

agent – dichlorodifluoromethane. In the course of the conducted research the cold-productivity and effective power of the refrigeration cycle for the considered refrigerating agents were determined. An estimation of the refrigerating agent value and the degree of cycle perfection for different refrigerating agents has been carried out. Specific volumetric refrigerating capacity of the investigated refrigerating agents for the considered cycle and parameters has been determined.

As a result of this research, the most expedient refrigerating agent was recommended for replacement at the investigated parameters and cycle of the refrigeration machine.

**Key words:** refrigerating machine cycle, refrigerating agent, refrigerating coefficient, refrigerating capacity, effective power, thermodynamic perfection, specific volumetric refrigerating capacity, thermodynamic analysis.

#### Сведения об авторах

**Михаил Вячеславович Ермоленко\*** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

**Арайлым Муратбековна Советказыева** – магистрант специальности «Техническая физика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: muratbekovna24@mail.ru.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Михаил Вячеславович Ермоленко\*** – техника ғылымдарының кандидаты, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» Қазақстан Республикасы; «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

**Арайлым Муратбековна Советказыева** – «Техникалық физика» мамандығының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: muratbekovna24@mail.ru.

#### Information about authors

**Mikhail Vyacheslavovich Ermolenko\*** – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department «Technical physics and heat power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

**Arailym Muratbekovna Sovetkazyeva** – undergraduate specialty «Technical physics»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: muratbekovna24@mail.ru.

Поступила в редакцию 10.05.2024  
Поступила после доработки 03.06.2024  
Принята к публикации 04.06.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-42

FTAXP: 67.53.23



**А.К. Кинжибекова<sup>2</sup>, Ж.К. Алдажуманов<sup>1</sup>, К.С. Зарыкбаева<sup>1</sup>,  
А.Б. Леонидова<sup>1\*</sup>, А.Е. Сатыбалдинова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

<sup>2</sup>Торайғыров университеті,  
140008, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ., Ломов көш., 64

\*e-mail: aiym.leonidova@mail.ru

#### ЖЫЛЫТУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ МӘСЕЛЕСІНЕ

**Аңдатпа:** Тұрғын үй-жайларда да, өндірістік үй-жайларда да температураны белгілі бір режимде ұстап тұру үшін қажетті жылу мөлшерін алуға, тасымалдауға және беруге қызмет ететін белгілі бір жабдықтың жұмысын реттеу қажет. Мұндай жабдықтардың жиынтығы жылу жүйелері болып табылады. Мұндай жүйенің құрылғысын дұрыс таңдау, сондай-ақ құрылғылардың тиімділігі, энергияны үнемдеу мәселелерін шешуге байланысты. Көп қабатты ғимараттардың ішінде ғимараттардың көп бөлігі орталықтандырылған жылумен жабдықтауға қосылған. Ғимараттардың

жылу режимінің ерекшеліктері жобалау деңгейінде ескеріледі, ал жылыту жүйелері міндетті түрде стандарттармен негізделген ауа параметрлерін қамтамасыз етуі керек. Жылыту жүйелеріне бірқатар талаптар қойылады: санитарлық-гигиеналық, экономикалық, құрылыс, монтаждау, пайдалану. Көбінесе су салқындатқыш ретінде қолданылады. Суды жылытуды пайдаланудың бірқатар артықшылықтары бар, олардың арасында гигиена, сенімділік, қарапайымдылық және пайдалану ыңғайлылығы бар. Жылыту радиаторлары жасалатын материалдар әртүрлі болуы мүмкін: шойын, болат, алюминий. Биметалл радиаторларын да қолдануға болады. Суды жылыту жүйелерінде радиаторлар жылуды тасымалдаушыдан (әдетте ыстық судан) қоршаған ауаға тасымалдауда шешуші рөл атқарады. Радиатордың дұрыс түрін таңдау бірнеше факторларға байланысты, соның ішінде ғимарат түрі, қажетті жылу қуаты, эстетикалық артықшылықтар және бюджет. Радиатордың белгілі бір түрін таңдау жағдайларға байланысты әр жағдайда анықталады. Радиатордағы жылу беру процесерін есептеу кезінде батареядағы ыстық судан қыздырылған ауаға жылу беру процесі есептеледі.

