

Saule Nurtazaevna Kamarova – PhD, Head of Department «Energy»; Karaganda Industrial University, Kazakhstan Republic; e-mail: s.kamarova@ttu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8464-7204>.

Zhuldyz Bolatkyzy Sagdoldina – PhD, Associate Professor; Leading Researcher, Research Centre «Surface Engineering and Tribology»; Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Поступила в редакцию 08.08.2024
Поступила после доработки 10.09.2024
Принята к публикации 16.09.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-35](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-35)



MPHTI: 44.31.41

Д.Н. Нурғалиев*, **А.Е. Сатыбалдинова¹**, **А.Б. Леонидова¹**, **О.Қ. Құлмаханбет¹**,
С.Л. Елистратов²

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20 А
²Новосибирский государственный технический университет,
Россия, Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20
*e-mail: daniarsemei@mail.ru

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА СТЕНД-ТРЕНАЖЕРЕ «ХОЛОДИЛЬНИК-2»

Аннотация: В данной работе проведены детальные экспериментальные исследования, направленные на испытание рабочих режимов холодильной установки «Холодильник-2» модели СТХ 02.00.01. Целью исследования было не только продемонстрировать функционирование двухкамерного компрессионного холодильника, но и решить ряд образовательных задач. Эти задачи включали изучение технологических операций, имитацию различных неисправностей, а также регистрацию и анализ данных о хладагенте, что позволяет глубже понять работу системы в разных условиях.

В ходе исследования основное внимание было сосредоточено на моделировании различных неисправностей и оценке их воздействия на работу установки. В качестве части анализа была построена диаграмма давления-энтальпия (i - P) с использованием специализированной программы CoolPack. Эти данные также были визуализированы в Microsoft Excel для более наглядного представления и удобства анализа.

Результаты исследования продемонстрировали, что установка функционирует стабильно в номинальном режиме, периодически переходя в стационарное состояние и вновь активируясь через определенные промежутки времени. Такой режим работы свидетельствует о надежности и согласованности функционирования холодильной установки, что подтверждается как полученными диаграммами, так и анализом данных. Эти результаты подчеркивают эффективность предложенных методов диагностики и устранения неисправностей, а также обеспечивают основу для дальнейших исследований и оптимизации работы оборудования.

Ключевые слова: холодильная установка, неисправность, программа CoolPack, диаграмма, экспериментальные работы.

Экспериментальные исследования по испытанию рабочих режимов проводились на установке «Холодильник-2» СТХ 02.00.01 (рис. 1) в лаборатории энергетических систем НАО «Университета Шакарима города Семей». Установка «Холодильник-2» работает по принципу компрессионного охлаждения и представляет собой современное решение для управления температурными режимами.

Актуальность данного исследования обусловлена возрастающими требованиями к энергоэффективности и надежности холодильного оборудования. В условиях изменения климата и роста потребностей в хранении продуктов с различными температурными

режимами, важность точного контроля температуры и оптимизации рабочих режимов возрастает. Установка «Холодильник-2» оснащена двумя независимыми отделениями: верхней морозильной камерой, предназначенной для хранения продуктов при температуре ниже 0°C, и нижней холодильной камерой, обеспечивающей более высокие температуры, но все еще поддерживающей условия, предотвращающие замораживание.

Такая конструкция позволяет адаптировать температурные режимы под специфические требования хранения различных продуктов, что способствует улучшению качества и увеличению срока их сохранности. Эффективное управление температурными режимами, предлагаемое установкой «Холодильник-2», соответствует современным требованиям к энергоэффективности и может служить примером для дальнейших разработок и улучшений в области холодильной техники [1].

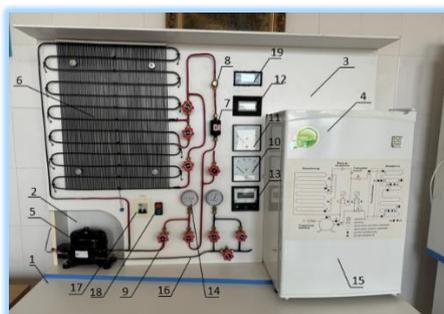


Рисунок 1 – Общий вид стенда-тренажера «Холодильник – 2»

1 – стол рабочий; 2 – стойка; 3 – панель; 4 – шкаф с испарителем; 5 – мотор-компрессор; 6 – конденсатор; 7 – фильтр-осушитель; 8 – стекло смотровое; 9 – вентили; 10 – вольтметр; 11 – амперметр; 12 – счетчик электрический; 13 – измеритель температуры; 14 – манометр; 15 – датчик-реле температуры; 16 – трубопроводы; 17 – устройство защитного отключения; 18 – кнопки; 19 – многофункциональный измерительный прибор

Стенд-тренажер «Холодильник-2» предназначен для демонстрации работы бытового двухкамерного компрессионного холодильника и решения ряда образовательных задач, таких как:

- изучение технологических операций;
- имитация и диагностика неисправностей;
- регистрация данных о хладагенте.

