

АНОТАЦІЯ

Муман М. Підвищення ефективності спалювання водовугільного палива шляхом додаванням відходів виробництва біодизеля. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – «Теплоенергетика». – Національна металургійна академія України, Дніпро, 2021.

Національна металургійна академія України, Дніпро, 2021.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню закономірностей процесу займання та горіння водовугільного палива з додаванням відходів біодизелю, а саме гліцерину, теплофізичних властивостей та особливостей теплообміну такого палива.

У дисертаційній роботі отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що у сукупності є суттєвими для вирішення актуальної науково-технічної задачі, яка полягає у підвищенні енергоефективності спалювання водовугільного палива шляхом додавання відходів виробництва біодизеля з урахуванням експериментально визначених теплофізичних властивостей палива, закономірностей і доцільних умов займання та горіння палива із забезпеченням максимальної реалізації його енергетичного потенціалу та мінімізацією негативного впливу на довкілля.

Вперше за умов додавання до водовугільного палива гліцерину як відходу виробництва біопалива у кількості 5...20 % мас. експериментально визначено вплив останнього на теплоємність та коефіцієнт теплопровідності палива, що дозволило встановити відповідні емпіричні залежності.

Отримали подальший розвиток відомості про закономірності впливу вмісту гліцерину в діапазоні 5...20 % мас у водовугільному паливі на тривалість і

температуру кожної стадії горіння, що дозволило визначити раціональні умови, що забезпечують підвищення ефективності спалювання палива.

Набуло подальшого розвитку уявлення про закономірності теплообміну при примусовому русі водовугільного палива як неньютонівської рідини з урахуванням отриманих теплофізичних властивостей та вперше встановлено критеріальне рівняння подоби виду $Nu=f(Gz)$ для діапазону числа подоби Пекле $137 \dots 15 \cdot 10^5$.

Отримали подальший розвиток відомості про закономірності утворення азото- та сірковмісних сполук у продуктах згоряння водовугільного палива в залежності від вмісту гліцерину у ньому та температури процесу, що дозволило визначити умови спалювання, які дозволяють зменшити негативний вплив на довкілля.

Запропоновано раціональні параметри ефективного спалювання водовугільного палива з додаванням гліцерину, які забезпечують максимальну реалізацію енергетичного потенціалу даного палива зі зменшенням негативного впливу на довкілля

Отримано вихідні дані та практичні рекомендації для проєктування теплообмінних апаратів для термічної активації водовугільного палива при температурі 150-200 °С (витрата, швидкість, температура теплоносіїв, площа теплообміннику тощо).

Розроблені режимні параметри роботи випалювальних печей при використанні для їх опалення водовугільного палива з додаванням гліцерину передані для впровадження на ділянці виробництва вапна ТОВ «МЗ «Дніпросталь».

Матеріали дисертаційної роботи використовується у навчальному процесі кафедри енергетичних систем та енергоменеджменту Національної металургійної академії України у курсах лекцій, при виконанні випускних робіт бакалаврів та магістрів зі спеціальністю 144 – Теплоенергетика.

Ключові слова: водовугільне паливо, гліцерин, закономірності горіння, стадії спалювання, температурно-часові характеристики горіння, ступінь вигорання, коефіцієнт теплопровідності, теплоємність, теплообмін, екологія

Список публікацій здобувача

Публікації, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

- включених до наукометричної бази Scopus або Web of Science:

1. Pinchuk V.A., Sharabura T.A., Moumane M., Kuzmin A.V. Experimental research into the influence of temperature, coal metamorphic stage and the size of coal-water fuel drop on the fuel drop combustion process. *International Journal of Energy for a Clean Environment*. 2019. Vol. 20. P. 43–62. DOI: 10.1615/InterJEnerCleanEnv.2019030065.

2. Pinchuk V.A., Moumane M., Sharabura T.A., Pinchuk S.A. Investigations on environmental indicators of thermal processing of coal-water fuel. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2019. Vol. 6. No. 3. P. 493-499.

