроэнергии на внешнем теплоснабжении.

Исследование выполнено в рамках Программы стратегического развития НГТУ.

Таким образом, актуальна разработка методических положений и методики, позволяющей расширить анализ [1] и получить дополнительные термодинамически строгие показатели работы ТЭЦ на различных режимах.

1. Постановка задачи

Так как ТЭЦ является двухцелевым энергокомплексом, целесообразно использовать для анализа эксергетическую методологию. Предлагаемый подход к расчету и анализу ТЭЦ является развитием эксергетической методики [2, 3] путем учета и формирования показателей эксергетической эффективности, эксергетических характеристик в ТЭЦ целом, распределения топливных затрат между энергопродуктами (теплоэксергией и электроэнергией) при их комплексном производстве на ТЭЦ. Основные методические положения предлагаемого подхода к расчету и эксергетическому анализу ТЭЦ – следующие.

Во-первых, это – условное разбиение энергоблока ТЭЦ на несколько функционирующих подсистем и представление в виде эксергетической структурной схемы. Во-вторых, – математическое моделирование режимов работы ТЭЦ и использование этой модели в многовариантных эксергетических расчетах. В-третьих, – определение, формирование эксергетических показателей и анализ режимов работы ТЭЦ.

2. Методика

Эксергетическая эффективность функционирующей подсистемы энергоблока определяется как

$$\eta_i = \frac{E_i^y}{E_i^x}, \quad i \in I_2,$$

где $I_2 \in I$ – множество функционирующих подсистем энергоблока; множество I включает кроме этого множество источников топлива I_1 и энергопотребителей

I_3 ; $E_i^x = \sum_{k \in V(i)} E_{ki}^x$ – подводимая эксергия; E_{ki}^x – эксергия, подводимая к подсистеме с k -м энергоносителем по k -му каналу связи; $V(i)$ – множество входов;

$E_i^y = \sum_{j \in W(i)} E_{ij}^y$ – эксергетическая производительность подсистемы; E_{ij}^y – эксергия, отводимая с j -м энергоносителем по j -му каналу связи; $W(i)$ – множество выходов.

Энергоблок (или эквивалентный энергоблок) ТЭЦ представляется шестью подсистемами. Первая функционирующая подсистема (с эффективностью η_1 и эксергетической производительностью E_1) включает в себя парогенератор со всеми вспомогательными энергетическими системами – топливоподачи и топливоподготовки, очистки дымовых газов, ГЗУ и пр. Вторая подсистема (с КПД η_2 и эксергетической производительностью E_2) состоит из ЧВД паровой турбины. Третья (с эффективностью η_3 и производительностью E_3) – из ЧСНД турбины. Четвертая (с КПД η_4 и производительностью E_4) объединяет электрическое оборудование. Пятая (с КПД η_5 и эксергетической производительностью E_5) представляет собой системы технического водоснабжения и регенерации питательной воды. Шестая (с эффективностью η_6 и производительностью E_6) включает оборудование (сетевую установку) по отпуску теплоэксергии потребителю.

Эксергетические КПД энергоблока по отпуску электроэнергии и теплоэксергии (с технологическим паром и сетевой водой) можно найти с использованием методики [2–7]:

$$\eta_{4N} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \varepsilon_S \varepsilon_N ;$$

$$\eta_{6T} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_6 \varepsilon_S \varepsilon_N ,$$

где ε_S , ε_N – структурный коэффициент эксергетических связей, учитывающий взаимосвязи между подсистемами энергоблока; эксергетический коэффициент внутрициклового возврата потерь теплоты в турбоагрегате [2–5].