**Түйін сөздер:** жылыту жүйелері, энергияны үнемдеу, материалдар, жылыту радиаторлары, салқындатқыш, жылу беру.

### Кіріспе

Жылумен жабдықтау жүйесі тұтынушыларды жылу энергиясымен қамтамасыз етумен байланысты барлық инженерлік-техникалық міндеттерді түсінеді. Жылумен жабдықтау жүйелерін зерттеу және дамыту жылуды өндіруге, тасымалдауға, реттеуге және тұтынуға қатысты мәселелерді зерттеуді қамтиды [1].

Қазақстан орталықтандырылған жылумен жабдықтау дамыған елдерге жатады (жылу электр орталықтары, яғни электр энергиясы мен жылуды аралас өндіру кәсіпорындары үлкен таралымға ие болды). Қазақстан Республикасында тұрғындардың 70%-дан астамы ыңғайлы орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелеріне қосылған.

Егер Қазақстан Республикасының (ҚР) климаттық аймақтары бойынша салыстыратын болсақ, онда орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелерінің таралу дәрежесі мынадай:

- Солтүстік аймақ 64%;
- Оңтүстік аймақ 19%;
- Батыс аймақ 17%.

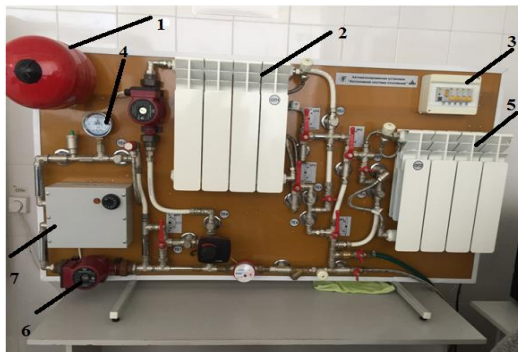
Пайыздар Республиканың ЖЭО-ның қолда бар жиынтық жылу қуатынан келтірілген [2-5].

Қазіргі уақытта әртүрлі жылыту жүйелері белгілі, сондықтан олардың тиімділігін дұрыс бағалай білу маңызды, ол үшін жылу энергиясының жоғалуын білу қажет. Жылу аспаптарын реттеудің заманауи технологияларын пайдалану олардың пайдалы әсер ету коэффициентін арттыруға мүмкіндік береді [6-10].

Сондықтан жылыту аспаптарының энергия тиімділігін арттырудың ықтимал жолдарын зерттеу жалпы ҚР үшін маңызды міндет болып қала береді [11, 12].

### Тапсырма қою

Зерттеулер «Автоматтандырылған жылыту жүйесі-03» эксперименттік қондырғысында жүргізілді (1 сурет).



- 1-кеңейту цистернасы; 2-жылыту құрылғысы; 3-басқару қалқаны; 4-манометриялық термометр және манометр;  
5-жылыту құрылғысы; 6-жылыту аспаптарының контурындағы айналым сорғысы;  
7-автоматты температура реттегіші бар жылу генераторы

Сурет 1 – Автоматтандырылған жылыту жүйесі-03

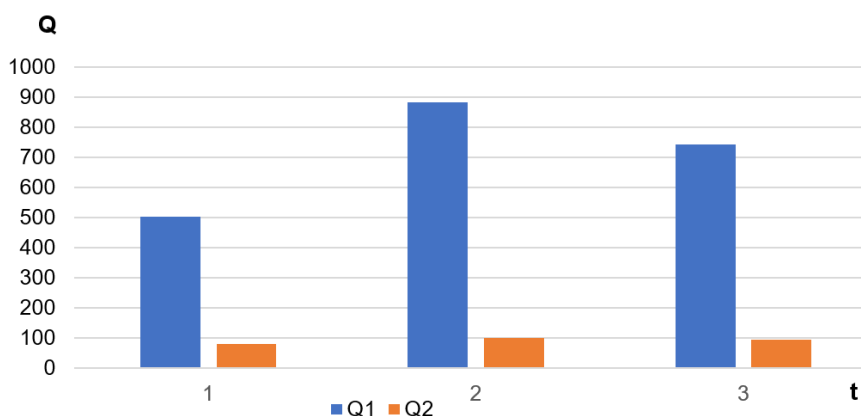
Жылу жүктемесін білу жылу жүйелерін жобалау және қайта құру кезінде қажет. Сондықтан жұмыстың мақсаты жылыту құрылғыларын дәйекті қосу кезінде жылу жүктемесін анықтау болды.

