

Information about the authors

Temirlan Nurlanuly Umyrzhan* – doctoral student of the educational programme 8D05302 «Technical Physics» of the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9111-1975>.

Nurzhhan Nurlanuly Umyrzhan – master's student of the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: nurka20029568@gmail.com.

Zhan Kasenovich Aldazhumanov – senior lecturer, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: jean1974@mail.ru.

Nikolay Aleksandrovich Demin – deputy head of the territorial department of the atomic and energy supervision and control committee of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan for the Abay region, Republic of Kazakhstan; e-mail: nik.dyomin87@mail.ru.

Sergey Lvovich Elistratov – doctor of technical sciences, professor of the Department of «Heat Power Plants»; Novosibirsk State Technical University, Russian Federation; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru.

Поступила в редакцию 06.09.2024

Поступила после доработки 19.09.2024

Принята к публикации 20.09.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-37](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-37)



FTAXP: 44.31.31

Т.Н. Умыржан^{1*}, Н.Н. Умыржан¹, А.Н. Шалаганова¹, А.С. Кузкенов², С.Л. Елистратов³

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинка көшесі, 20 А

²«Теплокоммунэнерго» ММК,
070000, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Әуезов даңғылы, 111

³Новосибирск мемлекеттік техникалық университеті,
630073, Ресей Федерациясы, Новосибирск қаласы, Маркс даңғылы, 20, 1 корпус, ком.10
*e-mail: timirlan-95@mail.ru

КЕУЕКТІ МЕТАЛДАРДЫҢ ЖЫЛУ АЛМАСУ АППАРАТТАРЫНДА ҚОЛДАНЫЛУ ТИІМДІЛІГІНІҢ ТАЛДАУЫ

Аңдатпа: Бұл зерттеуде кеуекті металдардың жылу алмасу аппараттарында қолданылу тиімділігін талдауға бағытталған, олардың жылу алмасу процестерін жақсартуға әсеріне ерекше назар аударады. Кеуекті металдар өздерінің ерекше құрылымы арқасында жоғары жылу өткізгіштікке және кеңейтілген байланыс бетіне ие, бұл жылу алмасудың тиімділігін арттырады. Зерттеу барысында кеуекті коэффициенттің жылу алмасу сипаттамаларына әсерін бағалау үшін эксперименттер мен теориялық талдаулар жүргізілді. Масса шығыны мен жылу мөлшерінің кеуекті коэффициентке тәуелділігінің графигі осы тәуелділіктердің сызықты сипатын көрсетеді. Математикалық деректерді өңдеу кеуекті коэффициенттің ұлғаюы фреонның жылу мөлшері мен массалық шығынын арттыратынын көрсетті, бұл жылу алмасудың тиімділігін арттыруды көрсетеді. Нәтижелер кеуекті металдардың жылу алмасушылардың және энергия үнемдеу көрсеткіштерінің едәуір жақсаратынын растайды. Жүргізілген зерттеу негізінде кеуекті металдарды жылу алмасу аппараттарында қолдануды әрі қарай зерттеу және енгізу ұсынылады, бұл олардың жұмысын оңтайландырып, жүйенің жалпы тиімділігін арттырады. Бұл нәтижелер кеуекті металдардың энергия және машина жасау сияқты әртүрлі салаларда қолдануға жаңа перспективаларды ашады.

Түйін сөздер: кеуекті металдар, жылу алмастырғыштар, жылу алмасу тиімділігі, кеуектілік коэффициенті, жылу техникасы, эксперименттік зерттеу, сызықтық тәуелділік.

Кіріспе

Кеуекті металдардың жылу алмасу аппараттарында қолданылу тиімділігінің талдауы жылу алмасу және жылу техникалары саласында маңызды зерттеу бағыттарын білдіреді. Кеуекті металдар өздерінің ерекше құрылымы арқасында жылу алмасу процесстерін жақсартуға және жылу алмасушылардың жалпы тиімділігін арттыруға жаңа мүмкіндіктер ұсынады. Кеуекті металдар жоғары жылу-физикалық қасиеттерге ие, мысалы, жоғары жылу өткізгіштік және үлкен байланыс беті. Бұл сипаттамалар жылу алмасуды жақсартуға мүмкіндік береді, себебі металл мен жылу тасымалдағыштар арасындағы байланыс алаңы ұлғаяды, сондай-ақ конвективті жылу тасымалдау артады. Сонымен қатар, кеуекті құрылым жылу алмасушылардағы ағымдардың таралуын жақсартады, бұл жергілікті температура айырмашылықтарын төмендетіп, құрылғының жалпы жылулық теңгерімін жақсартады.