Для ТЭЦ в целом (рис. 1) оценивается эксергетическая эффективность котельной и турбинной подсистем:

$$\eta_1^{TЭЦ} = \sum (\eta_1 E_1) / \sum E_1 ,$$

$$\eta_{2,3}^{TЭЦ} = \sum (\eta_2 E_2 + \eta_3 E_3) / \sum (E_2 + E_3) ,$$

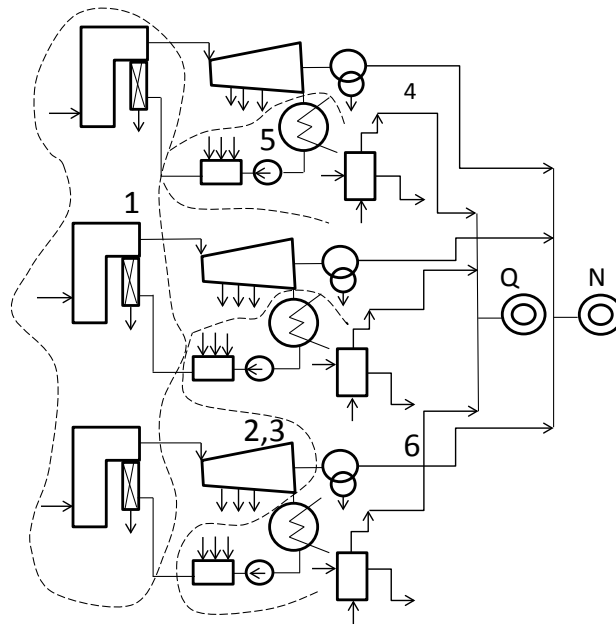


Рис. 1 – Принципиальная схема ТЭЦ:

1 – парогенераторная подсистема; 2, 3 – турбогенераторная подсистема; 4 – электротехническая подсистема; 5 – подсистема регенерации и технического водоснабжения; 6 – подсистема отпуска теплоэксергии (сетевая установка); Q, N – тепло- и электроэнергия

Fig. 1 – Basic diagram of CHPP:

1 – subsystem steam generator; 2,3 – turbo-generator subsystem; 4 – electrical subsystem; 5 – regeneration and service water subsystem; 6 – heatexergy supplied subsystem (network utility); Q, N – heat- and electric power

подсистемы регенерации и сетевой установки:

$$\eta_5^{\text{ТЭЦ}} = \sum (\eta_5 E_5) / \sum E_5 ,$$

$$\eta_6^{\text{ТЭЦ}} = \sum (\eta_6 E_6) / \sum E_6 .$$

Структурный коэффициент эксергетических связей между подсистемами энергоблока

$$\varepsilon_S^{\text{ТЭЦ}} = \sum [\varepsilon_S (N + E_T)] / \sum (N + E_T) .$$

Эксергетические КПД и удельные расходы условного топлива ТЭЦ по отпуску электроэнергии и теплоэксергии:

$$\eta_N^{\text{ТЭЦ}} = \sum [\eta_{4N} N] / \sum N , \quad b_N^{\text{ТЭЦ}} = 0,123 / \eta_N^{\text{ТЭЦ}} ;$$

$$\eta_E^{\text{ТЭЦ}} = \sum [\eta_{6T} E] / \sum E , \quad b_E^{\text{ТЭЦ}} = 0,123 / \eta_E^{\text{ТЭЦ}} .$$

3. Результаты

В качестве иллюстрации разработанной методики на рис. 2 приведены результаты эксергетического анализа показателей режимов работы ТЭЦ с двумя теплофикационными энергоблоками Т-180/210.

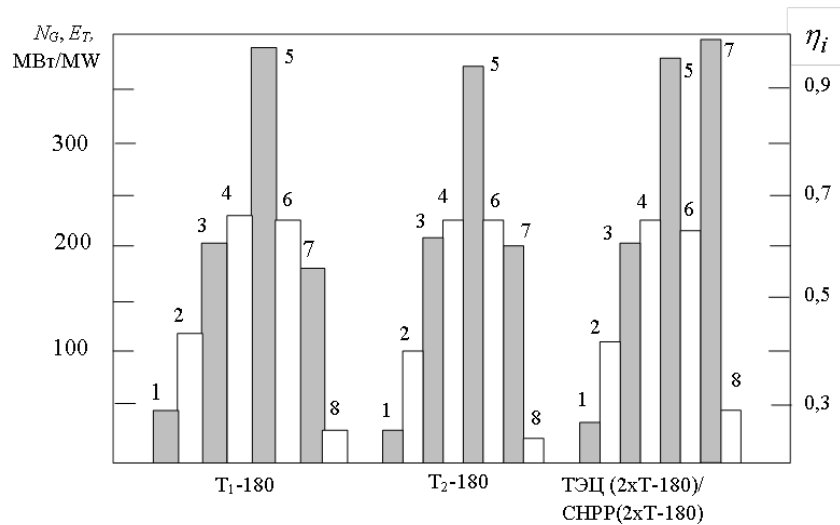


Рис. 2 – Показатели эксергетического анализа режимов работы ТЭЦ с двумя теплофикационными энергоблоками Т-180/210:

