

JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

INVESTIGATION OF THERMOPHYSICAL AND ENERGY CHARACTERISTICS OF COAL–WATER FUEL

Davlonov Khayrulla Allamurotovich¹

Toshmamatov Bobir Mansurovich²

Uzboev Maaftun Dusyarovich³

¹Karshi State Technical University, PhD, Associate Professor

²Karshi State Technical University, Researcher

e-mail: bobir.toshmamatov@kstu.uz

Abstract. *The article notes that under conditions of fluctuations in global fuel markets and the growing need to improve energy security, the development of energy-efficient and environmentally safe coal-based fuels is becoming increasingly important. A method for producing coal–water fuel based on Angren lignite, pyrolytic char, pyrolysis liquid, water, and a plasticizing additive is proposed. The thermophysical properties of the developed coal–water fuel was determined using calculated relationships for multicomponent systems and verified by experimental data. The density, viscosity, thermal conductivity, and thermal diffusivity of the composite fuel were evaluated. A comparison of calculated and experimental results showed satisfactory agreement, confirming the validity of the applied methodology. It was found that the use of the developed coal-water fuel ensures a high combustion efficiency (up to 95-98%), reduces emissions of harmful components, and improves the efficiency of fuel resource utilization.*

Keywords: *coal–water fuel, composite fuel, thermophysical properties, thermal performance characteristics.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

Давлонов Хайрулла Алламуротович¹, Тошмаматов Бобир Мансурович¹,
Узбоев Мафтун Дусярович²

¹Каршинский государственный технический университет, PhD, доцент

²Каршинский государственный технический университет, исследователь

e-mail. bobir.toshmamatov@kstu.uz

Аннотация: В статье указано, что в условиях колебаний мировых топливных рынков и потребности в улучшении энергетической безопасности растет важность разработки энергоэффективных и экологически безопасных топлив на основе угля. Предложен метод производства водоугольного топлива на основе ангреноского бурого угля, пиролизного угля, пиролизной жидкости, воды и добавки для пластификации. Физико-тепловые характеристики созданного водоугольного топлива установлены на основании расчетных зависимостей для многокомпонентных систем и подтверждены экспериментальными данными. Определены характеристики плотности, вязкости, теплопроводности и температуропроводности композиционного топлива. Сравнение расчетных и экспериментальных данных выявило их удовлетворительное соответствие, что подтверждает правильность использованной методики. Выявлено, что использование созданного водоугольного топлива гарантирует высокий уровень сжигания (до 95–98 %), уменьшение выбросов вредных компонентов и улучшение эффективности расходования топливных ресурсов.

Ключевые слова: водоугольное топливо, композиционное топливо, теплофизические свойства, теплотехнические характеристики.

Введение.

Сегодня по всему миру переосмысливается значение угля для обеспечения национальной энергетической безопасности [1]. В условиях нестабильности



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

мировых топливных рынков и сбоя в поставках уголь продолжает оставаться стратегически важным ресурсом, способным уравнивать топливно-энергетический баланс ряда стран. Повышение роли угля в национальных энергетических структурах все чаще воспринимается как элемент стабилизации, предотвращающий серьезные энергетические кризисы и уменьшающий внешнюю зависимость в энергетике. Одновременно с этим экологические последствия обычного сжигания угля - выбросы парниковых газов, твердых частиц и образование золы - требуют разработки и внедрения новых более безопасных и энергоэффективных альтернативных видов топлива на основе угля [2-8].

В этой связи применение угля в виде водоугольных топливных суспензий (ВУТ) рассматривается как многообещающее направление. Эти композиционные топлива обеспечивают более продуктивное сгорание, оптимальные свойства для транспортировки и хранения, а также возможность включения компонентов, созданных из отходов или биомассы, что содействует увеличению как энергетической эффективности, так и экологической безопасности. Переход на более чистые технологии сжигания угля, включая водоугольные суспензии и гибридные топливные смеси, является значимым шагом в обновлении существующих систем теплоснабжения с учетом энергетической безопасности [9-10].

Применение гибридных автономных систем теплоснабжения, использующих возобновляемые источники энергии, является действенной заменой обычным автономным схемам теплоснабжения. Сочетание возобновляемых технологий с современными композиционными угольными топливами значительно увеличивает надёжность, адаптивность и общую энергетическую эффективность систем [11]. Для устранения имеющихся технических и экологических проблем важную роль играет обеспечение



