

ISSN 1991-346X

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 (306)

НАУРЫЗ – СӘУІР 2016 ж.

МАРТ – АПРЕЛЬ 2016 г.

MARCH – APRIL 2016

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

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчечков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

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, 2016

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

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

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, 2016

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 306 (2016), 35–39

УДК 001.891.5:536.46:662.6

STUDY OF THE BOUNDARY CONDITIONS INFLUENCE FOR THE TEMPERATURE ON THE WALLS OF THE COMBUSTION CHAMBER IN THE TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF THE BURNING PROCESS**A.S. Askarova, S.A. Bolegenova, S.A. Bolegenova, V.Yu. Maximov, M.T. Beketayeva**

Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan

E-mail: Beketayeva.m@gmail.com**Key words:** numerical modelling, combustion, boundary conditions for the temperature on the walls

Abstract. To select a more appropriate model with the optimal boundary condition for the temperature of the walls of the combustion chamber, correctly describes the processes of heat transfer in the combustion chamber of the boiler BKZ-75 Shakhtinskaya CHP during combustion in it the coal of high ash content, it was carried out computational experiments on the distribution of temperature fields at the two boundary conditions. Two-dimensional and three-dimensional interpretations of temperature characteristics in the chamber were obtained. It is proved that getting better adequate temperature data close to full-scale, possibly using the conditions of impermanence walls of the combustion chamber.

УДК 001.891.5:536.46:662.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНИЧНОГО УСЛОВИЯ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТЕНКАХ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов, М.Т. Бекетаева**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы

Ключевые слова: численное моделирование, горение, граничное условие для температуры стенок

Аннотация. Для выбора более адекватной модели с оптимальным граничным условием для температуры стенок топочной камеры, правильно описывающей процессы теплопереноса в топочной камере котла БКЗ-75 Шахтинской ТЭЦ при сжигании в нем угля высокой зольности, были проведены вычислительные эксперименты по исследованию распределения температурных полей при двух граничных условиях. Получены двумерные и трехмерные интерпретации температурных характеристик в объеме камеры. Доказано, что получение более адекватных температурных данных, близких к натурным, возможно при использовании условия непостоянства стенок топочной камеры.

Вычислительные эксперименты базируются на математических моделях физического процесса, которые состоят из системы дифференциальных уравнений, алгебраических замыкающих соотношений и краевых (начальных и граничных) условий [1-3]. Определение соответствующих граничных условий, имеющие адекватную физическую постановку задачи, весьма нелегко. Неправильное граничное условие для температуры стенок камеры в топочном объеме котла при вычислительных расчетах может дать ошибочные результаты. Недостаточная изученность определения поведения теплового потока и процессов массопереноса при сжигании

пылеугольного топлива для различных граничных условий температуры на стенках камеры делает акцент на выбор реалистичной модели почти произвольным.

Для проведения вычислительных экспериментов с применением 3D моделирования была выбрана топочная камера котла БКЗ-75, эксплуатирующая в Шахтинской ТЭЦ. В качестве основы для численных расчетов использовался компьютерный пакет прикладных программ FLOREAN [4-5], который широко используется при исследованиях в области процессов высокорекреационных течений в камерах сгорания [6-10].

Для проведения вычислительных экспериментов была построена геометрия исследуемого объекта согласно реальной схеме, а также была составлена его конечно-разностная сетка, которая имеет шаги по осям X, Y, Z: 59×32×67, что составляет 126 496 контрольных объемов.

Конвективный теплообмен между горячим топливо-воздушным потоком и стенкой при заданной температуре определяется течением в пристенной области [11-13]. Для адиабатических стенок (температура стенок топочной камеры постоянна) поток тепла q_w равен нулю ($q_w = 0$) и в этом случае используются краевые условия как в плоскости симметрии.

В случае теплообмена между стенкой и реагирующим потоком можно задавать температуру стенки или тепловой поток (при задаче, когда температура стенки топочной камеры переменная). При переменной температуре стенки топочной камеры тепловой поток \dot{q} можно рассчитать по формуле:

$$\dot{q} = \underbrace{\alpha(T_{FG} - T_{Surf})}_{\text{конвекция}} + \underbrace{C_{12}(T_{FG}^4 - T_{Surf}^4)}_{\text{радиация}}, \quad (6)$$

где $C_{12} = \varepsilon_{12}\sigma$, T_{FG} – температура дымовых газов, T_{Surf} – температура поверхности стенок камеры, α – коэффициент переноса тепла конвекцией, Вт/м²·К, ε_{12} – излучательная способность стенки, σ – постоянная Больцмана, Вт/м²·К⁴.