Алайда, кеуекті металдардың жылу алмасу аппараттарында қолданылу тиімділігі көптеген факторларға байланысты, мысалы, кеуекті материалдың құрылымы, кеуектердің өлшемдері, олардың таралуы және кеуекті металдың жасалған материалы. Сондай-ақ, жылу тасымалдағыштың ағыны мен жұмыс процесінің температурасы сияқты факторларды ескеру маңызды.

Кеуекті металдардың жылу алмасу аппараттарында қолданылуын оңтайландыру үшін олардың термалды және гидродинамикалық сипаттамаларын детальды зерттеу қажет. Негізгі аспектілердің бірі - кеуекті металдармен жылу алмасушылардың тиімділігін бағалау үшін модельдер мен әдістерді әзірлеу [1-5]. Мұндай модельдер жылу алмасушылардың әртүрлі жұмыс режимдеріндегі мінез-құлқын болжауға және олардың тиімділігін арттыру үшін оптималды параметрлерді таңдауға мүмкіндік береді [6,7].

Зерттеулер кеуекті металдардың жылу алмасу және энергия үнемдеу көрсеткіштерін едәуір жақсартуға қабілетті екенін көрсетеді, бұл оларды энергия, машина жасау және химия өнеркәсібі сияқты әртүрлі салаларда қолдану үшін перспективалы етеді [8-10]. Кеуекті металдарды жылу алмасушыларға енгізу энергия шығындарын азайтуға, жылу алмасушылардың өлшемдерін қысқартуға және олардың ұзақ мерзімділігін арттыруға әкелуі мүмкін.

Мәселені қою

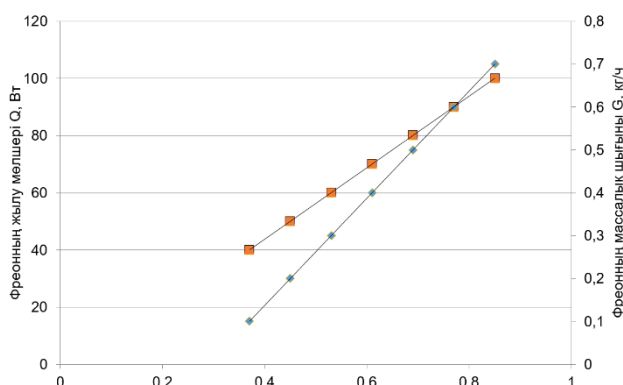
Зерттеу объектісі: Кеуекті металдар жылу алмасу аппараттарында.

Жұмыстың мақсаты: Кеуекті металдарды жылу алмасушыларда қолдануды оңтайландыру арқылы олардың тиімділігін арттыру және жылу алмасуды жақсарту.

Зерттеу әдісі: Эксперименттік және теориялық әдістер.

Зерттеу нәтижелері

Жүргізілген экспериментке негізделіп, жылу мөлшері мен фреонның массалық шығынының кеуекті коэффициентке тәуелділігін көрсететін график салынды (сурет 1).



Сурет 1 – Жылу мөлшері мен фреонның массалық шығынының кеуекті коэффициентке тәуелділігін көрсететін график

Математикалық өңдеудің нәтижесінде алынған теңдеулер мыналар:

– Фреонның жылу мөлшерінің Q (Вт) кеуекті коэффициент p тәуелділігін сипаттайтын теңдеу:

$$Q = 125p - 6,25 \quad (1)$$

– Фреонның массалық шығынының G (кг/сағ) кеуекті коэффициент p тәуелділігін сипаттайтын теңдеу:

$$G = 1,25p - 0,362 \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерін талдау жылу мөлшері мен фреонның массалық шығынының кеуекті коэффициентке тәуелділігінің сызықты сипатта екенін көрсетеді. Бұл кеуекті коэффициент пен жылу алмасудың тиімділігі арасында тікелей байланыс бар екенін білдіреді. Кеуекті коэффициенттің ұлғаюымен фреон арқылы берілетін жылу мөлшері мен фреонның массалық шығыны да артады.

