Оригинальная статья

УДК 621.311.24:662.66 © Г.Л. Козенкова✉[1], Г.Г. Фозилов[2], Ш.Ч. Турсунов[3], А.А. Игамбердиев[4], Л.М. Идигова[5,6], 2025

[1] Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 353924, г. Новороссийск, Россия
[2] Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», 100000, г. Ташкент, Узбекистан
[3] Термезский государственный университет, 190100, г. Термез, Узбекистан
[4] Ташкентский государственный технический университет, 100095, г. Ташкент, Узбекистан
[5] ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова», 364024, г. Грозный, Россия
[6] Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, 364051, г. Грозный, Россия
✉ e-mail: galleon56@mail.ru

Original Paper

UDC 621.311.24:662.66 © G.L. Kozenkova✉[1], G.G. Fozilov[2], Sh.Ch. Tursunov[3], A.A. Igamberdiyev[4], L.M. Idigova[5,6], 2025

[1] Admiral F.F. Ushakov State Maritime University, Novorossiysk, 353924, Russian Federation
[2] "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Tashkent, 100000, Uzbekistan
[3] Termez State University, Termez, 190100, Uzbekistan
[4] Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan
[5] Kadyrov Chechen State University, Grozny, 364024, Russian Federation
[6] H.I. Ibragimov Complex Scientific Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, 364051, Russian Federation
✉ e-mail: galleon56@mail.ru

Использование угля марки Б2 в парогазовых установках с внутрицикловой газификацией

Use of B2 grade coal in combined cycle gasification units

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-6-104-108

КОЗЕНКОВА Г.Л.
Доцент, Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 353924, г. Новороссийск, Россия, e-mail: galleon56@mail.ru

ФОЗИЛОВ Г.Г.
PhD, старший преподаватель, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», 100000, г. Ташкент, Узбекистан, e-mail: g_fozilov@tiiame.uz

ТУРСУНОВ Ш.Ч.
Канд. сельхоз. наук, доцент, Термезский государственный университет, 190100, г. Термез, Узбекистан, e-mail: tursunov55@mail.ru

Проведен анализ перспектив использования технологии внутрицикловой газификации для эффективного применения бурого угля марки Б2 в парогазовых установках. Показано, что газификация угля марки Б2 является перспективным направлением, позволяющим эффективно использовать низкосортное топливо и снизить зависимость от более дорогих видов топлива. Определены основные этапы работы, включающие расчетные исследования процесса газификации угля марки Б2 и моделирование работы газового тракта парогазовой установки при использовании синтез-газа, полученного из этого угля. Предложено использовать метод Доброхотова для расчета процесса газификации. Установлено, что при оптимальном соотношении газифицирующих агентов (пар/кислород) генераторный газ, полученный из угля марки Б2, имеет среднюю теплотворную способность около 9,11 МДж/м^3. Использование синтез-газа из угля марки Б2 в газотурбинной установке приводит к увеличению КПД выработки электроэнергии на 2%. Представлены результаты, демонстрирующие потенциал повышения энергетической эффективности угольных электростанций.

Ключевые слова: *газификация угля, уголь марки Б2, парогазовая установка, синтез-газ, энергетическая эффективность, энергетический баланс, метод Доброхотова, газовая турбина.*

Для цитирования: Использование угля марки Б2 в парогазовых установках с внутрицикловой газификацией / Г.Л. Козенкова, Г.Г. Фозилов, Ш.Ч. Турсунов и др. // Уголь. 2025;(6):104-108. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-104-108.

Abstract

The paper analyses the prospects of using the technology of in-cycle gasification for the efficient use of B2 lignite in combined cycle gas turbine plants. It is shown that gasification of B2 coal is a promising direction allowing to use low-grade fuel efficiently and reduce dependence on more expensive fuels. The main stages of the work are defined, including computational studies of the process of gasification of B2 coal and modelling of the gas path of a combined cycle gas turbine when using synthesis gas obtained from this coal. It is proposed to use the Dobrokhotov method for calculation of the gasification process. It is established that at optimum ratio of gasifying agents (steam/oxygen) the generator gas obtained from B2 coal has an average calorific value of about 9.11 MJ/m^3. It is shown that the use of synthesis gas from B2 coal in a gas turbine plant leads to a 2% increase in power generation efficiency. The results demonstrating the potential for increasing the energy efficiency of coal-fired power plants are presented.