### Зерттеу нәтижелері

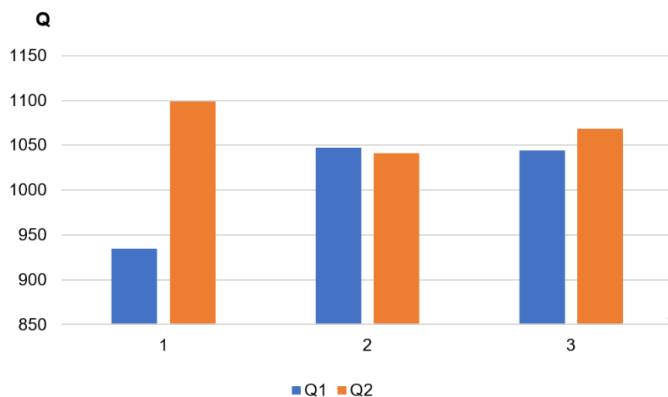
Барлық зерттеулер эксперименттік қондырғыда жүргізілді (1 сурет). Жұмыс барысында қажетті өлшеулер жүргізілді, нәтижесінде жылу құрылғыларын сандық реттеу кезінде жылу өнімділігінің мәндері алынды (бұл жағдайда максималды температура 80°C берілді) және жылыту құрылғыларын сапалы реттеу кезінде (бұл жағдайда максималды температура 50°C, 60°C және 80°C берілді). Жылу тасымалдағышты жүргізу кезіндегі жылу тасымалдағыштың температурасы  $4,6 \cdot 10^{-4}$  м/с,  $6,5 \cdot 10^{-4}$  м/с және  $8,3 \cdot 10^{-4}$  м/с қабылданған белгілеу жүйесі:

- Q1 – жылыту құрылғысының жылу өнімділігі ЖҚ1, Вт;
- Q2 – жылыту құрылғысының жылу өнімділігі ЖҚ2, Вт.

2 суретте жүйе қосылғаннан кейін 20 секундтан кейін құрылғының жылу өнімділігінің мәндері көрсетілген. 3 суретте жылыту құрылғысы қосылғаннан кейін 120 секунд жұмыс істегеннен кейін құрылғының жылу өнімділігінің мәндері көрсетілген.



Сурет 2 – Жүйе қосылғаннан кейін 20 секундтан кейін жылу өнімділігі мәндері



Сурет 3 – Жүйе қосылғаннан кейін 120 секундтан кейін жылу өнімділігі мәндері

Нәтижелерді қарастыру жүйені 20 секундтан кейін барлық қаралған жылдамдықта қосқаннан кейін екінші жылыту құрылғысының жылу өнімділігі шамалы ерекшеленетінін көрсетті.

Қосқаннан кейін 120 секундтан кейін жүйенің жұмысын қарастырған кезде, салқындатқыштың қозғалыс жылдамдығы  $6,5 \cdot 10^{-4}$  м/с және  $8,3 \cdot 10^{-4}$  м/с болғанда, бірінші және екінші жылыту құрылғыларының жылу өнімділігі  $4,6 \cdot 10^{-4}$  м/с жылдамдықтағы құрылғылардың жұмысына қарағанда шамалы ерекшеленеді.

### Қорытынды

Қосқаннан кейін 20 секундтан кейін жылыту жүйесінің жұмысын қарастырған кезде, салқындатқыштың барлық қозғалыс жылдамдығындағы екінші құрылғының жылу

өнімділігіндегі шамалы айырмашылық салқындатқыштың бірінші жылыту құрылғысы арқылы өткеннен кейін орнатылғандығымен түсіндіріледі.

Қосылғаннан кейін 120 секундтан кейін жүйенің жұмысын талдау салқындатқыштың  $6,5 \cdot 10^{-4}$  м/с және  $8,3 \cdot 10^{-4}$  м/с жылдамдықтарын көрсетті, бұл құрылғылардың біркелкі жылу өнімділігін қамтамасыз етеді, бұл салқындатқыштың біркелкі ағынымен түсіндіріледі.

