

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), 40–47

UDC 342.7(574)

**INVESTIGATION OF ATOMIZATION, IGNITION
AND COMBUSTION PROCESSES OF DIFFERENT TYPES
OF LIQUID FUEL**

**A. Askarova¹, S. Bolegenova¹, M. Gorokhovskiy²,
Sh. Ospanova¹, A. Nugymanova¹, S. Utelov¹**

¹Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan

²Ecole Centrale de Lyon, Lyon, France

shinar_ospanova87@mail.ru

Key words: numerical modeling, combustion chamber, gasoline, heptane, tetradecane.

Abstract. This article presents the results of numerical modeling of atomization and combustion processes of various types of liquid fuel depending on the fuel injection speed in the combustion chamber. On the basis of the solution of differential equations of turbulent reacting flows have been studied combustion processes depending on different initial injection speed of liquid fuels drops. Optimal parameters of gasoline's, heptane's and tetradecane's combustion have been found. There have been obtained distributions of the flame by height, the drops radii, the temperature field and the fuel vapor during the optimal initial injection rate.

УДК 532.517.4

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПЫЛА,
ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ГОРЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО ВИДА
ЖИДКОГО ТОПЛИВА**

**А. Аскарлова¹, С. Болегенова¹, М. Гороховский²,
Ш. Оспанова¹, А. Нұғыманова¹, С. Утелов¹**

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Центральный Лионский университет, г. Лион, Франция

Ключевые слова: численное моделирование, камера сгорания, бензин, гептан, тетрадекан.

Аннотация. В данной статье представлены результаты численного моделирования процессов распыла и горения различного вида жидкого топлива в зависимости от скорости впрыска в камере сгорания. На основе решения дифференциальных уравнений турбулентного реагирующего течения проведено исследование процессов горения в зависимости от различных начальных скоростей капель впрысков жидких топлив. Определены оптимальные параметры горения бензина, гептана и тетрадекана. Были получены распределения высоты температурного факела, капель по радиусам, поля температуры и паров топлива при оптимальной начальной скорости впрыска.

Горение жидких топлив отличается рядом специфических особенностей, обусловленных протеканием химических реакций в условиях динамического и теплового взаимодействия реагентов, интенсивного массопереноса при фазовых превращениях, а также зависимостью параметров процесса, как от термодинамического состояния системы, так и от ее структурных характеристик. Многообразие и сложность указанных факторов создают известные трудности при

разработке полноценной теории. Существенные результаты в этом направлении могут быть получены на основе последовательного приложения методов механики гетерогенных систем к описанию процессов горения двухфазных сред [1-2].

Явления конвективного теплообмена в турбулентных течениях с химическими реакциями широко распространены и играют большую роль в природных процессах, а также в различных отраслях промышленности. Знание закономерностей таких течений является важным при построении теории физики горения, при создании новых физико-химических технологий, а также при решении проблем теплоэнергетики и экологии. При этом в исследованиях сложный процесс горения необходимо анализировать в зависимости от влияния многочисленных физических и химических параметров реакции горения. Особый интерес при изучении явлений в многофазных системах представляет собой развитие теории образования жидких капель в развитой турбулентности. Дисперсия в нейтральных атмосферных течениях была хорошо изучена за последние десятилетия с помощью численных, лабораторных и натуральных исследований [3].

Методы математического моделирования нашли широкое применение в различных областях науки и техники. Эти методы включают в себя разработку физических и математических моделей, численных методов и программного обеспечения, проведение численного эксперимента с привлечением средств вычислительной техники (его результаты анализируются и используются в практических целях). В науке и технике преимущества метода компьютерного моделирования очевидны: оптимизация проектирования, сокращение затрат на отработку, повышение качества продукции, уменьшение эксплуатационных расходов и т.д. Численное моделирование существенно преобразует также сам характер научных исследований, устанавливая новые формы взаимосвязи между экспериментальными и математическими методами.

Внедрение новых технологий требует значительных затрат, в связи с чем к методам проектирования и отработки оборудования предъявляются все возрастающие требования. Таким образом, в настоящее время, особое внимание приобретает не только создание эффективных физических и математических моделей, но и разработка новых более совершенных методов численной реализации систем разностных уравнений, описывающих конвективный теплоперенос в камерах сгорания. Математическое моделирование горения жидких топлив является сложной задачей, так как требует учета большого количества сложных взаимосвязанных процессов и явлений: многоступенчатые цепные химические реакции, перенос импульса, тепла и массы путем конвекции, молекулярный перенос, излучение, турбулентность, испарение жидких капель.

