

**N E W S**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 2, Number 312 (2017), 75 – 80

UDC 536.46:532.517.4

**A.S. Askarova, S.A. Bolegenova, S.A. Bolegenova, Maximov V.Yu.,  
A.M. Maxutkhanova, A.G. Turbekova, Kh.I. Beisenov**

Al-Farabi kazakh national university, Almaty  
Bolegenova.symbat@kaznu.kz

**A COMPUTATIONAL EXPERIMENT FOR STUDYING  
THE COMBUSTION OF THERMOCHEMICALLY-GASIFIED COAL  
IN THE COMBUSTION CHAMBER OF THE BOILER BKZ-160**

**Annotation.** Research in the field of advanced technological processes to improve the combustion of pulverized coal and the use of alternative methods of combustion of various fuels are currently the most relevant to the entire energy complex of the Republic of Kazakhstan.

The main direction of improvement of pulverized coal combustion and utilization of alternative fuels types are the implementation of stringent ecological requirements in terms of specific emissions of harmful substances with exhaust gases of boilers. And at this stage, the creation of technologies that describe the main processes of formation of harmful dust-gas emissions, and development of recommendations for their reduction is a first task for researchers.

At the modern stage development of industry of the Republic of Kazakhstan there is a question about improving the efficiency of processes related to energy production, subject to strict norms of emission of harmful substances and efficient use of equipment. One of the perspective solutions in this area is thermo-chemical activation of low-grade solid fuels with using plasma-fuel systems (PFS).

**Keywords:** combustion chamber, boiler, burners, solid fuel, high-ash coal, numerical simulation, computational experiment.

УДК 536.46:532.517.4

**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов,  
А.М. Максутханова, А.Г. Турбекова, Х.И. Бейсенов**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы  
Bolegenova.symbat@kaznu.kz

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ  
ГОРЕНИЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКИ-ГАЗИФИЦИРОВАННОГО УГЛЯ  
В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА БКЗ-160**

**Аннотация.** Исследования в области прогрессивных технологических процессов по совершенствованию установок сжигания пылеугольного топлива и использованию альтернативных методов сжигания различных видов топлива являются в настоящее время наиболее актуальными для всего энергетического комплекса Республики Казахстан.

Основным направлением совершенствования пылеугольного горения и использования альтернативных видов топлива является выполнение жестких экологических требований по удельным выбросам вредных веществ с отработанными газами котельных установок. И на этом этапе создание технологий, позволяющих описать основные процессы формирования вредных пылегазовых выбросов, и разработка рекомендаций по их снижению является актуальной задачей исследователей.

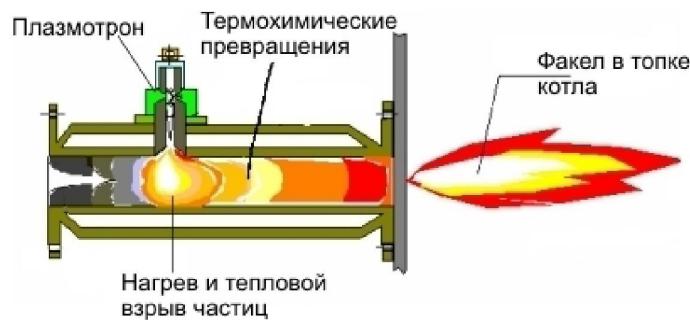
На современном этапе развитие промышленности Республики Казахстан очень остро встает вопрос о повышении эффективности процессов, связанных с производством энергии, при соблюдении строгих норм выброса вредных веществ и экономичным использованием оборудования. Одно из перспективных решений в данной области является термохимическая активация низкосортных твердых топлив при помощи плазменно-топливных систем (ПТС).

**Ключевые слова:** Топочная камера, котел, горелки, твердое топливо, высокозольный уголь, численное моделирование, вычислительный эксперимент.