В численных расчетах температуру поверхности стенки камеры T_{surf} можно вычислить следующим образом:

$$\dot{q} = k(T_{surf} - T_{steam}), \quad (7)$$

$$T_{surf} = \frac{\dot{q}}{k} + T_{steam}, \quad (8)$$

здесь k – теплопроводность между стенками и трубопроводами, Вт/м²·К.

Температура поверхностей стенки T_{surf} топочной камеры влияет на поток тепла \dot{q} , поэтому для ее расчета выполняется процедура итерации:

- а) расчет потока тепла;
- б) расчет температуры поверхности T_{surf} ;
- в) перерасчет потока тепла с новым значением температуры поверхности;
- г) перерасчет новой температуры поверхности T_{surf} .

Далее представлены результаты численного моделирования по исследованию влияния граничного условия для температуры стенки.

На рисунке 1 представлены графики распределения максимальных, минимальных и средних значений температуры по высоте топочного объема котла БКЗ-75 для двух случаев изменения граничного условия для температуры стенок топки. Минимальные значения температур в области горелок для двух случаев граничных условий обусловлены низкой температурой вдуваемой аэросмеси (140°С). Как видно из графиков изменение граничных условий для температуры стенок значительно влияет на характер распределения температуры в топочной камере.

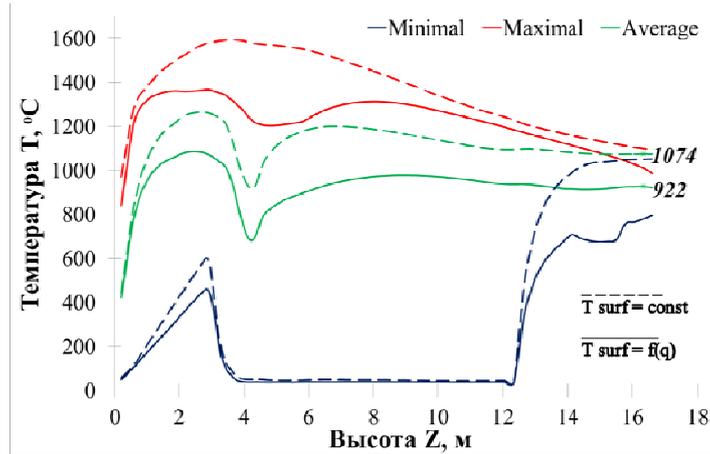


Рисунок 1 – Распределение температуры по высоте топочной камеры котла БКЗ-75 при двух граничных условиях для температуры стенок

Из анализа рисунка 1 по средним значениям температуры T по высоте топки, видно, что разница для двух случаев равна примерно $\sim 152^{\circ}\text{C}$, что составляет порядка 14%. Значительные отличия в распределениях температуры возникают в областях расположения горелочных устройств и далее по длине факела в направлении к выходу из топочного пространства. Это объясняется тем, что при вдувании аэросмеси из горелок, воспламенении топлива, его горении часть возникающего тепла отдается стенкам топочной камеры, тем самым температура все время меняется. За счет отсутствия теплообмена со средой в экранных трубах при условии поддержания температуры стенок постоянной, уровень турбулентных пульсаций растет по всему объему топочного устройства, тем самым повышая температуру.

По мере продвижения к выходу из топочного пространства, физические процессы с химическими преобразованиями между горячими газами продуктов сгорания и окислителем ослабевают, что приводит к понижению температуры на выходе из топки. Тем самым на выходе из топочного пространства температура в случае с переменной температурой стенок камеры имеет среднее значение, равное 922°C , а в случае с постоянной температурой стенок, среднее значение температуры равно 1074°C .

Анализируя трехмерные распределения температуры на рисунке 2, можно сделать аналогичный вывод: температура во всех выбранных сечениях топочной камеры по значению, которое можно определить по шкале температур, всюду выше для граничных условий, когда температура стенок камеры поддерживается постоянной.

