

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 2 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

<https://doi.org/10.48081/ZOCF4313>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университете

<https://doi.org/10.48081/JBPJ5900>

**\*А. В. Атякшева<sup>1</sup>, А. К. Мерғалимова<sup>2</sup>, А. М. Омаров<sup>3</sup>,  
А. Д. Атякшева<sup>4</sup>, А. К. Жумалиева<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,5</sup> Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина,  
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;

<sup>4</sup>Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов,  
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО СЖИГАНИЯ ТОПЛИВ УХУДШЕННОГО КАЧЕСТВА НА КОТЛАХ МОЩНОСТЬЮ ДО 100 КВТ**

*В работе представлены результаты по возможности низкоуглеродного сжигания топлив ухудшенного качества на примере эксплуатации отопительного котла «Камкор – 300». Исследования показывают на возможность снижения эмиссий CO и CO<sub>2</sub> в окружающую среду при отработке оптимальных режимов «топливо – воздух – продукты сгорания» без нарушения нормируемого теплообмена в устройстве и отработке конструкции внутреннего топочного объёма. В исследованиях получен эффект снижения выбросов CO и CO<sub>2</sub> при сжигании низкосортного угля месторождения «Майкубинское». Предлагается геометрическая корректировка работы котла длительного горения с верхним подводом воздуха для увеличения времени пребывания топочных газов в объеме котла. Условия корректировки предполагают получение дополнительного теплового эффекта за счёт образования синтез – газов в зоне их генерации, образованной при условиях дефицита кислорода. Оптимальным в исследованиях является режим дефицита кислорода при коэффициенте избытка воздуха, равном 0,56, позволяющим снизить эмиссии CO на 0,32 % ниже нормируемого и снижение эмиссий CO<sub>2</sub> на 0,2 %. Возникающий дополнительный тепловой эффект оказывает влияние не только на снижение эмиссий, но и на эффективность работы котла в целом при повышении его эксплуатационно - экономических показателей. Предварительные расчёты показывают на возможность экономии топлива до 6–11 %*

*на котлах заданной конструкции при снижении выбросов CO и CO<sub>2</sub> на 8–13 %.*

*Ключевые слова: низкоуглеродное сжигание, низкосортное топливо, отопительный котёл, геометрическая корректировка, эффективность.*

## **Введение**

На сегодняшний день развитие низкоуглеродных технологий генерации тепловой энергии в топливосжигающих устройствах, один из наиболее насущных вопросов не только в Республике Казахстан, но и во всем мире. Особенно это касается технологий сжигания низкосортных твердых топлив в котлах малой мощности в связи с ужесточением стандартов по выбросам, в том числе по выбросам парниковых газов [1–3]. На сегодняшний день в Казахстане выбросы вредных веществ в отопительных котельных мощностью до 20 Гкал не нормируются, что приводит к неконтролируемым источникам образования токсичных зон с повышенной концентрацией оксидов азота и углерода. Более того, эффективное сжигание топлив, определяемое эффективностью их конструкций, требует модернизации большей части парка котлов малой энергетики Казахстана, возраст которого на сегодняшний день составляет более 40 лет, что соответствует средней эффективности этого оборудования в пределах от 40 до 50 %. При ожидаемом росте потребления тепловой энергии и увеличении потребления твердого топлива в соответствии с Концепцией развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года и низкой экологической эффективности применяемых технологий генерации тепловой энергии направления по развитию низкоуглеродного и нейтрального сжигания определяет не только экологическую форму развития тепловой генерации, но и возможность повышения производительности применяемых топливосжигающих устройств [4–5]. Достаточное внимание на сегодняшний день в направлении повышения эффективности сжигания низкосортных твердых топлив совместному сжиганию углей и твердых биомасс. Кроме того, исследования в [6] показывают на возможность получения чистой тепловой углерод нейтральной энергии при сжигании углей низкого качества и твердых биомасс сельскохозяйственного производства в отопительных устройствах коммунального назначения.