### Әдебиеттер тізімі

1. Шкаровский А.Л. Теплоснабжение: учебник / А.Л. Шкаровский. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 392 с.
2. Аубакирова Ф.Х. Системы централизованного теплоснабжения Казахстана / Ф.Х. Аубакирова, Е.А. Алишер // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – № 10(27). – С. 120-122.
3. Шалаганова, А.Н. Исследование эффективности систем отопления / А.Н. Шалаганова и др. // Молодой ученый. – 2015. – № 9(89). – С. 350-354.
4. Жумагулов, М.Г. Системы теплоснабжения четвертого поколения / М.Г. Жумагулов, Н.Е. Искакова, С.В. Романенко // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: IX Международная научно-практическая конференция, Нур-Султан, 19 марта 2021 года / Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева. – Нур-Султан: Б., 2021. – С. 351-356.
5. Шалаганова, А.Н. Исследование эффективности стенового отопления и отопления «Термоплинтус» / А.Н. Шалаганова, С.П. Левченко // Перспективы науки. – 2015: Материалы I Международного заочного конкурса научно-исследовательских работ, Казань, 12 октября 2015 года / Научно-образовательный центр «ЗНАНИЕ». – Казань: Научно-образовательный центр «Знание», 2015. – С. 209-212.
6. Yuan X. Dynamic temperature model of district heating system based on operation data / X. Yuan, X. Yali, W. Qiongyao // Energy Procedia. – 2019. – Vol. 158. – P. 65706575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.073>.
7. Improving thermal performance of an existing UK district heat network: a case for temperature optimization / M. Tunzi et al // Energy and Buildings. – 2018. – Vol. 158. – P. 1576-1585. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.049>.
8. Moskvitina A. Techno-economic heaters assessment methodology for modern dynamic water heating systems / A. Moskvitina, O. Lyubarets, K. Predun // Management of Development of Complex Systems. – 201937. – P. 210-218.
9. Barbolini F. A design strategy to reach nZEB standards integrating energy efficiency measures and passive energy use / F. Barbolini, P. Cappellacci, L. Guardigli // Energy Procedia. – 2017. – P. 205-214.
10. Livio M. Standard EN 16798-3:2017 on ventilation for non-residential buildings: performance requirements / M. Livio, H. Jaap // REHVA Journal. – 2018. – April. – P. 6-12.
11. Шкрет О. Энергосбережение в Павлодарской области республики Казахстан / О. Шкрет // Вестник Димитровградского инженерно-технологического института. – 2018. – № 3(17). – С. 77-80.
12. Применение теплообменников для разделения контуров отопления / Р.Е. Антонов // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 4-9.

### References

1. Shkarovskii A.L. Teplosnabzhenie: uchebnik / A.L. Shkarovskii. – 2-е изд., стер. – Sankt-Peterburg: Lan', 2020. – 392 s. (In Russian).
2. Aubakirova F.KH. Sistemy tsentralizovannogo teplosnabzheniya Kazakhstana / F.KH. Aubakirova, E.A. Alisher // Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki. – 2018. – № 10(27). – S. 120-122.
3. Shalaganova, A.N. Issledovanie ehffektivnosti sistem otopeniya / A.N. Shalaganova i dr. // Molodoi uchenyi. – 2015. – № 9(89). – S. 350-354. (In Russian).
4. Zhumagulov, M.G. Sistemy teplosnabzheniya chetvertogo pokoleniya / M.G. Zhumagulov, N.E. Iskakova, S.V. Romanenko // Aktual'nye problemy transporta i ehnergetiki: puti ikh innovatsionnogo

resheniya: IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Nur-Sultan, 19 marta 2021 goda / Evraziiskii natsional'nyi universitet im. L.N. Gumileva. – Nur-Sultan: B., 2021. – S. 351-356. (In Russian).

5. Shalaganova, A.N. Issledovanie ehffektivnosti stenovogo otopleniya i otopleniya «TermoplintuS» / A.N. Shalaganova, S.P. Levchenko // Perspektivy nauki. – 2015: Materialy I Mezhdunarodnogo zaochnogo konkursa nauchno-issledovatel'skikh rabot, Kazan', 12 oktyabrya 2015 goda / Nauchno-obrazovatel'nyi tsentr «ZNANIE». – Kazan': Nauchno-obrazovatel'nyi tsentr «ZnaniE», 2015. – S. 209-212. (In Russian).

6. Yuan X. Dynamic temperature model of district heating system based on operation data / X. Yuan, X. Yali, W. Qiongyao // Energy Procedia. – 2019. – Vol. 158. – P. 65706575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.073>. (In English).

7. Improving thermal performance of an existing UK district heat network: a case for temperature optimization / M. Tunzi et al // Energy and Buildings. – 2018. – Vol. 158. – P. 1576-1585. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.049>. (In English).

8. Moskvitina A. Techno-economic heaters assessment methodology for modern dynamic water heating systems / A. Moskvitina, O. Lyubarets, K. Predun // Management of Development of Complex Systems. – 2019. – P. 210-218. (In English).

