СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

УДК 629.039.58, 004.41
DOI 10.21672/2074-1707.2019.47.3.010-017

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ В ВОЗДУХ ОТ КОТЕЛЬНЫХ

Статья поступила в редакцию 12.08.2019, в окончательном варианте – 26.08.2019.

Филинков Леонид Игоревич, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

старший преподаватель, аспирант, e-mail: leonid_filinkov@mail.ru, ORCID 0000-0003-0018-7664

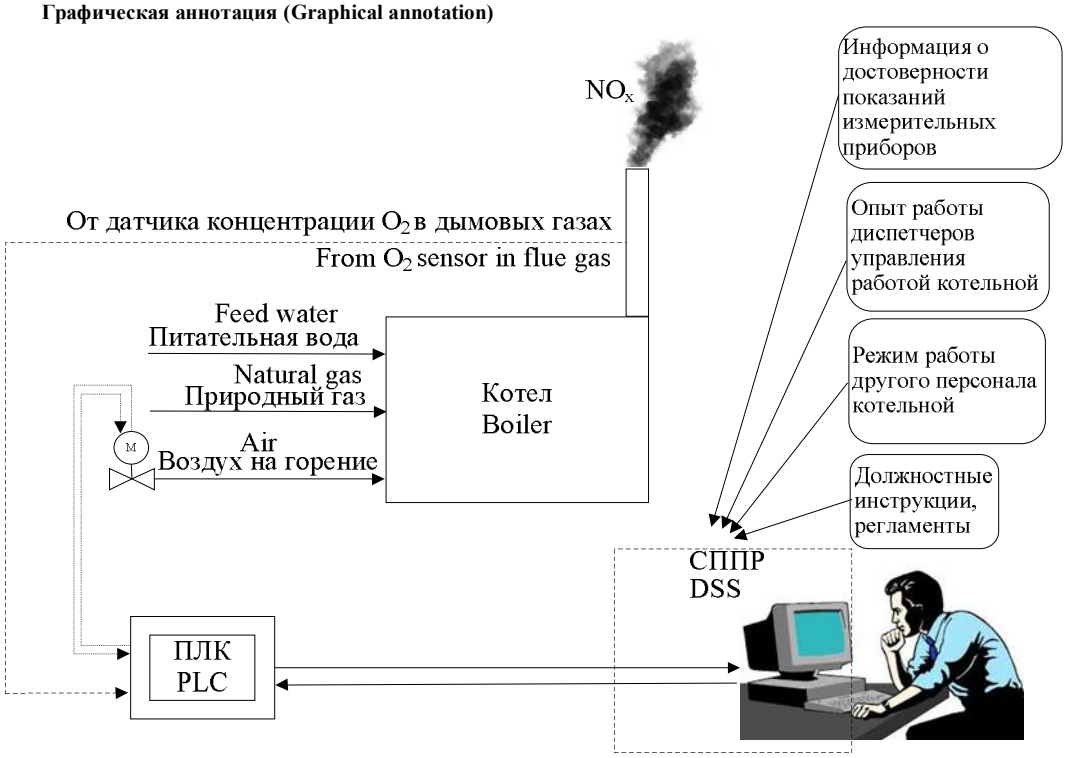
Лихтер Анатолий Михайлович, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Общая физика», e-mail: likhter@bk.ru

Большой вклад в загрязнение воздуха вносят котельные и электростанции, работающие на углеводородном топливе. Для котельных и электростанций, работающих на природном газе, подавляющий вклад в «суммарную вредность» выбросов вносят оксиды азота NO_x. В статье приведен анализ существующих способов снижения объемов выбросов оксидов азота, в том числе способа, основанного на сжигании природного газа с контролируемым химическим недожогом. Способ позволяет повысить КПД котельной при одновременном снижении «суммарной вредности» выбросов вредных веществ. В работе обоснованы подходы к выбору алгоритмических решений управления котлоагрегатами с использованием режима контролируемого химического недожога. Эти решения отличаются универсальностью и могут быть применены с целью снижения выбросов оксидов азота в системах поддержки принятия решений.

Ключевые слова: котельные, выбросы в атмосферу, режим химического недожога, алгоритм, система поддержки принятия решений, снижение выбросов оксидов азота, суммарная вредность, коэффициент избытка воздуха, датчик содержания кислорода, программируемый логический контроллер

Графическая аннотация (Graphical annotation)



ANALYSIS OF APPROACHES TO CREATE THE DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM TO REDUCE AIR EMISSIONS FROM BOILER HOUSES

The article was received by the editorial board on 12.08.2019, in the final version – 26.08.2019.