Математическая модель задачи о горении в камере сгорания жидкого топлива основывается на уравнениях движения для жидкой фазы, сопровождаемой капельным испарением, а также на уравнениях энергии и переноса массы с соответствующими начальными и граничными условиями [4-7]:

Уравнение неразрывности для компоненты реакции m имеет вид:

$$\frac{\partial \rho_m}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho_m \vec{u}) = \vec{\nabla} \left[\rho D \vec{\nabla} \left(\frac{\rho_m}{\rho} \right) \right] + \dot{\rho}_m^c + \dot{\rho}_m^s \delta_{m1}, \quad (1)$$

где D – коэффициент диффузии, ρ_m – массовая плотность жидкой фазы, ρ – полная массовая плотность, $\dot{\rho}_m^c$ – химический источниковый член; $\dot{\rho}_m^s$ – источниковый член вследствие впрыска; \vec{u} – скорость жидкости.

Уравнение неразрывности для жидкости имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho \vec{u}) = \dot{\rho}^s \quad (2)$$

Уравнение движения для смеси жидкостей:

$$\frac{\partial(\rho \vec{u})}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho \vec{u} \vec{u}) = -\frac{1}{a^2} \vec{\nabla} p - A_0 \vec{\nabla} \left(\frac{2}{3} \rho k \right) + \vec{\nabla} \vec{\sigma} + \vec{F}^s + \rho \vec{g}, \quad (3)$$

где p – давление жидкости, α – безразмерная величина, A_0 равно 0 при ламинарном течении и 1 – при турбулентности. Тензор вязких напряжений имеет вид:

$$\sigma = \mu \left[\vec{\nabla} \vec{u} + (\vec{\nabla} \vec{u})^T \right] + \lambda \vec{\nabla} \vec{u} \vec{I}. \quad (4)$$

Здесь μ – динамическая вязкость жидкости, λ – коэффициент вязкости, g – ускорение свободного падения и I – удельная внутренняя энергия.

Уравнение внутренней энергии представлено ниже:

$$\frac{\partial(\rho \vec{I})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{u} \vec{I}) = -\rho \vec{\nabla} \vec{u} + (1 - A_0) \sigma \vec{\nabla} \vec{u} - \vec{\nabla} \vec{J} + A_0 \rho \varepsilon + \dot{Q}^c + \dot{Q}^s, \quad (5)$$

где \dot{Q}^c – источниковый член, обусловленный тепловыделением в результате химической реакции и \dot{Q}^s – тепло, которое приносит впрыскиваемое топливо. Вектор теплового потока J складывается из электропроводности и переноса энтальпии.

При использовании модели турбулентности ($A_0=1$) решаются уравнения для кинетической энергии турбулентности k и скорости ее диссипации ε :

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{u} k) = -\frac{2}{3} \rho k \vec{\nabla} \cdot \vec{u} + \sigma \cdot \nabla \vec{u} + \vec{\nabla} \cdot \left[\left(\left(\frac{\mu}{Pr_k} \right) \vec{\nabla} k \right) \right] - \rho \varepsilon + \dot{W}^s, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{u} \varepsilon) = & -\left(\frac{2}{3} c_{\varepsilon 1} - c_{\varepsilon 2} \right) \rho \varepsilon \vec{\nabla} \cdot \vec{u} + \vec{\nabla} \cdot \left[\left(\left(\frac{\mu}{Pr_\varepsilon} \right) \vec{\nabla} \varepsilon \right) \right] + \\ & + \frac{\varepsilon}{k} \left[c_{\varepsilon 1} \sigma \vec{\nabla} \vec{u} - c_{\varepsilon 2} \rho \varepsilon + c_s W^s \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

Величина \dot{W}^s возникает вследствие взаимодействия с распылителем. Константы $c_{\varepsilon 1}, c_{\varepsilon 2}, c_s, Pr_k, Pr_\varepsilon$ определяются из эксперимента [8-9].