Реализация новых технологий термохимической активации пылеугольных потоков определяется в конечном итоге уровнем разработки методов расчета соответствующих физико-химических процессов, протекающих при горении твердого топлива, прошедшего плазменную обработку. Разработка метода расчета таких течений тесно связана с расчетно-теоретическими и экспериментальными исследованиями теплофизических процессов движения и нагрева частиц топлива, термохимических процессов в плазмотронах и их последующих превращений в топочном пространстве. Проведение вычислительных экспериментов при помощи новейших информационных технологий моделирования позволили, в рамках данного проекта, при хорошо развитом алгоритмическом и программном обеспечении, используя соответствующие модели, провести комплексные исследования влияния плазменной активации угля на процессы формирования вредных веществ в техногенных газах.

Термохимическая подготовка пылеугольного топлива к сжиганию реализована исполнителями проекта в соответствии со следующим механизмом. Аэросмесь подается через пылепровод к горелке. Аэросмесь подается в горячую топочную камеру с температурой  $T \sim 350\text{K}$ , в которой она нагревается и воспламеняется. При оснащении горелочного устройства плазмотроном, аэросмесь нагревается плазменным факелом в объеме горелки еще до выхода в топочную камеру. При прохождении угольной пыли с воздухом через плазмотрон, то из него выделяются летучие вещества и газифицируется коксовый остаток, после чего они начинают окисляться кислородом первичного воздуха аэросмеси, что приводит к дополнительному нагреву реагирующего потока аэросмеси. При этом углерод газифицируется до  $\text{CO}$ , а не до  $\text{CO}_2$ , благодаря существующему коэффициенту избытка воздуха в аэросмеси ( $0,3\text{-}0,5$  от стехиометрического соотношения).

В результате на выходе из горелочного устройства, оборудованном плазменно-топливной системой образуется высокотемпературный реагирующий поток углеродсодержащих частиц и газообразных продуктов плазменной термохимической подготовки аэросмеси с температурой  $\sim 1300\text{K}$ . При этом, независимо от того, что в качестве топлива используется высокозольный уголь, получается высокореакционное двухкомпонентное топливо. Перемешиваясь с вторичным воздухом в топочной камере, это топливо интенсивно воспламеняется и устойчиво горит без мазута или газа, часто используемых для воспламенения и стабилизации горения низкосортных пылеугольных потоков при обычном горении.



За время выполнения работ было проведено системное исследование горения различных углей в широком диапазоне параметров, определяющих условия и режимы сжигания твердого топлива в топочных камерах ПК-39 Аксуской ГРЭС и БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ.

Проведение вычислительных экспериментов по сжиганию в топочных камерах котлов ПК-39 и БКЗ-160 низкосортных казахстанских углей, прошедших предварительно термохимическую

плазменную подготовку в ПТС, позволили определить режимные параметры и получить оптимальные характеристики реализации плазмохимической технологии термохимической подготовки низкосортных высокозольных казахстанских углей к сжиганию на реальных энергетических объектах Республики Казахстан.

В широком диапазоне параметров описан процесс формирования продуктов реакции горения, в том числе вредных ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и др.), проведено исследование влияния вида используемого угольного топлива и способа его сжигания в камерах сгорания. Получены трехмерные поля температуры, скорости и концентраций и исследованы закономерности их формирования и изменения в во всем объеме исследуемых топочных камер. Исследован процесс образования вредных пылегазовых выбросов в зависимости от условий организации процесса горения в топочных камерах ТЭС.

Для топочной камеры котла ПК-39 Аксуской ГРЭС были смоделированы: традиционный режим без использования низкотемпературной плазмы и три режима горения, когда низкотемпературная плазма воздействует на:

- 1) пылеугольный поток в четырех угловых горелках нижнего яруса;
- 2) пылеугольный поток из шести горелок нижнего яруса;
- 3) пылеугольный поток в двенадцати горелках двух ярусов.

Для топочной камеры котла БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ проведено исследование традиционного горения угля и горения термохимически газифицированного угля.

В случае с внедренными плазменно-топливными системами, образующийся факел вносит существенную неоднородность в аэродинамику течения (рисунок 1), что сказывается также и на распределение температуры в объеме топочной камеры (рисунок 2).