Filinkov Leonid I., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Senior Lecturer, postgraduate, e-mail: leonid_filinkov@mail.ru, ORCID 0000-0003-0018-7664

Likhter Anatoly M., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Doct. Sci. (Engineering), Professor, Head of the General Physics Department, e-mail: likhter@bk.ru

A large contribution to air pollution is made by boiler rooms and power plants operating on hydrocarbon fuels. For boiler rooms and power plants operating on natural gas, nitrogen oxides NO_x make an overwhelming contribution to the "total harmfulness" of emissions. The article provides an analysis of existing methods for reducing nitrogen oxide emissions, including a method based on the combustion of natural gas with a controlled chemical underburning. The method allows to increase the efficiency of the boiler room while reducing the "total harmfulness" of emissions of harmful substances. The paper substantiates approaches to the selection of algorithmic solutions for controlling boiler units using the controlled chemical underburning mode. These solutions are versatile and can be applied to reduce nitrogen oxide emissions in decision support systems.

Keywords: boiler rooms, air emissions, chemical underburning mode, algorithm, decision support system, reduction of nitrogen oxide emissions, total harmfulness, excess air coefficient, oxygen content sensor, programmable logic controller

Введение. В связи с развитием энергетики обостряется проблема загрязнения окружающей среды. Снижение воздействия объектов энергетики на окружающую среду – сложная задача. Для поиска обоснованных решений в сложных многопараметрических задачах используются системы поддержки принятия решений (СППР). В настоящее время СППР нашли особенно широкое применение в медицине, помогая докторам принимать обоснованные решения, поскольку здоровье людей имеют исключительно высокую ценность, и цена ошибки огромна. В энергетике же СППР пока не нашли должного места. Одной из причин этого можно назвать недостаточность обоснования использования тех или иных алгоритмов работы технологического оборудования. В данной статье рассматривается теоретическое обоснование и мотивированное использование алгоритмов и методов для системы поддержки принятия решений по снижению выбросов в воздух от котельных и электростанций, работающих на природном газе.

Общая характеристика проблематики работы. Энергогенерирующие предприятия (котельные, тепловые электростанции) используют следующие виды углеводородного топлива: уголь, горючие сланцы, мазут, природный газ. При этом имеют место выбросы в атмосферу продуктов сгорания. Природный газ считается более экологичным видом топлива, чем нефть или уголь [1, 11, с. 3].

Как видно из рисунка 1, в структуре топлива, израсходованного российской теплоэнергетикой в 2015–2016 гг., доминирующее положение занимало газовое топливо (74 %), причем эта доля росла [2]. В 2016 г. доля твердого топлива составила 21,5 %, нефтетоплива – 2,8 % (рис. 1).

В работе [4] приведена формула для оценки суммарной вредности компонентов продуктов сгорания. В основе расчета лежит оценка частной вредности i-го компонента ($П_i$) продуктов сгорания по формуле (1):

$$П_i = m_i * (1 - \eta)/(\frac{Q_i^p}{(Q_i^p)_{ут}} * \frac{ПДК_{м.р.i}}{(ППД_{м.р.})_{золы}}), \quad (1)$$

где $Q_i^p, (Q_i^p)_{ут}$ – теплота сгорания соответственно рассматриваемого и условного топлив, [МДж/м^3]; $ПДК_{м.р.i}$; $(ППД_{м.р.})_{золы}$ – максимально разовые предельно допустимые концентрации соответственно i-й примеси и золы, [мг/м^3]; η – степень очистки дымовых газов от i-й примеси перед их выбросом в атмосферу (в долях от «1»).

Проведенные в [4] расчеты вредности продуктов сгорания по итогам проведенных испытаний показали, что для котельных или электростанций, работающих на природном газе, наибольшую опасность для человека в продуктах сгорания представляют оксиды азота NO и NO_2, имеющие общую формулу NO_x. В то же время вклад продуктов химического недожога, включая угарный газ (CO) и бензпирен (БП), при обычных режимах сжигания ничтожно мал [3, 6]. Отсюда следует, что для увеличения экологической безопасности сжигания природного газа в первую очередь необходимо снижать эмиссию NO_x [5, 7, 8, 10].