## **Материалы и метод проведения анализа по возможности сжигания низкосортных топлив на отопительном котле «Камкор – 300»**

Анализ возможности повышения эффективности работы отопительного котла «Камкор – 300», мощностью 40 кВт, проводимого в Казахском агротехническом университете при поддержке ТОО «Камкор» показал, что

повышение эффективности работы котла может быть произведено за счёт корректировки внутренней геометрии котла с учётом соотношения «топливо–воздух». Конструкция отопительного котла, представленная на рисунке 1, схематически разделена на три основные зоны: зону горения топлива, зону генерации синтез-газов и зону прогрева топлива.

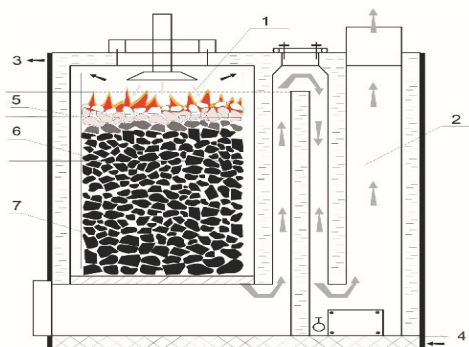


Рисунок 1 – Условная конструкция отопительного котла, мощностью до 100 кВт для низкоуглеродного сжигания топлив.

1 – камера сгорания топлива; 2 – конвективная часть котла; 3 – выход теплоносителя; 4 – вход теплоносителя; 5 – зона горения топлива; 6 – зона генерации синтез-газов; 7 – зона прогрева топлива.

При проведении исследований условно модель котла была разделена на три основные зоны – зону горения, зону генерации синтез-газов и зону конвективной передачи теплоты. Исследования проводились при эксплуатации котла на лигнитах месторождения «Майкубенское», технические характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики лигнитов месторождения «Майкуба» (Казахстан)

№	WP	AP	SPK	CP	HP	NP	OP	VG	QHP , [ККАЛ/ КГ]
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		
1	14	33	1,5	42,1	4,6	1,5	5,1	[%] 12	5100

Согласно задаче, поставленной в исследованиях, проводились эксперименты по определению выбросов CO и CO<sub>2</sub> при использовании 100

газоанализатора МАГ-6 с пределом измерения в диапазоне от 0,1 до 100 % и диапазоне подъёма температуры через каждые 30 минут после розжига котла в соответствии с [7]. Давление внутри камеры сгорания при проведении исследований составило 1 кгс/см<sup>2</sup>.

### **Результаты и обсуждения по анализу возможности низкоуглеродной технологии сжигания низкосортных топлив на котлах, мощностью до 100 кВт.**

Исследованиями было выявлено, что регулирование соотношения «топливо – воздух – продукты сгорания» может быть реализовано за счёт внутренней геометрической корректировки при необходимом и достаточном распределении воздуха и продуктов сгорания по газовым отсекам топочной камеры [8,9].

При этом, повышение температуры теплоносителя до 85°С возможно при коэффициенте избытка воздуха 1,2. Однако, концентрация СО в дымовых газах при таких условиях составляет 3,13, что на 1,13 % превышает норму выбросов СО для отопительных котлов, мощностью не более 100 кВт согласно [7]. Выбросы концентраций (n) СО<sub>2</sub> также показывают на необходимость соблюдения режима задержки дымовых газов в топочном объеме. Режим подачи теплоносителя соответствует норме согласно [7] при температурах 60–70°С. Несомненно, этот режим может быть отработан при понижении скорости уходящих газов через газовые отсеки, путем корректировки их геометрической конфигурации. Кроме того, имеются другие способы снижения скорости дымовых газов в топочном пространстве, в том числе изменение режима подачи воздуха. Однако, изменение режима подачи воздуха в котел может привести к изменению расхода электроэнергии на собственные нужды котла, что не приведет к повышению эффективности его работы и возможно не в меньшую сторону [10], на основании чего было принято решение по мягкой внутренней геометрической корректировке котла. Мягкая внутренняя корректировка котла позволила организовать работу при коэффициенте избытка воздуха, равном  $\alpha = 1,1; 0,77$  и  $0,56$ .