Keywords

Coal gasification, B2 coal, combined cycle plant, synthesis gas, energy efficiency, energy balance, Dobrokhotov method, gas turbine.

For citation

Kozenkova G.L., Fozilov G.G., Tursunov Sh.Ch., Igamberdiyev A.A., Idigova L.M. Use of B2 grade coal in combined cycle gasification units. *Ugol'*. 2025;(6):104-108. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-104-108.

ИГАМБЕРДИЕВ А.А.

Старший преподаватель,
Ташкентский государственный технический университет,
100095, г. Ташкент, Узбекистан,
e-mail: abdulazizigamberdiyev699@gmail.com

ИДИГОВА Л.М.

Доктор экон. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова»,
364024, г. Грозный, Россия,
Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук,
364051, г. Грозный, Россия,
e-mail: l.idigova@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Уголь, как один из самых распространенных и доступных энергетических ресурсов, играет значительную роль в глобальном энергетическом балансе. Однако традиционные технологии сжигания угля связаны с существенными экологическими проблемами, включая выбросы оксидов серы и азота, твердых частиц и углекислого газа [1, 2, 3, 4]. Существует несколько путей для решения этих проблем. Первый – это модернизация существующих угольных электростанций путем замены устаревшего оборудования на более эффективное и экологически чистое. Второй путь – строительство новых, высокоэффективных энергоблоков, работающих на сверхкритических и ультрасверхкритических параметрах пара [5, 6]. Эти технологии позволяют повысить КПД электростанций и снизить удельные выбросы загрязняющих веществ. Третий, наиболее перспективный путь, – это строительство парогазовых установок с внутрицикловой газификацией угля (ПГУ-ВЦГ) [7, 8, 9].

Внедрение технологии газификации угля в энергетический сектор представляет собой многообещающее направление. Газификация позволяет преобразовать уголь в синтез-газ, который может быть использован в газовых турбинах для производства электроэнергии. Этот процесс обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным сжиганием угля [10, 11, 12, 13]. В контексте энергетической отрасли России особенно актуальными становятся разработка и внедрение технологий газификации угля марки Б2. Этот тип угля, характеризующийся высокой влажностью и пониженной теплотой сгорания, часто считается низкосортным и менее привлекательным для традиционного сжигания [14, 15]. Однако газификация предоставляет возможность эффективного использования угля марки Б2 для производства электроэнергии и тепла, снижая зависимость от более дорогих и экологически чистых видов топлива, таких как природный газ. Использование угля марки Б2 позволяет значительно снизить

затраты на топливо [16, 17, 18, 19]. В связи с этим актуальность исследований в области газификации угля марки Б2 обусловлена необходимостью разработки эффективных рекомендаций по оптимизации процесса газификации для конкретных условий эксплуатации.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе исследовалась возможность применения технологии внутрицикловой газификации для эффективного использования бурого угля марки Б2 в парогазовых установках. Общий план экспериментальных работ включал в себя расчетные исследования процесса газификации угля марки Б2 и моделирование работы газового тракта парогазовой установки при использовании синтез-газа, полученного из этого угля. Основным этапом работы являлся расчет процесса газификации угля марки Б2. Этот расчет проводился с использованием метода Доброхотова, который предполагает, что процесс газификации включает в себя две основные стадии: сухую перегонку (полукоксование) и непосредственно газификацию. Моделировался процесс слоевой газификации с парокислородным дутьем, аналогичный технологии Лурги. В рамках расчета определялись состав генераторного газа, его теплотворная способность, удельный выход продуктов газификации и удельные расходы газифицирующего агента (пара и кислорода). Также составлялись материальный и тепловой балансы процесса газификации.