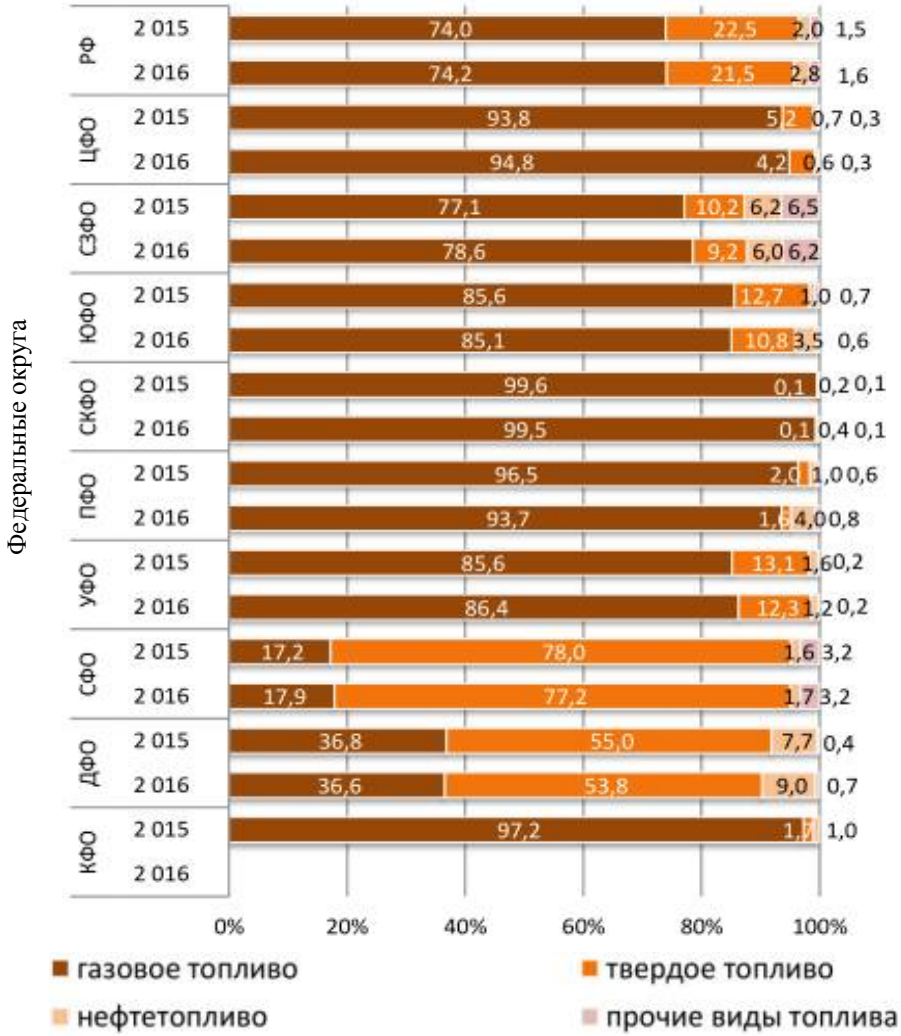


Рисунок 1 – Структура расхода по видам топлива в тепловой энергетике и теплоснабжении в целом по России и федеральным округам Российской Федерации в 2015–2016 гг., в процентах [2]

Анализ методов снижения выбросов NO_x. В настоящее время основным средством борьбы с выбросами оксидов азота на теплоэлектростанциях и в котельных являются технологические методы, так как стоимость их реализации на порядок ниже, чем очистка дымовых газов.

Эффект от малозатратных технологических мероприятий по подавлению выбросов NO_x, а также недостатки существующих методов, сравнены в таблице, взятой из [5].

Таблица 1 – Анализ малозатратных технологических мероприятий для подавления выбросов NOx (из [5])

Вид мероприятия	Метод	Величина снижения NO_x, %	Недостатки
Упрощенное двухступенчатое сжигание	Отключение части горелок	20–40	Сложность реализации на котлах с малым числом горелок
Упрощенная схема рециркуляции	Подача части дымовых газов с выхлопа дымососа на всас дутьевого вентилятора	30–60	Снижение КПД котла, требуется запас по тяге и дутью, увеличиваются собственные нужды
Впрыск влаги	Установка форсунок	15–20	Снижение КПД котла
Нестехиометрическое сжигание	Рассогласование отношения топливо – воздух в горелках или по ярусам	35–55	Снижение эффективности на пониженных нагрузках
Снижение избытка воздуха	Снижение общего избытка воздуха	10–30	Возможность повышенного химнедожога

Как следует из данной таблицы, малозатратных способов снижения оксидов азота довольно много. При этом можно обеспечить снижение выбросов на 10–60 %. Одним из наиболее легко реализуемых режимных мероприятий является снижение избытка воздуха в топке. В результате уменьшения содержания кислорода в зоне горения происходит снижение выхода NO_x. При этом несколько повышается КПД котла за счет снижения потерь теплоты с уходящими газами и затрат электрической энергии на работу дутьевого вентилятора и дымососа. К недостаткам данного метода можно отнести риск появления повышенного химического недожога.

