

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](http://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), 58 – 63

UDC 536.46:532.517.4

**A.S. Askarova, S.A. Bolegenova, S.A. Bolegenova,
V.Yu. Maximov, Zh.K. Shortanbaeva**

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

**NUMERICAL MODELING OF BURNING PULVERIZED COAL
IN THE COMBUSTION CHAMBER OF THE BOILER PK 39**

Annotation. In the cities of Kazakhstan, the atmospheric air is polluted by many harmful ingredients, particularly it is an acute problem for the city of Almaty, where a high level of pollution contributes to the total emissions of vehicles, industrial enterprises, as well as the unique geographical conditions of the city. Among the heat sources the bulk of emissions at major sources district heating CHP plants at different levels, district heating plants, etc.

Heat power engineering of Kazakhstan is focused on the use of high-ash coal, primarily of Ekibastuz basin, where there is active mining of cheap coal by open method. Due to the adopted technology of production of high-ash coal from Ekibastuz field and use them without prior enrichment, the natural environment experiences significant anthropogenic pressure. A large part of the coal, for example, from Ekibastuz has a low quality, high ash content. The ash content of domestic coal reaches 10-55%. Accordingly, the dust content of flue gases changes, reaching for high-ash coal of 60-70 g/m³.

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

УДК 536.46:532.517.4

**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, С.А. Болегенова,
В.Ю. Максимов, Ж.К. Шортанбаева**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
СЖИГАНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА
В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА ПК 39**

Аннотация. В городах Казахстана атмосферный воздух загрязнен многими вредными ингредиентами, особенно остро эта проблема стоит для города Алматы, где высокому уровню загрязнения способствует суммарный выброс автотранспорта, промышленных предприятий, а также уникальные географические условия города. Среди теплоэнергоисточников основная доля выбросов приходится на крупные источники централизованного теплоснабжения: ТЭЦ, ГРЭС разных уровней, районные котельные и т.п.

Теплоэнергетика Казахстана ориентирована на использование высокозольных углей, преимущественно Экибастузского бассейна, где ведется добыча дешевых углей открытым способом. В результате принятой технологии добычи высокозольных углей Экибастузского месторождения и использования их без предварительного обогащения природная среда испытывает значительную антропогенную нагрузку. Большая часть угля, например, из Экибастуза, имеет низкое качество - высокую зольность. Зольность отечественных углей достигает 10-55%. Соответственно изменяется и запыленность дымовых газов, достигая для высокозольных углей 60-70 г/м³.

Ключевые слова: топочная камера, котел, горелки, твердое топливо, высокозольный уголь, пылевидное состояние, горение, аэродинамика, численное моделирование, вычислительный эксперимент.

Значительный интерес для энергетики представляют исследования в области минимизации антропогенного воздействия на среду, разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов, обеспечивающих снижение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и одновременно улучшение основных показателей энергетических комплексов. В этой связи исследования по разработке оптимальных технологических процессов сжигания твердого топлива и использование альтернативных методов организации процесса горения различных видов топлив 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.

В работе приводятся результаты моделирования конвективного теплопереноса при ступенчатом сжигании пылеугольного топлива и его аэродинамические характеристики. Весь численный эксперимент был проведен для топочной камеры котла ПК 39. В качестве топлива использовался высокозольный казахстанский уголь Экибастузского угольного бассейна.

Как было сказано выше, на этом котле установлено 12 вихревых горелок. Вихревые горелки по принципу действия можно считать индивидуальными. В топках, в которых они используются, зажигание факела и процесс выгорания организуются преимущественно с помощью самих горелок и в меньшей мере компоновкой их в топке. Поэтому работа топки, в особенности на начальном участке, может быть экспериментально исследована на стенде с одиночной горелкой.

Получение аэродинамических характеристик отдельного факела и потоков движения газов в топочной камере позволяет с достаточной степенью приближения оценить эффективность организации топочного процесса и использовать эти данные при численном моделировании. А поскольку на горизонтальном участке факела (2-3 диаметра горелки) может выгорать примерно до 90% топлива, то при математическом моделировании процессов конвективного теплопереноса в камерах сгорания очень важно правильно задать начальные и граничные условия по скорости, которые бы соответствовали принятой на котле схеме сжигания.