1 – η_{6T} ; 2 – η_{4N} ; 3 – η_5 ; 4 – η_6 ; 5 – $\eta_{2,3}$; 6 – η_1 ; 7 – N_G ; 8 – E_T

Fig. 2 – Performance exergic analysis operating regime of CHPP with two heat power units T-180/210:

1 – η_{6T} ; 2 – η_{4N} ; 3 – η_5 ; 4 – η_6 ; 5 – $\eta_{2,3}$; 6 – η_1 ; 7 – N_G ; 8 – E_T

Электрическая нагрузка ТЭЦ составляет 383 МВт, тепловая нагрузка – 376 МВт. При этом первый энергоблок (Т₁-180/210) работает с электрической

нагрузкой 180 МВт и тепловой нагрузкой 228 МВт, а второй ($T_2=180/210$) – с электрической нагрузкой 203 МВт и тепловой – 148 МВт. Теплоэксергетическая производительность котлов составляет соответственно 448 МВт и 457 МВт, а эксергетические КПД η_1 – 0,648 и 0,639. Отметим, что энергобаланс котла [8] учитывает только химическую энергию подводимого топлива, теплопроизводительность котла и нормативные теплотери, которые обычно находятся на уровне 10 %, в то время как эксергетический КПД наряду с нормативными учитывает потери от неравновесного процесса горения топлива и неравновесного процесса теплообмена при генерировании пара, а приводная эксергия [2, 3] котла учитывает как химическую энергию топлива, так и теплоэксергию питательной воды и электроэнергию на собственные нужды котла.

Эксергетические производительности ЧВД и ЧСНД первого энергоблока 229 МВт и 207 МВт, второго – 228 МВт и 200 МВт, а эксергетические КПД $\eta_{2,3}$ в целом турбогенератора 0,973 для первого энергоблока и 0,938 для второго энергоблока. По энергобалансу турбины ее энергопроизводительность равна механической работе, передаваемой электрогенератору, а внутренний относительный КПД учитывает потери проточной части, которые составляют 10...12 %. При эксергетическом анализе эксергопроизводительность турбины включает не только механическую работу, передаваемую по валу электрогенератору, но и теплоэксергию, передаваемую из отборов турбины подсистеме регенерации и сетевой установке. Теплоэксергетическая производительность подсистемы регенерации и технического водоснабжения 31 МВт и 37 МВт при эксергетических КПД η_5 0,59 и 0,62. Эксергетическая производительность сетевой установки 31 МВт и 20 МВт, а эксергетические КПД η_6 0,653 и 0,648. Работа подсистемы регенерации характеризуется эксергетическими потерями на уровне 40 % и обусловлена технологическими ограничениями по количеству подогревателей (не более восьми), что и вызывает повышенные потери от неравновесного процесса теплообмена при регенерации. При работе сетевой установки эксергетические потери практически являются потерями от неравновесного процесса теплообмена и составляют 35 %, что обусловлено как технологическими ограничениями (два подогревателя), так и необходимостью обеспечения температур сетевой воды согласно температурному графику.

Структурный коэффициент ε_5 эксергетических связей между подсистемами первого энергоблока составляет 0,702 и второго – 0,663 (что обусловлено меньшей теплоэксергетической нагрузкой), и в целом для ТЭЦ находится на уровне 0,682. Эксергетический КПД по отпуску электроэнергии η_{4N} первого энергоблока оценивается как 0,439 и второго энергоблока (на режиме с пониженной теплоэксергетической нагрузкой) – 0,398, а для ТЭЦ – 0,417. При этом эксергетические КПД η_{6T} по отпуску теплоэксергии составляют 0,287 и 0,258, что меньше, чем η_{4N} практически в 1,5 раза и обусловлено включением сетевой установки в технологическую линию теплоэксергопроизводства, что и приводит в конечном итоге к КПД ТЭЦ 0,275 и удельному расходу условного топлива на уровне 0,447 кг у.т./кВт·ч теплоэксергии. КПД и удельный расход условного топлива по отпуску электроэнергии ТЭЦ составляют 0,417 и 0,295 кг у.т./кВт·ч, что является эксергетически эффективным.