В результате опытов, проведенных П.В. Росляковым, И.Л. Ионкиным, К.В. Плешановым [4, 5, 9], было определено, что влияние коэффициента избытка воздуха α, равного отношению фактически подаваемого объема воздуха к теоретически необходимому, на образование оксидов азота для газомазутных котлов описывается зависимостью с максимумом при $\alpha_{max} = 1{,}2–1{,}25$ (рис. 2).

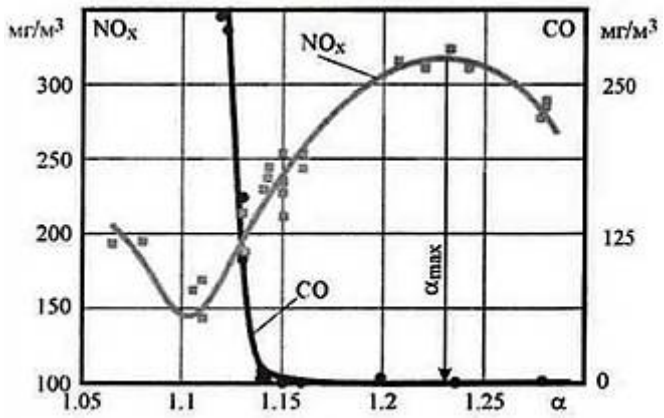


Рисунок 2 – Влияние избытка воздуха α на выход NO_x и CO: α – коэффициент избытка воздуха на выходе из воздухоподогревателя [5]

Как видно из рисунка 2, при увеличении избытка воздуха от 1,1 до 1,25 наблюдается значительное (в два раза) увеличение выхода оксидов азота. При этом максимум содержания NO_x в дымовых газах соответствует такому значению коэффициента избытка воздуха, при котором потеря теплоты от химического недожога q_3 минимальна. Это свидетельствует о максимально полном сгорании топлива (рис. 3).

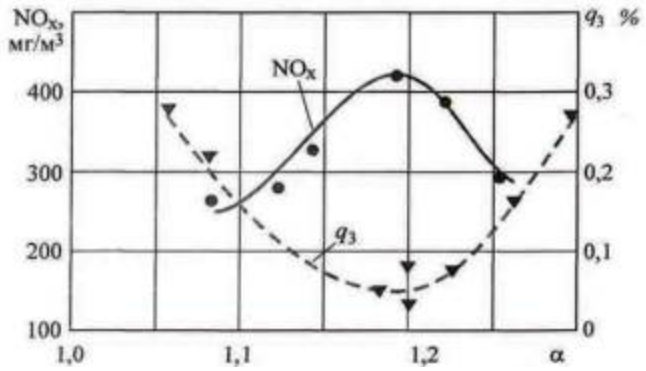


Рисунок 3 – Влияние избытка воздуха α на выход оксидов азота и недожог топлива: q_3 – потеря теплоты от химического недожога [5]

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что метод *контролируемого химического недожога* является универсальным способом снижения выбросов оксидов азота. При этом он требует принципиального пересмотра подходов к режимной наладке котлов. Можно предположить, что одной из причин, по которым на практике не реализуются режимы горения с химическим недожогом, является отсутствие математической модели и программно-аппаратного комплекса по динамическому управлению режимами горения.

Анализ работы газовых котельных Астраханской области показал, что котлы работают с достаточно высокими коэффициентами избытка воздуха, близкими к значениям α_{max}. Для таких агрегатов снижение избытков воздуха дает хорошие результаты в отношении снижения выброса

оксидов азота. Как следует из [5], в результате снижения избытков воздуха до значений $\alpha_{раб} = \alpha_{кр} + 0{,}02–0{,}04$ может наблюдаться уменьшение выбросов оксидов азота на 10–30 %.

Программно-аппаратный комплекс по управлению режимами горения. Предлагается программно-аппаратный комплекс по управлению интенсивностью подачей воздуха в котел для поддержания горения. Комплекс направлен на минимизацию суммарной вредности продуктов сгорания NO_x и CO при одновременном контроле (учете) их концентраций.