В результате проведения экспериментов выявлены концентрации СО и СО<sub>2</sub> в зависимости от коэффициента избытка воздуха.

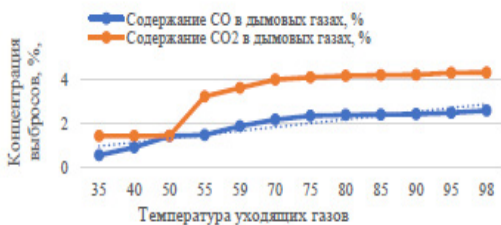


Рисунок 2 – Концентрация CO и CO<sub>2</sub> в дымовых газах при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha= 1,1$

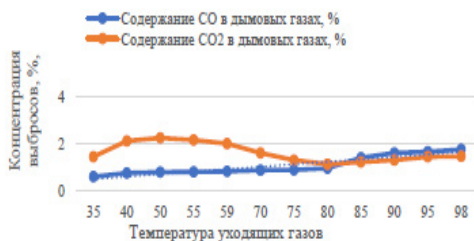


Рисунок 3 – Концентрация CO и CO<sub>2</sub> в дымовых газах при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha= 0,56$ .

### Выводы

Снижение эмиссий по выбросу оксидов углерода объясняется тем, что в процессе сжигания топлива в представленной конструкции котла согласно рисунку 1 образуется зона генерации синтез-газов и возникает дополнительный тепловой эффект, позволяющий более полно реализоваться процессу окисления углерода. Особенность предлагаемой конструкции котла состоит в возможности корректировки внутренней геометрии котла, в первую очередь, включая топочный объем для создания оптимального режима «топливо – воздух – продукты сгорания» для процессов генерации синтез-газов при недостатке кислорода. Исследования показали (рисунок 2, 3) что для представленной конструкции котла при его эксплуатации на казахстанском угле майкубенского месторождения оптимальное значение коэффициента избытка воздуха в объеме топочного пространства составляет 0,56. При наблюдается более полное окисление углерода и, соответственно, снижение выбросов оксидов углерода.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ke, X Jiang L., Lyu J, Yue G.** Prospects for the Low Pollutant Emission Control of Circulating Fluidized Bed Combustion Technology [Text] // Journal «[Chinese Journal of Engineering Science](#)». – 2021. № 23(3). – P. 120 – 128.

2 **Baubek, A., Atyaksheva, A. Zhumagulov, M. Kartjanov, N. Plotnikova, I. Chicherina, N.** Complex Studies of the Innovative Vortex Burner Device with Optimization of Design. [Text] // Journal «Studies in Systems: Decision and Control» . – 2021. № 351. – P. 139–153

3 **Kondratev, R.** Comprehensive improvement of energy efficiency and environmental friendliness of a solid fuel boiler house [Text] // Journal «Material of IV International Scientific Conference «Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development» (CATPID-2021 Part 1). – 2021. № 281. – P. 7

4 **Huang, Y., Unger, N., Storelvmo, T., Harper, K., Zheng, Y., Heyes, C.** Global radiative effects of solid fuel cookstove aerosol emissions [Text] // Journal «[Atmospheric Chemistry and Physics](#)». – 2018. № 18. – P. 5219 – 5233

5 **Daud, S., Hamidi, M., Mamat, R.** A review of fuel additives effects and predictions on internal combustion engine performance and emissions [Text] // Journal «[AIMS Energy](#)». – 2022. № 10 (1). – P. 1 – 22

6 **Milicevic, A., Belosevic, S., Crnomarkovic, N., Tomanovic, I., Stojanovic, A., Tucakovic, D., Deng, L., Che, D.** Numerical study of co-firing lignite and agricultural biomass in utility boiler under variable operation conditions [Text] // [International Journal of Heat and Mass Transfer](#). – 2021. № 181. – P. 121728

7 Межгосударственный Стандарт. Котлы отопительные водогрейные, теплопроизводительностью до 100 кВт. [Text] // Общие технические условия. 2021-01–01.