Жүргізілген талдау бастапқы деректер мен кеуекті металдармен жылу алмасушылардың пайдалану шарттарын көрсетті, кеуекті металдар жылу алмасу процесстерінің тиімділігін арттыру әлеуетіне ие. Жүйелерді жобалау және пайдалану кезінде ескеру қажет негізгі параметрлер анықталды, оның ішінде ең жақсы нәтижелерге жету үшін кеуекті коэффициенттің оптималды мәндері.

Қорытындылар

Зерттеу нәтижелері кеуекті металдардың жылу алмасушыларда қолданудың тиімділігін растады. Кеуекті коэффициент, жылу мөлшері мен фреонның массалық шығыны арасындағы сызықты байланыстар жылу алмасу процесстерін дәл бақылау және оңтайландыру мүмкіндігін көрсетеді. Алынған деректерге негізделе отырып, жылу алмасу жабдықтарының тиімділігін арттыру үшін кеуекті металдарды одан әрі зерттеу және енгізу ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Применение пористых материалов в теплообменных аппаратах системы теплоснабжения / Н.В. Рыдалина и др. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22, № 3. – С. 3-13. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-3-3-13>.
2. Patent US. № 3394756. Porous plate condenser / John L., James F., Richard P. – 05.01.1976. Available at: <http://www.freepatentsonline.com/3394756.pdf> html. Accessed to: 20 avg 2019.
3. Осипов, С.Н. Энергоэффективные малогабаритные теплообменники из пористых теплопроводных материалов / С.Н. Осипов, А.В. Захаренко // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2018. – Т. 61, № 4. – С. 346-358. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2018-61-4-346-358>.
4. Степанов О.А. Использование пористых металлов для повышения эффективности теплообменных аппаратов в теплоэнергетике / О.А. Степанов, Н.В. Рыдалина // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: Материалы IV Межд. научно-практич. конф., Комсомольск-на-Амуре, 16-26 февраля 2021 года / Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 147-151.
5. Рыдалина, Н.В. Экспериментальное исследование пористых металлов в теплообменниках / Н.В. Рыдалина, О.А. Степанов, Е.А. Антонова // Наука и инновации XXI века: Сб. ст. по материалам VI Всероссийской конф. молодых ученых, Сургут, 27 сентября 2019 года. Том II. – Сургут: Сургутский государственный университет, 2020. – С. 96-100.
6. Николенко К.В. Конструктивные особенности рекуперативных теплообменников на базе пористых элементов / К.В. Николенко, А.В. Николенко, В.В. Курсин // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей LXV Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 июня 2023 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. – С. 40-42.
7. Рыдалина Н.В. Метод расчета теплообменных аппаратов с пористыми вставками / Н.В. Рыдалина // Трансформация нефтегазового комплекса 2030: Сборник материалов X школы-семинара молодых учёных по теплофизике и механике многофазных систем, Тюмень, 23–25 мая 2023 года. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2023. – С. 60-61.
8. Computational study of heat transfer enhancement using porous foams with phase change materials: A comparative review / E. Hamidi et al. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2023. – Т. 176. – P. 113196.
9. A critical review on phase change materials (PCM) based heat exchanger: different hybrid techniques for the enhancement / H. Togun et al // Journal of Energy Storage. – 2024. – Т. 79. – P. 109840.

10. Patel A. Heat Exchanger Materials and Coatings: Innovations for improved heat transfer and durability / A. Patel // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). – 2023. – Т. 13. – № 9. – Р. 131-42.