Из анализа видно, что эксергетический КПД η_{6T} по отпуску теплоэксергии второго энергоблока составляет 0,258 (из-за малой тепловой нагрузки), поэтому (как одно из возможных решений) можно перераспределить между энергоблоками тепловую и электрическую нагрузку. Например, при той же электрической

нагрузке ТЭЦ 383 МВт и тепловой нагрузке 376 МВт первый энергоблок (T_1 -180/210) будет работать с электрической нагрузкой 187 МВт и тепловой нагрузкой 193 МВт, а второй (T_2 -180/210) – с электрической нагрузкой 196 МВт и тепловой 183 МВт. При этом эксергетическая производительность сетевой установки составит 26 МВт и 24 МВт, а эксергетические КПД η_{6T} по отпуску тепло-эксергии 0,275 и 0,270, что и приводит в конечном итоге к КПД ТЭЦ 0,273 и удельному расходу условного топлива на уровне 0,450 кг у.т/кВт·ч теплоэксергии. Вместе с тем эксергетический КПД по отпуску электроэнергии η_{4N} первого энергоблока оценивается как 0,422, второго энергоблока – 0,417 и ТЭЦ – 0,420 при удельном расходе условного топлива по отпуску электроэнергии 0,293 кг у.т/кВт·ч, т. е. экономия топлива на ТЭЦ составит около 1 %.

Выводы

1. Разработана на основе дифференциального эксергетического подхода методика анализа показателей режимов работы ТЭЦ, таких, как эксергетические КПД котельной, турбинной подсистем и в целом ТЭЦ, удельные расходы условного топлива по отпуску электроэнергии и теплоэксергии, структурные эксергетические коэффициенты.
2. Эксергетический анализ позволяет получить численные значения термодинамически строгих показателей эффективности, эксергетических характеристик в целом ТЭЦ, распределения топливных затрат между энергопродуктами (теплоэксергией и электроэнергией) при их комплексном производстве на ТЭЦ.
3. Приведены результаты эксергетического анализа показателей режимов работы ТЭЦ с двумя теплофикационными энергоблоками Т-180/210. Показано, что эксергетический КПД ТЭЦ по отпуску теплоэксергии составляет 0,275, удельный расход условного топлива – 0,447 кг у.т/кВт·ч теплоэксергии. КПД и удельный расход условного топлива по отпуску электроэнергии ТЭЦ 0,417 и 0,295 кг у.т/кВт·ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 34.08.552–95. Методические указания по составлению отчета электростанции и акционерного общества энергетики и электрификации о тепловой экономичности оборудования: утверждены Министерством топлива и энергетики Российской Федерации 24.11.1995; вводятся в действие с 01.02.1996. – М.: ОРГРЭС, 1995. – 122 с.
2. Ноздренко Г.В., Щинников П.А. Комплексный эксергетический анализ энергоблоков ТЭС с новыми технологиями. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 190 с.
3. Комплексные исследования ТЭС с новыми технологиями / И.В. Бородихин, О.А. Вихман, Н.Г. Зыкова, П.Ю. Коваленко, А.А. Ловцов, Г.В. Ноздренко, Ю.В. Овчинников, В.Г. Томилов, П.А. Щинников; под ред. П.А. Щинникова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 528 с.
4. Оценка реального расхода топлива энергоблоками ТЭЦ на основе оптимизационных расчетов их режимов работы / О.В. Боруш, С.В. Зыков, А.В. Сафронов, В.Г. Томилов, П.А. Щинников, Г.В. Ноздренко // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2013. – № 2 (21). – С. 26–33.
5. Ноздренко Г.В., Щинников П.А., Бородихин И.В. Определяющие принципы и алгоритмы вычислительного комплекса ОРТЭС для проведения технико-экономических исследований ТЭС с новыми энерготехнологиями // Энергосистемы, электростанции и их агрегаты: сборник научных трудов / под ред. В.Е. Накорякова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – Вып. 9. – С. 22–42.
6. Ноздренко Г.В. Алгоритм расчета показателей эффективности теплоэнергетических установок при эксергетическом анализе // Известия Сибирского отделения Академии наук СССР. Серия технических наук. – 1982. – № 3, вып. 1. – С. 127–131.