В расчетах учитывались следующие параметры угля марки Б2: рабочая влажность – 33%, содержание углерода – 44,3%, водорода – 3,0%, азота – 0,4%, кислорода – 14,4%, серы – 0,1%, зольность – 4,7%, низшая рабочая теплота сгорания – 15,65 МДж/кг. В качестве газифицирующих агентов использовались пар и кислород, расход которых варьировался для достижения оптимального состава генераторного газа. Расход пара составил 0,44 кг на кг угля, а расход кислорода – 0,5 кг на кг угля. Расчеты проводились для определения оптимального соотношения пар/кислород, обеспечивающего максимальную теплотворную способность генераторного газа и высокий КПД газификации. Результаты расчетов газификации угля марки Б2 были использованы для моделирования работы газового тракта парогазовой установки GT13E2. Это позволило оценить влияние использования синтез-газа из бурого угля марки Б2 на основные параметры работы установки, включая КПД, расход газов, расход воздуха и топлива.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные расчетные исследования процесса газификации бурого угля марки Б2 позволили получить ряд важных результатов, характеризующих состав и свойства получаемого генераторного газа, а также эффективность процесса преобразования топлива. Расчеты показали, что при использовании слоевой газификации с парокислородным дутьем и оптимальным соотношением газифицирующих агентов (расход пара – 0,44 кг/кг угля и расход кислорода – 0,5 кг/кг угля), генераторный газ, полученный из угля марки Б2, имеет среднюю теплотворную способность около 9,11 МДж/м^3. Этот показатель является важным параметром, определяющим пригодность данного газа для использования в энергетических установках, в частности в газовых турбинах.

Из анализа состава генераторного газа установлено, что основными компонентами являются: оксид углерода (CO), водород (H_2), метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2) (*рис. 1*). Соотношение между этими компонентами может варьироваться в зависимости от условий газификации, таких как температура, давление и соотношение пар/кислород. Однако, в целом, содержание CO и H_2, являющихся горючими компонентами, достаточно высокое, что обеспечивает возможность эффективного сжигания газа в камере сгорания газовой турбины.

Расчет КПД газификации угля марки Б2 показал, что при оптимальных условиях он составляет примерно 54,6%. Это означает, что около 54,6% энергии, содержащейся в угле, преобразуется в энергию генераторного газа. Оставшаяся часть энергии теряется в виде тепла, уходящего со шлаком, уносом и другими продуктами газификации.

При газификации 100 кг угля марки Б2 образуется примерно 111,59 кг сухого газа. Помимо этого, образуется около 70,26 кг влаги, содержащейся в газе, 0,12 кг аммиака, 5 кг смолы, 2 кг уноса и 4,99 кг шлака. Эти данные важны для проектирования систем очистки газа и утилизации отходов, образующихся в процессе газификации. Тепловой баланс процесса газификации угля марки Б2 на 100 кг угля показал,

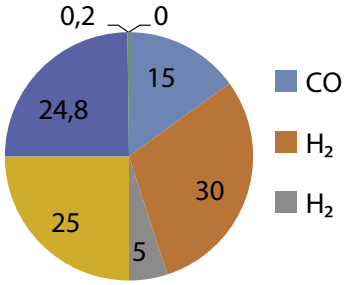

Рис. 1. Состав генераторного газа, полученного при газификации угля марки Б2, %

Fig. 1. The composition of the generator gas produced during the gasification of B2 grade coal, %

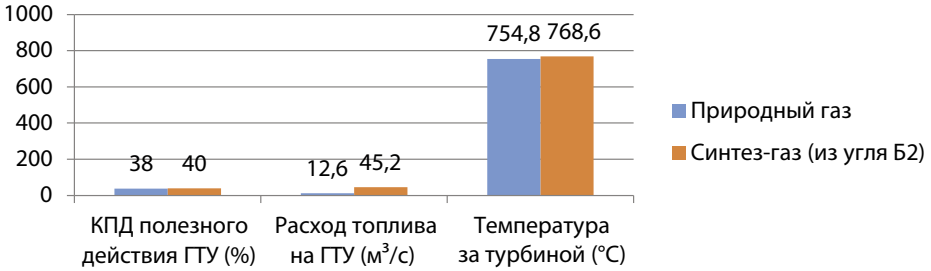

Рис. 2. Влияние использования синтез-газа из угля Б2 на параметры газотурбинной установки GT13E2

Fig. 2. The effect of using synthesis gas from B2 coal on the parameters of the GT13E2 gas turbine unit

что теплотворная способность топлива (угля) составляет 1565 МДж, теплосодержание кислорода – 7,96 МДж, а теплосодержание пара – 96,01 МДж. При этом теплотворная способность сухого газа составляет 911 МДж, теплосодержание сухого газа – 102,81 МДж, теплосодержание влаги газа – 276,95 МДж, теплотворная способность смолы – 148 МДж, теплосодержание смолы – 7,95 МДж, теплотворная способность аммиака – 2,44 МДж, теплотворная способность уноса – 46,76 МДж, теплотворная способность шлака – 13,93 МДж, а тепловые потери – 159,15 МДж.