3. Pinchuk, V.A., Moumane, M., Sharabura, T.A., Kuzmin, A.V., Pinchuk, S.A. Evidence of the illegitimacy of the additive approach to the determination of the thermophysical properties of coal-water fuel with glycerol. *International Journal of Energy Research*. 2020. 44(14), P. 12056–12065. DOI:10.1002/er.5858.

4. Pinchuk V., Moumane M., Sharabura T., Shishko Y., Kuzmin A. Applicability of the Graetz's solution for Newtonian fluids to the calculations of the heat transfer in coal-water fuel at the pre-heating stage. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2021. Vol. 21. P. 100798. DOI: 10.1016/j.tsep.2020.100798.

- які засвідчують апробацію матеріалів дисертації на наукових конференціях та семінарах:

1. Пинчук В.А., Шарабура Т.А., Муман М. Оценка эффективности использования водоугольного топлива в энергетических установках. *Strategy of Quality in Industry and Education: Proceedings XIV International Conference, Varna (Bulgaria) 04-07.06.2018. Varna, 2018. Vol. 1. P. 108 - 113.*
2. Шарабура Т.А., Пинчук В.А., Муман М. Исследование процесса сжигания водоугольного топлива в циклонном топочном устройстве путем математического моделирования. *New Technologies and Achievements in Metallurgy and Materials Engineering and Production Engineering and Physics: XIX International scientific conference: collective monograph, edited by Marcin Knapiński Częstochowa (Poland), 7-8.06.2018. Częstochowa, 2018. P. 446 – 451.*
3. Муман М., Пинчук В.О. Експериментальне дослідження теплофізичних властивостей водовугільного палива с додаванням гліцерину. *Молода академія 2020: зб. тез доп. всеукр. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених, м. Дніпро, 21-22 травня 2020р. Дніпро. Т.1. С. 103.*
4. Pinchuk V. A., Moumane M., Mamuzić I., Starchenko A. V. Experimental research of heat transfer during thermal activation of coal-water fuel. *Materials and metallurgy:14 th international symposium of Croatian metallurgical society, Šibenik (Croatia), 21 – 26 June 2020. Šibenik, 2020. P.443.*
5. Муман М., Пинчук В.О. Дослідження теплообміну при примусовому русі водовугільного палива. *Молода академія 2021: зб. тез доп. всеукр. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених, м. Дніпро, 20-21 травня 2021р. Дніпро. Т.1. С. 73.*

ABSTRACT

Moumane M. Increasing the efficiency of coal-water fuel combustion by adding waste from biodiesel production. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 144 – «Heat and Power Engineering». – National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, 2021.

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, 2021.

The thesis has solved an urgent scientific and technical issue, which is to increase the energy efficiency of the burning coal-water fuel process by adding biodiesel production waste. The experimentally determined thermophysical properties of fuel have been taken into account alongside with regularities found and determination of appropriate conditions for ignition and combustion of fuel with maximum energy potential and minimizing the negative impact on the environment.

For the first time under the conditions of adding glycerol to coal-water fuel as a waste of biofuel production in the amount of 5... 20% of the mass the influence of the glycerol on the fuel heat capacity and thermal conductivity was experimentally determined, which allowed to establish the corresponding empirical dependencies.

The data about the regularity of the effect of glycerol content in the range of 5 ... 20 % mass in the coal-water fuel on the duration and temperature of each stage of combustion were further developed. This which allowed to determine the rational conditions for increasing the efficiency of fuel combustion.

The ideas about the regularities of heat transfer during forced motion of coal-water fuel as a non-Newtonian fluid have been further developed taking into account the obtained thermophysical properties. Also, the criterial similarity equations of the form $Nu = f(Gz)$ for the range of Péclet number of $137...15 \cdot 10^5$ have been established

for the first time. Practical recommendations for designing heat-transfer apparatuses for thermal activation of coal-water fuel at 150-200 °C have been obtained.