Основные условия правильной организации топочного процесса определяются в известной мере аэродинамикой топочного пространства, которая, в свою очередь, зависит от формы и размеров топочной камеры, а также от конструкции, режимов работы и компоновки горелочных устройств. Особенностью потоков в вихревом факеле при сильной крутке является возникновение встречного течения в приосевой области струи вблизи от насадка. Наличие зоны обратных токов топочных газов, аналогичной следу за плохо обтекаемым телом, играет, как известно, основную роль в явлениях стабилизации пламени, т.к. от теплосодержания этих газов зависит прогрев топлива, выход летучих и их воспламенение. Чем дальше от устья горелки начнется формирование зоны осевых обратных токов, тем больше вероятность попадания в нее высокотемпературных топочных газов. При этом прогревается не вся струя, а только те ее слои, которые расположены вблизи границы зоны осевых обратных токов. Тепло от сгорания летучих и мелкой фракции коксового остатка в этой области идет на прогрев соседних слоев топливовоздушной смеси и т.д. [1-4].

Были рассчитаны поля вектора полной скорости по всему объему камеры сгорания, которые представлены на рисунках 1-4 в трехмерном изображении для различных сечений топочной камеры. Полученные скоростные поля позволяют наглядно проанализировать движение реагирующих потоков в топочном пространстве в различных сечениях. Поля вектора полной скорости $v = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}$ показывают величину скорости течения среды и ее направление в каждой точке.

Рисунок 1 иллюстрирует картину распределения скоростей в продольном сечении топочного пространства, и характеризует поведение пылеугольного потока внутри камеры сгорания. Отчетливо видны области подачи топлива с различными скоростями через горелки двух ярусов. В центре выделяется зона, в которой наблюдается сгущение линий потока, что способствует

улучшению смесеобразования и повышению интенсивности тепломассообмена в этой области. Как видно из рисунка 1 ядро факела смещается к центру топочного пространства и определяется областью столкновения потоков из противогорелок. Ниже плоскости сечения горелок потоки от горелок совместно с потоком неорганизованного воздуха, подсасываемого из нижней воронки образуют встречные вихри со скоростями, направленными вниз в плоскости (XY). В области этой воронки наблюдается возвратное течение вверх. Эти потоки воздуха, поступая в нижний вихрь, понижают температуру поджигающих газов, что существенно может сказаться на температурных и концентрационных условиях для воспламенения и горения в основной зоне. По мере удаления от области распространения струй из горелок поле скоростей выравнивается и к выходу скорость газов снижается.

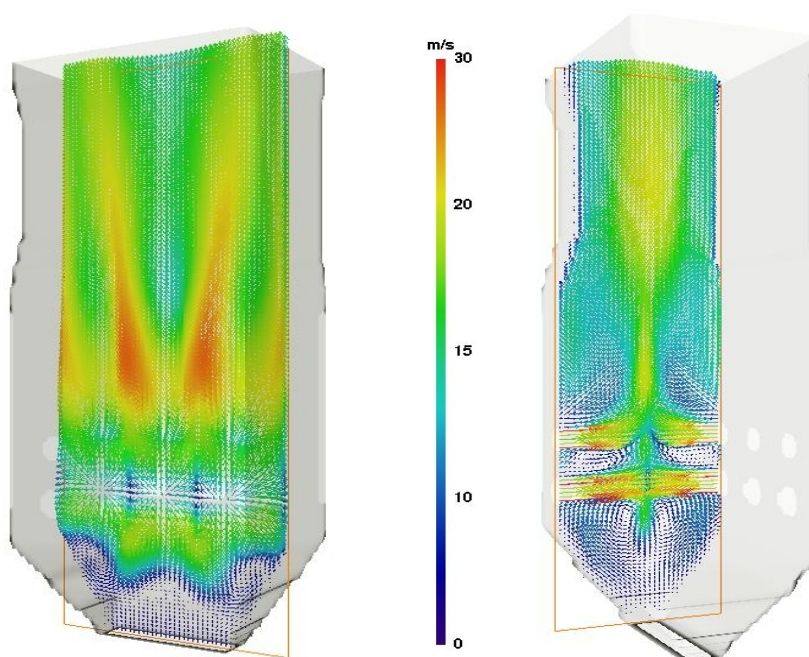


Рисунок 1 – Вектор полной скорости в продольном сечении топочной камеры котла ПК-39