References

1. Primenenie poristyykh materialov v teploobmennyykh apparatakh sistemy teplosnabzheniya / N.V. Rydalina i dr. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Problemy ehnergetiki. – 2020. – Т. 22, № 3. – С. 3-13. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-3-3-13>. (In Russian).
2. Patent US. № 3394756. Porous plate condenser / John L., James F., Richard P. – 05.01.1976. Available at: <http://www.freepatentsonline.com/3394756.pdf> html. Accessed to: 20 avg 2019. (In English).
3. Osipov S.N. Ehnergoehffektivnye malogabaritnye teploobmenniki iz poristyykh teploprovodnykh materialov / S.N. Osipov, A.V. Zakharenko // Ehnergetika. Izv. vyssh. ucheb. zavedenii i ehnerg. ob"edinenii SNG. – 2018. – Т. 61, № 4. – С. 346-358. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2018-61-4-346-358>. (In Russian).
4. Stepanov O.A. Ispolzovanie poristyykh metallov dlya povysheniya ehffektivnosti teploobmennyykh apparatov v teploehnergetike / O.A. Stepanov, N.V. Rydalina // Proizvodstvennye tekhnologii budushchego: ot sozdaniya k vnedreniyu: Materialy IV Mezhd. nauchno-praktich. konf., Komsomol'sk-na-Amure, 16-26 fevralya 2021 goda / Redkollegiya: S.I. Sukhorukov (otv. red.), A.S. Gudim, N.N. Lyubushkina. – Komsomol'sk-na-Amure: Komsomol'skii-na-Amure gosudarstvennyi universitet, 2021. – С. 147-151. (In Russian).
5. Rydalina N.V. Ehksperimental'noe issledovanie poristyykh metallov v teploobmennikakh / N.V. Rydalina, O.A. Stepanov, E.A. Antonova // Nauka i innovatsii XXI veka: Sb. st. po materialam VI Vserossiiskoi konf. molodykh uchenykh, Surgut, 27 sentyabrya 2019 goda. Tom II. – Surgut: Surgutskii gosudarstvennyi universitet, 2020. – С. 96-100. (In Russian).
6. Nikolenko K.V. Konstruktivnye osobennosti rekuperativnykh teploobmennikov na baze poristyykh ehlementov / K.V. Nikolenko, A.V. Nikolenko, V.V. Kursin // Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sbornik statei LXV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Penza, 15 iyunya 2023 goda. – Penza: Nauka i Prosveshchenie (IP Gulyaev G.YU.), 2023. – С. 40-42. (In Russian).
7. Rydalina N.V. Metod rascheta teploobmennyykh apparatov s poristymi vstavkami / N.V. Rydalina // Transformatsiya neftegazovogo kompleksa 2030: Sbornik materialov X shkoly-seminara molodykh uchenykh po teplofizike i mekhanike mnogofaznykh sistem, Tyumen', 23-25 maya 2023 goda. – Tyumen': Tyumenskii gosudarstvennyi universitet, 2023. – С. 60-61. (In Russian).
8. Computational study of heat transfer enhancement using porous foams with phase change materials: A comparative review / E. Hamidi et al. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2023. – Т. 176. – R. 113196. (In English).
9. A critical review on phase change materials (PCM) based heat exchanger: different hybrid techniques for the enhancement / H. Togun et al // Journal of Energy Storage. – 2024. – Т. 79. – R. 109840. (In English).
10. Patel A. Heat Exchanger Materials and Coatings: Innovations for improved heat transfer and durability / A. Patel // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). – 2023. – Т. 13. – № 9. – R. 131-42. (In English).

Т.Н. Умыржан^{1*}, Н.Н. Умыржан¹, А.Н. Шалаганова¹, А.С. Кузкенов², С.Л. Елистратов³

¹Университет имени Шакарима г. Семей,
071412, Республика Казахстан, город Семей, улица Глинки, 20 А

²ГКП «Теплокоммунэнерго»,
070000, Республика Казахстан, город Семей, проспект Ауэзова, 111

³Новосибирский государственный технический университет,
630073, Российская Федерация, г. Новосибирск, Проспект Маркса, 20, корпус 1, ком.10

*e-mail: timirlan-95@mail.ru

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРИСТЫХ МЕТАЛЛОВ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Данное исследование фокусируется на анализе эффективности использования пористых металлов в теплообменных аппаратах, акцентируя внимание на их влиянии на улучшение теплообменных процессов. Пористые металлы, благодаря своей уникальной структуре, обладают

высокой теплопроводностью и увеличенной поверхностью контакта, что способствует более эффективному теплообмену. В рамках исследования были проведены эксперименты и теоретические анализы для оценки влияния коэффициента пористости на теплообменные характеристики. Построенный график зависимости массового расхода фреона и количества теплоты от коэффициента пористости демонстрируют линейный характер этих зависимостей. Математическая обработка данных показала, что увеличение коэффициента пористости приводит к росту как количества теплоты, передаваемой фреоном, так и массового расхода фреона, что свидетельствует о повышении эффективности теплообмена. Результаты подтвердили, что пористые металлы могут значительно улучшить показатели теплообменников и энергосбережения. На основании проведенного исследования рекомендуется дальнейшее изучение и внедрение пористых металлов в теплообменные аппараты для оптимизации их работы и повышения общей эффективности системы. Эти результаты открывают новые перспективы для применения пористых металлов в различных отраслях, включая энергетику и машиностроение.