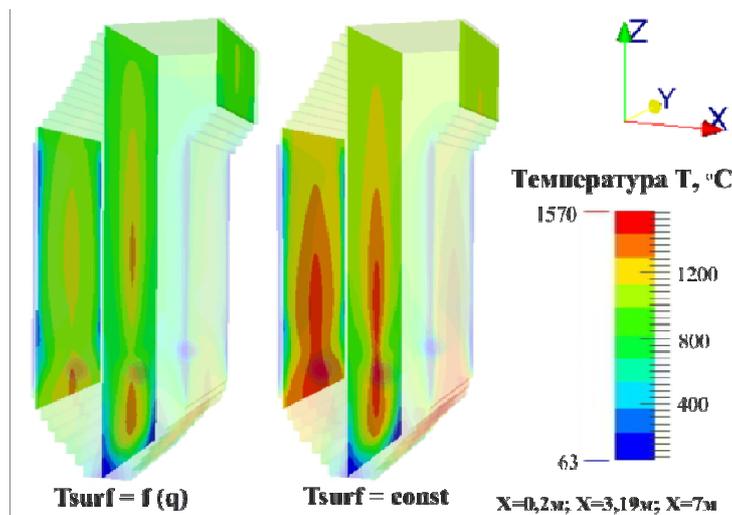


Рисунок 2 – Трехмерные распределения температуры в продольных сечениях топочной камеры котла БКЗ-75

Для выбора граничного условия для температуры стенок топочной камеры, хорошо описывающего реальный технологический процесс в условиях, приближенных к ТЭЦ, на рисунке 3 приведена верификация результатов численного моделирования с теоретически рассчитанным значением [14] температуры на выходе из топочной камеры котла БКЗ-75. Значение температуры на выходе из камеры сгорания при вычислительном эксперименте равно $T=922^{\circ}\text{C}$, а теоретически рассчитанное значение для котла БКЗ-75 равно $T=968^{\circ}\text{C}$, что подтверждает правильность использования в вычислительных экспериментах граничного условия о непостоянстве температуры стенок камеры.

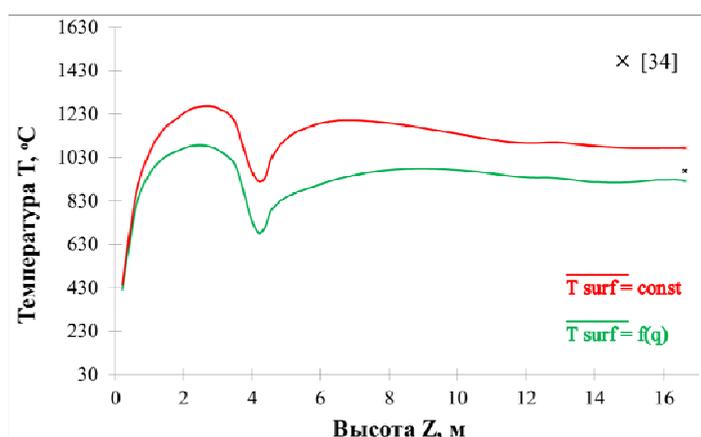


Рисунок 3 – Сравнение результатов вычислительного эксперимента в топочной камере котла БКЗ-75 с теоретически рассчитанным значением

Разность теоретически рассчитанного значения на выходе из топки с результатом вычислительного эксперимента составляет всего $\sim 4,6\%$ для граничного условия, когда температура стенок камеры переменная. Однако, при фиксированной температуре поверхности стен топочной камеры для проведения вычислительного эксперимента требуется меньше машинного времени. Это означает, что понижаются и требования к мощности вычислительной техники (частота процессоров и оперативная память компьютера).