Аппаратная часть комплекса представлена программируемым логическим контроллером (далее – ПЛК), в качестве входного сигнала, получающего показания от датчика содержания кислорода в дымовых газах. Анализ существующих методов измерения концентрации кислорода в дымовых газах показал, что наиболее простыми, недорогими и не требующими сложного технического обслуживания являются датчики, основанные на электрохимическом принципе действия. В качестве примера можно привести датчики кислорода BOSCH (https://ru.bosch-automotive.com/ru/parts_and_accessories), устанавливаемые на большинстве отечественных и зарубежных автомобилей. Стоимость таких датчиков находится в диапазоне 1500–2000 руб.

Схема соединения элементов системы автоматического управления (САУ) положением воздушной заслонки, регулирующей подачу воздуха в котел, представлена на рисунке 4.

Рисунок 4 – Структурная схема аппаратной части САУ: ПЛК – прогрммируемый логический контроллер; ИМ – исполнительный механизм (электропривод, изменяющий положение воздушной заслонки)

В простейшем случае может быть реализована система автоматического управления (САУ) интенсивностью подачи воздуха на горение. В ней ПЛК управляет ИМ, которым в данном случае является шибер, оснащенный шаговым двигателем. На рисунке 5 приведена схема, описывающая алгоритм работы САУ. На основе данной схемы разрабатывается программа, которая будет заложена в контроллер.

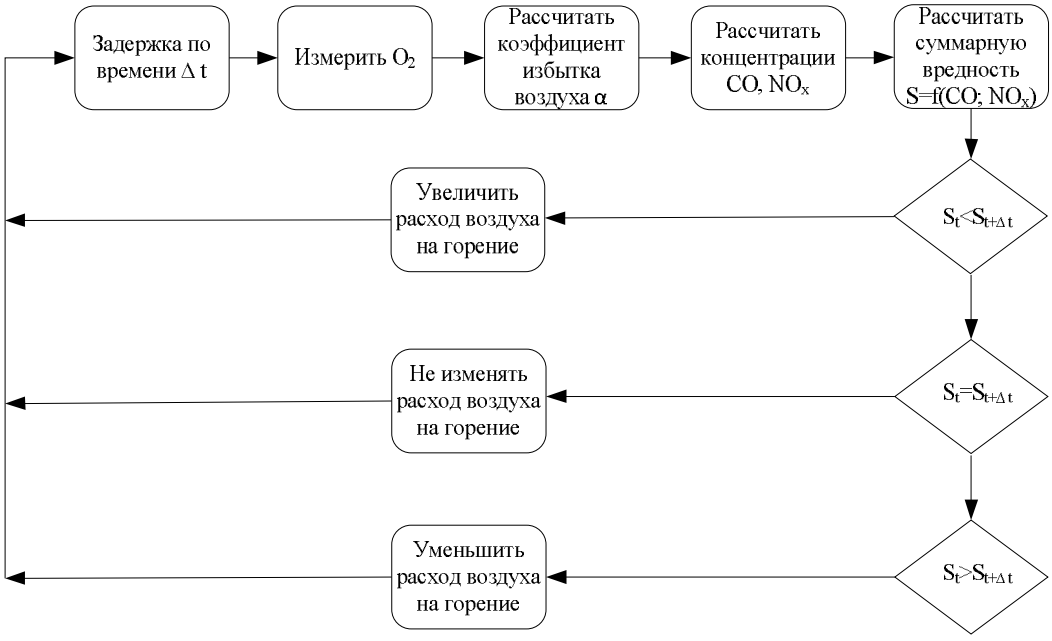


Рисунок 5 – Алгоритм управления подачей воздуха в котел (начиная со второго такта): S – «суммарная вредность» продуктов сгорания при данном коэффициенте избытка воздуха α; t – момент начала такта по времени; t+Δt – момент конца такта по времени

Для реализации алгоритма управления подачей воздуха в котел (рис. 5), на вход контроллера нужно подать сигналы с датчиков концентраций кислорода, угарного газа и оксидов азота. Однако для удешевления и упрощения системы можно использовать лишь датчик концентрации кислорода. Для этого необходимо проделать экспериментальные работы, целью которых является определение функциональной зависимости концентрации выбросов (CO; NO_x) от коэффициента избытка воздуха α. Данные зависимости являются индивидуальными для каждого котлоагрегата, поскольку каждый котел даже в пределах одной марки обычно уникален (например, количество присосов, геометрия, температуры, фактические скорости движения сред и т.п.). Затем останется лишь запрограммировать ПЛК с учетом выявленных в ходе опытов зависимостей.