The data on the regularities of formation of nitrogen- and sulfur-containing compounds in the combustion products of coal-water fuel depending on the content of glycerol in it and the process temperature were further developed. This allowed to determine the combustion conditions that reduce the negative impact on the environment.

The rational parameters of efficient combustion of coal-water fuel with the addition of glycerol are proposed. They provide the maximum realization of the fuel energy potential with a reduction of the negative impact on the environment.

The operating parameters of furnaces while using coal-water fuel with the addition of glycerol for their heating have been developed for implementation at the lime production site of Dnipro Steel Ltd.

The data of the thesis are used in the educational process of the Department of Energy Systems and Energy Management of the National Metallurgical Academy of Ukraine in the courses of lectures, while performing graduate works of Bachelors and Masters in the specialty 144 –Heat Power Engineering.

Keywords: coal-water fuel, glycerol, regularities of combustion, stages of combustion, temperature-time characteristics of combustion, burnout degree, coefficient of thermal conductivity, heat capacity, heat exchange, ecology

List of publications of the applicant

Publications, in which are published the main scientific results of thesis:

- indexed by the database Scopus or Web of Science:

1. Pinchuk V.A., Sharabura T.A., Moumane M., Kuzmin A.V. Experimental research into the influence of temperature, coal metamorphic stage and the size of coal-water fuel drop on the fuel drop combustion process. International Journal of Energy for a Clean Environment. 2019. Vol. 20. P. 43–62. DOI:

10.1615/InterJEnerCleanEnv.2019030065.

2. Pinchuk V.A., Moumane M., Sharabura T.A., Pinchuk S.A. Investigations on environmental indicators of thermal processing of coal-water fuel. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2019. Vol. 6. No. 3. P. 493-499.

3. Pinchuk, V.A., Moumane, M., Sharabura, T.A., Kuzmin, A.V., Pinchuk, S.A. Evidence of the illegitimacy of the additive approach to the determination of the thermophysical properties of coal-water fuel with glycerol. *International Journal of Energy Research*. 2020. 44(14), P. 12056–12065. DOI: 10.1002/er.5858.

4. Pinchuk V., Moumane M., Sharabura T., Shishko Y., Kuzmin A. Applicability of the Graetz's solution for Newtonian fluids to the calculations of the heat transfer in coal-water fuel at the pre-heating stage. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2021. Vol. 21. P. 100798. DOI: 10.1016/j.tsep.2020.100798.

- publications that confirm the approbation materials of thesis:

1. Пинчук В.А., Шарабура Т.А., Муман М. Оценка эффективности использования водоугольного топлива в энергетических установках. *Strategy of Quality in Industry and Education: Proceedings XIV International Conference, Varna (Bulgaria) 04-07.06.2018*. Varna, 2018. Vol. 1. P. 108 - 113.

2. Шарабура Т.А., Пинчук В.А., Муман М. Исследование процесса сжигания водоугольного топлива в циклонном топочном устройстве путем математического моделирования. *New Technologies and Achievements in Metallurgy and Materials Engineering and Production Engineering and Physics: XIX International scientific conference: collective monograph, edited by Marcin Knapieński Częstochowa (Poland), 7-8.06.2018*. Częstochowa, 2018. P. 446 – 451.

3. Муман М., Пинчук В.О. Експериментальне дослідження теплофізичних властивостей водовугільного палива с додаванням гліцерину. *Молода академія 2020: зб. тез доп. всеукр. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених, м. Дніпро, 21-22 травня 2020р. Дніпро. Т.1. С. 103.*

4. Pinchuk V. A., Moumane M., Mamuzić I., Starchenko A. V. Experimental research of heat transfer during thermal activation of coal-water fuel. *Materials and metallurgy*:14 th international symposium of Croatian metallurgical society, Šibenik (Croatia), 21 – 26 June 2020. Šibenik, 2020. P.443.

5. Муман М., Пінчук В.О. Дослідження теплообміну при примусовому русі водовугільного палива. *Молода академія 2021*: зб. тез доп. всеукр. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених, м. Дніпро, 20-21 травня 2021р. Дніпро. Т.1. С. 73.