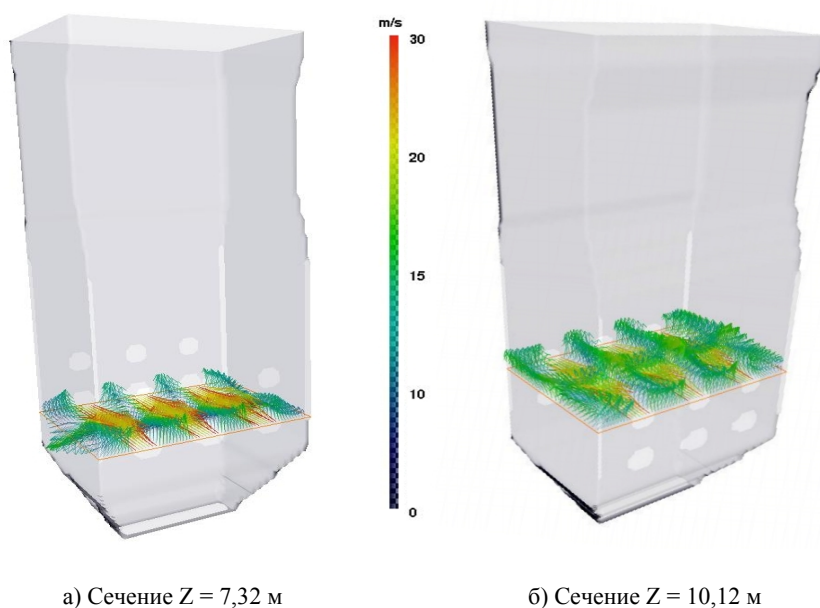


Рисунок 2 – Трехмерное поле вектора полной скорости в сечении горелок топочной камеры котла ПК-39

Закрученные струи, подающие в топливо через встречные горелки, расположенные в плоскости (XY) при $Z = 7,32$ м (рисунок 2а) и $Z = 10,12$ м (рисунок 2б), создают объемное завихренное течение в центральной области топочной камеры. Часть потока под небольшим углом направляется вниз, развиваясь в два вихря (рисунки 1-2). Благодаря интенсивному вихревому движению пылегазовых потоков внутри топочной камеры существенно возрастает время пребывания частиц топлива в топке, что позволяет добиться более полного выгорания, а в техническом плане возможно применение угольной пыли более крупных фракций.