Существует несколько моделей распыла топлива. Наиболее широко известна глобальная модель механизма распада топлива, включающая в себя классическую модель вторичного распада. В данной статье представлены результаты численного моделирования процессов распыления и горения жидкого топлива в зависимости от давления в камере использованием математической стохастической модели вторичного распыла [10]. В данной статье были использованы три вида жидкого топлива: бензин, гептан и тетрадекан.

Жидкое топливо массой 0,06 г при температуре 298 К распылялось через сопло, расположенное в центре основания камеры. Топливо, впрыскиваемое в камеру сгорания, которая была заполнена воздухом при температуре 800К, сначала испарилось, после чего сгорело в газовой фазе. Процесс горения жидкого топлива в среднем занимал 4 мс. Время распыления жидкого топлива равно $1,4 \cdot 10^{-3}$ с.

Камера сгорания представляет собой цилиндр, высотой 15 см, диаметром 4 см. Общий вид камеры сгорания представлен на рисунке 1. Расчетная область состоит из 600 ячеек. Время горения топлива 4 мс. Жидкое топливо впрыскивается в камеру сгорания через круглое сопло, расположенное в центре нижней части камеры. Время инжекции капель топлива 1,4 мс. Площадь инжектора составляет $2 \cdot 10^{-4}$ см².

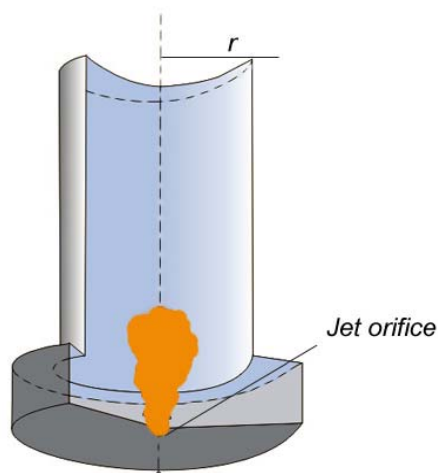


Рисунок 1 – Общий вид камеры сгорания

Целью данной статьи является изучение влияния скорости впрыска жидкого топлива на его горение с помощью численного моделирования на основе решения дифференциальных двумерных уравнений турбулентного реагирующего течения. Скорость впрыска жидкого топлива менялась от 150 до 350 м/с. На рисунке 2 показано изменение высоты температурного факела при изменении скорости впрыска жидких топлив. Было установлено, что при низких скоростях впрыска жидкого топлива (меньше 150 м/с) горение не происходит, поскольку в этом случае скорость впрыска не является достаточной для того, чтобы началось воспламенение и стабилизировалась реакция горения [11].

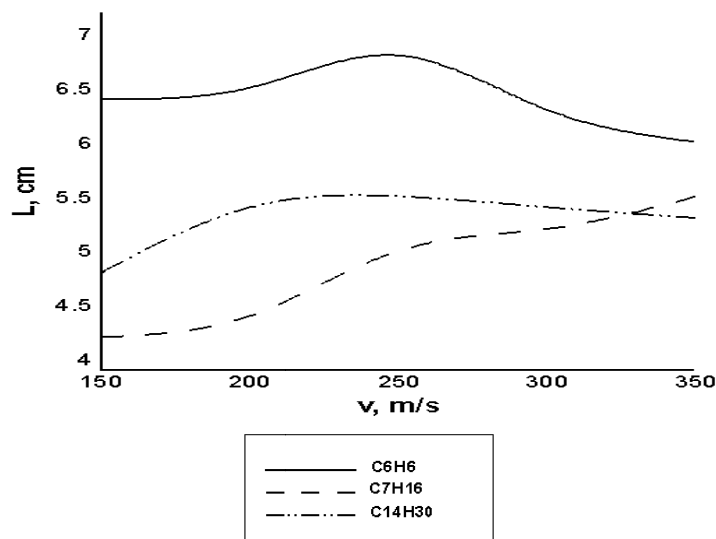


Рисунок 2 – Изменение высоты температурного факела при изменении скорости впрыска жидких топлив

Ниже приведены результаты численного моделирования по горению впрысков жидких топлив для оптимальных масс и скоростей впрыска и температуры газа в камере сгорания. Рисунок 3 показывает дисперсию и распределение температур капель для трех топлив в камере сгорания при оптимальных массах и скоростей впрыска и температурах газа.