ЛИТЕРАТУРА

- [18] Pauker W. Creating data sets for Florean using the tool PREPROZ. – Braunschweig: IWBT, 1997.
- [19] Leithner R. Numerical Simulation. Computational Fluid Dynamics CFD: Course of Lecture. – Braunschweig: IWBT, 2006.
- [20] Askarova A.S., Messerle V.E., Ustimenko A. B. etc. Numerical Simulation of Pulverized Coal Combustion in a Power Boiler Furnace // High Temperature. 2015. V. 53. № 3. P. 445.
- [21] Müller H. Numerische simulation von Feuerungen. CFD-Vorlesung. – Braunschweig: IWBT, 1997.
- [22] Müller H. Numerische Simulation von Feuerungen. CFD-Vorlesung. – Braunschweig: IWBT, 1997.
- [23] Maximov Yu.V., Beketayeva M., Ospanova Sh. et al. Investigation of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ 420 combustion chamber // WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer. 2014. V. 9. P. 39.
- [24] Bolegenova S.A., Beketayeva M.T., Gabitova Z. etc. Computational Method for Investigation of Solid Fuel Combustion in Combustion Chambers of a Heat Power Plant // High Temperature. 2015. V. 53. № 5. P. 751.
- [25] Safarik P., Maximov V., Beketayeva M.T. et al. Numerical Modeling of Pulverized Coal Combustion at Thermal Power Plant Boilers // Journal of Thermal Science. 2015. V. 24. Iss. 3. P. 275.
- [26] Lavrishcheva Ye.I., Karpenko E.I., Ustimenko A.B. etc. Plasma-supported coal combustion in boiler furnace // IEEE Transactions on Plasma Science, 2007. V. 35. Iss. 6. P.1607.
- [27] Askarowa A., Buchmann M.A. Structure of the flame of fluidized-bed burners and combustion processes of high-ash coal // 18th Dutch/German Conference on Flames - Combustion and Incineration. – Delft, 1997. V. 1313. P. 241.
- [28] Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: ИЛ, 1969.
- [29] Vockrodt S., Leithner R. etc. Firing technique measures for increased efficiency and minimization of toxic emissions in Kasakh coal firing // Combustion and incineration. 1999. V. 1492. P. 93.
- [30] Leithner R., Müller H. CFD studies for boilers // Second M.I.T. Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics – Cambridge, 2003. P.172.
- [31] Тепловой расчет котлов: Нормативный метод. – СПб.: Изд. АООТ "НПО ЦКТИ", 1998. – 270 с.

REFERENCES

- [32] Pauker W. Creating data sets for Florean using the tool PREPROZ. Braunschweig: IWBT, **1997** (in Eng.).
- [33] Leithner R. Numerical Simulation. Computational Fluid Dynamics CFD: Course of Lecture. Braunschweig. IWBT, **2006** (in Eng.).
- [34] Askarova A.S., Messerle V.E., Ustimenko A B. etc. Numerical Simulation of Pulverized Coal Combustion in a Power Boiler Furnace. *High Temperature*, **2015**, 53(3), 445-452 (in Eng.).
- [35] Müller H. Numerische simulation von Feuerungen. CFD-Vorlesung. Braunschweig: IWBT, **1997** (in Eng.).
- [36] Müller H. Numerische Simulation von Feuerungen. CFD-Vorlesung. Braunschweig: IWBT, **1997** (in Eng.).
- [37] Maximov Yu.V., Beketayeva M., Ospanova Sh. et al. 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 (in Eng.).
- [38] Bolegenova S.A., Beketayeva M.T., Gabitova Z. etc. Computational Method for Investigation of Solid Fuel Combustion in Combustion Chambers of a Heat Power Plant. *High Temperature*, **2015**, 53 (5), 751-757 (in Eng.).
- [39] Safarik P., Maximov V., Beketayeva M.T. et al. Numerical Modeling of Pulverized Coal Combustion at Thermal Power Plant Boilers. *Journal of Thermal Science*, **2015**, 24(3), 275-282 (in Eng.).
- [40] Lavrishcheva Ye.I., Karpenko E.I., Ustimenko A.B. etc. Plasma-supported coal combustion in boiler furnace. *IEEE Transactions on Plasma Science*, **2007**, 35(6), 1607-1616 (in Eng.).
- [41] Askarowa A., Buchmann M.A. Structure of the flame of fluidized-bed burners and combustion processes of high-ash coal. 18th Dutch/German Conference on Flames - Combustion and Incineration. Delft, **1997**, 1313, 241-244 (in Eng.).
- [42] Shlihting G. Teoriya pogramichnogo sloya. M.: IL, **1969**. (in Russ.).
- [43] Vockrodt S., Leithner R. etc. Firing technique measures for increased efficiency and minimization of toxic emissions in Kasakh coal firing. *Combustion and incineration*, **1999**, 1492, 93 (in Eng.).
- [44] Leithner R., Müller H. CFD studies for boilers. Second M.I.T. Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics. Cambridge, **2003**, 172 p. (in Eng.).
- [45] [14] Thermal design of boiler: Standard method. SPb.: Izd. AOOT "NPO CKTI", **1998**, 270 p. (in Russ.).