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

постоянного и стабильного обеспечения автономных систем отопления композиционными альтернативными водоугольными топливами. Данный подход позволяет создать стабильную, низкоэмиссионную и энергоэффективную систему теплоснабжения, готовую адаптироваться к изменяющимся условиям топливно-энергетического сектора и поддерживать долгосрочные планы устойчивого энергетического развития [12]. Предложенный исследователями подход включает в себя создание новых образцов альтернативного композиционного топлива «вода-уголь» в виде стабильной эмульсии, основанной на многокомпонентной смеси. Состав данной смеси включает 30÷40 % мелкодисперсных угольных порошков, получаемых на угольных месторождениях или считющихся непригодными для классического использования (мелкие фракции, неудобные для транспортировки и хранения), 25÷30 % технически очищенной воды и 10÷30 % добавок пластифицирующих реагентов. В качестве пластификаторов и активных энергетических веществ применяются жидкие продукты пиролиза биомассы, использованные моторные масла, углеводородные полимерные соединения, а также жидкость, полученная в результате термической переработки измельченных резино-пластиковых отходов в установках пиролиза. Также в состав композиции добавляется смесь сточных вод, что способствует формированию устойчивой эмульсионной структуры альтернативного топлива типа «вода-уголь». Применение данного метода дает возможность не только эффективно переработать мелкие угольные отходы и разные виды техногенных и домашних углеводородсодержащих отходов, но и значительно улучшить экологическую безопасность процессов горения топлива. В результате использования созданного альтернативного эмульсионного топлива наблюдается уменьшение выбросов токсичных веществ в атмосферу, возникающих при сжигании обычных топливно-энергетических ресурсов (природного газа, угля,



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

мазута). В частности, выбросы оксидов азота снижаются на 30÷40 %, а объем парниковых газов и соединений оксидов серы уменьшается в 1,5÷2 раза. Это помогает уменьшить отрицательное влияние на природу и увеличить экологическую результативность теплотехнических систем. Полное и более равномерное сжигание разработанного эмульсионного альтернативного топлива ВУТ (степень выгорания достигает 95÷98 %) способствует экономии природных ресурсов угля, улучшению коэффициента использования топлива и уменьшению образования золошлаковых отходов [9]. Также использование этого топлива гарантирует постоянное и надежное обеспечение агропромышленных предприятий, тепличных комплексов и автономных теплогенерирующих систем альтернативными источниками энергии. Это создает условия для разработки энергоэффективных, экологически чистых и ресурсосберегающих систем теплоснабжения, направленных на применение вторичных энергетических ресурсов и местных видов топлива, а также содействует усилению энергетической устойчивости регионов и увеличению эффективности расходования топливно-энергетических ресурсов.

Методы и материалы.

Современные автономные системы теплоснабжения сталкиваются с серьезными трудностями, обусловленными необходимостью бесперебойного снабжения традиционными органическими видами топлива (природного газа и угля) и их рациональным использованием. В некоторых зарубежных государствах (Китай, Япония, Швеция, Россия) поиск решения этой проблемы частично осуществляется за счет внедрения возобновляемых источников энергии. В последнее время особую популярность приобретает технология альтернативного композиционного топлива, известного как «вода–уголь». В качестве примера можно привести Китай, где в 2006 году водоугольное топливо использовалось в



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

объеме около 15 миллионов тонн. К 2020 году этот показатель вырос до почти 100 миллионов тонн, демонстрируя стремительный рост применения данной технологии [10].

В 2020-2021 годах научная группа Томского политехнического университета, возглавляемая Е.В. Губиным, совместно с А.В. Зенкиным, разработала опытные образцы водоугольного топлива, предназначенного для использования в промышленных котлах теплоэнергетического назначения. В качестве альтернативного топлива, претендующего на замену традиционным, рассматривались варианты, включающие помимо воды и угля различные добавки [11]. Один из вариантов предусматривал добавление изопропилового спирта в количестве $5\div 8\%$, другой - отработанных моторных масел в концентрации $8\div 12\%$. После проведения испытаний авторы исследования пришли к выводу, что добавление моторного масла повышает теплоту сгорания водоугольного топлива на $22\div 30\%$, а изопропилового спирта - на $20\div 25\%$.

Результаты

Авторами создано альтернативное водоугольное топливо на основе композиционной смеси следующего состава: 30 % порошкообразного ангренового бурого угля, 30 % угля пиролиза (биоугля), 9 % жидкости пиролиза, 30 % воды и 1 % пластифицирующей добавки. Осуществлялся выбор компонентного состава с учетом обеспечения необходимых реологических свойств, стабильности суспензии, а также улучшения теплотехнических и экологических характеристик топлива.

Во время приготовления композиции обеспечивалось равномерное распределение твёрдой фазы в водной среде с добавлением пластификатора, который способствовал стабилизации структуры и предотвращению расслоения смеси. Полученное водоугольное альтернативное топливо обладает стабильной



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

эмульсионно-суспензионной структурой и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Физико-тепловые характеристики созданного водоугольного топлива были установлены на основе вычислительных зависимостей для многокомпонентных систем с учетом объемных долей компонентов и дополнительно подтверждены результатами проведенных экспериментальных исследований. В процессе экспериментов были установлены плотность, вязкость, теплопроводность, температурная проводимость и иные теплофизические характеристики композиции.