8 **Atyaksheva, A., Zhakishiev, B., Taybasarov, Zh., Taybasarova, Zh., Karagaeva, M.** Study of Kazakhstan's coals burning efficiency of long-term combustion boilers up 100 kW. Journal «Bulletin of the Karaganda University: Physics» series». – 2018. №1(89). – P. 39–47

9 **Srivastava, P., Marjo, C., Gerami, A., Jones, Z., Rahman, S.** Surface Analysis of Coal Indicating Neutral Red Enhances the Precursor Steps of Methanogenesis [Text] // Journal «Microbiological chemistry and geomicrobiology». – 2020. №9 (11). Article ID 586917

10 **Shen, G.** Design of new clean and efficient combustion mode and thermodynamics research using NSGA-II algorithm. [Text] // Journal «Thermal Science». – 2020 № 24 (5). – P. 699–2706.



## REFERENCES

1 **Ke, X., Jiang L., Lyu J, Yue G.** Perspektivy snizheniya vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv v tekhnologii szhiganiya s cirkuliruyushchim psevdoozhizhennym sloem. [Prospects for the Low Pollutant Emission Control of Circulating Fluidized Bed Combustion Technology] / **Ke, X., Jiang L., Lyu J, Yue G.**// Kitajskij zhurnal inzhenernyh nauk. [[Chinese Journal of Engineering Science](#)] [Text]. – 2021. № 23(3). – P. 120 – 128.

2 **Baubek, A., Atyaksheva, A. Zhumagulov, M.** Kartjanov, Kompleksnye issledovaniya innovacionnogo ustrojstva vihrevoj gorelki s optimizaciej konstrukcii. [Complex Studies of the Innovative Vortex Burner Device with Optimization of Design]/ Baubek, A., Atyaksheva, A. Zhumagulov, M. Kartjanov// Zhurnal «Issledovaniya v oblasti sistem: reshenie i upravlenie». [Journal «Studies in Systems: Decision and Control»] [Text] . – 2021. № 351.– P. 139–153

3 **Kondratev, R.** Kompleksnoe povyshenie energoeffektivnosti i ekologichnosti tverdotoplivnoj kotel'noj. [Comprehensive improvement of energy efficiency and environmental friendliness of a solid fuel boiler house] / Kondratev R.//Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Stroitel'stvo i arhitektura: Teoriya i praktika v innovacionnom razvitii». [Journal «Material of IV International Scientific Conference «Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development»] [Text]. – 2021. № 281. – P. 7

4 **Huang, Y., Unger, N., Storelvm, T., Harper, K., Zheng, Y., Heyes, C.** Global'noe radiacionnoe vozdejstvie vybrosov aerozolej ot tverdotoplivnyh kuhonnyh plit. [Global radiative effects of solid fuel cookstove aerosol emissions]/Huang, Y., Unger, N., Storelvm, T., Harper, K., Zheng, Y // Zhurnal «Himiya i fizika atmosfery». [Journal «[Atmospheric Chemistry and Physics](#)»] [Text]. – 2018. № 18. – P. 5219 – 5233

5 **Daud, S., Hamidi, M., Mamat, R.** Obzor vliyanija toplivnyh prisadok i prognozy na karakteristiki dvigatelya vnutrennego sgoraniya i vybrosov. [A review of fuel additives effects and predictions on internal combustion engine performance and emissions] /Daud, S., Hamidi, M., Mamat, R. // **Zhurnal «Energetika»** [Journal «[Energy](#)»] [Text]. – 2022. № 10 (1). – P. 1 – 22