9. Barbolini F. A design strategy to reach nZEB standards integrating energy efficiency measures and passive energy use / F. Barbolini, P. Cappellacci, L. Guardigli // Energy Procedia. – 2017. – P. 205-214. (In English).

10. Livio M. Standard EN 16798-3:2017 on ventilation for non-residential buildings: performance requirements / M. Livio, N. Jaap // REHVA Journal. – 2018. – April. – P. 6-12. (In English).

11. Shkret O. Ehnergosberezhenie v Pavlodarskoi oblasti respubliky Kazakhstan / O. Shkret // Vestnik Dimitrovgradskogo inzhenerno-tehnologicheskogo instituta. – 2018. – № 3(17). – S. 77-80. (In Russian).

12. Primenenie teploobmennikov dlya razdeleniya konturov otopleniya / R.E. Antonov // Ehnergo- i resursosberezhenie v teploehnergetike i sotsial'noi sfere: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov, uchenykh. – 2019. – T. 7, № 1. – S. 4-9. (In Russian).

**А.К. Кинжибекова<sup>2</sup>, Ж.К. Алдажуманов<sup>1</sup>, К.С. Зарыкбаева<sup>1</sup>, А.Б. Леонидова<sup>1\*</sup>,  
А.Е. Сатыбалдинова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Торайгыров Университет,  
140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64

\*e-mail: aiym.leonidova@mail.ru

## **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ**

*Для того чтобы поддерживать температуру в заданном режиме как жилых, так и в промышленных помещениях необходимо наладить работу определенного количества оборудования, которое будет служить для получения, переноса и передачи требуемого количества теплоты. Совокупность такого оборудования представляет собой отопительные системы. От правильного выбора устройства такой системы зависит, как и эффективность работы приборов, так решение вопросов энергосбережения. Среди многоэтажных застроек большая часть зданий подключена к централизованному теплоснабжению. Особенности теплового режима зданий учитываются на уровне проектирования, а системы отопления должны обязательно обеспечивать обоснованные нормативами параметры воздуха. К системам отопления предъявляется ряд требований: санитарно-гигиенические, экономические, строительные, монтажные, эксплуатационные. Наиболее часто в качестве теплоносителя используется вода. Использование водяного отопления имеет ряд преимуществ, среди которых гигиеничность, надежность, бесшумность, простота и удобство в эксплуатации. Материалы, из которых изготавливаются радиаторы отопления, могут быть различными: чугун, сталь, алюминий. Также возможно использование биметаллических радиаторов. В системах водяного отопления, радиаторы играют ключевую роль в передаче тепла от носителя (обычно горячей воды) к окружающему воздуху. Выбор*

подходящего типа радиатора зависит от нескольких факторов, включая тип здания, требуемую мощность отопления, эстетические предпочтения и бюджет. Выбор конкретного вида радиатора определяется в каждом конкретном случае в зависимости от условий. При расчете процессов передачи теплоты в радиаторе рассчитывается процесс теплопередачи от горячей воды в батарее к нагреваемому воздуху.

**Ключевые слова:** отопительные системы, энергосбережение, материалы, радиаторы отопления, теплоноситель, теплопередача.

**A.K. Kinzhibekova<sup>2</sup>, J.K. Aldazhumanov<sup>1</sup>, K.S. Zarykbaeva<sup>1</sup>, A.B. Leonidova<sup>1\*</sup>,  
A.E. Satybaldinova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

<sup>2</sup>Toraigyrov University,  
140008, Republic of Kazakhstan, Pavlodar, 64 Lomova Street

\*e-mail: aiym.leonidova@mail.ru

## TO THE ISSUE OF DETERMINING THE EFFICIENCY OF HEATING SYSTEMS

*In order to maintain the temperature in a given mode in both residential and industrial premises it is necessary to establish the operation of a certain amount of equipment that will serve to receive, transfer and transmit the required amount of heat. The aggregate of such equipment is a heating system. From the correct choice of the device of such a system depends, as well as the efficiency of the devices, so the solution of energy-saving issues. Among multi-storey buildings, most of the buildings are connected to the centralized heat supply. The peculiarities of the thermal regime of buildings are taken into account at the design level, and heating systems must necessarily provide air parameters justified by regulations. A number of requirements are imposed on heating systems: sanitary-hygienic, economic, construction, installation and operational. Most often water is used as a heat carrier. The use of water heating has a number of advantages, including hygiene, reliability, quietness, simplicity and ease of operation. The materials from which radiators are made can be different: cast iron, steel, aluminum. It is also possible to use bimetallic radiators. The choice of a particular type of radiator is determined in each case, depending on the conditions. When calculating the heat transfer processes in the radiator, the heat transfer process from the hot water in the radiator to the heated air is calculated.*

**Key words:** heating systems, energy saving, materials, heating radiators, heat transfer fluid, heat transfer.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Акмарал Кабиденовна Кинжибекова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Жылуэнергетика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: akmaral70@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0001-5839-3001>.