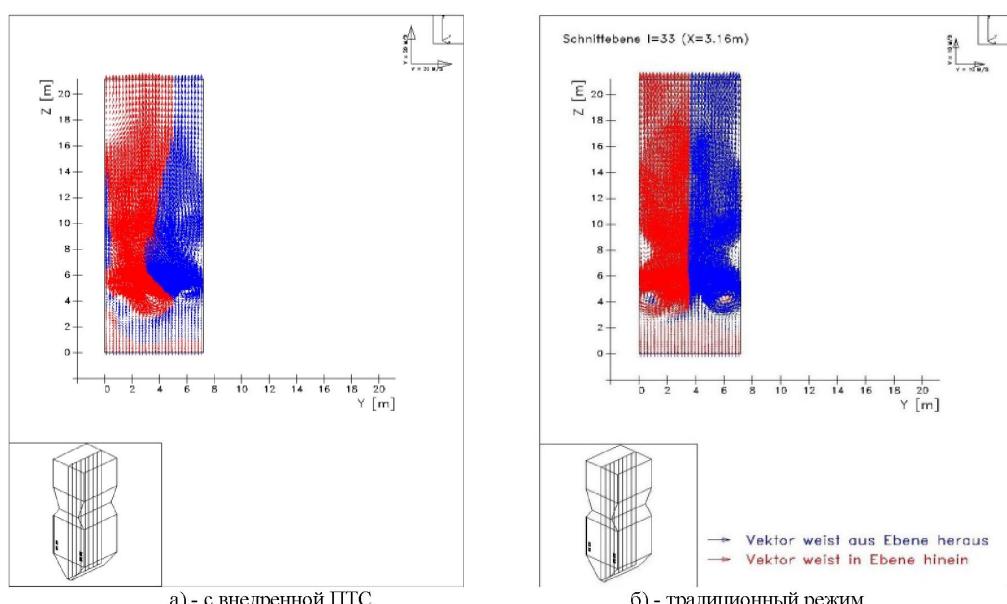


Рисунок 1 - Распределение вектора полной скорости в продольном сечении топочной камеры котла БКЗ-160, Алматинской ТЭЦ

На рисунке 2 показано, что максимальное значение температура достигает в обоих случаях в центральном сечении топочной камеры. Однако характер распределения температуры различен. Характер распределения температуры в топочной камере, в первую очередь, вносит изменение на процессы образования продуктов горения пылеугольного факела, в том числе и на вредные вещества ( $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и др.).

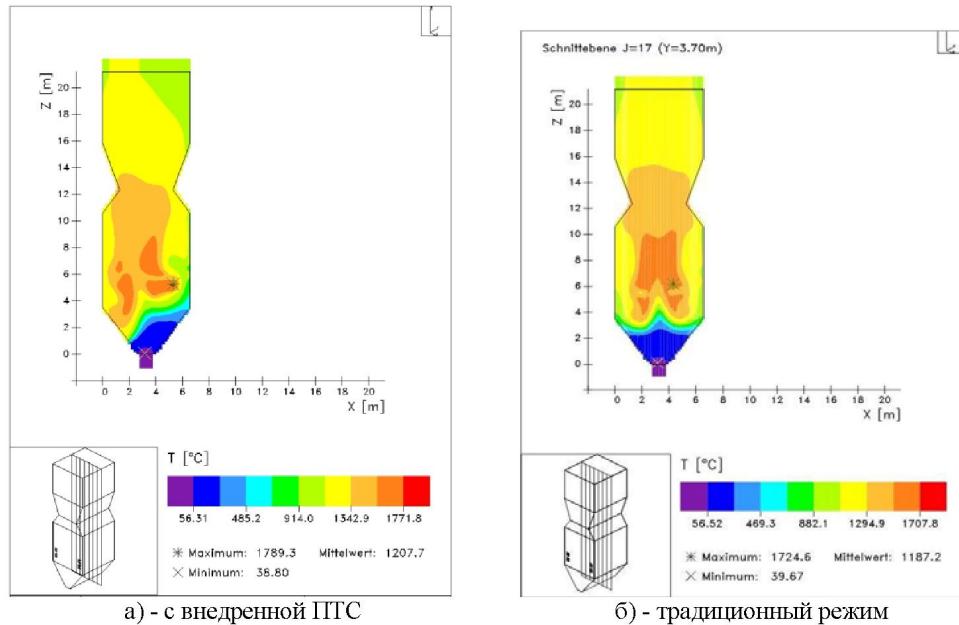


Рисунок 2 - Распределение температуры в продольном сечении топочной камеры котла БКЗ-160, Алматинской ТЭЦ