6 **Milicevic, A., Belosevic, S., Crnomarkovic, N., Tomanovic, I., Stojanovic, A., Tucakovic, D., Deng, L., Che, D.** Chislennoe issledovanie sovmestnogo szhiganiya burogo uglja i sel'skohozyajstvennoj biomassy v bytovyh kotlah pri peremennyh rezhimah raboty. [Numerical study of co-firing lignite and agricultural biomass in utility boiler under variable operation conditions]/ Milicevic, A., Belosevic, S., Crnomarkovic, N., Tomanovic, I., Stojanovic, A., Tucakovic, D., Deng, L., Che, D.// Mezhdunarodnyj zhurnal teplomassoobmena [[International Journal of Heat and Mass Transfer](#)] [Text].– 2021. № 181. – P. 121728

7 Mezghosudarstvennyj Standart. Kotly otopitel'nye vodogrejnnye, teploproizvoditel'nost'yu do 100 kVt. [International standard. Hot water boilers, capacity up to 100 kW] // Obshchie tekhnicheskie usloviya. 2021-01-01.

8 **Atyaksheva, A., Zhakishiev, B., Taybasarov, Zh., Taybasarova, Zh., Karagaeva, M.** Issledovanie effektivnosti szhiganiya kazahstanskikh uglej v kotlah dlitel'nogo szhiganiya do 100 kVt. [Study of Kazakhstan's coals burning efficiency of long-term combustion boilers up 100 kW]/ Atyaksheva, A., Zhakishiev, B., Taybasarov, Zh., Taybasarova, Zh., Karagaeva, M. // Vestnik Karagandinskogo universiteta: Seriya «Fizika» [Journal «Bulletin of the Karaganda University: Physics» series] [Text]. – 2018. №1(89). – P. 39–47

9 **Srivastava, P., Marjo, C., Gerami, A., Jones, Z., Rahman, S.** Analiz poverhnosti uglya, ukazyvayushchij na nejtral'nyj krasnyj cvet, usilivaet predshestvuyushchie etapy metanogeneza [Surface Analysis of Coal Indicating Neutral Red Enhances the Precursor Steps of Methanogenesis]/ Srivastava P, Marjo C, Gerami A, Jones Z, Rahman S. // **Zhurnal** «Mikrobiologicheskaya himiya i geomikrobiologiya». [Journal «Microbiological chemistry and geomicrobiology»] [Text]. – 2020. №9 (11). – P. 234 – 248.

10 **Shen, G.** Razrabotka novogo chistogo i effektivnogo rezhima goreniya i issledovanie termodinamiki s ispol'zovaniem algoritma NSGA-II. [Design of new clean and efficient combustion mode and thermodynamics research using NSGA-II algorithm] / Shen, G. // Zhurnal «Termicheskaya nauka». [Journal «Thermal Science»] [Text]. – 2020 № 24 (5). – P. 699–2706

Материал поступил в редакцию 13.06.22.

\* *А. В. Атякиева<sup>1</sup>, А. К. Мерғалимова<sup>2</sup>, А. М. Омаров<sup>3</sup>,*

*А. Д. Атякшева<sup>4</sup>, А. Қ. Жұмалиева<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3,5</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

<sup>4</sup>«Халықаралық жасыл технологиялар және

инвестициялық жобалар орталығы»

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

Материал баспаға 13.06.22 түсті.

## **ҚУАТЫ 100 КВТ ДЕЙІНГІ ҚАЗАНДЫҚТАРДА САПАСЫ НАШАР ОТЫНДЫ ТӨМЕН КӨМІРТЕКТІ ЖАҒУ МҮМКІНДІГІН ТАЛДАУ**

*Жұмыста «Қамқор – 300» жылыту қазандығын пайдалану мысалында сапасы нашар отынды төмен көміртекті жағу мүмкіндігі бойынша нәтижелер ұсынылған. Зерттеулер құрылғыдағы*