**Жан Касенович Алдажуманов** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: jean1974@mail.ru.

**Камшат Серикхановна Зарыкбаева** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: kamshat.ru@mail.ru.

**Айым Бауыржанқызы Леонидова\*** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aiym.leonidova@mail.ru.

Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aigerimsemei@mail.ru.

### Сведения об авторах

**Акмарал Кабиденовна Кинжибекова** – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Теплоэнергетика»; Торайғыров Университет, Республика Казахстан; e-mail: akmaral70@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0001-5839-3001>.

**Жан Касенович Алдажуманов** – старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: jean1974@mail.ru.

**Камшат Серикхановна Зарыкбаева** – старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: kamshat.ru@mail.ru.

**Айым Бауыржанқызы Леонидова\*** – преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: айым.leonidova@mail.ru.

**Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова** – преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: айгеримsemei@mail.ru.

#### Information about the authors

**Akmaral Kabidenovna Kinjibekova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Heat Power Engineering Department; Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan; e-mail: akmaral70@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0001-5839-3001>.

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

**Kamshat Serikhanovna Zarykbaeva** – Senior Lecturer, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kamshat.ru@mail.ru.

**Ayym Bauyrzhankyzy Leonidova\*** – teacher of the department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: айым.leonidova@mail.ru.

**Aigerim Yerkenovna Satybaldinova** – teacher of the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: айгеримsemei@mail.ru.

Редакцияға енуі 15.03.2024

Өңдеуден кейін түсуі 03.04.2024

Жариялауға қабылданды 04.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-43

FTAXP: 44.39.01



**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов, Е. Медетұлы\***  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 71  
\*e-mail: medetuli\_ernar@mail.ru

### ЖЕЛ ТУРБИНАСЫН 3D МОДЕЛЬДЕУГЕ АРНАЛҒАН ТОРДЫ ҚҰРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

**Аңдатпа:** Мақалада тұрақты емес ауа ағынымен жел турбинасын 3D модельдеу үшін тор құру міндеті қарастырылады. Мәселені шешу үшін екі тор жасалады: біріншісі айналмалы бөліктен, екіншісі айналмалы емес бөліктен. Сондықтан торды құру үшін OpenFOAM пакетінің бөлігі ретінде blockmesh, snappyHexMesh, transformPoint, reconstructParMesh, mergeMeshes, changeDictionary утилиталары қолданылады. Тордың құрылысындағы негізгі келесі мәселелердің шешімі анықталады: біріншісі-статикалық және қозғалмалы тордың комбинациясы, екінші айналуды осі негізгі осьтердің ешқайсысына параллель емес (бұл факт snappyHexMesh-пен байланыстыруды және айналуды моментін бағалауды қиындатады). Салынған торлардан алынған мәліметтердің нәтижесінде стационарлық бөлік кеңістіктің үлкен көлемін қамтиды және жоғары ажыратымдылыққа ие. Мысалы, бекітілген бөліктің торы blockmesh көмегімен салынған 6 750 000 ұяшықтан тұрады, тордың бүйірлерінің жалпы саны 20 385 000-ға тең, оның 20 115 000-ы ішкі беттер, ал қалғандары тордың шекаралары. Айналмалы бөліктің деректері жабық тордың 2 965 671 ұяшықтан, 9 447 062 беттен және 3 623 151 нүктеден тұратынын көрсетеді. Демек, айналмалы бөлік турбина қалақтарының геометриясы мен динамикасына бейімделеді. Алынған салынған торлардың деректеріне сүйене отырып, тордың сапасы мен ажыратымдылығы талданады. Алынған тордың жел турбинасының айналасындағы турбулентті ағындарды модельдеу үшін жеткілікті дәлдігі мен бейімделуі көрсетілген.

**Түйін сөздер:** тор; шешуші; жел турбинасы; утилиталар; алгоритм.