Роль человека в предлагаемой СППР. Для корректного управления таким сложным объектом энергетики, как котлоагрегат, с целью снижения суммарной вредности выбросов, нужно принимать во внимание большое количество факторов (состояние обмуровки котла, наличие присосов воздуха, количество оперативно-ремонтного персонала, имеющееся в текущий момент времени и т.п.).

Поэтому нецелесообразно использовать для управления полностью автономную САУ, представленную на рисунке 4. Исходя из этого, САУ должна стать составной частью системы поддержки принятия решений (СППР), центральным звеном которой является человек-оператор (диспетчер энергосистемы) (рис. 6 и графическая аннотация). СППР поможет оператору (диспетчеру энергосистемы) принимать своевременные и правильные решения по управлению, корректно их реализовывать с учетом получаемой информации обратной связи, имеющегося опыта работы, рекомендаций САУ по управлению воздухопритоком.

На рисунке 6 показана общая схема взаимодействия человека-оператора (диспетчера энергосистемы) с указанной СППР.

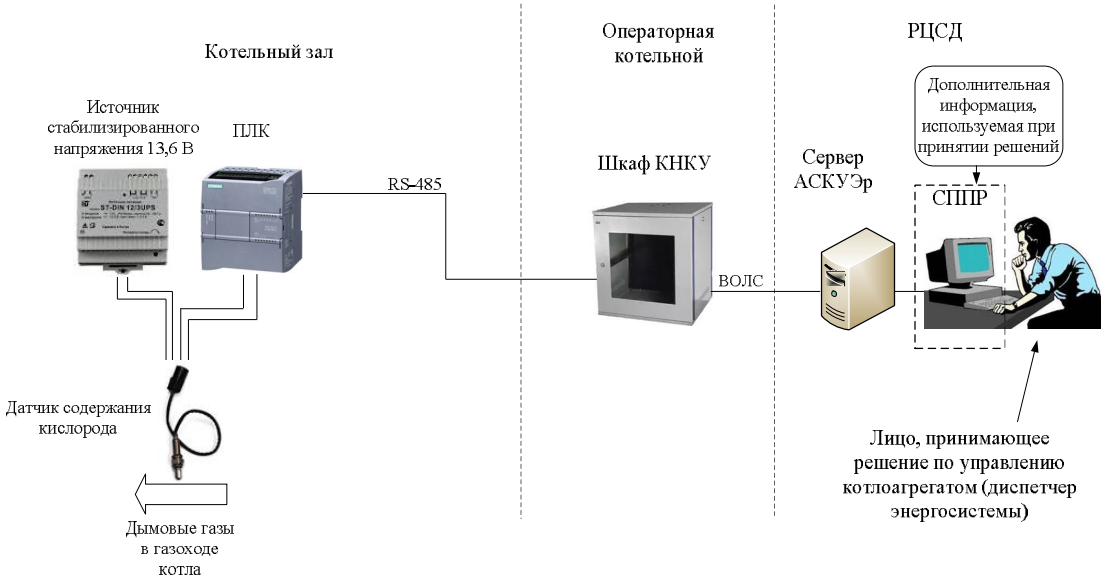


Рисунок 6 – Общая схема взаимодействия человека-оператора (диспетчера энергосистемы) с СППР: АСКУЭр – автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов; РЦСД – региональный центр сбора данных; ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи; АБК – административно-бытовой корпус; КНКУ – коммуникационное низковольтное, комплектное устройство; РМТ-59 – регистратор многоканальный технологический

В общем случае СППР будет помогать делать оператору обоснованные выводы о:

- задании необходимой величины избытка воздуха α на горение, исходя из условия минимизации «суммарной вредности» продуктов сгорания, выбрасываемых в воздух с дымовыми газами;
- имеющемся резерве тепловой мощности котлоагрегата (с учетом экологических параметров).

Анализ алгоритмов принятия и реализации решений в СППР (с учетом инерционности реакции режимов работы котлоагрегатов на управляющие воздействия, влияния некоторых

стохастических факторов, наличия факторов риска, возможно – нечеткости оценок и принимаемых решений) авторы предполагают выполнить в последующей работе.

Выводы:

1. Показано, что в котельных России преобладает использование в качестве топлива природного газа. Это делает актуальной проблематику по управлению «суммарной вредностью» выбросов в воздух с учетом характера этих выбросов при использовании именно газового топлива.

2. Проанализированы методы снижения выбросов оксидов азота в воздух от котельных, работающих на природном газе. Сделан вывод о перспективности использования метода контролируемого химического недожога, обеспечивающего при минимальных затратах снижение выбросов оксидов азота на 10–30 % без снижения их мощности.

3. Выбран критерий для реализации систем снижения выбросов из котельных, работающих на природном газе, – минимум величины «суммарной вредности» S продуктов сгорания, поступающих в воздух.

4. Представлен упрощенный алгоритм работы для САУ реального времени по управлению режимами работы котлоагрегата, основанный на применении критерия по п. 3. Описаны предлагаемые аппаратные решения для указанной САУ, учитывающие реалии проектирования и эксплуатации котлоагрегатов.

5. Показана целесообразность использования описанной САУ в сочетании с СППР, предназначенной для лиц, управляющих котлоагрегатами.

6. Охарактеризован состав информации, который должен учитывать человек-оператор (диспетчер энергосистемы) при принятии и реализации решений по управлению режимами горения в котлоагрегатах. Показаны направления использования САУ в сочетании с СППР.

7. Выполненная работа обеспечивает основу для создания алгоритмов принятия решений в СППР, а также последующей разработки ее программной части.

Библиографический список

1. Колпаков А. Ю. Энергосбережение и энергоэффективность / А. Ю. Колпаков // Компоненты и технологии. – 2009. – № 4. – С. 80–87.

2. Информационно-аналитический доклад «Теплоэнергетика и централизованное теплоснабжение России в 2015–2016 годы» / Министерство энергетики Российской Федерации. – Москва, 2018. – С. 40.

3. Нурмеев Б. К. Методы регулирования выбросов в атмосферу продуктов сгорания органического топлива от стационарных энергетических источников : автореф. дис. … канд. техн. наук / Б. К. Нурмеев. – Санкт-Петербург, 2006. – 24 с.

4. Плешанов К. А. Разработка и исследование способа сжигания топлив с умеренным контролируемым химическим недожогом : автореф. дис. … канд. техн. наук / К. А. Плешанов. – Москва, 2010. – 15 с.

5. Росляков П. В. Контролируемый химический недожог – эффективный метод снижения выбросов оксидов азота / П. В. Росляков, И. Л. Ионкин, Л. Е. Егорова. – Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2041, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 26.05.2019).

6. Edeleva O. A. Optimization of energy sources structure to minimize environment pollution / O. A. Edeleva, V. A. Stennikov // E3S Web of conferences. Green Energy and Smart Grids. – 2018. – № 69. – P. 1–7.

7. Li J. Effects of Flue Gas Internal Recirculation on NO_x and SO_x Emissions in a Co-Firing Boiler / J. Li, X. Zhang, W. Yang and W. Blasiak // International Journal of Clean Coal and Energy. – 2013. – Vol. 2, № 2. – P. 13–21. DOI: 10.4236/ijcce.2013.22002.

8. Nakomcic-Smaragdakis B. Data analysis of the flue gas emissions in the thermal-power plant firing fuel oil and natural gas / B. Nakomcic-Smaragdakis, Z. Cepic, M. Cepic, T. Stajic // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2014. – № 11. – P. 269–280.

9. Roslyakov P. V. Reducing Harmful Emissions Discharged into the Atmosphere from Operating Boilers by Applying a Combinationof Low_Cost Technological Measures / P. V. Roslyakov, I. L. Ionkin, and K. A. Pleshanov // Thermal Engineering. – 2010. – Vol. 57, № 12. – P. 1052–1057.

10. Sudhakara Reddy A. V. Reconfiguration of Distribution Systems for Loss Reduction and Emissions Reduction using MVO Algorithm / A. V. Sudhakara Reddy, M. Damodar Reddy, Y. V. Krishna Reddy Feeder // Majlesi Journal of Electrical Engineering. – June 2018. – Vol. 12, № 2. – P. 1–8.

11. Yousef S. H. Najjar. Gaseous Pollutants Formation and Their Harmful Effects on Health and Environment / Yousef S. H. Najjar // Ashdin Publishing Innovative Energy Policies. – 2011. – Vol. 1. – Article ID E101203. – 9 p. DOI:10.4303/iep/E101203.

References

1. Kolpakov A. Yu. Energosberezhenie i energoeffektivnost [Energy saving and energy efficiency]. *Komponenty i tekhnologii* [Components and technologies], 2009, no. 4, pp. 80–87.