Использование синтез-газа из угля марки Б2, по результатам расчетных исследований, привело к увеличению КПД выработки электроэнергии на 2%, достигнув 40% по сравнению с 38% при использовании природного газа (*рис. 2*). Это связано с более эффективным сжиганием синтез-газа в камере сгорания газовой турбины и лучшим согласованием параметров газа с параметрами турбины. Также было отмечено, что расход топлива на ГТУ увеличился с 12,6 м^3/с до 45,176 м^3/с. Этот факт обусловлен меньшей теплотворной способностью синтез-газа по сравнению с природным газом, что требует большего его объема для достижения той же тепловой мощности. Объемный расход газов на турбину уменьшился с 420,7 до 361,8 м^3/с.

Кроме того, использование синтез-газа привело к увеличению температуры за турбиной с 754,8°С до 768,6°С, что может потребовать дополнительных мер по защите оборудования от перегрева. В целом, из результатов проведенных расчетных исследований установлено, что использование угля марки Б2 в парогазовых установках с внутрицикловой газификацией является перспективным направлением, позволяющим эффективно использовать низкосортное топливо.

ОБСУЖДЕНИЕ

Получение синтез-газа с теплотворной способностью 9,11 МДж/м^3 при слоевой газификации с парокислородным дутьем указывает на принципиальную возможность эффективной переработки данного вида топлива, который в силу своей высокой влажности и низкой теплоты сгорания зачастую считается менее привлекательным для традиционного сжигания. Существует четкая зависимость между соотношением пара, кислорода, составом и теплотворной способностью получаемого синтез-газа. Увеличение доли кислорода способствует повышению температуры в реакционной зоне, что, в свою очередь, благоприятно сказывается на полноте конверсии углерода и увеличении содержания CO и, как следствие, теплотворной способности газа. Однако избыток кислорода приводит к нежелательному увеличению концентрации CO_2, что снижает энергетическую ценность синтез-газа. С другой стороны, повышение доли пара способствует увеличению выхода водорода за счет реакции конверсии водяного газа ($CO + H_2O > CO_2 + H_2$), однако при этом снижается температура в реакционной зоне, что может привести к неполной конверсии углерода и снижению общей теплотворной способности. Численные значения могут отличаться в зависимости от используемой технологии газификации, типа газификатора и параметров процесса. Так, в исследованиях, использующих газификацию в кипящем слое или плазменную газификацию, достигается более высокая степень конверсии углерода и, соответственно, более высокая теплотворная способность синтез-газа. Однако эти технологии, как правило, требуют более сложного и дорогостоящего оборудования и контроля процесса [20, 21].

При моделировании работы газотурбинной установки GT13E2 на синтез-газе было показано, что увеличение КПД установки с 38 до 40% при переходе с природного газа на синтез-газ свидетельствует о потенциальной возможности повышения энергетической эффективности угольных электростанций за счет использования технологии внутрицикловой газификации. Это можно объяснить более высокой температурой сгорания синтез-газа и особенностями процессов теплообмена в газовой турбине. Однако значительное увеличение расхода топлива (более чем в 3,5 раза) является серьезным вызовом, который необходимо учитывать при оценке экономической целесообразности внедрения данной технологии. Увеличение расхода топлива означает необходимость пересмотра всей системы топливоподачи и хранения, а также может привести к увеличению эксплуатационных затрат [22]. В целом, результаты исследования подтверждают перспективность использования угля марки Б2 для производства электроэнергии и тепла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило оценить потенциал использования технологии внутрицикловой газификации для эффективного применения бурого угля марки Б2 в парогазовых установках. Ключевым выводом работы является подтверждение принципиальной возможности получения синтез-газа с приемлемой теплотворной способностью из низкосортного угля марки Б2 посредством слоевой газификации с парокислородным дутьем. Расчеты показали, что при оптимальных условиях газификации достигается КПД процесса около 54,6%, а теплотворная способность полученного газа составляет примерно 9,11 МДж/м^3. Анализ состава генераторного газа выявил высокое содержание горючих компонентов, таких как оксид углерода и водород, что делает его пригодным для использования в газовых турбинах. Моделирование работы газотурбинной установки на синтез-газе из угля Б2 показало увеличение КПД выработки электроэнергии на 2% по сравнению с использованием природного газа, что свидетельствует о потенциале повышения энергетической эффективности угольных электростанций. В то же время исследование выявило и определенные ограничения, связанные с увеличенным расходом топлива при использовании синтез-газа, что требует тщательной проработки вопросов логистики и хранения топлива. Необходимо учитывать, что в случае применения синтез-газа также потребуется модернизация систем очистки газа и утилизации отходов, образующихся в процессе газификации.