Внедрение ПТС практически никак не отражается на концентрацию углекислого газа в топочной камере БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ. В обоих случаях на выходе имеем концентрацию CO<sub>2</sub> равную 0.189 кг/кг.

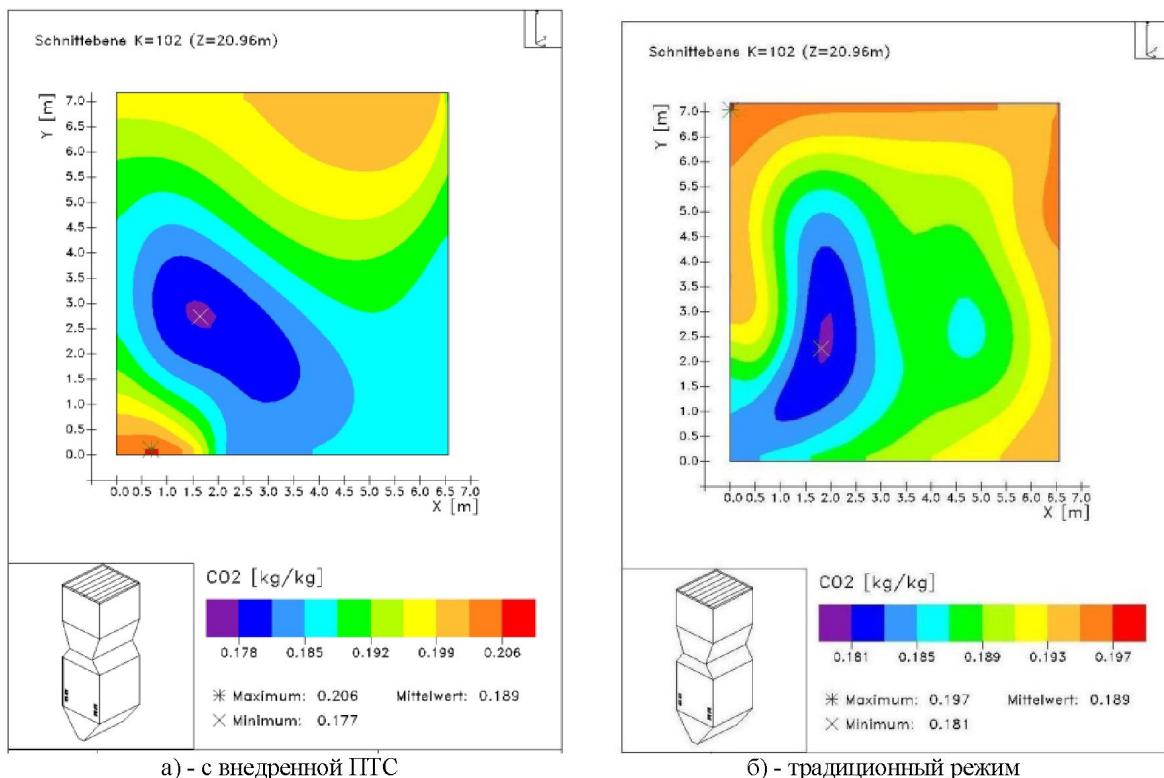


Рисунок 3 - Распределение углекислого газа на выходе из топочной камеры котла БКЗ-160, Алматинской ТЭЦ

При рассмотрении образования NOx наблюдается существенное различие.