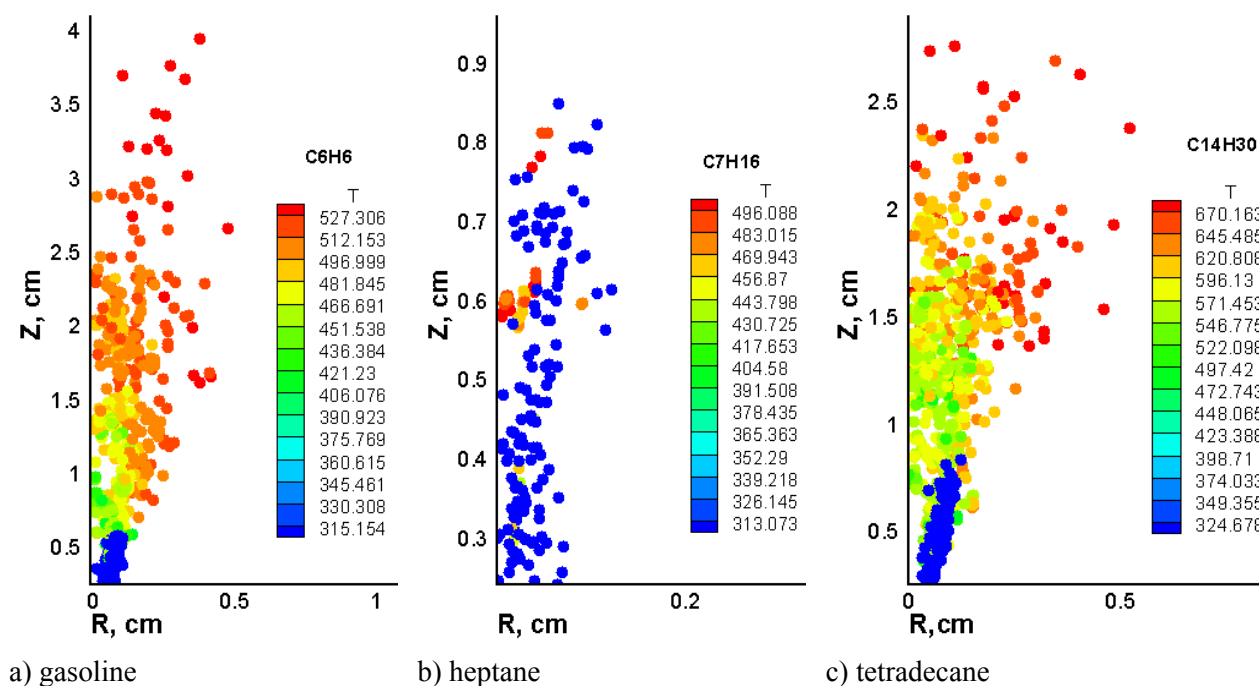


Рисунок 3 – Капли жидких топлив при оптимальных параметрах

На рисунках 4,5 приведены графики изменения температуры и концентрации паров топлива в камере сгорания при сжигании бензина, гептана и тетрадекана в момент времени 4 мс. Данные получены для оптимальной скорости впрыска этих видов топлива.

Анализ рисунка 4 показывает изменение температуры в камере сгорания для трех видов топлива. Можно заметить, что для бензина область максимальных температур (ядро факела) достигает 6,5 см по высоте камеры сгорания, вся остальная часть камеры разогревается до 1300К (рисунок 4 а). Результаты для гептана и тетрадекана аналогичны результатам для бензина в качественном отношении, различаясь количественно. Анализ рисунка 6 б показывает, что максимальная температура в камере сгорания при горении гептана равна 1300К в момент времени 4 мс. Остальная часть камеры сохраняет первоначальное значение температуры 900 К. Анализ рисунка 4 с в показывает, что наибольшее значение, до которого прогревается камера сгорания при сжигании тетрадекана, равно 2022 К, при этом температурный факел расположен выше, чем для гептана (рисунок 4 б). В камере температура в конечный момент времени 4 мс равна 1200 К.