**ЖАНУ КАМЕРАСЫНЫҢ ҚАБЫРҒА ТЕМПЕРАТУРАСЫ ҮШІН БЕРІЛГЕН
ШЕКАРАЛЫҚ ШАРТЫНЫҢ ЖАНУ ПРОЦЕСІНІҢ
ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Ә.С. Асқарова, С.Ә. Бөлегенова, С.Ә. Бөлегенова, В.Ю. Максимов, М.Т. Бекетаева

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Түйін сөздер: сандық моделдеу, жану, қабырға температурасы үшін шекаралық шарт.

Аннотация. Шахтинск ЖЭО-ның БҚЗ-75 қазандығы жану камерасының ішінде күлділігі жоғары отынды жағу кезінде болатын жылу тасымалдану процестерін дұрыс сипаттайтын камера қабырғасы температурасы үшін оптималды шекаралық шарт болып табылатын моделді таңдау үшін екі түрлі шарттарда температуралық өрістердің таралуын зерттеу үшін сандық тәжірибелер жүргізілді. Камера көлемі ішінде температуралық сипаттамалардың екіөлшемді және үшөлшемді интерпретациялары алынды. Жану камерасының қабырғасы үшін температураның тұрақсыздық шартын қолдану арқылы алынған температуралық мәліметтер реалдылыққа жақынырақ екені дәлелденді.

Поступила 15.03.2016 г.