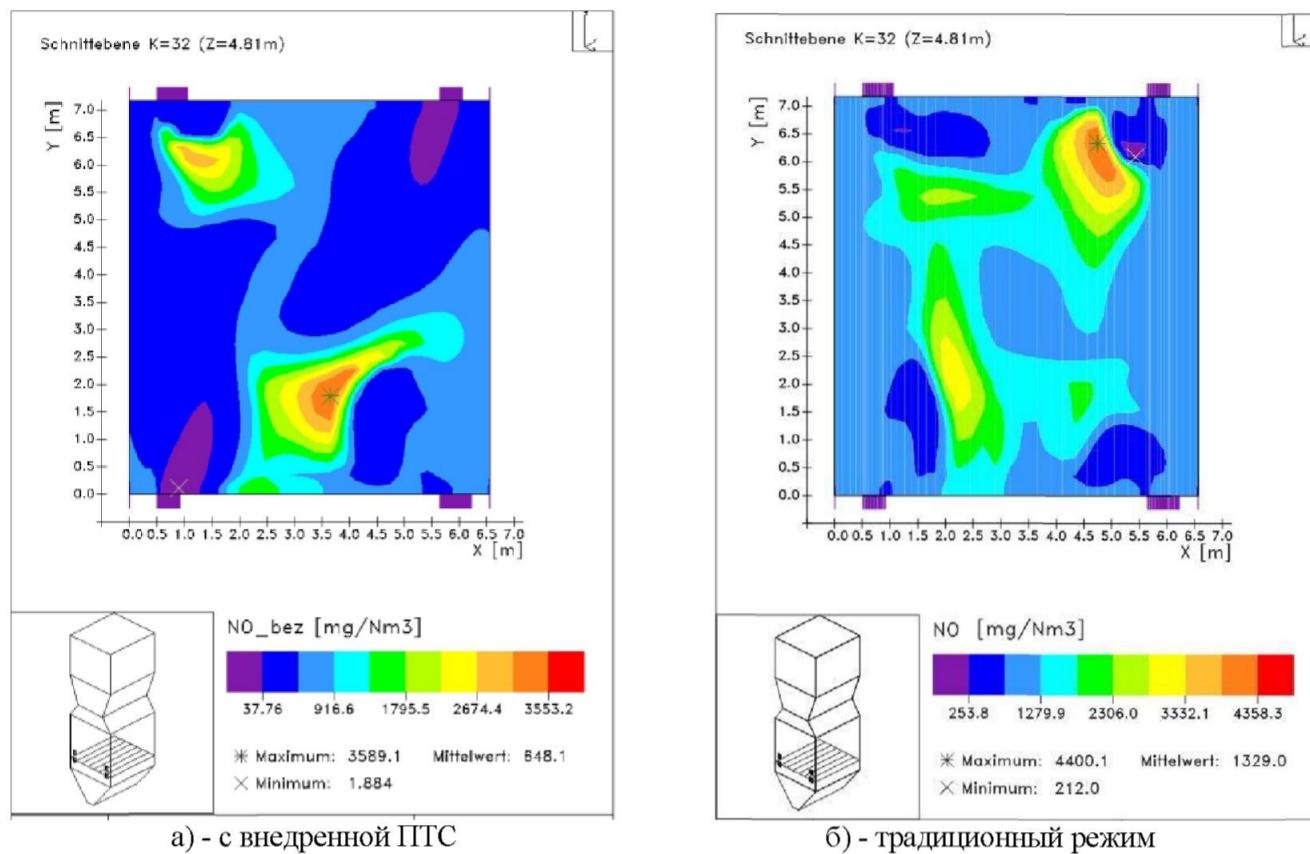