нормаланатын жылу алмасуды бұзбай және ішкі жану көлемінің конструкциясын пысықтамай «отын – ауа – жану өнімдері» оңтайлы режимдерін пысықтау кезінде қоршаған ортаға СО және СО<sub>2</sub> эмиссияларын төмендету мүмкіндігін көрсетеді. Зерттеулерде «Майкөбе» кен орнының төмен сұрыпты көмірін жағу кезінде СО және СО<sub>2</sub> шығарындыларын азайту әсері алынды. Қазандық көлеміндегі жағу газының уақытын ұлғайту мақсатында ауа жоғарыдан келтірілген ұзақ жанатын қазандықтың жұмысын геометриялық түзету ұсынылады. Түзету шарттары оттегі жетіспеушілігі жағдайында пайда болған синтез газдарының пайда болуына байланысты қосымша жылу әсерін алуды қамтиды. Зерттеулердегі оңтайлы режим ауаның артық коэффициенті 0,56 болған кезде оттегі тапшылығы болып табылады, бұл СО эмиссиясын нормаланғаннан 0,32 %-ға төмендетуге және СО<sub>2</sub> эмиссиясын 0,2 %-ға төмендетуге мүмкіндік береді. Пайда болған қосымша жылу әсері эмиссиялардың төмендеуіне ғана емес, сонымен бірге оның пайдалану – экономикалық көрсеткіштерінің жоғарылауымен қазандықтың тиімділігіне де әсер етеді. Алдын ала есептеулер СО және СО<sub>2</sub> шығарындыларының 8–13 %-ға төмендеуі кезінде берілген конструкцияның қазандықтарында отынды 6–11 %-ға дейін үнемдеу мүмкіндігін көрсетеді.

*Кілтті сөздер:* төмен көміртекті жағу, төмен сұрыпты отын, жылыту қазандығы, геометриялық түзету, тиімділік.

\*A. Atyaksheva<sup>1</sup>, A. Mergalimova<sup>2</sup>, A. M Omarov<sup>3</sup>,

A.N Atyaksheva<sup>4</sup>, A. Zhumaliyeva<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,5</sup> Saken Seifullin Kazakh Agro Technical University,  
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;

<sup>4</sup>Non-profit Joint-Stock Company «International green  
technologies and investment projects center»

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan

Material received on 13.06.22.

## **ANALYSIS OF THE LOW-CARBON COMBUSTION POSSIBILITY OF DEGRADED QUALITY FUELS IN BOILERS UP TO 100 KW.**

*The studies show that it is possible to reduce emissions of CO and CO<sub>2</sub> into the environment when working out optimal modes of «fuel – air – combustion products» without disturbing the normalized heat exchange in the device and the developing of the internal flue volume design. In the studies the effect of reducing emissions of CO and CO<sub>2</sub> was obtained*

*during the combustion of low-grade coal at the «Maikubinskoye» field. The geometric adjustment of the boiler operation with a long combustion air supply is proposed in order to increase the residence time of the flue gas in the boiler volume. The adjustment conditions assume additional thermal effect due to the formation of synthesis gases in the area of their generation, formed under conditions of oxygen deficiency. The adjustment conditions assume additional thermal effect due to the formation of synthesis gases in the area of their generation, formed under conditions of oxygen deficiency. The optimal oxygen deficiency regime in the studies is 0.56 % excess air, which reduces CO emissions by 0.32 % the normalized level and reduces CO<sub>2</sub> emissions by 0.2 %. The resulting additional thermal effect has an impact not only on the reduction of emissions, but also on the efficiency of the boiler as a whole, while increasing its operational and economic performance. Preliminary calculations suggest fuel savings of up to 6–11 % on boilers of a given design with CO and CO<sub>2</sub> emissions reduced by 8–13 %.*

*Keywords: low-carbon combustion, low-grade fuel, heating boiler, geometric adjustment, efficiency.*

Теруге 13.06.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

16,6 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.88. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3958

Сдано в набор 13.06.2022 г. Подписано в печать 30.06.2022 г.

Электронное издание

16,6 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.71. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3958

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz