

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

2 (312)

НАУРЫЗ – СӘУІР 2017 Ж.

МАРТ – АПРЕЛЬ 2017 г.

MARCH – APRIL 2017

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Жұмаділдаев А.С. проф., академик (Қазақстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Қазақстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өмірбаев У.У. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жүсіпов М.А. проф. (Қазақстан)
Жұмабаев Д.С. проф. (Қазақстан)
Асанова А.Т. проф. (Қазақстан)
Бошқаев К.А. PhD докторы (Қазақстан)
Сұраған Д. PhD докторы (Қазақстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Қырғыстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Белорус)
Пашаев А. проф., академик (Әзірбайжан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

Джумадильдаев А.С. проф., академик (Казахстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)
Сураган Д. доктор PhD (Казахстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов
Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

E d i t o r i n c h i e f
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Dzhumadildayev A.S. prof., academician (Kazakhstan)
Kalmenov T.Sh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhantayev Zh.Sh. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umirbayev U.U. prof. corr. member. (Kazakhstan)
Zhusupov M.A. prof. (Kazakhstan)
Dzhumabayev D.S. prof. (Kazakhstan)
Asanova A.T. prof. (Kazakhstan)
Boshkayev K.A. PhD (Kazakhstan)
Suragan D. PhD (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskiy I.N. prof., academician (Ukraine)
Kovalev A.M. prof., academician (Ukraine)
Mikhalevich A.A. prof., academician (Belarus)
Pashayev A. prof., academician (Azerbaijan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.
Tiginyanu I. prof., academician (Moldova)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

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

ISSN 1991-346X

Volume 2, Number 312 (2017), 27 – 38

UDC 536.46:532.517.4

A.S. Askarova, S.A. Bolegenova,
S.A. Bolegenova, V.Yu. Maximov, Sh.S. Ospanova

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

**INVESTIGATION OF AERODYNAMICS AND HEAT
AND MASS TRANSFER IN THE COMBUSTION CHAMBERS
OF THE BOILERS PK-39 AND BKZ-160**

Annotation. Scientific researches in the field of development of new and improvement of existing technologies to improve the combustion of low grade fuels that reduce emissions of pollutants and at the same time improve the main indicators of energy complexes represent considerable interest for thermal power industry in the Republic of Kazakhstan. The development of such methods and improving coal combustion processes, along with alternative ways of organizing its combustion process (plasma thermochemical preparation, with the use of technology overfire air and the technology mechanism of selective and non-catalytic reduction of nitrogen oxide emissions) is currently the most urgent for the entire energy complex.

Keywords: combustion, combustion chamber, plasma-fuel systems, numerical modeling.

Many experimental and analytical studies are carried out under simplified conditions, which differ from the real heating conditions of the process flow. For example, many of them are carried out under the conditions of combustion of large particles when they are incinerated in a medium with large excess of air. Some researchers have assumed that the temperature of the medium does not change during combustion, and combustion takes place in one of the limiting regimes: kinetic or diffuse. This simplification of the combustion process distorts its essence and does not allow us to clarify the aerodynamics and heat exchange occurring in a real combustion chamber [1].

When the solid fuel burns in a pulverized state, turbulent heat transfer processes, masses of reacting components and their interaction products take place in the combustion chamber. Such processes are described by equations based on the laws of conservation of mass and momentum. For reactive flows, in which heat transfer processes and chemical reactions occur, it is necessary to further solve the energy conservation equation and add the equation of conservation of the mixture components or the conservation equation for the mixture fractions and their variations. Turbulence is described by transport equations for turbulent characteristics [2-5].

This system of basic equations of the mathematical model used in the present work to describe the processes of turbulent heat and mass transfer during the combustion of solid fuel in the pulverized state (pulverized-coal torch), is as follows [2]:

The equation of continuity or the law of conservation of mass in a differential form is written in the form:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0, \quad (1)$$

where the first term describes the flow nonstationarity, the second term represents convective transfer.

Law of conservation of momentum:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) = -\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\tau_{i,j}) - \frac{\partial p}{\partial x_j} + \rho f_i, \quad (2)$$

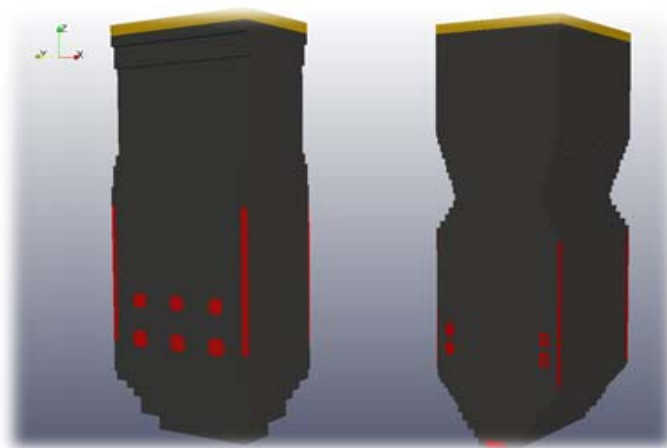
where f_i - mass force; $\tau_{i,j}$ - stress tensor.

Energy equation:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) = -\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i h) - \frac{\partial q_i^{res}}{\partial x_j} + \frac{\partial P}{\partial t} + u_i \frac{\partial P}{\partial x_i} + \tau_{ij} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + S_h \quad (3)$$

Plasma thermochemical preparation of coal for combustion consists in heating by a plasma torch with an oxygen deficit of the flow of the pulverized coal mixture in a special chamber to the temperature higher than the autoignition temperature of this coal. In this case, there is an almost complete release of volatile substances and partial combustion and gasification of coal carbon. As a result, the obtained fuel mixture or the highly reactive two-component fuel, consisting of combustible gas and coke residue, is ignited when mixed with secondary air and steadily burns without the use of a reserve high-reaction fuel (fuel oil or natural gas) to stabilize the pulverized-coal flare even in a cold furnace. The use of different types of burners does not cause differences in the mechanism of plasma thermochemical preparation of coal for combustion. The use of PTS makes it possible to exclude fuel oil from the fuel balance of CHP, traditionally used to kindle boilers [6-8].

The process of plasma thermochemical preparation of fuel for combustion is carried out in PTS. The plasma torch is installed on the lined channel of the air mixture of the burner, which is converted into PTS and installed directly into the combustion chamber [7-8]. Figure 1 presents a general view of the furnace chambers of the PK-39 boilers of the Aksuiskaya SDPP and BKZ-160 of Almaty CHP-3 equipped with plasma-fuel systems.



a) PK-39 of the Aksuiskaya SDPP; b) BKZ-160 of Almaty CHP-3

Figure 1 - General view of furnace chambers of boilers equipped with plasmatrone

Figures 2 and 3 show the field of the full-velocity vector in the combustion chamber in the cross section of the burners for each of the investigated cases, for the boilers PK-39 and BKZ-160.

Analysis of figure 2 shows that with increasing number of thermochemically activated flows (4, 6, 12 plasma torches), the core of the flame is shifted to the center of symmetry of the combustion chamber. At the point of collision of opposing flows, the dynamic head is transformed into static pressure as a result of braking. Under the action of the resulting pressure drop, the total flow spreads up and down with increased velocities. When impact opposite torches and the turbulence of the streams, mass and heat transfer is accelerated to a large extent, while the mixture-forming and heating amplification intensify the combustion process.

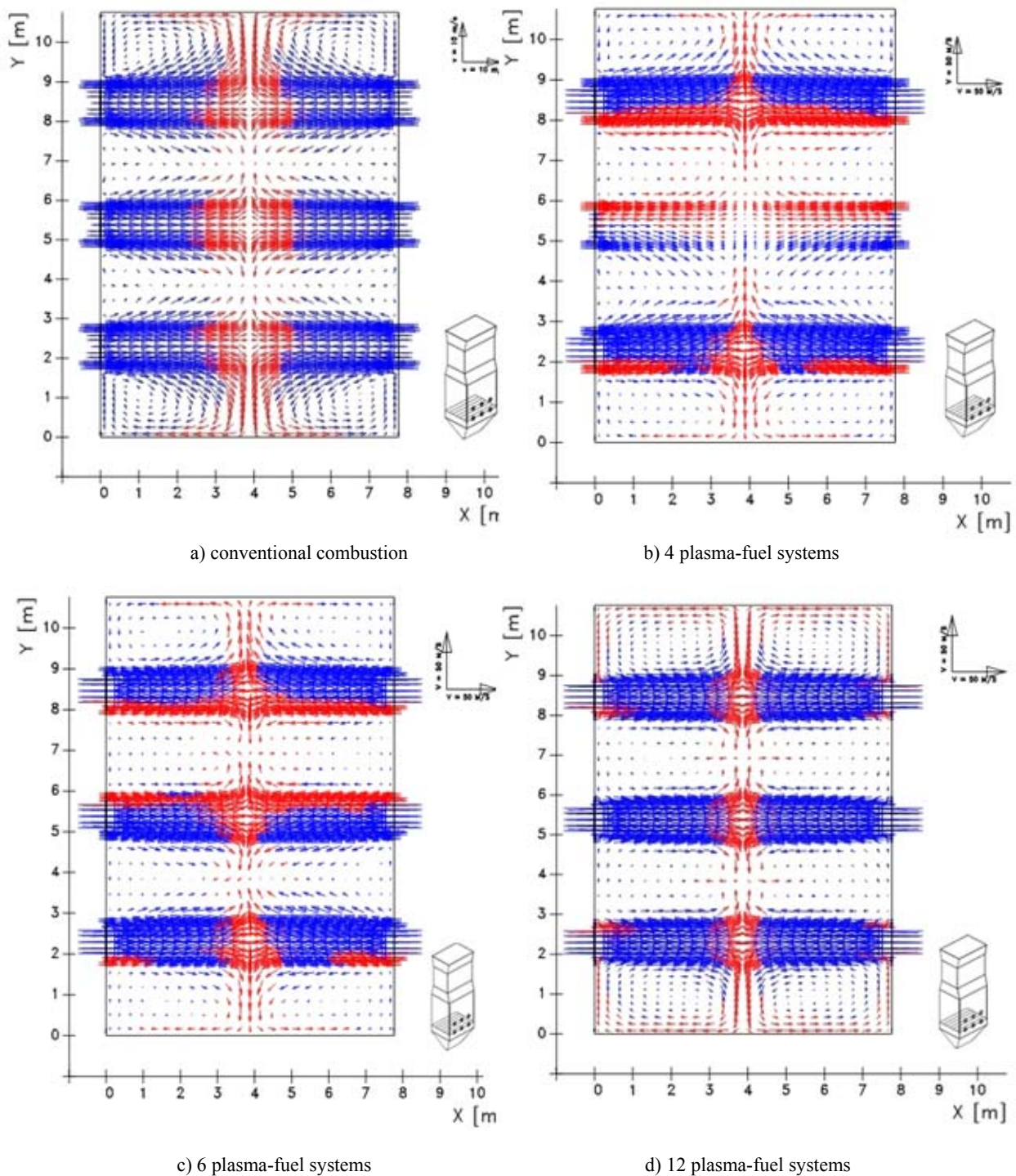


Figure 2 - The field of the full-velocity vector in the section of burners of the combustion chamber of the boiler PK-39 of Aksuyskaya SDPP

Figure 3 indicates a significant difference between the two investigated cases. In Fig. 3b, the pulverized coal streams, flowing into the furnace through conventional burners and through plasma-fuel systems, are clearly visible. Thus, in the furnace chamber, the flows of the two-component high-reaction fuel gasified by plasma activation are propagated in accordance with the laws of aerodynamics and are the thermal source for the air mixture delivered through burners not equipped with plasma ignition systems.

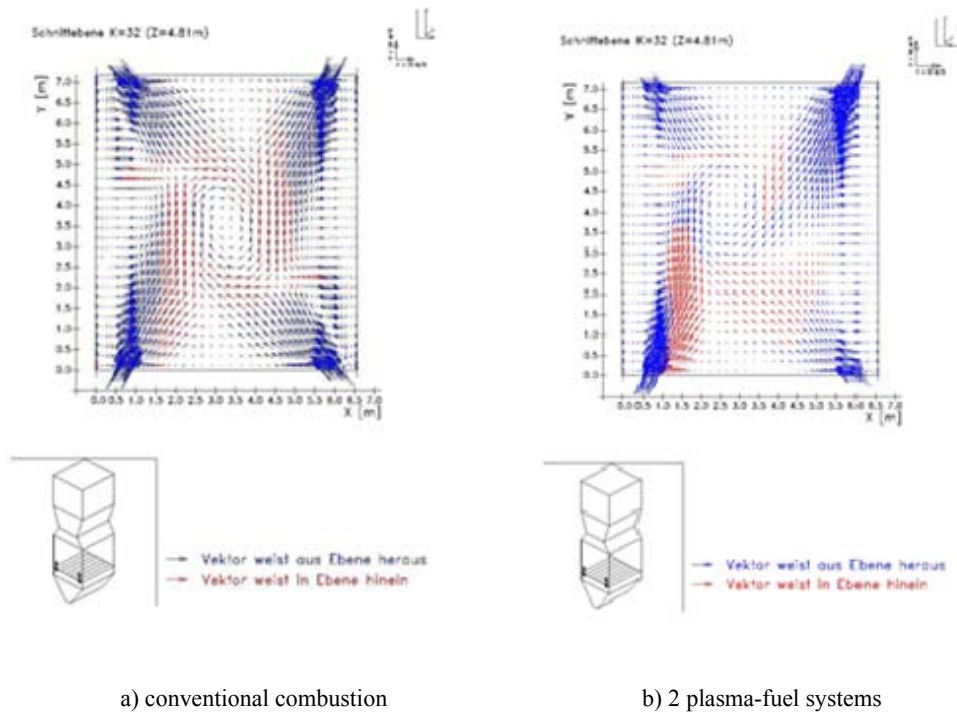
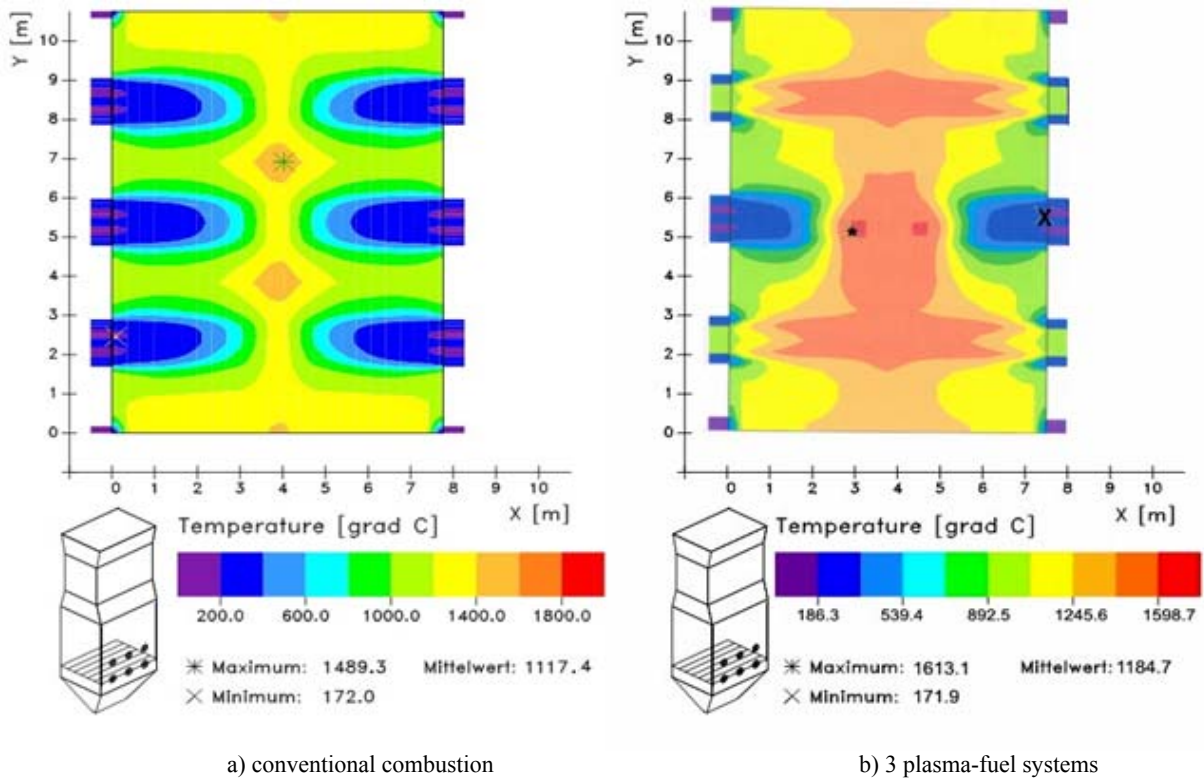


Figure 3 - Distribution of the full-velocity vector in the location of the burners of the combustion chamber of the boiler BKZ-160 of Almaty CHP-3

It can be noted (Fig. 4) that, compared with the conventional pulverized coal flow, the average temperature in the plane of the burner cross-section for the PK-39 boiler increases with the number of thermochemically activated streams and amounts to: 1117 °C - without activation; 4 activated streams - 1185 °C; 6 - 1211 °C; 12 - 1488 °C.



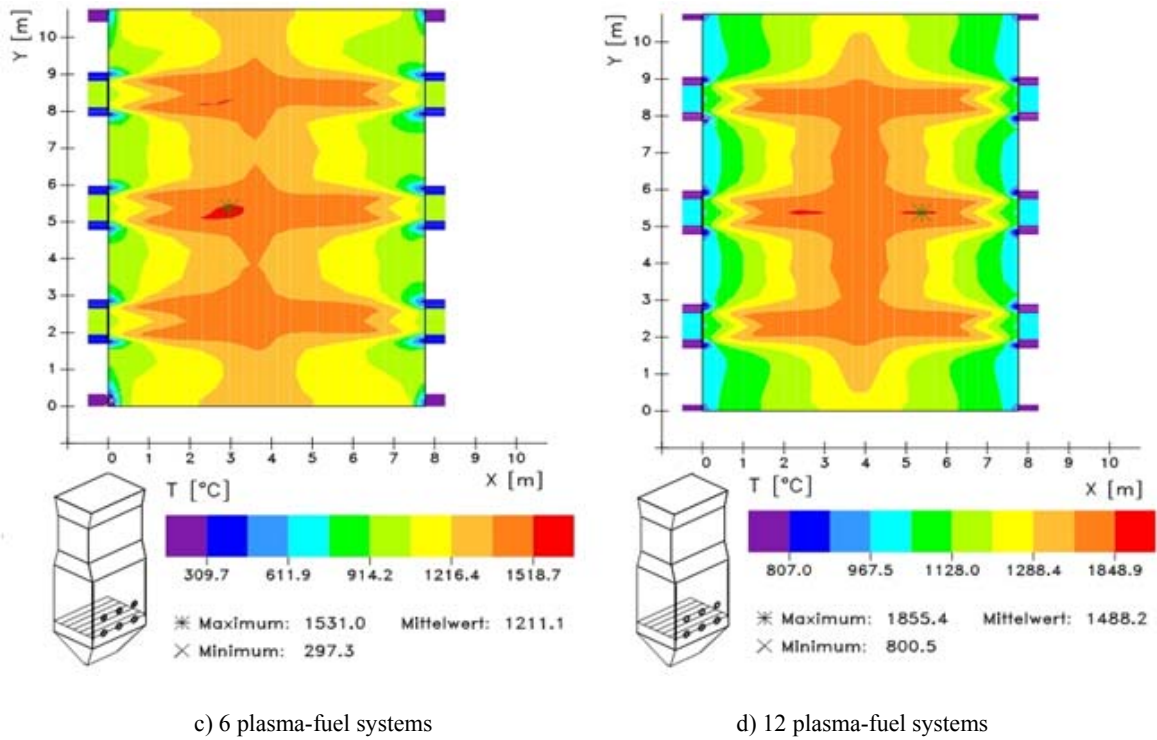


Figure 4 - Temperature field in the plane of the burner section of the lower stage of the furnace chamber of PK-39 boiler of Aksuiskaya SDPP

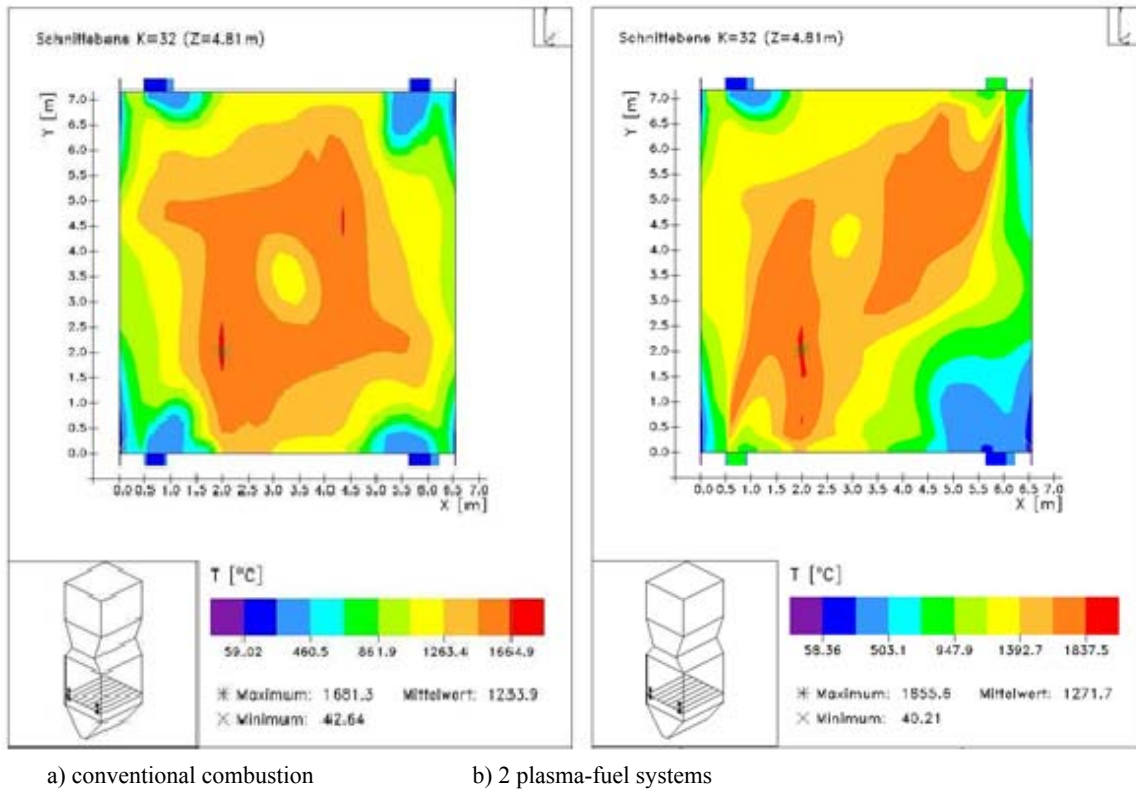


Figure 5 - Temperature distribution in the area of the burner devices arrangement in the lower stage of the furnace chamber of the BKZ-160 boiler of Almaty CHP -3

Analysis of figure 5 shows that, in comparison with the use of conventional pulverized coal flow, the average temperature in the plane of the section of burners with thermochemically activated flows increases and amounts to: 1234 °C - without activation, and 1272 °C - for two activated flows in the lower stage of the burners.

On the basis of the foregoing, it can be concluded that for all boilers under study the process of plasma activation of the combustion of the air mixture leads to an increase in the temperature in the area of installation of burners. At the same time, with an increase in the number of installed plasma-fuel systems, the combustion front is shifted to the location of plasma activation systems of coal flows.

This can be explained, first of all, by the fact that during the plasma activation of the pulverized coal stream, volatile substances are released before entering the combustion chamber, carbon is oxidized, which leads to partial gasification of the fuel. The released volatile and gasification products begin to react with the oxygen present in the primary air, in turn, further releasing heat and further heating the reacting stream of pulverized coal particles, the products of combustion of volatile and gasification of the coke residue (carbon).

REFERENCES

- [1] Müller H. Numerical calculation of three-dimensional turbulent flows in steam generators with heat transfer and chemical reactions using the example of the SNCR method. *Progress reports VDI-Verlag*. 1992. 268. 158 p. (in Ger.).
- [2] Leithner R., Müller H. CFD studies for boilers. *Second M.I.T. Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics*. Cambridge, 2003, 172-185 (in Eng).
- [3] Leithner R. Energy conversion processes with intrinsic CO₂ separation. *Transactions of the Society for Mining, Metallurgy and Exploration*, 2005, 18, 135-145 (in Eng).
- [4] Leithner R. Numerical Simulation. *Computational Fluid Dynamics CFD: Course of Lecture*. Braunschweig, 2006. 52 p. (in Eng).
- [5] Askarova A.S., Messerle V.E., Ustimenko A.B., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu. Numerical simulation of pulverized coal combustion in a power boiler furnace. *Journal of High Temperature*. 2015. 53. 3. 467-474.
- [6] Askarova A., Bolegenova S., Maximov V., Beketayeva M., Safarik P. Numerical modeling of pulverized coal combustion at thermal power plant boilers. *Journal of Thermal Science*. 2015. 24(3). 275-282 (in Eng).
- [7] Askarova A., Messerle V., Bolegenova S., Ustimenko A. Simulation of Coal Plasma Ignition and Combustion in a Furnace Chamber. *The 31st European Physical Society Conference on Plasma Physics Imperial College*. London: UK, 2004. 251-264 (in Eng).
- [8] Askarova A., Messerle V., Karpenko V., Ustimenko A. Plasma-chemical activation of the combustion of solid fuels. *High Energy Chemistry*. 2006.40. 141-148.

NEWS

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

ISSN 1991-346X

Volume 2, Number 312 (2017), 33 – 38

УДК 536.46:532.517.4

**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова,
С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов, Ш.С. Оспанова**Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы
Bolegenova.symbat@kaznu.kz**ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ И ТЕПЛОМАССООБМЕНА
В ТОПОЧНЫХ КАМЕРАХ КОТЛОВ ПК-39 И БКЗ-160**

Аннотация. Научные исследования в области разработки новых и совершенствования существующих технологий по улучшению горения низкосортных топлив, которые обеспечивают снижение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и одновременно улучшают основные показатели энергетических комплексов, представляют значительный интерес для теплоэнергетической отрасли Республики Казахстан. Разработка таких методов и совершенствование процессов горения угля наряду с использованием альтернативных способов организации процесса его сжигания (плазменная термохимическая подготовка, с применением технологии острого дутья и технологии использования механизма селективного и некаталитического снижения выбросов оксидов азота) является в настоящее время наиболее актуальным для всего энергетического комплекса.

Ключевые слова: Горение, топочная камера, плазменно-топливные системы, численное моделирование.

Многие экспериментальные и аналитические исследования проводятся в упрощенных условиях, которые отличаются от реальных топочных условий протекания процесса. Так, например, многие из них проводятся в условиях горения крупных частиц при их сжигании в среде с большими избытками воздуха. Некоторые исследователи принимали, что температура среды в процессе горения не изменится, а горение протекает в одном из предельных режимов: кинетическом или диффузном. Такое упрощение процесса горения искажает его суть и не позволяет выяснить аэродинамику и теплообмен, происходящие в реальной топочной камере [1].

При сгорании твердого топлива в пылевидном состоянии в топочной камере происходят турбулентные процессы переноса тепла, массы реагирующих компонентов и продуктов их взаимодействия. Такие процессы описываются уравнениями, основанными на законах сохранения массы и импульса. Для реагирующих потоков, в которых происходят процессы теплопередачи и химические реакции необходимо дополнительно решать уравнение сохранения энергии и добавлять уравнение сохранения компонентов смеси или уравнения сохранения для фракций смеси и их изменений. Турбулентность описывается транспортными уравнениями для турбулентных характеристик [2-5].

Указанная система основных уравнений математической модели, используемой в настоящей работе для описания процессов турбулентного теплопереноса при сжигании твердого топлива в пылевидном состоянии (пылеугольный факел) выглядит следующим образом [2]:

Уравнение неразрывности или закон сохранения массы в дифференциальной форме записывается в виде:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0, \quad (1)$$

где первый член описывает нестационарность потока, второй член представляет собой конвективный перенос.

Закон сохранения импульса:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) = -\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\tau_{i,j}) - \frac{\partial p}{\partial x_j} + \rho f_i, \quad (2)$$

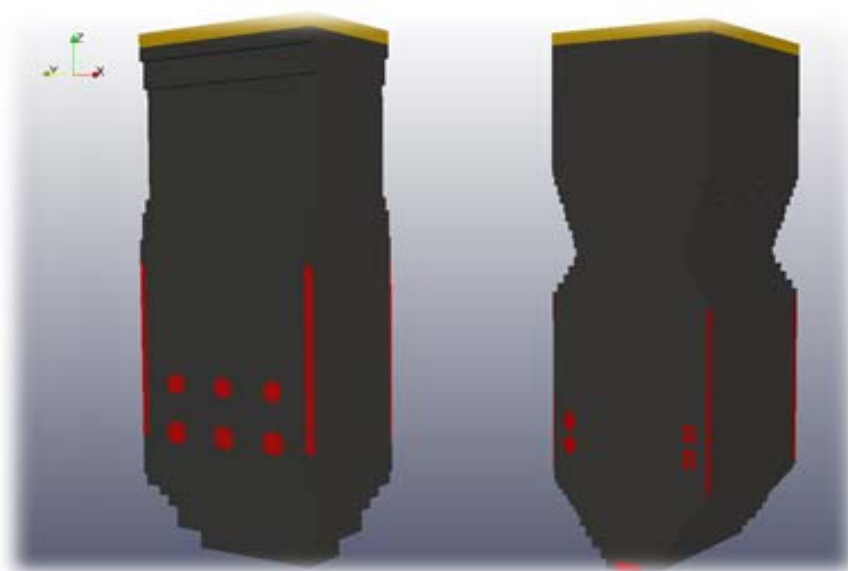
где f_i - объемные силы; $\tau_{i,j}$ - тензор напряжений.

Уравнение энергии:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) = -\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i h) - \frac{\partial q_i^{res}}{\partial x_j} + \frac{\partial P}{\partial t} + u_i \frac{\partial P}{\partial x_i} + \tau_{ij} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + S_h \quad (3)$$

Плазменная термохимическая подготовка угля к сжиганию заключается в нагреве плазменным факелом при дефиците кислорода потока пылеугольной смеси в специальной камере до температуры, превышающей температуру самовоспламенения данного угля. При этом происходит практически полный выход летучих веществ и частичное сгорание и газификация углерода угля. В результате полученная топливная смесь или высокорреакционное двухкомпонентное топливо, состоящее из горючего газа и коксового остатка, воспламеняется при смешении с вторичным воздухом и устойчиво горит без использования для стабилизации пылеугольного факела даже в холодной топке резервного высокорреакционного топлива (мазута или природного газа). Использование различных типов горелок не вызывает отличий в механизме процесса плазменной термохимической подготовки угля к сжиганию. Применение ПТС позволяет исключить из топливного баланса ТЭС мазут, традиционно используемый для растопки котлов [6-8].

Процесс плазменной термохимической подготовки топлива к сжиганию осуществляется в ПТС. Плазмотрон устанавливается на футерованный канал аэросмеси горелки, которая тем самым преобразуется в ПТС и устанавливается непосредственно в топочную камеру [7-8]. На рисунке 1 представлен общий вид топочных камер котлов ПК-39 Аксуйской ГРЭС и БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ-3, оборудованных плазменно-топливными системами.



а) ПК-39 Аксуйской ГРЭС; б) БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ-3

Рисунок 1 - Общий вид топочных камер котлов, оборудованных плазмотронами

На рисунках 2 – 3 представлено поле вектора полной скорости в камере сгорания в сечении горелок для каждого из исследуемых случаев, для котлов ПК-39 и БКЗ-160.

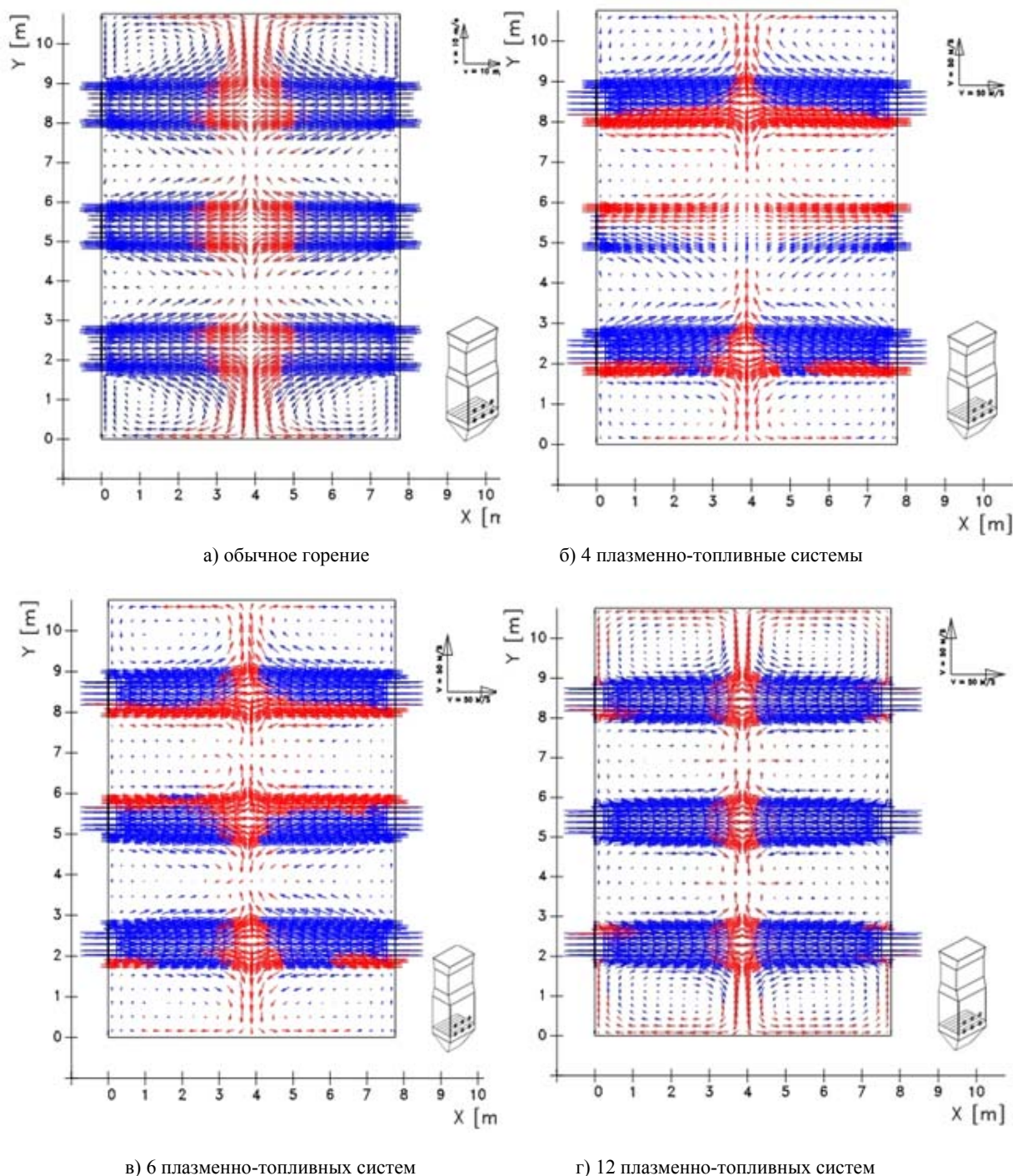


Рисунок 2 – Поле вектора полной скорости в сечении горелок топочной камеры котла ПК-39 Аксуйской ГРЭС

Анализ рисунка 2 показывает, что с увеличением числа термохимически активированных потоков (4, 6, 12 плазменных горелок) ядро факела смещается к центру симметрии топочной камеры. В месте соударения встречных потоков в результате торможения динамический напор трансформируется в статическое давление. Под действием образовавшегося перепада давления общий поток растекается вверх и вниз с повышенными скоростями. При соударении встречных факелов и турбулизации потоков в значительной степени ускоряется массо- и теплообмен, а усиливающееся при этом смесеобразование и нагрев интенсифицируют процесс горения.

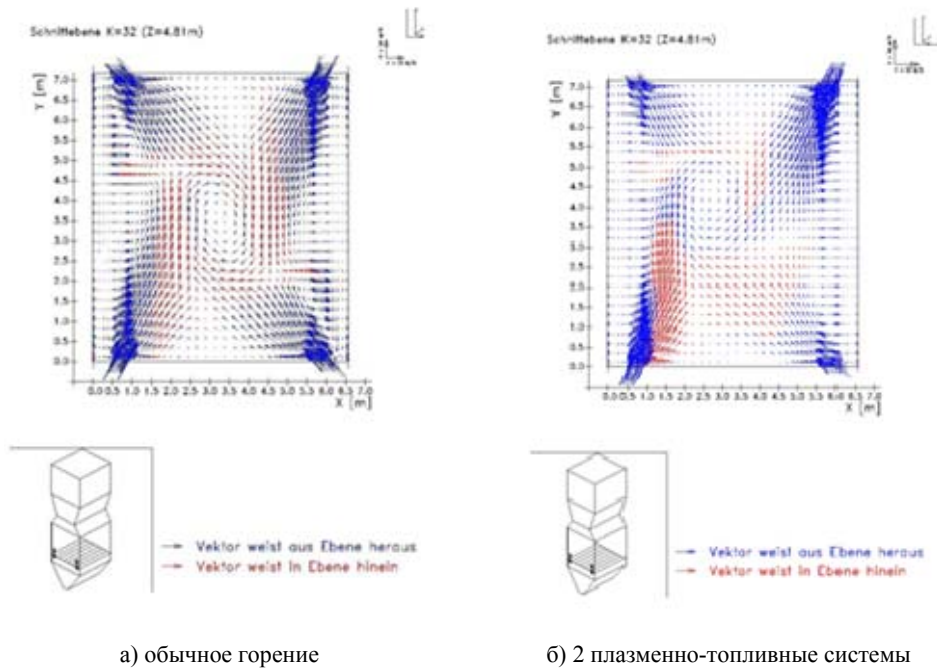
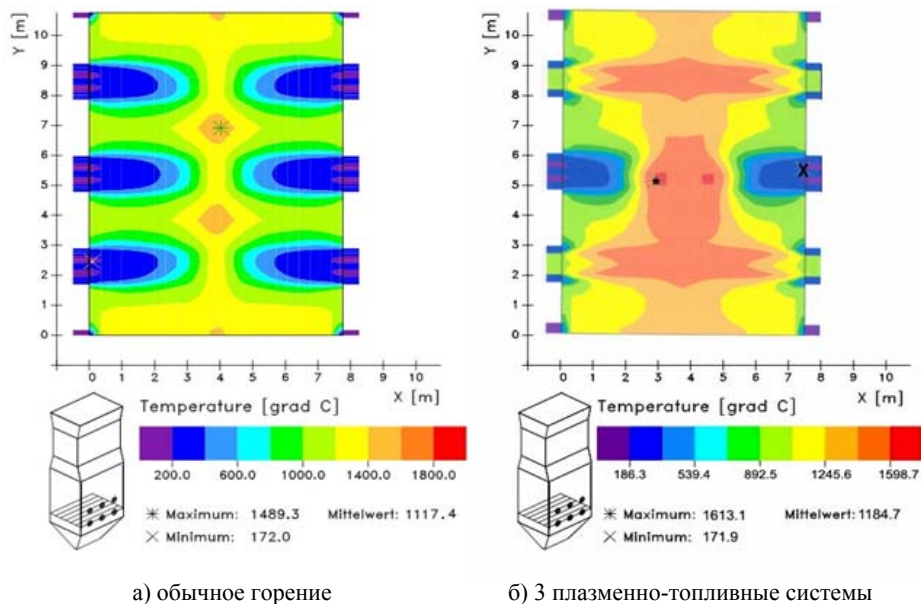


Рисунок 3 - Распределение вектора полной скорости в области расположения горелок топочной камеры котла БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ-3

Рисунок 3 указывает на существенное различие между двумя исследуемыми случаями. На рисунке 3, б отчетливо видны потоки пылеугольной смеси, поступающие в топку через обычные горелки и через плазменно-топливные системы. Таким образом, в объеме топочной камеры потоки двухкомпонентного высокорекреационного топлива, газифицированные с помощью плазменной активации, распространяются в соответствии с законами аэродинамики и являются тепловым источником для аэросмеси, подаваемой через горелки, не оснащенные системами плазменного воспламенения.

Можно заметить (рисунок 4), что по сравнению с использованием обычного пылеугольного потока среднее значение температуры в плоскости сечения горелок для котла ПК-39 с увеличением числа термохимически активированных потоков увеличивается и составляет: без активации – 1117 °С; четыре активированных потока - 1185 °С; 6 – 1211 °С; 12 – 1488 °С.



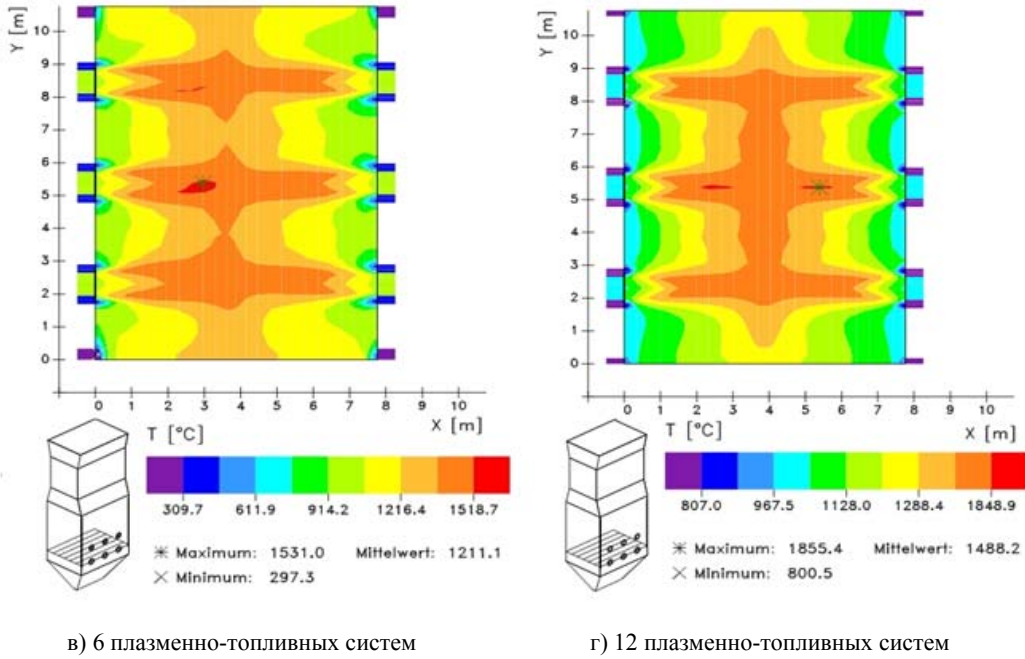


Рисунок 4 - Поле температуры в плоскости сечения горелок нижнего яруса топочной камеры котла ПК-39 Аксуйской ГРЭС

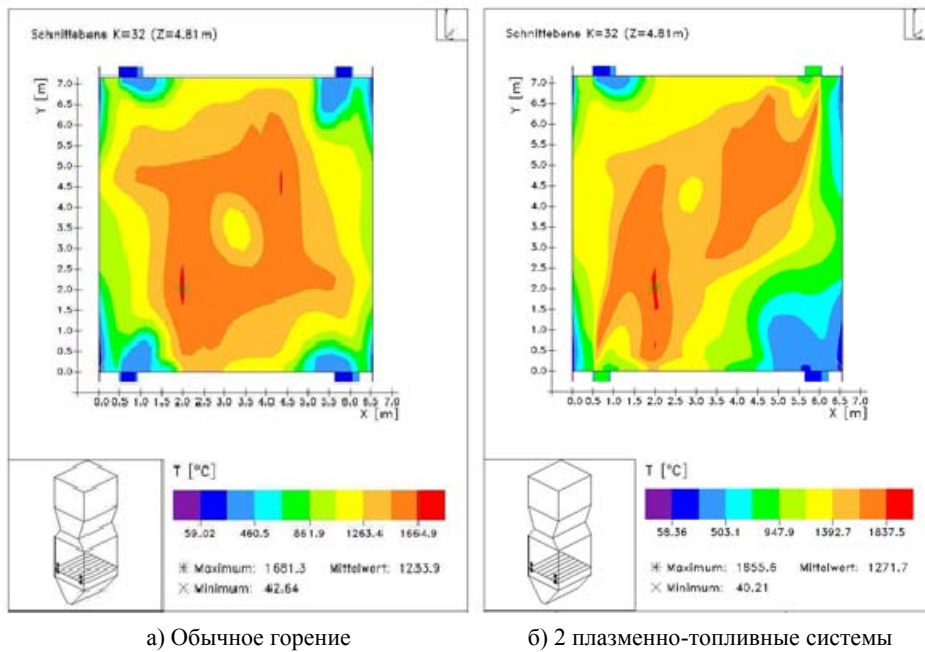


Рисунок 5 – Распределение температуры в области расположения горелочных устройств нижнего яруса топочной камеры котла БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ-3

Анализ рисунка 5 показывает, что по сравнению с использованием обычного пылеугольного потока среднее значение температуры в плоскости сечения горелок с термохимически активированными потоками увеличивается и составляет: без активации – 1234 °C, а при двух активированных потоках в области нижнего яруса горелок - 1272 °C.

На основании вышесказанного, можно сделать вывод о том, что для всех исследуемых котлов процесс плазменной активации горения аэросмеси приводит к увеличению температуры в области установки горелочных устройств. При этом с увеличением числа установленных плазменно-

топливных систем наблюдается смещение фронта горения к месту расположения систем плазменной активации угольных потоков.