7. Ноздренко Г.В. Эксергетический анализ теплоэнергетических установок: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НЭТИ, 1985. – 56 с.
8. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.

EXERGIC ANALYSIS OF CHPP OPERATING MODE EFFICIENCY

Nozdrenko G.V., Borush O.V., Shchinnikov P.A., Zykov S.V., Orshuu Ch.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation

One way to improve fuel efficiency at combined heat power plants (CHPP) is using modern methods and algorithms of the operating mode exergy analysis in technological process control systems. Traditional methods of CHPP operating mode analysis are based on the physical method. This method does not allow correct evaluation of the thermodynamic efficiency of the operating mode and the efficiency of boiler and turbine systems operation as well as the efficiency of electric and heat power delivery at CHPP as a whole. For this reason, the potential of new technical facilities cannot be fully used. Currently any quantitative assessment of the exergic efficiency of the CHPP operating mode that helps most rationally use the available energy potential as well as the potential of CHPP technological process control systems is practically impossible. That is why a method of the analysis of the efficiency of boiler and turbine subsystems as well as CHPP as a whole based on the differential exergic approach is proposed. It also helps to analyze specific fuel consumption for delivering electric power and heat exergy and exergic structural coefficients. The calculation results of the CHPP with two cogeneration power units T-180/210 are presented in the paper. The CHPP exergy efficiency of heat exergy delivery is 0,275, specific fuel consumption for heat exergy delivery is 0,447 kg s.f/kWhh; the CHPP efficiency of electric power delivery is 0,417 and specific fuel consumption for electric power delivery is 0,295 kg s.f/rWh.

Keywords: exergy; fuel; efficiency; power unit; capability; structural coefficient; energy balance

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-1-66-74

REFERENCES

1. RD 34.08.552–95. *Metodicheskie ukazaniya po sostavleniyu otcheta elektrostantsii i aktsionernogo obshchestva energetiki i elektrifikatsii o teplovoi ekonomichnosti oborudovaniya* [Guidance Document 34.08.552–95. Procedural guidelines for writing reports of electric power generating stations and energy utility and electrification corporations on thermal efficiency of equipment]. Moscow, ORGRES Publ., 1995. 122 p.
2. Nozdrenko G.V., Shchinnikov P.A. *Kompleksnyi eksergeticheskii analiz energoblokov TES s novymi tekhnologiyami* [Complex exergy analysis of power units of heat power plants based on new technologies]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2009. 190 p.
3. Shchinnikov P.A., Nozdrenko G.V., Tomilov V.G., Ovchinnikov Yu.V., Lovtsov A.A., Kovalenko P.Yu., Zykova N.G., Vikhman O.A., Borodikhin I.V., *Kompleksnye issledovaniya TES s novymi tekhnologiyami* [Comprehensive investigations of ThPS with new technologies]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2004. 528 p.
4. Borush O.V., Zykov S.V., Safronov A.V., Tomilov V.G., Shchinnikov P.A., Nozdrenko G.V. *Otsenka real'nogo raskhoda topliva energoblokami TETs na osnove optimizatsionnykh raschetov ikh rezhimov raboty* [Assessment of real fuel consumption of power units CHP based on optimization calculations of their operating modes]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2013, no. 2 (21), pp. 26–33.
5. Nozdrenko G.V., Shchinnikov P.A., Borodikhin I.V. [Guiding principles and algorithms for computer system ORTES feasibility of techno-economic research TPP with new energy technologies]. *Sbornik nauchnykh trudov «Energosistemy, elektrostantsii i ikh agregaty»* [Collection of proceedings "Power systems, power plants and units"], Novosibirsk, NSTU Publ., 2005, no. 9, pp. 22–42.