МАЗМҰНЫ

Теориялық және тәжірибелік зерттеулер

<i>Буртебаев Н., Дүйсебаев А., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Юшков А.В., Жолдыбаев Т.К., Садықов Б., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Сакута С.Б.</i> 50 және 60 МэВ энергиялы ^3He иондарының ^{14}N ядроларынан серпімді шашырауын зерттеу.....	5
<i>Алтынбеков Ш.</i> Өртекті топырақ консолидациясының бірөлшемді квазисызықты есебін напордың бастапқы градиенті әсерінде шешу әдісі туралы және оның шөгуді анықтау.....	10
<i>Асқарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Ергалиева А.Б., Габитова З.Х., Боранбаева А.Е.</i> 3-D Модельдеу әдістерімен жану процесіне көмірдің ылғалдылығының зиянын зерттеу.....	21
<i>Асқарова Ә.С., Болегенова С.Ә., Болегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> ЖЭС жану камерасында көмірдің жануы кезінде NO_x түзілуі мен жойылуын екі кинетикалық механизм бойынша сандық моделдеу.....	29
<i>Асқарова Ә.С., Болегенова С.Ә., Болегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> Жану камерасының қабырға температурасы үшін берілген шекаралық шартының жану процесінің температуралық сипаттамаларына әсерін зерттеу.....	35
<i>Асқарова Ә., Болегенова С., Гороховский М., Оспанова Ш., Нұғыманова А., Утелов С.</i> Өр түрлі сұйық отындардың бүрку, тұтану және жану процестерін зерттеу	40
<i>Сапрыгина М.Б., Байсейтова У.С., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О.</i> Толқын теңдеуінің шартарапты есебінің тұрлауы шешілуі туралы.....	48
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н., Джансейтов Д.М., Жолдыбаев Т.К., Алимов Д.К.</i> Оптикалық және фолдинг модельдер АЯСЫНДА 50 және 60 МЭВ энергияларда ^3He иондарының ^{13}C ядроларында серпімді шашырау процесстерін зерттеу.....	55
<i>Жұмбаев Д.С., Бакирова Э.А.</i> Импульс әсері бар фредгольм интегралдық- дифференциалдық теңдеулер үшін сызықты шеттік есептің бірімәнді шешілімділігінің коэффициенттік белгілері	61
<i>Өтебаев Ұ.Б., Есентаев Қ.Ө., Дархан Н.Д.</i> WEB -формалар құрудың технологиялары.....	72
<i>Жунусова Л.Х., Жунусов К.Х.</i> Тор теңдеулерінің итерациялық әдіспен шығару.....	79
<i>Қабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Серикбаева Г.С., Сүйерқұлова Ж.Н.</i> Еркін механикалық тербелістерді зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастырудың бланкі үлгісі.....	84
<i>Қабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Сүттібаева Д.И., Қозыбақова Г.Н.</i> Изобаралық процесті зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастырудың бланкі үлгісі.....	92
<i>Қабылбеков К.А., Омашова Г.Ш., Саидахметов П.А., Нұрұллаев М.А., Артыгалин Н.А.</i> Карно циклімен жұмыс атқаратын қозғалтқышты зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастырудың бланкі үлгісі.....	98
<i>Түгелбаева Г.Т., Канибекова А. Е.</i> Білім негіздерін физика сабақтарына енгізу әдісін жүйелік талдау.....	104
<i>Қойшыева Т.К., Қожамқұлова Ж.Ж., Базарбаева А.И., Бегимбетова Х.А.</i> Объектіге-бағытталған жүйе болашақ маманның ақпараттық-логикалық құзыреттілігін қалыптастыру факторы ретінде.....	108
<i>Қойшыева Т.К., Байтерекова А.И., Салғараева М.И.</i> Болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындауда қолданылатын объектілі-бағдарлы жобалаудың теориялық негіздері.....	116
<i>Литвиненко Н.</i> Бағдарламалық R ортаның C# ортасына біріктірілуі.....	123
<i>Мақышов С.</i> Тұрақты м-туындаған сандар.....	128
<i>Минглибаев М.Ж., Прокопья А.Н., Бекетауов Б.А.</i> Массалары айнымалы шектелген үш дене мәселесінің эволюциялық теңдеуінің нақты шешімдері.....	133
<i>Орынбаев С.А., Молдахметов С.С., Байбутанов Б.К., Ешметов М.Б., Ауесжанов Д.С.</i> Жазықтық-импульстік модуляция негізінде көпдеңгейлі инвертор сатыларының қосылу әдістемелерін зерттеу	139
<i>Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О., Байсейтова У.С.</i> Толқын теңдеуінің шартарапты есебінің вөлтерлі болуының үзілді – кесілді шарты.....	147
<i>Сураган Д.</i> Шаттен р-нормасы үшін бір теңсіздік туралы	153
<i>Темірбеков Н.М., Тураров А.К.</i> Газлифт үрдісінің бір өлшемді моделінің сандық шешімі	159
<i>Ахметова С.Т., Шалданбаев А.Ш., Шомабаева М.Т.</i> Аргументі ауытқыған жылу теңдеуінің шекаралық коши-нейман есебіне сәйкес оператордың спектрінің құрамы туралы.....	169
<i>Шомабаева М.Т., Шалданбаев А.Ш., Ахметова С.Т.</i> Аргументі ауытқыған жылу теңдеуінің жарталай бекітілген шекаралық есебіне сәйкес оператордың үзіксіз спектрі туралы	180
<i>Ұлағатты ұстаз туралы. Шерәлі Біләл.</i>	191