Список литературы • References

1. Podoprigora D.G., Byazrov R.R., Lagutina M.A., Arabov D.V., Galimov V.V., Ermolin D.S. A novel integrated methodology for screening, assessment and ranking of promising oilfields for polymer floods.

Advances in Geo-Energy Research. 2024;12(1):8-21. DOI: 10.46690/ager.2024.04.02.

2. Kukartsev V., Saidov N., Stupin A., Shagaeva O., Antamoshkina O., Korpacheva L. Prototype Technology Decision Support System for the EBW Process. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023; 596 LNNS:456-466. DOI: 10.1007/978-3-031-21435-6_39.
3. Ahmadi M.H., Alizadeh S.M., Tananykhin D.S., Hadi S.K., Iliushin P., Lekomtsev A.V. Laboratory evaluation of hybrid chemical enhanced oil recovery methods coupled with carbon dioxide. *Energy Reports*. 2021;(7):960-967. DOI: 10.1016/j.egyr.2021.02.005.
4. Saychenko L., Tananykhin D., Ashena R. Prevention of scale in the downhole equipment and productive reservoir during the oil well operation. *Journal of Applied Engineering Science*. 2021;19(2):363-368. DOI: 10.5937/jaes0-29696.
5. Yelemessov K.K., Isametova M.E., Saidinbayeva N.D., Kukartsev V.V. Mathematical and computer modeling of gantry crane load-beam system oscillation. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023;15(2):450-461. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-2-450-461.
6. Moiseeva K., Kuimova O., Orlov V., Kukartsev V., Lesnyak T. The Impact of Coal Generation on the Ecology of City Areas. 2023 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA, INFOTEH 2023. DOI: 10.1109/INFOTEH57020.2023.10094117.
7. Podoprigora D.G., Sabukevich V.S., Korobov G.Y., Nguen V.T. Justification of Developed System Measures to Increase Productivity of Wells in Eastern Part of Pechora Sea Oil Field. *International Journal of Engineering*. 2024;37(11):2303-2313. DOI: 10.5829/ije.2024.37.11b.15.
8. Khekert E.V., Lyutikova M.N. Neutral Buoyancy Power Systems for Marine Applications. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. 2023;971 LNEE:108–116. DOI: 10.1007/978-3-031-20631-3_12.
9. Zhilkina Y., Kukartsev V., Nizameeva A., Pinchuk I., Ageev D. Strategy of introduction of information system in trade and logistics company. *E3S Web of Conferences*. 2023;(458):05016. DOI: 10.1051/e3sconf/202345805016.
10. Tananykhin D.S. Scientific and Methodological Support of Sand Management During Operation of Horizontal Wells. *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics.* 2024;37(07):1395-407. DOI: 10.5829/ije.2024.37.07a.17.
11. Kolenchukov O.A., Mikhaulov A.Y., Bashmur K.A., Tynchenko V.S., Sergienko R.B., Kukartsev V.V., Tynchenko V.V. Forecasting the technical condition of thermochemical reactor systems. *SOCAR Proceedings*. 2023;2023(1):123-130. DOI: 10.5510/OGP20230100814.
12. Gutarevich V.O., Mikhalev A.S., Tynchenko Y.A., Kukartsev V.V., Gozbenko V.E. Reducing oscillations in suspension of mine monorail track. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2023;(11):72-87. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_111_0_72.
13. Nussipali R., Martyushev N.V., Malozyomov B.V., Konyukhov V.Yu., Oparina T.A., Romanova V.V., Kononenko R.V. Combined Power Generating Complex and Energy Storage System. *Electricity*. 2024;(5): 931-946. DOI: 10.3390/electricity5040047.