Это можно объяснить, прежде всего, тем, что при плазменной активации пылеугольного потока до выхода в топочное пространство выделяются летучие вещества, окисляется углерод, что и приводит к частичной газификации топлива. Выделившиеся летучие и продукты газификации начинают реагировать с присутствующим в первичном воздухе кислородом, в свою очередь, дополнительно выделяя тепло и еще больше нагревая реагирующий поток пылеугольных частиц, продуктов сгорания летучих и газификации коксового остатка (углерода).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Müller H. Numerische Berechnung dreidimensionaler turbulenter Strömungen in Dampferzeugern mit Wärmeübergang und chemischen Reactionen am Beispiel des SNCR-Verfahrens // Fortschritt-Berichte VDI-Verlag. - № 268,1992. - 158 p.
- [2] Leithner R., Müller H. CFD studies for boilers // Second M.I.T. Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics. - Cambridge, 2003. - P.172-185.
- [3] Leithner R. Energy conversion processes with intrinsic CO₂ separation // Transactions of the Society for Mining, Metallurgy and Exploration. - Vol.18, 2005. - P. 135-145.
- [4] Leithner R. Numerical Simulation. Computational Fluid Dynamics CFD: Course of Lecture. Braunschweig, 2006. 52 p.
- [5] Аскарова А.С., Мессерле В.Е., Устименко А.Б., Болегенова С.А., Максимов В.Ю. Численное моделирование горения пылеугольного топлива в камере сгорания энергетического котла // Журнал «Химия высоких энергий» - переводной Journal of High Temperature. – Т.53, №3, 2015. – С.467-474.
- [6] Askarova A., Bolegenova S., Maximov V., Beketayeva M., Safarik P. Numerical modeling of pulverized coal combustion at thermal power plant boilers // Journal of Thermal Science. – Vol.24. – Issue 3, 2015. – P.275-282.
- [7] Askarova A., Messerle V., Bolegenova S., Ustimenko A. Simulation of Coal Plasma Ignition and Combustion in a Furnace Chamber // The 31st European Physical Society Conference on Plasma Physics Imperial College. – London: UK, 2004. – P.251-264.
- [8] Аскарова А., Мессерле В., Карпенко В., Устименко А. Плазмохимическая активация горения твердых топлив // Химия высоких энергий. – 2006. – Т.40. – С.141-148.

Ә.С. Асқарова, С.Ә. Болегенова, С.Ә. Болегенова, В.Ю. Максимов, Ш.С. Оспанова

Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы қаласы

ПК-39 ЖӘНЕ БК3-160 ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ЖАНУ КАМЕРАЛАРЫНЫҢ АЭРОДИНАМИКАСЫ МЕН ЖЫЛУ МАССА АЛМАСУЫН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Атмосфераға бөлінетін зиянды қалдықтардың мөлшерін кемітетін және энергетикалық кешендердің негізгі көрсеткіштерін бірмезгілде жоғарылататын төменгі сұрыпты отындардың жануын жақсартуға қатысты жаңа технологияларды жасау және ағымдағы түрлерін жетілдіру облысындағы ғылыми зерттеулер Қазақстан Республикасының жылуэнергетика саласы үшін айтарлықтай қызығушылық тудырып отыр. Осындай әдістерді жобалау және жану процесін ұйымдастырудың балама түрлерін қолдана отырып, көмірді жағу процесін жетілдіру (өткір үрлеу технологиясы мен азот тотықтарының қалдықтарын селективті каталикалық емес кеміту механизмі технологиясын қолдана отырып, плазмалық термохимиялық әзірлеу) қазіргі уақытта барша энергетикалық кешен үшін өзекті болып отыр.

Тірек сөздер: Жану, жану камерасы, плазма-отын жүйелері, сандық модельдеу.

МАЗМҰНЫ

<i>Джумабаев Д.С., Жармагамбетов А.С.</i> Фредгольм интегро-дифференциалдық теңдеуі үшін сызықтық шеттік есепті шешудің сандық әдісі.....	5
<i>Асанова А.Т., Иманчиев А.Е., Қәдірбаева Ж.М.</i> Жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін көпнүктелі есептің бірмәнді шешілімділігі туралы	12
<i>Дауылбаев М. К., Джумабаев Д. С., Атахан Н.</i> Сингулярлы ауытқыған интегралды-дифференциалдық теңдеуге арналған шекаралық есептің асимптотикалық бейнелеуі.....	18
<i>Асқарова Ә.С., Бөлегенова С.Ә., Бөлегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С.</i> ПК-39 және БКЗ-160 қазандықтарының жану камераларының аэродинамикасы мен жылу масса алмасуын зерттеу.....	27
<i>Абишев М.Е., Токтарбай С., Абылаева А.Ж., Талхат А.З., Белсарова Ф.Б.</i> Екі массивті айналмалы дене өрісіндегі айналмалы сынақ дене орбитасының орнықтылығы.....	39
<i>Ақжігітова Э.М., Құрманғалиева В.О., Арбузов А.Б.</i> Мюонның радиациялық ыдырауын модельден тәуелсіз түрде сипаттау	54
<i>Асқарова Ә.С., Бөлегенова С.Ә., Бөлегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С.</i> ПК-39 қазандығының жану камерасындағы шаң тозанды көмір отынын жағу процесін сандық модельдеу.....	58
<i>Әбішев М., Малыбаев А., Кеведо Э.</i> Мінсіз газдың геометротермодинамикасы.....	64
<i>Шыныбаев М.Д., Беков А.А., Рахимжанов Б.Н., Моминов С.Б., Сәдібек А.Ж., Дауырбеков С.С., Жолдасов С.А.</i> Хилдың екінші есебіндегі ұйытқулы шеңбер типтес орбиталар.....	69
<i>Асқарова А.С., Бөлегенова С.А., Бөлегенова С.А., Максимов В.Ю., Максұтханова А.М., Турбекова А.Г., Бейсенов Х.И.</i> БКЗ-160 жану камерасындағы термохимиялық-газдандырылған көмір жануын зерттеудің есептеу эксперименті.....	75
<i>Салғараева Г.И., Базарбаева А.</i> Білім берудегі Steam жүйесі және робототехника.....	81
<i>Ақылбаев М.И., Пархатова С., Шалданбаев А.Ш.</i> Бірлесіп толыққан операторлар	87
<i>Шыныбаев М.Д., Дауырбеков С.С., Жолдасов С.А., Алиасқаров Д.Р., Мырзақасова Г.Е., Сәдібек А.Ж.</i> Жердің жасанды серігінің сәуле қысымынан алған ұйытқуын Делоне элементтерінде есепке алу.....	99
<i>Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абекова Ж.А., Омашова Г.Ш., Қыдырбекова Ж.Б., Джумағалиева А.И.</i> Соққы құбылысын зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастырудың бланкі үлгісі.....	104
<i>Қожамқұлова Ж.Ж., Аманкелдіқызы Н., Кабаева Д.А.</i> Болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындауда қолданылатын ақпараттық технологиялар және олардың даму болашағы.....	110
<i>Қошанов Б.Д., Әділбеков Е.Н., Дүйсен Е.</i> Шектелмеген облыста пуассон және Бигармониалы теңдеулер үшін Дирихле есебі шешімдер кеңістігінің өлшемі – I.....	116
<i>Қошанов Б.Д., Әділбеков Е.Н., Дүйсен Е.</i> Шектелмеген облыста Пуассон және бигармониалы теңдеулер үшін Дирихле есебі шешімдер кеңістігінің өлшемі – II.....	126
<i>Сапрыгина М.Б., Ақылбаев М.И., Шалданбаев А.Ш.</i> Штурм-Лиувилл операторының периодты кері есебі.....	132
<i>Қойшыева Т.Қ., Қожамқұлова Ж.Ж., Сабит Б.</i> Жоғары оқу орнында болашақ мұғалімдерді объектілі-бағдарлы жобалау негізінде кәсіби дайындау моделі.....	146
<i>Исаева Г.Б., Бейсенова А.М.</i> Виртуалды машина және виртуалды машина ерекшеліктері мен виртуалдану деңгейлері жайлы жалпы мәселелер.....	153
<i>Сарсенбаев Х.А., Хамзина Б.С., Колдасова Г.А., Исаева Г.Б.</i> Көлденең ұңғымалардың өнімдік қабатын тиімді ашу үшін биополимерлі бұрғылау ерітіндісін қолдану.....	161
Ғалымды еске алу	
Э.Г. Боос.....	166