Ключевые слова: пористые металлы, теплообменные аппараты, эффективность теплообмена, коэффициент пористости, теплотехника, экспериментальное исследование, линейная зависимость.

T.N. Umyrzhhan^{1*}, N.N. Umyrzhhan¹, A.N. Shalaganov¹, A.S. Kuzkenov², S.L. Elistratov³

¹Shakarim University of Samey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey city, Glinka Street, 20 A

²GKP «Teplokommunenergo»,

070000, Republic of Kazakhstan, Semey city, Auezov Avenue, 111

³Novosibirsk State Technical University,

630073, Novosibirsk, Russian Federation, 20 Marx Avenue, building 1, room.10

*e-mail: timirlan-95@mail.ru

ANALYSING THE EFFICIENCY OF USING POROUS METALS IN HEAT EXCHANGERS

This study focuses on analysing the effectiveness of porous metals in heat exchangers, focusing on their effect on improving heat transfer processes. Porous metals, due to their unique structure, have high thermal conductivity and increased contact surface area, which contributes to more efficient heat transfer. As part of the study, experiments and theoretical analyses were carried out to evaluate the effect of porosity coefficient on heat exchange performance. The plotted dependence of Freon mass flow rate and heat quantity on porosity coefficient demonstrate the linear nature of these dependencies. Mathematical processing of the data showed that an increase in the porosity coefficient leads to an increase in both the amount of heat transferred by Freon and Freon mass flow rate, indicating an increase in heat exchange efficiency. The results confirmed that porous metals can significantly improve the performance of heat exchangers and energy saving. Based on the study, further investigation and implementation of porous metals in heat exchangers is recommended to optimise their performance and improve the overall system efficiency. These results open new perspectives for the application of porous metals in various industries including power and mechanical engineering.

Key words: porous metals, heat exchangers, heat transfer efficiency, porosity coefficient, heat engineering, experimental study, linear dependence.

Сведения об авторах

Темірлан Нұрланұлы Умыржан* – докторант образовательной программы 8D05302-«Техническая физика» кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9111-1975>.

Нұржан Нұрланұлы Умыржан – магистрант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: nurka20029568@gmail.com.

Алмагуль Ныгметовна Шалаганова – старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: shalaganova_alma@mail.ru.

Алмас Салакиденович Кузкенов – начальник ТЭЦ-1; ГКП «Теплокоммунэнерго» города Семей, Республика Казахстан; e-mail: spelar@mail.ru.

Сергей Львович Елистратов – доктор технических наук, профессор кафедры «Тепловых электрических станций»; Новосибирский государственный технический университет, Российская Федерация; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

Темірлан Нұрланұлы Умыржан* – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының 8D05302-«Техникалық физика» білім беру бағдарламасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9111-1975>.

Нұржан Нұрланұлы Умыржан – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: nurka20029568@gmail.com.

Алмагуль Ныгметовна Шалаганова – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: shalaganova_alma@mail.ru.

Алмас Салакиденович Кузкенов – ЖЭО-1 басшысы; Семей қаласының «Теплокоммунэнерго» МКҚ, Қазақстан Республикасы; e-mail: spelar@mail.ru.

Сергей Львович Елистратов – техника ғылымдарының докторы, «Жылу электр станциялары» кафедрасының профессоры; Новосибир мемлекеттік техникалық университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru.

Information about the authors

Temirlan Nurlanuly Umyrzhan* – doctoral student of the educational programme 8D05302-«Technical Physics» of the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9111-1975>.

Nurzhan Nurlanuly Umyrzhan – master's student of the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: nurka20029568@gmail.com

Almagul Nygmetovna Shalaganova – senior lecturer, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: shalaganova_alma@mail.ru

Almas Salakidenovich Kuzkenov – head of CHPP-1; State Enterprise Teplocommunenergo of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: spelar@mail.ru

Sergey Lvovich Elistratov – doctor of technical sciences, professor of the Department of «Heat Power Plants»; Novosibirsk State Technical University, Russian Federation; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru

Редакцияға енуі 06.09.2024

Өңдеуден кейін түсуі 19.09.2024

Жариялауға қабылданды 24.09.2024