СОДЕРЖАНИЕ

Теоретические и экспериментальные исследования

<i>Буртебаев Н., Дуйсебаев А., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Юшков А.В., Жолдыбаев Т.К., Садыков Б., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Сакута С.Б.</i> Исследование упругого рассеяния ионов ^3He на ядрах ^{14}N при энергиях 50 и 60 МэВ.....	5
<i>Алтынбеков Ш.</i> О методике решения одномерной квазилинейной задачи консолидации неоднородного грунта с учетом начального градиента напора и определение его осадка.....	10
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Ергалиева А.Б., Габитова З.Х., Боранбаева А.Е.</i> Исследование влияния влажности угля на процесс горения методами 3-d моделирования.....	21
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> Численное моделирование образования и разложения NO_x по двум кинетическим механизмам при горении угольного топлива в топочной камере ТЭЦ.....	29
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> Исследование влияния граничного условия для температуры на стенках топочной камеры на температурные характеристики процесса горения.....	35
<i>Аскарова А., Болегенова С., Гороховский М., Оспанова Ш., Нугьманова А., Утелов С.</i> Исследование процессов распыла, воспламенения и горения различного вида жидкого топлива.....	40
<i>Сапрыгина М.Б., Байсейтова У.С., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О.</i> Толкын тендеуінің шартарапты есебінің тұрлаулы шешілуі туралы.....	48
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н., Джансейтов Д.М., Жолдыбаев Т.К., Алимов Д.К.</i> Исследование процессов упругого рассеяния ионов ^3He на ядрах ^{13}C при энергиях 50 и 60 МэВ в рамках оптического и фолдинг моделей.....	55
<i>Джумабаев Д.С., Бакирова Э.А.</i> Коэффициентные признаки однозначной разрешимости линейной краевой задачи для интегро-дифференциальных уравнений фредгольма с импульсными воздействиями.....	61
<i>Утебаев У.Б., Есентаев К.У., Дархан Н.Д.</i> Технология создания web-форм.....	72
<i>Жунусова Л.Х., Жунусов К.Х.</i> Итерационные методы решения сеточных уравнений.....	79
<i>Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Серикбаева Г.С., Суйеркулова Ж.Н.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию свободных механических колебаний.....	84
<i>Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Суттибаева Д.И., Козыбакова Г.Н.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию изобарического процесса.....	92
<i>Кабылбеков К.А., Омашова Г.Ш., Саидахметов П.А., Нураллаев М.А., Артыгалин Н.А.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию двигателя, совершающего цикл Карно.....	98
<i>Түгелбаева Г.Т., Канибекова А. Е.</i> Системное обсуждение способов внедрения в уроки по физике основ знаний по экологии.....	104
<i>Койшиева Т.К., Кожамкулова Ж.Ж., Базарбаева А.И., Бегимбетова Х.А.</i> Объектно-ориентированные системы как фактор формирования информационно-логической компетентности будущих специалистов.....	108
<i>Койшиева Т.К., Байтерекова А.И., Салгараева М.И.</i> Теоретические основы объектно-ориентированного проектирования, применимые для профессиональной подготовки будущих учителей.....	116
<i>Литвиненко Н.</i> Интеграция программной среды R в среду C#.....	123
<i>Макышов С.</i> Неподвижные m-порожденные числа.....	128
<i>Минглибаев М.Ж., Прокопья А.Н., Бекетауов Б.А.</i> Точные решения эволюционных уравнений в ограниченной задаче трех тел с переменными массами.....	133
<i>Орынбаев С.А., Молдахметов С.С., Байбутанов Б.К., Ешметов М.Б., Ауесжанов Д.С.</i> Исследование методик коммутации ступеней многоуровневого инвертора на основе широтно-импульсной модуляции.....	139
<i>Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О., Байсейтова У.С.</i> Критерии вольтерровости нелокальной краевой задачи волнового уравнения.....	147
<i>Сураган Д.</i> Об одном неравенстве p-нормы в классе Шаттена.....	153
<i>Темірбеков Н. М., Тураров А. К.</i> Численное решение одномерной модели газлифтного процесса.....	159
<i>Ахметова С.Т., Шалданбаев А.Ш., Шомабаева М.Т.</i> О структуре спектра краевой задачи Коши-неймана для уравнения теплопроводности с отклоняющимся аргументом.....	169
<i>Шомабаева М.Т., Шалданбаев А.Ш., Ахметова С.Т.</i> О непрерывном спектре оператора полужакопленной краевой задачи для уравнения теплопроводности с отклоняющимся аргументом.....	180
<i>Юбилей Ашуралиев Аллаберен</i>	191