Сравнение расчетных показателей с результатами экспериментальных измерений продемонстрировало удовлетворительное совпадение, что подтверждает правильность использованной методики оценки теплофизических свойств. Результаты, которые были получены, отображены в таблицах 1 и 2 и могут быть применены в теплотехническом моделировании процессов сжигания, расчетах теплообменников и при разработке автономных систем теплоснабжения, использующих водоугольное композиционное топливо.

Таблица 1.

Теплофизические характеристики компонентов, применяемых для получения водоугольного композиционного топлива.

Компонент	Плотность ρ , кг/м ³	Объемная доля r_i	Динамическая вязкость μ , Па·с	Теплопроводность λ , Вт/(м·°C)	Температуропроводность, м ² /с
Уголь В2	1350	0.30	-	0.25	-



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

Биоуголь (пиролиз)	900	0.30	-	0.20	-
Пиролизная жидкость	950	0.09	0.02	0.18	-
Пластификатор	1000	0.01	0.5	0.20	-
Вода	1000	0.30	0.001	0.60	$1.4 \cdot 10^{-7}$

Таблица 2

Теплофизические свойства водоугольного топлива (ВУТ)

Тип топлива	Плотность ρ , кг/м ³	Объемная доля g_i	Динамическая вязкость μ , Па·с	Кинематическая вязкость ν , м ² /с	Теплопроводность λ , Вт/(м·°С)	Температуропроводность a , м ² /с
ВУТ	1150- 1250	1.0	0.15- 0.35	(1.5- 3.0)·10 ⁻⁴	0.45- 0.55	(1.2- 1.8)·10 ⁻⁷

Заключение

Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показало их удовлетворительное совпадение, что подтверждает корректность примененной методики. Установлено, что применение разработанного водоугольного топлива обеспечивает высокую степень выгорания (до 95–98 %), снижение выбросов вредных веществ и повышение эффективности использования топливных ресурсов. Полученные результаты могут быть использованы при теплотехническом моделировании процессов горения, расчете теплообменного



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

оборудования и проектировании автономных систем теплоснабжения, использующих водоугольные композиционные топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Allaev K.R. Modern Energy and Prospects for its Development. Edited by Academician Salimov A.U. – Tashkent: Fan va Texnologiyalar, 2021. – 951 p.
2. Узаков Г. Н., Базаров О. Ш., Давланов Х. А., Тошмаматов Б. Научно-инновационные разработки Каршинского инженерно-экономического института по использованию возобновляемых источников энергии Беларусь-Узбекистан: формирование рынка инновационной продукции Сборник материалов научно практической конференции (Минск, 14–15 марта 2023 г.), стр. 353-356.
3. Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М. Энергоэффективные системы и технологии с использованием альтернативных источников энергии //Альтернативная энергетика. 2021. Т. 1. С. 7-19.
4. Uzakov G.N. et al. 2025. Development of a hybrid pyrolysis device and justification of energy efficiency. E3S Web of Conferences 623, 03012
5. Toshmamatov B.M., Uzboev M.D., Mamatova M.Sh. Analysis Of Thermal And Technical Parameters Of Alternative Fuels Obtained From Biomass Pyrolysis. American Journal of Applied Science and Technology. Vol.05 Issue 12 2025. 161-166 pp.
6. Toshmamatov B.M., Uzboev M.D., Mamatova M. Development of a Method for Obtaining Energy-Efficient Water-Coal Fuel Based on Biomass Pyrolysis Products. Alternative energy. 2025. 4(21). pp. 38-44.
7. Toshmamatov B.M. Uzboev M.D., Toshboev A.R. FTIR Analysis of Coal–Water Alternative Fuel. Alternative energy. 2025. 4 (21). pp. 45-48.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-2, 2026

8. Toshmamatov B.M. Uzboev M.D. Analysis of technologies and devices for burning alternative biomass-derived fuels. *International Journal of Science and Technology*, Volume 03, Issue 02. 2026, PP. 13–17.
9. Chatterjee, R., Sajjadi, B., Chen, W.Y., Mattern, D., Hammer, N., Raman, V., Dorris, A., 2020. Effect of pyrolysis temperature on physicochemical properties and acousticbased amination of bioko'mir for efficient CO₂ adsorption. *Front. Energy Res.* 8.
10. Uzakov G. et al. Physical Principles of Wastewater Heat Utilization Using High-Temperature Solar Installations. // *Springer Proceedings in Physics*. 2025.7.31.
11. Toshmamatov B. Development of automation and control system of waste gas production process based on information technology. // *Communications in Computer and Information Science*. – 2024. -2112. - PP.196–205.