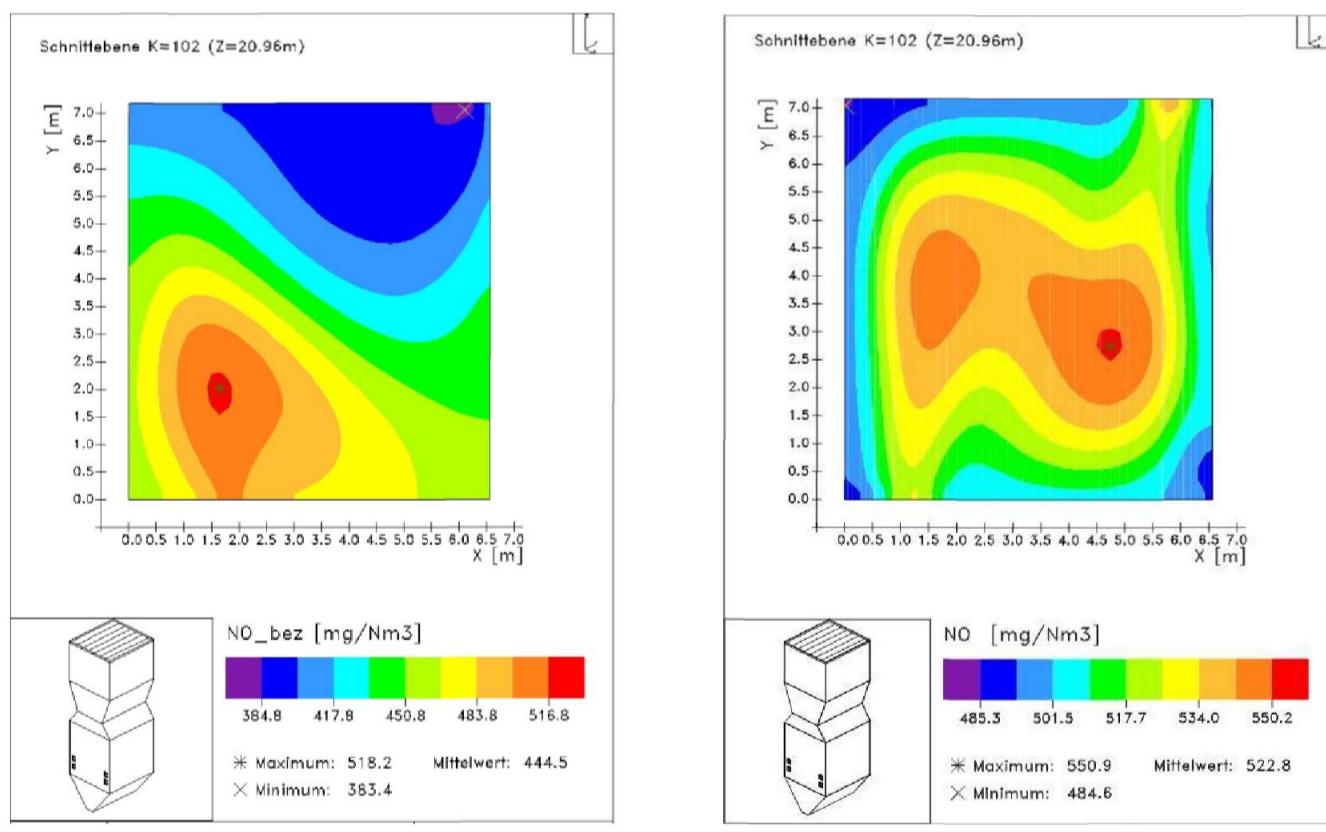