6. Nozdrenko G.V. Algoritm rascheta pokazatelei effektivnosti teploenergeticheskikh ustanovok pri eksergeticheskom analize [Algorithm for calculating the efficiency indicators of thermal power units in exergic analysis]. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Akademii nauk SSSR. Seriya tekhnicheskikh nauk – Proceedings of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences. A series of technical sciences*, 1982, no. 3, iss. 1, pp. 127–131.
7. Nozdrenko G.V. *Eksergeticheskii analiz teploenergeticheskikh ustanovok* [Exergic analysis of thermal power units]. Novosibirsk, NSTU Publ., 1982. 56 p.
8. *Teplovoi raschet kotlov (normativnyi metod)* [Thermal calculation boiler units (normative method)]. St. Petersburg, NPO TsKTI Publ., 1998. 256 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Ноздренко Геннадий Васильевич – родился в 1939 году, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры тепловых электрических станций факультета энергетики Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: системные исследования в энергетике, новые технологии ТЭС, математическое моделирование и оптимизация ТЭС, эксергетический анализ. Опубликовано более 200 научных работ.

Nozdrenko Gennady Vasilyevitch (b. 1939) – D.Sc. (Eng.), Professor, Professor at the Thermal Power Stations Department of Power Engineering faculty in the Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on systems research in power engineering, THPS new technologies, mathematical modeling and optimization of THPS, exergic analysis. He is author of more than 200 scientific papers.



Боруш Олеся Владимировна – родилась в 1982 году, канд. техн. наук, доцент кафедры тепловых электрических станций факультета энергетики Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: современные задачи теплоэнергетики. Опубликовано 28 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: aborush@ngs.ru).

Borush Olesya Vladimirovna (b. 1982) – C.S. (Eng.), Associate Professor at the Thermal Power Stations Department of Power Engineering faculty in the Novosibirsk State Technical University. Her research interests are currently focused on up to date heat-and-power engineering problems. She is author of 28 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. E-mail: aborush@ngs.ru).



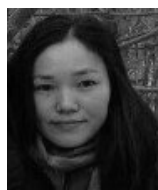
Щинников Павел Александрович – родился в 1963 году, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой тепловых электрических станций факультета энергетики Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: перспективные технологии топливоиспользования в теплоэнергетических установках, комплексный анализ функционирования энергоблоков ТЭС на основе эксергетической методологии. Опубликовано более 200 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: tes.nstu@gmail.com).

Shchinnikov Pavel Alexandrovitch (b. 1963) – Doctor of Sciences (Eng.), Professor, Head of the Thermal Power Stations Department of the Power Engineering faculty in the Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on fuel and energy, power, thermal power, complex analysis of power units and THPS. He is author of more than 200 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. E-mail: tes.nstu@gmail.com).



Зыков Сергей Владимирович – родился в 1991 году, студент кафедры тепловых электрических станций факультета энергетики Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: теплоэнергетические установки. Опубликовано 7 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: zykovc@gmail.com).

Zykov Sergey Vladimirovitch (b. 1991) – Student of the Thermal Power Stations Department of Power Engineering faculty in the Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on heat-and-power units and Thermal Power Stations. He is author of 7 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. E-mail: zykovc@gmail.com).



Чимэд Оршуу – родилась в 1983 году, аспирант кафедры тепловых электрических станций факультета энергетики Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: анализ режимов работы ТЭС. (Адрес: 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: chimed.mn@mail.ru).

Chimed Orshuu (b. 1983) – postgraduate student of the Thermal Power Stations Department of the Power Engineering faculty in the Novosibirsk State Technical University. Her research interests are currently focused on analysis modes Thermal Power Stations. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. E-mail: chimed.mn@mail.ru).

*Статья поступила 19 июля 2014 г.
Received July 19, 2014*

To Reference:

[Nozdrenko G.V.], Borush O.V., Shchinnikov P.A., Zykov S.V., Orshuu Ch. Eksergeticheskii analiz pokazatelei rezhimov raboty TETs [Exergic analysis of CHPP operating mode efficiency]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2015, no. 1 (26), pp. 66–74. doi: 10.17212/1727-2769-2015-1-66-74