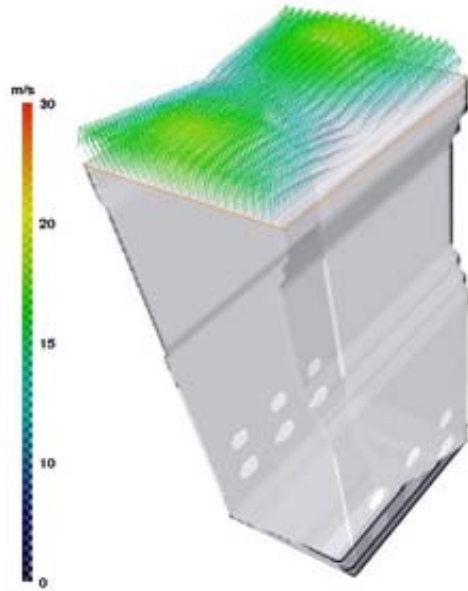
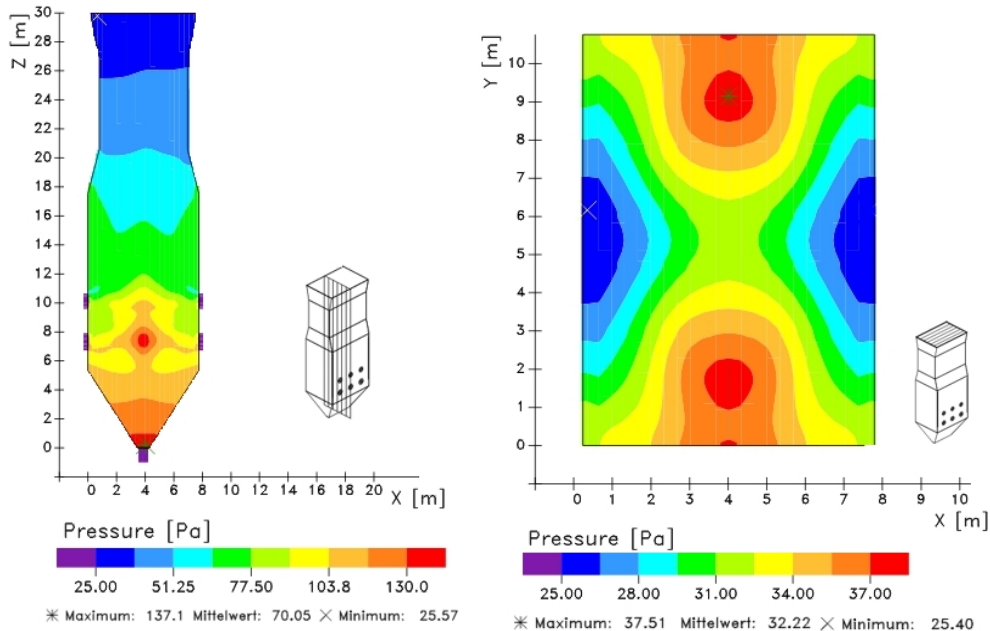


Рисунок 3 – Трехмерное поле вектора полной скорости на выходе из камеры $Z = 29,79$ м котла ПК-39



в) Сечение $Y = 5,38$ м

г) Сечение $Z = 29,79$ м

Рисунок 4 – Распределение давления в топочной камере в различных сечениях котла ПК-39

Глубокое взаимное проникновение встречных струй и наличие поперечных градиентов скорости турбулизует поток. Значительная турбулизация потока имеет место при хорошем заполнении топочного пространства, а, следовательно, при увеличенном времени пребывания горючей смеси в топочном пространстве. Наличие вращения потоков в пристеночной зоне способствует равномерному обогреву поверхностей и снижению шлакования экранов, что позволяет уменьшить коррозию и тепловой перегрев.

По мере удаления от плоскости расположения горелок поле скоростей выравнивается, восходящий поток расширяется, и вихревой характер течения ослабевает (рисунок 3). К выходу из топочной камеры восходящий поток интенсивно расширяется и на выходе равномерно распределяется по всему.

Распределение давления в продольном сечении топочной камеры и на выходе из нее представлено на рисунке 4. Как видно из рисунков, наиболее сильное изменение давления происходит в области расположения горелок, т.е. в области подачи топлива и окислителя. По мере удаления от этой области горелок давление монотонно убывает и на выходе среднее расчетное значение составляет величину $p \sim 25,4$ Па.