CONTENTS

Theoretical and experimental researches

<i>Burtebayev N., Duisebayev A., Kerimkulov Zh.K., Alimov D.K., Yushkov A.V., Zholdybayev T.K., Sadikov B., Mukhamejanov Y.S., Janseitov D.M., Sakuta S.B.</i> Investigation of the elastic scattering of ^3He ions on ^{14}N at energies 50 and 60 MeV.....	5
<i>Altynbekov Sh.</i> On the method of solving one-dimensional quasilinear problem of consolidation of non homogeneous soil with the initial gradient of pressure and determination of its sediment.....	10
<i>Askarova. A., Bolegenova S., Bolegenova S., Maximov V., Yergaliyeva A., Gabitova Z., Boranbaeva A.</i> Study of coal moisture on the combustion process by 3d modeling.....	21
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Beketayeva M.T.</i> Numerical modeling of formation and destruction of NO_x by TWO kinetic mechanisms during combustion of fossil fuel in the furnace of CHP.....	29
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Beketayeva M.T.</i> Study of the boundary conditions influence for the temperature on the walls of the combustion chamber in the temperature characteristics of the burning process.....	35
<i>Askarova A., Bolegenova S., Gorokhovski M., Ospanova Sh., Nugymanova A., Utelov S.</i> Investigation of atomization, ignition and combustion processes of different types of liquid fuel.....	40
<i>Saprygina M.B., Bayseytova U.S., Shaldanbayev A.Sh., Orazov I.O.</i> About regular resolvability of nonlocal boundary value problem of the wave equation.....	48
<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Demyanova A.S., Danilov A.N., Janseitov D.M., Zholdybayev T.K., Alimov D.K.</i> Investigation of elastic scattering of ^3He ions from ^{13}C nuclei at 50 and 60 MeV in optical and folding model.....	55
<i>Dzhumabaev D.S., Bakirova E.A.</i> Coefficient conditions for the unique solvability of linear boundary value problem for fredholm integro-differential equation with impulse effects.....	61
<i>Utebaev U.B., Yessentayev K.U., Darkhan N.D.</i> Technology of creation of web-form.....	72
<i>Zhunussova L., Zhunussov K.</i> Iterative methods for solving difference equations.....	79
<i>Kabyrbekov K.A., Saidakhmetov P.A., Omashova G.SH., Serikbaeva G.S., Suyerkulova ZH.N.</i> Model of the form of the organisation of computer laboratory operation of the free mechanical oscillations.....	84
<i>Kabyrbekov K.A., Saidakhmetov P.A., Omashova G.SH., Suttibaeva D.I., Kozybakova G.N.</i> Model of the form of the organisation of computer laboratory operation of isobaric process.....	92
<i>Kabyrbekov K.A., Omashova G.SH., Saidakhmetov P.A., Nurullaev M.A., Artygalin N.A.</i> Model of the form of the organization of computer laboratory operation on examination of the drive making the carnot cycle.....	98
<i>Tygelbaeva G.T., Kanibekova A. E.</i> System discussion of methods of introduction in lessons on physics bases of knowledge on ecology.....	104
<i>Koishieva T.K., Kozhamkulova Zh.Zh., Bazarbaeva A.I., Begimbetova A.</i> Object-oriented system as the factor of formation of information-logical competence of future professionals.....	108
<i>Koishieva T.K., Baiterekova A.I., Salgaraeva M.I.</i> Theoretical bases of object-oriented design, applicable for vocational training of future teachers.....	116
<i>Litvinenko N.</i> Integration of R software environment in C# software environment.....	123
<i>Makyshov S.</i> Stationary m-digitaddition numbers.....	128
<i>Minglibayev M.Dzh., Prokopenya A.N., Beketauov B.A.</i> Exact solutions of evolution equations in restricted three-body problem with variable mass.....	133
<i>Orynbayev S.A., Moldakhmetov S.S., Baibutanov B.K., Jeshmetov M.B., Aueszhanov D.S.</i> Methods of switching angles based on pulse width modulation for multilevel inverter.....	139
<i>Saprygina M.B., Shaldanbayev A.Sh., Orazov I.O., Bayseytova U.S.</i> Criteria Volterra of nonlocal boundary value problem of the wave equation.....	147
<i>Suragan D.</i> On an inequality for schatten P -norms.....	153
<i>Temirbekov N. M., Turarov A. K.</i> Numerical solution of the one dimensional model of gas-lift process.....	159
<i>Achmetova S.T., Shaldanbayev A.Sh., Shomabayeva M. T.</i> About structure of the range of the regional task of cauchy - neumann for the heat conductivity equation with the deviating argument.....	169
<i>Shomanbayeva M. T., Shaldanbayev A.Sh., Achmetova S.T.</i> About the continuous range of the operator of the semi-fixed regional task for the heat conductivity equation with the deviating argument.....	180
Anniversary of Ashuraliev Allaberen.....	191

**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 сайте:

www.nauka-nanrk.kz

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

Редактор *М. С. Ахметова*

Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 24.03.2016.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

11,3 п.л. Тираж 300. Заказ 2.