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Джумабаев Д.С., Жармагамбетов А.С.</i> Численный метод решения линейной краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения Фредгольма.....	5
<i>Асанова А.Т., Иманчиев А.Е., Кадирбаева Ж.М.</i> Об однозначной разрешимости многоточечной задачи для системы нагруженных дифференциальных уравнений	12
<i>Дауылбаев М. К., Джумабаев Д. С., Атахан Н.</i> Асимптотическое представление сингулярно возмущенных краевых задач для интегро-дифференциальных уравнений.....	18
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С.</i> Исследование аэродинамики и теплообмена в топочных камерах котлов ПК-39 и БКЗ-160	27
<i>Абишев М.Е., Токтарбай С., Абылаева А.Ж., Талхат А.З., Белисарова Ф.Б.</i> Устойчивость орбиты вращательного движения пробного тела в поле двух массивных вращающихся тел.....	39
<i>Акжигитова Э.М., Курмангалиева В.О., Арбузов А.Б.</i> Описание радиоационного распада мюона в модельно – независимом подходе	54
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Шортанбаева Ж.К.</i> Численное моделирование процессов сжигания пылеугольного топлива в топочной камере котла ПК 39.....	58
<i>Абишев М., Мальбаев А., Кеведо Э.</i> Геометротермодинамика идеального газа.....	64
<i>Шинибаев М.Д., Беков А.А., Рахимжанов Б.Н., Моминов С.Б., Садыбек А.Ж., Даиырбеков С.С., Жолдасов С.А.</i> Возмущенная орбита кругового типа во второй задаче Хилла.....	69
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Максутханова А.М., Турбекова А.Г., Бейсенов Х.И.</i> Вычислительный эксперимент по исследованию горения термохимически-газифицированного угля в топочной камере котла БКЗ-160.....	75
<i>Салгарева Г.И., Базарбаева А.</i> Система Steam в образовании и робототехника.....	81
<i>Ақылбаев М.И., Пархатова С., Шалданбаев А.Ш.</i> О совместно полных операторах Штурма-Лиувилля.....	87
<i>Шинибаев М.Д., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Алиаскаров Д.А., Мырзакасова Г.Е., Садыбек А.Ж.</i> Возмущения спутника земли от светового давления в элементах Делоне.....	99
<i>Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абекова Ж.А., Омашова Г.Ш., Кыдырбекова Ж.Б., Джумагалиева А.И.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию явления биения.....	104
<i>Кожамкулова Ж.Ж., Аманкелдикызы Н., Кабаева Д.А.</i> Информационные технологии, используемые при подготовке будущих педагогов, и их развитие.....	110
<i>Кошанов Б.Д., Адильбеков Е.Н., Дуйсен Е.</i> Размерность пространства решений задачи Дирихле для уравнений Пуассона и бигармонического уравнения в неограниченной области- I.....	116
<i>Кошанов Б.Д., Адильбеков Е.Н., Дуйсен Е.</i> Размерность пространства решений задачи Дирихле для уравнений Пуассона и бигармонического уравнения в неограниченной области- II.....	126
<i>Сапрыгина М.Б.¹, Акылбаев М.И., Шалданбаев А.Ш.</i> Обратная периодическая задача оператора Штурма-Лиувилля.....	132
<i>Койшиева Т.К., Кожамкулова Ж.Ж., Сабит Б.</i> Профессиональная подготовка будущих преподавателей в высших учебных заведениях на основе объектно-ориентированного проектирования	146
<i>Исаева Г.Б., Бейсенова А.М.</i> Виртуальные машины, преимущества виртуальных машин и уровни виртуализации...153	
<i>Сарсенбаев Х.А., Хамзина Б.С., Колдасова Г.А., Исаева Г.Б.</i> Применение биополимерных буровых растворов для эффективного вскрытия продуктивных горизонтов горизонтальных скважин.....	161
Памяти ученого	
Краткий очерк научной и общественной деятельности академика Национальной академии наук Республики Казахстан Э.Г.Бооса.....	166

CONTENTS

<i>Dzhumabaev D.S., Zharmagambetov A.S.</i> Numerical method for solving a linear boundary value problem for fredholm integro-differential equations.....	5
<i>Assanova A.T., Imanchiev A.E., Kadirbayeva Zh.M.</i> On the unique solvability of a multi-point problem for system of the loaded differential equations hyperbolic type	12
<i>Dauylbayev M. K., Dzhumabaev D. S., Atakhan N.</i> Asymptotical representation of singularly perturbed boundary value problems for integro-differential equations	18
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Ospanova Sh.S.</i> Investigation of aerodynamics and heat and mass transfer in the combustion chambers of the boilers PK-39 and BKZ-160.....	27
<i>Abishev M.E., Toktarbay S., Abylayeva A.Zh., Talkhat A.Z., Belissarova F.B.</i> The orbital stability of the motion of a test particle in a field of two massive rotating bodies.....	39
<i>Akzhigitova E.M., Kurmangalieva V.O., Arbuzov A.B.</i> Description of radiative muon decay using model-independent approach.....	54
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Shortanbaeva Zh.K.</i> Numerical modeling of burning pulverized coal in the combustion chamber of the boiler PK 39.....	58
<i>Abishev M., Malybayev A., Quevedo H.</i> Geometrothermodynamics of the ideal gas	64
<i>Shinibaev M.D., Bekov A.A., Rahimganov B.N., Mominov S.B., Sadybek A.G., Dairbekov S.S., Zholdasov S.A.</i> Perturbed orbit of a circular type for the Hill second task	69
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Maxutkhanova A.M., Turbekova A.G., Beisenov Kh.I.</i> A Computational experiment for studying the combustion of thermochemically-gasified coal in the combustion chamber of the boiler BKZ-160.....	75
<i>Salgarayeva G.I., Bazarbayeva A.</i> Steam system in education and robotics.....	81
<i>Akylbayev M. I., Parkhatova S., Shaldanbayev A.Sh.</i> On jointly completeness of Sturm-Liouville operators.....	87
<i>Shinibaev M.D., Dairbekov S.S., Zholdasov S.A., Aliaskarov D.A., Myrzakasova G.E., Sadybek A.G.</i> Perturbations satellites from the light pressure in the delaunay elements.....	99
<i>Kabyrbekov K.A., Ashirbaev H. A., Abekova Zh. A., Omashova G.Sh., Kydyrbekova Zh. B., Dzhumagalieva A.I.</i> The organization of performance of computer laboratory operation on examination of the phenomenon of palpation.....	104
<i>Kozhamkulova Zh.Zh., Amankeldikyzy N., Kabaeva D.A.</i> Information technology used in the preparation of future teachers and their development.....	110
<i>Koshanov B.D., Adilbekov E.N., Duysen E.</i> The dimension of the space solutions of the dirichlet problem for the Poisson and biharmonic equations in unbounded Domains – I.....	116
<i>Koshanov B.D., Adilbekov E.N., Duysen E.</i> The dimension of the space solutions of the Dirichlet problem for the Poisson and biharmonic equations in unbounded domains – II.....	126
<i>Saprigina M.B., Akylbayev M. I., Shaldanbayev A.Sh.</i> The inverse periodic problem of the Sturm-Liouville operator.....	132
<i>Koysheva T.K., Kozhamkulova Zh.Zh., Sabit B.</i> Training in higher education for future teachers on the basis of object-oriented design.....	146
<i>Issayeva G.B., Beisenova A.M.</i> The virtual machines, advantages of the virtual machines and virtualization levels.....	153
<i>Sarsenbayev Kh.A., Khamzina B.S., Koldassova G.A., Issayeva G.B.</i> Application of biopolymer drilling fluid for effective opening productive horizons horizontal wells.....	161
The memory of the scientist	
E. G. Boos	166

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.physics-mathematics.kz>

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А. М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 10.04.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
11,4 п.л. Тираж 300. Заказ 2.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19