2. *Informatsionno-analiticheskiy doklad «Teploenergetika i tsentralizovannoe teplosnabzhenie Rossii v 2015–2016 gody»* [Information and analytical report "Heat and Power and Centralized Heat Suppy of Russia in 2015–2016"]. Ministerstvo energetiki Rossiyskoy Federatsii [Ministry of Energy of the Russian Federation]. Moscow, 2018.

3. Nurmeev B. K. *Metody regulirovaniya vybrosov v atmosferu produktov sgoraniya organicheskogo topliva ot statsionarnykh energeticheskikh istochnikov* [Methods for controlling emissions of fossil fuels from startionary energy sources into the atmosphere]. Saint Petersburg, 2006.

4. Pleshanov K. A. *Razrabotka i issledovanie sposoba szhiganiya topliv s umerennym kontroliruemym himicheskim nedozhogom* [Development and research of methods for burning fuel with a moderate controlled chemical burnout]. Moscow, 2010.

5. Roslyakov P. V., Ionkin I. L., Egorova L. E. *Kontroliruemyy khimicheskiy nedozhog – effektivnyy metod snizheniya vybrosov oksidov azota* [Controlled chemical Incineration – an effective method to reduce nitrogen oxide emissions]. Available at: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2041 (accessed 26.05.2019).

6. Edeleva Olga A., Stennikov Valery A. Optimization of energy sources structure to minimize environment pollution. *E3S Web of conferences. Green Energy and Smart Grids*, 2018, no. 69, pp. 1–7.

7. Li J., Zhang X., Yang W. and Blasiak W. Effects of Flue Gas Internal Recirculation on NO_x and SO_x Emissions in a Co-Firing Boiler. *International Journal of Clean Coal and Energy*, 2013, vol. 2, no. 2, pp. 13–21. DOI: 10.4236/ijcce.2013.22002.

8. Nakomcic-Smaragdakis B., Z. Cepic, M. Cepic, T. Stajic. Data analysis of the flue gas emissions in the thermal-power plant firing fuel oil and natural gas. *Int. J. Environ. Sci. Technol*., 2014, no. 11, pp. 269–280.

9. Roslyakov P. V., Ionkin I. L., and Pleshanov K. A. Reducing Harmful Emissions Discharged into the Atmosphere from Operating Boilers by Applying a Combinationof Low_Cost Technological Measures. *Thermal Engineering*, 2010, vol. 57, no. 12, pp. 1052–1057.

10. Sudhakara Reddy A. V., Damodar Reddy M., Krishna Reddy Feeder Y. V. Reconfiguration of Distribution Systems for Loss Reduction and Emissions Reduction using MVO Algorithm. *Majlesi Journal of Electrical Engineering*, June 2018, vol. 12, no. 2, pp. 1–8.

11. Yousef S. H. Najjar. Gaseous Pollutants Formation and Their Harmful Effects on Health and Environment. *Ashdin Publishing Innovative Energy Policies*, 2011, vol. 1, Article ID E101203. 9 p. DOI:10.4303/iep/E101203.

УДК 004.822:338.482.22
DOI 10.21672/2074-1707.2019.47.3.017-027

ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПАТТЕРНОВ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ*

Статья поступила в редакцию 26.08.2019, в окончательной версии – 02.09.2019.

Поцелуйко Анастасия Сергеевна, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28,
аспирант, e-mail: anastasiyasergeevnap@gmail.com

Кравец Алла Григорьевна, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28,
доктор технических наук, профессор, e-mail: agk@gde.ru

Кульцова Марина Борисовна, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: marina.kultsova@mail.com

Статья посвящена проблеме персонализации интерфейса для людей с ограниченными возможностями. Пользователи с особыми потребностями испытывают неудобства при использовании приложений, которые могли бы помочь им преодолеть часть социальных барьеров в повседневной жизни. Процесс персонализации интерфейса для таких пользователей не может быть выполнен в один этап, так как необходимо учитывать информацию, собираемую при взаимодействии пользователя с мобильным приложением. Данная работа является продолжением исследований по разработке адаптивных пользовательских интерфейсов и посвящена исследованию существующих подходов к сбору и анализу информации о поведении пользователей и понятию контекстной информации, а также выработке рекомендаций по адаптации интерфейса. В статье описан механизм адаптации интерфейса на основе онтологического представления паттернов интерфейса, знаний (накопленной информации) о конечном пользователе и его поведе-

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-47-343001 «Разработка двухэтапного метода адаптации интерфейсов мобильных приложений для людей с ограниченными возможностями».