Проведенные численные исследования аэродинамических характеристик процесса горения в топочном пространстве свидетельствуют о сложности протекающего процесса. Полученные результаты говорят о том, что в зоне расположения горелок имеется вихревое течение, обусловленное расположением горелочных устройств и вихревым способом подачи пылеугольных потоков в топочное пространство. Наличие вихревого движения обеспечивает более быстрое зажигание и стабилизацию пламени. Вихревой характер движения потоков внутри топочной камеры приводит к усилению зажигания факела на выходе из горелочного устройства, а усиленный тепломассообмен в вихре интенсифицирует выгорание. При этом удается добиться равномерного обогрева поверхностей топочной камеры и снизить их шлакование, что продлевает срок действия оборудования. При таком способе организации распространения пылегазовых потоков в топочном пространстве создаются благоприятные условия для интенсификации процесса горения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Bekmukhamet A., Sh. Ospanova Numerical research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station // *Journal Procedia Engineering*. – Prague, 2012. – № 42. – P. 1365-1370.
- [2] Askarova A.S., Lavrishcheva Y., Messerle V., Ustimenko A., Karpenko, E. Plasma-Supported Coal Combustion in Boiler Furnace // *J. "Plasma Science", IEEE Transactions*, 2007. – Vol. 35, №6. – P. 1607-1616.
- [3] Askarova A., Bolegenova S., Bekmukhamet A., Maximov V., Beketaeva 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. Vol. 9. – P.39-50.
- [4] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov Yu.V., Bekmukhamet A., Beketaeva M.T., Gabitova Z.Kh. Control of harmful emissions concentration into the atmosphere of megacities of Kazakhstan Republic // 2014 International Conference on Future Information Engineering (FIE 2014), *IERI Procedia*. – Beijing, 2014. P. 252-258.

REFERENCES

- [1] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Bekmukhamet A., Sh. Ospanova Numerical research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station. *Journal Procedia Engineering*. Prague, 2012. 42. 1365-1370.
- [2] Askarova A.S., Lavrishcheva Y., Messerle V., Ustimenko A., Karpenko, E. Plasma-Supported Coal Combustion in Boiler Furnace. *J. "Plasma Science", IEEE Transactions*. 2007. 35.6. 1607-1616.
- [3] Askarova A., Bolegenova S., Bekmukhamet A., Maximov V., Beketaeva 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.
- [4] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maximov Yu.V., Bekmukhamet A., Beketaeva M.T., Gabitova Z.Kh. Control of harmful emissions concentration into the atmosphere of megacities of Kazakhstan Republic. *International Conference on Future Information Engineering (FIE 2014), IERI Procedia*. Beijing. 2014. 252-258.

ӘОЖ: 536.46:532.517.4

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

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ПК-39 ҚАЗАНДЫҒЫНЫҢ ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ ШАҢ ТОЗАҢДЫ КӨМІР ОТЫНЫН ЖАҒУ ПРОЦЕСІН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аннотация. Қазақстан қалаларында атмосфералық ауа көптеген зиянды қоспалармен ластанған, әсіресе бұл мәселе Алматы қаласы үшін өзекті болып табылады, себебі ластанудың жоғары деңгейіне автокөліктердің, өнеркәсіптік кәсіпорындарының қалдықтарының қосылып шығарылуы, сондай-ақ қаланың қолайлы географиялық орналасуы әсер етеді. Жылу энергия көздерінің ішінде қалдықтардың негізгі үлесі орталықтанған жылумен жабдықтау көздеріне кіреді: ЖЭО, әртүрлі деңгейдегі МАЭС, аудандық қазандықтар және т.б.

Қазақстан жылуэнергетикасы күлділігі жоғары көмірлерді қолдануға бағытталған, Екібастұз алабындағы ашық әдіс арқылы алынатын арзан көмір есебінен жүргізіледі. Екібастұз өңірінің күлділігі жоғары көмірін пайдалану технологиясы мен оларды алдын ала байытуынсыз қолдану нәтижесінде қоршаған орта елеулі антропогендік қысым көруде. Көмірдің көп бөлігі, мысалы Екібастұз көмірінің сапасы төмен, ал күлділігі жоғары. Отандық көмірлердің күлділігі 10-55% жетеді. Сәйкесінше түгіндік газдың тозаңдылығы өзгереді, күлділігі жоғары көмірлер үшін 60-70 г/м³ жетеді.

Түйін сөздер: жану камерасы, қазандық, жанарғы, күлділігі жоғары көмір, шаңдық күй, жану, аэродинамика, сандық модельдеу, сандық тәжірибе.

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>Koyschieva 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.