14. Myrzakulov M.K., Jumankulova S.K., Barmenshinova M.B., Martyushev N.V., Skeeba V.Y., Kondratiev V.V., Karlina A.I. Thermodynamic and Technological Studies of the Electric Smelting of Satpaevsk Ilmenite Concentrates. *Metals.* 2024;(14):1211. DOI: 10.3390/met14111211.
15. Adigamov R.R., Baraboshkin K.A., Mishnev P.A., Karlina A.I. Development of rolling procedures for pipes of K55 strength class at the laboratorial mill. *CIS Iron and Steel Review*. 2022;(24):60-66. DOI: 10.17580/cisisr.2022.02.09.
16. Malozyomov B.V., Golik V.I., Brigida V., Kukartsev V.V., Tynchenko Y.A., Boyko A.A., Tynchenko S.V. Substantiation of Drilling Parameters for Undermined Drainage Boreholes for Increasing Methane Production from Unconventional Coal-Gas Collectors. *Energies.* 2023;16(11):4276. DOI: 10.3390/en16114276.
17. Tananykhin D., Palyanitsina A., Rahman A. Analysis of Production Logging and Well Testing Data to Improve the Development System for Reservoirs with Complex Geological Structure. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2020;(7):629-648.
18. Podoprigora D., Korobov G., Bondarenko A. Acid stimulation technology for wells drilled the low-permeable high-temperature terrigenous reservoirs with high carbonate content. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2019;(1):2680-2696.
19. Rogova D., Kurashkin S., Tynchenko V., Seregin Y., Privalov A., Kukartsev V. Comprehensive review of state-of-the-art intelligent methods for videosequences analysis. AIP Conference Proceedings. 2023;(2700):040046. DOI: 10.1063/5.0124865.
20. Cherkasova T.G., Cherkasova E.V., Tikhomirova A.V., Karlina A.I., Skiba V.Y. Study of Matrix and Rare Elements in Ash and Slag Waste of a Thermal Power Plant Concerning the Possibility of their Extraction. *Metallurgist*. 2022;65(11-12):1324-1330. DOI: 10.1007/s11015-022-01278-2.
21. Malozyomov B.V., Martyushev N.V., Babyr N.V., Pogrebnoy A.V., Efremenkov E.A., Valuev D.V., Boltrushevich A.E. Modelling of Reliability Indicators of a Mining Plant. *Mathematics*. 2024;(12):2842. DOI: 10.3390/math12182842.
22. Akzharkyn I., Yelemessov K., Baskanbayeva D., Martyushev N.V., Skeeba V.Y., Konyukhov V.Yu., Oparina T.A. Strengthening Polymer Concrete with Carbon and Basalt Fibres. *Appl. Sci*. 2024;(14):7567. DOI: 10.3390/app14177567.

Authors Information

Kozenkova G.L. – Associate Professor, Admiral F.F. Ushakov State Maritime University, Novorossiysk, 353924, Russian Federation, e-mail: galleon56@mail.ru

Fozilov G.G. – PhD, Senior lecturer, "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Tashkent, 100000, Uzbekistan, e-mail: g_fozilov@tiiame.uz

Tursunov Sh.Ch. – PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Termez State University, Termez, 190100, Uzbekistan, e-mail: tursunov55@mail.ru

Igamberdiyev A.A. – Senior Lecturer, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan, e-mail: abdulazizigamberdiyev699@gmail.com

Idigova L.M. – Doctor of Economic Sciences, Professor, Kadyrov Chechen State University, Grozny, 364024, Russian Federation, H.I. Ibragimov Complex Scientific Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, 364051, Russian Federation, e-mail: l.idigova@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.04.2025
Поступила после рецензирования: 16.05.2025
Принята к публикации: 26.05.2025

Paper info

Received April 15, 2025
Reviewed May 16, 2025
Accepted May 26, 2025