Аналогичные исследования в области моделирования двухфазных реагирующих течений в присутствии горения проводятся в лаборатории моделирования проблем тепломассопереноса при Казахском национальном университете им. аль-Фараби. Учеными данной лаборатории были изучены основные характеристики горения твердого топлива при изменении размеров частиц в моно- и полидисперсной среде, а также при обработке термохимической обработкой топлива с активированной плазмой. В данных работах были сравнены характеристики течения для различных режимов горения с экспериментальными данными, которые хорошо согласуются между собой [12-15].

На следующем рисунке 5 можно наблюдать, как меняется концентрация паров бензина, гептана и тетрадекана в конечный момент времени $t=4$ ms. На рисунке 7 б представлено распределение паров гептана в различные моменты времени. В конечный момент времени для оптимальных параметров концентрация топлива в камере сгорания практически равна нулю. Из рисунка 7 с видно, что в момент времени 4 мс концентрация паров тетрадекана равна нулю, поскольку к этому моменту времени топливо полностью прореагировало с окислителем и в результате этой реакции образовались углекислый газ CO_2 и вода H_2O .

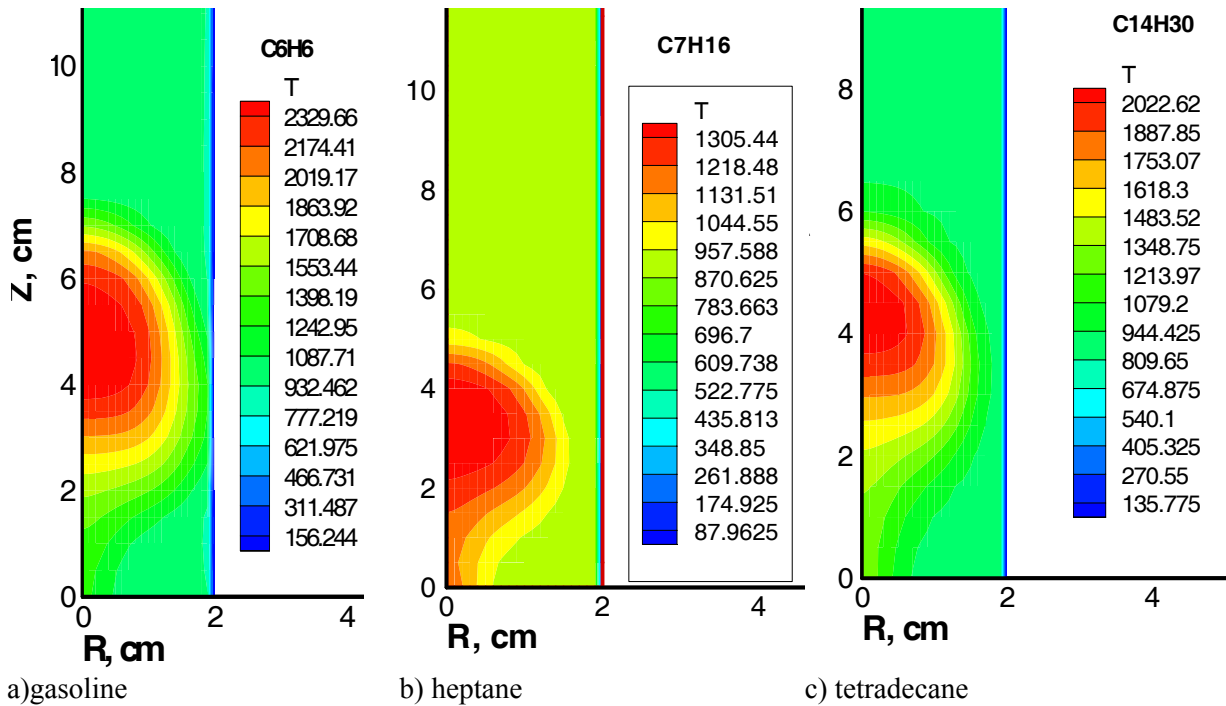


Рисунок 4 – Распределение температуры в камере сгорания при горении различных видов жидкого топлива в момент времени 4 мс