Рисунок 4 - Распределение окиси азота в сечении нижнего яруса топочной камеры котла БКЗ-160, Алматинской ТЭЦ



а) - с внедренной ПТС

б) - традиционный режим

Рисунок 5 - Распределение окиси азота на выходе из топочной камеры котла БКЗ-160, Алматинской ТЭЦ

Из представленных рисунков видно, что концентрация окиси азота как в пояссе горелок так и на выходе из топочной камеры БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ в случае использования ПТС существенно меньше, чем при традиционном сжигании, что говорит о целесообразности использования данной технологии с целью снижения вредных пылегазовых выбросов в атмосферу Республики Казахстан.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Askarova A., Bolegenova S., Beketaeva M. Calculation of dryness of vapor at the end of the evaporator surface contour of a steam boiler with natural circulation // Materials of International Conference "Science: Integrating Theory and Practice". ICET, Bozeman, MT, USA. 2014. 106-109.

[2] Askarova A., Bolegenova S., Bekmukhamet A., Maximov V., Beketayeva M., Ospanova Sh. Gabitova Z.K. Investigation of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ 420 combustion chamber //

### **WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer.– 2014. 9. – P.39-50.**

[3] Askarova A.S., S.Bolegenova, V.Maximov, A.Bekmuhamet, M.Beketayeva Numerical simulation of turbulent flows in combustion chamber // Recent Researches in Mechanical Engineering, ISBN: 978-1-61804-153-1, pp. 161-166, Milan, Italy, 2013.

[4] Аскарова А.С., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Бекмұхамет А., Оспанова Ш.С. Исследование образования вредных веществ в камере сгорания БКЗ-75 Шахтинской ТЭЦ // Труды 8 Всероссийской конференции с международным участием "Горение твердого топлива". Россия, Новосибирск, 2012.- С.9.1-9.4.

## REFERENCES

[1] Askarova A., Bolegenova S., Beketaeva M. Calculation of dryness of vapor at the end of the evaporator surface contour of a steam boiler with natural circulation. *Materials of International Conference "Science: Integrating Theory and Practice"*. ICET, Bozeman, MT, USA. 2014. 106-109.

[2] Askarova A., Bolegenova S., Bekmukhamet A., Maximov V., Beketayeva M., Ospanova Sh. Gabitova Z.K. Investigation of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ 420 combustion chamber.

### **WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer. 2014. 9. 39-50.**

[3] Askarova A.S., S.Bolegenova, V.Maximov, A.Bekmuhamet, M.Beketayeva Numerical simulation of turbulent flows in combustion chamber. *Recent Researches in Mechanical Engineering*. Milan, Italy. 2013. 161-166.

[4] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Bekmukhamet A, Ospanova Sh.S. Study the formation of harmful substances in the combustion chamber BKZ-75 Shakhtinskaya CHP. 8 Proceedings of All-Russian conference with international participation "The burning of solid fuels." Russia, Novosibirsk, 2012.- S.9.1-9.4.

**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов,  
А.М. Максутханова, А.Г. Турбекова, Х.И. Бейсенов**

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қаласы.

## **БКЗ-160 ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ ТЕРМОХИМИЯЛЫҚ-ГАЗДАНДЫРЫЛҒАН ҚӨМІР ЖАНУЫН ЗЕТТЕУДІҢ ЕСЕПТЕУ ЭКСПЕРИМЕНТІ**

**Аннотация.** Шаңқөмірлі отынды жағу қондырыларын жетілдіру бойынша, ілгерілемелі технологиялық процестер саласында зерттеу жүргізу және әртүрлі отын түрлерін жағудың баламалы әдістері қазіргі уақытта Қазақстан Республикасының барлық энергетикалық кешені үшін өзекті болып табылады.

Шаңқөмірлі отынды жағуды жетілдірудің негізгі бағыты және отынның баламалы түрлерін колдану, қазандық кондырыларынан шыққан газбен өндөлген зиянды заттардың меншікті шығарындылары бойынша, қатаң экологиялық талаптарын орындау болып табылады.

Зиянды шаңгазды шығарындыларды қалыптастырудың негізгі процестерін сипаттауға мүмкіндік беретін технологияларды құру кезеңінде, оларды төмендету бойынша ұсыныстарды жасау зерттеушілер үшін өзекті мәселе болып отыр.

Қазақстан Республикасының өнеркәсіптерінің заманауи даму кезеңінде, қондырыларды үнемді пайдаланумен қатар, зиянды заттардың шығарындыларының қатаң нормаларын сақтау барысында энергия шығарумен байланысты процестердің эффективтілігін көтеру туралы сұрақтар алдыңғы қатарда түр.

Бұл салада перспективалы шешімдердің бірі, плазмалық-отынды жүйе (ПОЖ) көмегімен төменгі сұрыпты қатты отындарды термохимиялық белсендіру.

**Тірек сөздер:** Жану камерасы, қазандық, жанарғы, күлділігі жоғары қемір, қатты отын, сандық моделдеу, сандық тәжірибе.