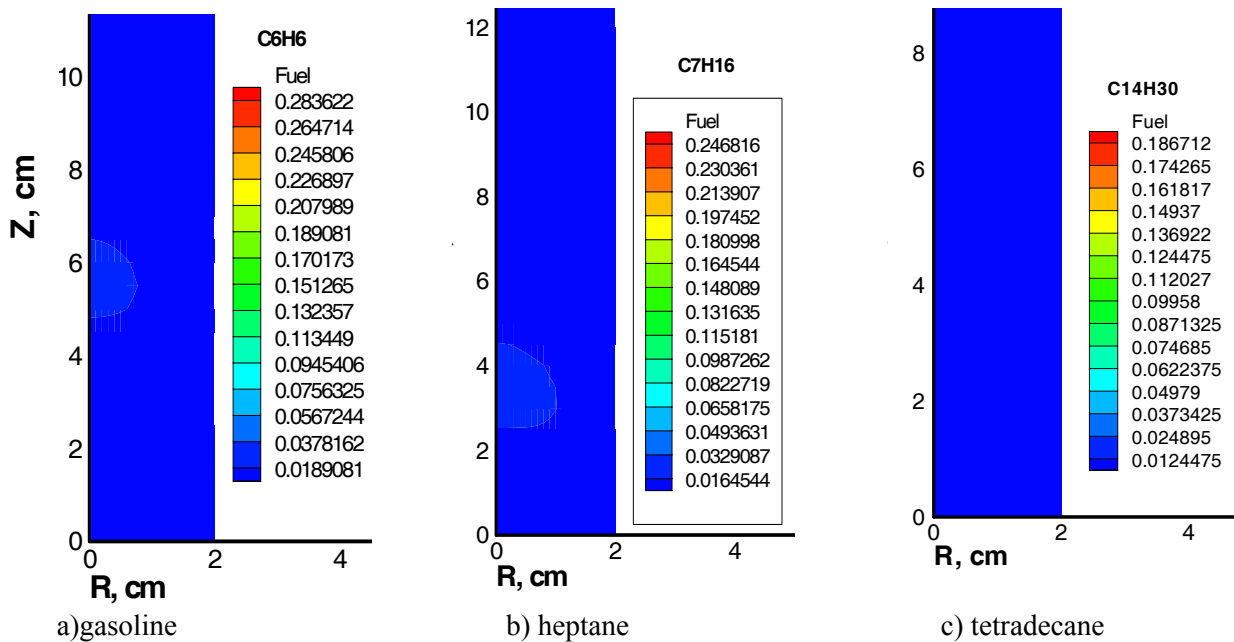


Рисунок 5 – Распределение паров топлива в камере сгорания при горении трех видов жидкого топлива в момент времени 4 мс

В данной статье приведены результаты компьютерных экспериментов по горению жидких впрысков топлив при высокой турбулентности. Проведено исследование процессов горения в зависимости от различных начальных скоростей каплей впрысков жидких топлив. Определены оптимальные параметры горения для бензина, гептана, тетрадекана.

В результате проведенных вычислительных экспериментов было установлено, что наиболее эффективно процесс горения бензина протекает при скорости впрыскивания топлива 200 м/с; при

этом температура в камере принимает значение 2330 К. Для гептана и тетрадекана значение эффективной скорости равно 250 м/с. Температуры в камере сгорания соответственно равны 1305К и 2020К. Для гептана наблюдается линейная зависимость максимальной температуры газа в камере сгорания и концентрации образующегося в результате горения топлива углекислого газа от скорости впрыскиваемых капель.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Askarova A., Heierle Y., Leithner R., Müller H. CFD Code FLOREAN for Industrial Boilers Simulations // WSEAS Transactions on heat and mass transfer, 2009. – Vol. 4, Issue 4. – P. 98-107.
- [2] Leithner R., Müller H., Askarova A., Lavrichsheva Ye., Magda A. Combustion of low-rank coals in furnaces of Kazakhstan coal-firing power plants // VDI Berichte, 2007. – Issue 1988. – P. 497-502.
- [3] Amsden A.A., O'Rourke P.J., Butler T.D. KIVA-II: A computer program for chemically reactive flows with sprays. – Los Alamos, 1989. – 160 p.
- [4] Gorokhovski M., Borghi R. Model of soot formation and oxidation in diesel engines // Journal of diesels, Transactions of SAE. – 1993. – Vol. 930075. – P. 3-15.
- [5] Gorokhovski M.A. The stochastic Lagrangian model of drop breakup in the computation of liquid spray // J. Atomization and Sprays. – 2001. – Vol.11. – P. 505-519.
- [6] Saveliev V. L. Analyses of Kolmogorov's model of breakup and its application into Lagrangian computation of liquid sprays under air-blast atomization // J. Physics of fluids. – 2003. – Vol.15, № 1.– P. 184-192.
- [7] Askarova A., Bolegenova S., Bolegenova Symbat, Berezovskaya I., Ospanova Sh. et al. Numerical Simulation of the Oxidant's Temperature and Influence on the Liquid Fuel Combustion Processes at High Pressures // Journal of Engineering and Applied Sciences. - 2015. - Vol. 10, №4. - P. 90-95.
- [8] Askarova A.S., Gorokhovski M.A., Chtab-Desportes A., Voloshina I. Stochastic simulation of the spray formation assisted by a high pressure // 6-th International Symposium on Multiphase Flow, Heat Mass Transfer and Energy Conversion. Book Series: AIP Conference Proceedings, 2010. – Vol. 1207. – P.66-73.
- [9] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Berezovskaya I.E., Ospanova Sh., etc. Numerical simulation of the influence of the atomization velocity on the liquid hydrocarbon fuel's combustion // Proceedings of the 2013 International conference on Applied Mathematics and Computational Methods in engineering. – Rhodes Islands, Greece, 2013. – P. 155-158.
- [10] Messerle V.E., Ustimenko A.B., Askarova A.S., Karpenko E.I. Plasma enhancement of combustion of solid fuels // High Energy Chemistry, 2006. – Vol.40, Issue 2. – P.111-118.
- [11] Askarova A.S., Messerle V.E., Karpenko E.I., Ustimenko A.B. Plasma enhancement of coal dust combustion // 35-th EPS Conference on Plasma Physics. – Hersonissos, 2008. – ECA. – Vol.32. – P.148-152.
- [12] Bekmukhamet A., Bolegenova S.A., Askarova A.S., Beketayeva M.T., Maximov V., Ospanova Sh.S., Gabitova Z.K. Numerical modeling of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ-420-140-7c combustion chamber // International Journal of Mechanics, 2014. – Vol.8. – P.112-122.
- [13] Askarova A., Bekmukhamet A., Maximov V., Beketayeva M. Numerical experimenting of combustion in the real boiler of CHP // International Journal of Mechanics, 2013. – Vol. 7, Issue 3. – P. 343-352.
- [14] Bolegenova S.A., Askarova A.S., Messerle V.E., Maksimov V.Yu., Gabitova Z. Numerical simulation of pulverized coal combustion in a power boiler furnace // Journal of High Temperature, 2015. – Vol.53, Issue 3. – P.445-452.
- [15] Ustimenko A.B., Askarova A.S., Messerle V.E., Nagibin A. Pulverized coal torch combustion in a furnace with plasma-coal system // Journal of Thermophysics and Aeromechanics. – Vol.7, Issue3, 2010. – P.435-444.

REFERENCES

- [1] Askarova A., Heierle Y., Leithner R., Müller H. CFD Code FLOREAN for Industrial Boilers Simulations // WSEAS Transactions on heat and mass transfer, **2009**. Vol. 4, Issue 4. P. 98-107.
- [2] Leithner R., Müller H., Askarova A., Lavrichsheva Ye., Magda A. Combustion of low-rank coals in furnaces of Kazakhstan coal-firing power plants // VDI Berichte, 2007. Issue **1988**. P. 497-502.
- [3] Amsden A.A., O'Rourke P.J., Butler T.D. KIVA-II: A computer program for chemically reactive flows with sprays. Los Alamos, **1989**. 160 p.
- [4] Gorokhovski M., Borghi R. Model of soot formation and oxidation in diesel engines // Journal of diesels, Transactions of SAE. **1993**. Vol. 930075. P. 3-15.
- [5] Gorokhovski M.A. The stochastic Lagrangian model of drop breakup in the computation of liquid spray // J. Atomization and Sprays. **2001**. Vol.11. P. 505-519.
- [6] Saveliev V. L. Analyses of Kolmogorov's model of breakup and its application into Lagrangian computation of liquid sprays under air-blast atomization // J. Physics of fluids. **2003**. Vol.15, № 1. P. 184-192.
- [7] Askarova A., Bolegenova S., Bolegenova Symbat, Berezovskaya I., Ospanova Sh. et al. Numerical Simulation of the Oxidant's Temperature and Influence on the Liquid Fuel Combustion Processes at High Pressures // Journal of Engineering and Applied Sciences. **2015**. Vol. 10, №4. P. 90-95.
- [8] Askarova A.S., Gorokhovski M.A., Chtab-Desportes A., Voloshina I. Stochastic simulation of the spray formation assisted by a high pressure // 6-th International Symposium on Multiphase Flow, Heat Mass Transfer and Energy Conversion. Book Series: AIP Conference Proceedings, **2010**. Vol. 1207. P.66-73.

- [9] Askarova A.S., Bolegenova S.A., Berezovskaya I.E., Ospanova Sh., etc. Numerical simulation of the influence of the atomization velocity on the liquid hydrocarbon fuel's combustion // Proceedings of the 2013 International conference on Applied Mathematics and Computational Methods in engineering. Rhodes Islands, Greece, **2013**. P. 155-158.
- [10] Messerle V.E., Ustimenko A.B., Askarova A.S., Karpenko E.I. Plasma enhancement of combustion of solid fuels // High Energy Chemistry, **2006**. Vol.40, Issue 2. P.111-118.
- [11] Askarova A.S., Messerle V.E., Karpenko E.I., Ustimenko A.B. Plasma enhancement of coal dust combustion // 35-th EPS Conference on Plasma Physics. Hersonissos, **2008**. ECA. Vol.32. P.148-152.
- [12] Bekmukhamet A., Bolegenova S.A., Askarova A.S., Beketayeva M.T., Maximov V., OspanovaSh.S., Gabitova Z.K. Numerical modeling of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ-420-140-7c combustion chamber // International Journal of Mechanics, **2014**. Vol.8. P.112-122.
- [13] Askarova A., Bekmukhamet A., Maximov V., Beketayeva M. Numerical experimenting of combustion in the real boiler of CHP // International Journal of Mechanics, **2013**. Vol. 7, Issue 3. P. 343-352.
- [14] Bolegenova S.A., Askarova A.S., Messerle V.E., MaksimovV.Yu., Gabitova Z. Numerical simulation of pulverized coal combustion in a power boiler furnace // Journal of High Temperature, **2015**. Vol.53, Issue 3. P.445-452.
- [15] Ustimenko A.B., Askarova A.S., Messerle V.E., Nagibin A. Pulverized coal torch combustion in a furnace with plasma-coal system // Journal of Thermophysics and Aeromechanics. Vol.7, Issue3, **2010**. P.435-444.

ӘР ТҮРЛІ СҰЙЫҚ ОТЫНДАРДЫҢ БҮРКУ, ТҮТАНУ ЖӘНЕ ЖАНУ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Ә. Асқарова¹, С. Бөлегенова¹, М. Гороховский²,
Ш. Оспанова¹, А. Нұғыманова¹, С. Утелов¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан

²Орталық Лион университеті, Лион қаласы, Франция

Түйін сөздер: сандық модельдеу, жану камерасы, бензин, гептан, тетрадекан.

Аннотация. Берілген мақалада жану камерасындағы бүрку жылдамдығына қатысты әр түрлі сұйық отындардың бүрку және жану процестерін сандық модельдеу нәтижелері келтірілген. Турбулентті әсерлесетін ағыстарды сипаттайтын дифференциалдық теңдеулерді шешу негізінде сұйық отындардың бастапқы бүрку жылдамдықтарына қатысты жану процестеріне зерттеу жүргізілген. Бензин, гептан мен тетрадеканның тиімді параметрлері анықталған. Бастапқы тиімді бүрку жылдамдығына қатысты температуралық алаудың биіктігінің таралуы, тамшылардың радиус бойынша таралуы, температура өрістері мен отын буының таралуы алынды.

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., Садыков 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., Нұғьманова 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., Омаишова 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., Омаишова Г.Ш., Сүттібаева Д.И., Қозыбақова Г.Н.</i> Изобаралық процесті зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастырудың бланкі үлгісі.....	92
<i>Қабылбеков К.А., Омаишова 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>Қойишьева 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>Қойишьева 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>Темирбеков 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 полужакрепленной 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.