Этот стенд-тренажер служит важным инструментом для образовательного процесса, предоставляя практическое понимание работы холодильных систем и их обслуживания.

В нашей работе было необходимо смоделировать работу холодильника в условиях различных неисправностей. Это включало:

- создание сценариев неисправностей;
- анализ влияния неисправностей;
- оценка методов диагностики и устранения [2].

Таким образом, наша работа позволила глубже понять не только функционирование холодильника при номинальных условиях, но и его поведение при различных дефектах, что является важным для подготовки квалифицированных специалистов в области холодильной техники.

В связи с этим, на стенд-тренажере «Холодильник-2» были проведены экспериментальные работы в номинальном режиме. Так же дальнейшие исследования пройдут и на других режимах при различных неисправностях.

Как уже упоминалось, для всех экспериментальных исследований использовались одни и те же начальные параметры. Это было сделано с целью обеспечения сравнимости и повторяемости результатов.

В частности, начальные параметры включали:

- температура окружающей среды (постоянное значение температуры в помещении, где проводились эксперименты, что исключало влияние внешних температурных колебаний на результаты);
- настройки оборудования (установленные значения для работы компрессора, термостата и других ключевых элементов системы, чтобы обеспечить стабильность условий испытаний);

– концентрация и тип хладагента (использование одного и того же типа хладагента в неизменном количестве для обеспечения идентичных условий работы холодильной системы);

– состояние нагрузки (однородное распределение нагрузки на холодильник, чтобы изменения в работе системы были вызваны только имитацией неисправностей, а не изменением внешних факторов).

Такой подход позволил минимизировать влияние случайных факторов и сосредоточиться на анализе результатов, полученных в условиях моделируемых неисправностей [3, 4]. Это обеспечило более точное и надежное исследование работы холодильника и эффективность предложенных методов диагностики и устранения неисправностей. Теперь мы можем перейти к экспериментальной работе, в которой будут использованы следующие исходные данные для проведения экспериментов:

- холодопроизводительность Q_0 , 130 Вт
- температура, К:
 - Кипения T_0 (точка а)
 - Конденсации T_k (точка 3)
- рабочее вещество – R134a

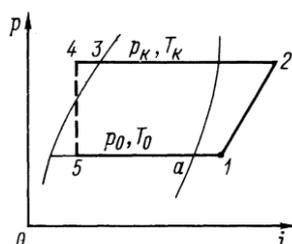


Рисунок 2 – Схема и цикл регенеративной паровой холодильной машины

Из полученных экспериментальных данных, были определены параметры узловых точек с интервалом в 5 минут. Для наглядности, параметры одного из узлов на 30-й минуте представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры узловых точек (30 минута)

параметры	Точка а	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
Р, кПа	120	120	1050	1050	1050	120
Т, 0С	-21,5	25,5	45,5	41	18	-21
i, кДж/кг	384	425	432	265	224	224
v, м3/кг	0,16	0,2	0,019	-	-	0.04

Удельная массовая холодопроизводительность

$$q_0 = i_a - i_5 \quad (1)$$

Принимается $T_1 - T_a$

Состояние рабочего вещества в точке 4 определяется из баланса теплообменника (l)

$$i_1 - i_a = i_3 - i_4, \text{ откуда } i_4 = i_3 - (i_1 - i_a).$$

Удельная объемная холодопроизводительность $q_v = q_0/v_1$. Теплота, отводимая от конденсатора, $q_k = i_2 - i_3$. Удельная изэнтропная работа цикла $l_s = i_2 - i_1$. Холодильный коэффициент теоретический $\varepsilon_T = q_0/l_s$. Массовый расход рабочего вещества в машине $G_a = Q_0/q_0$. Изэнтропная мощность компрессора $N_s = G_a l_s$.

Действительная объемная производительность компрессора $V_d = G_a v_1$ [5].

Ниже представлены параметры, зарегистрированные в различные моменты времени номинального режима работы ХУ.

Таблица 2 – Параметры номинального режима, относящиеся к изменениям во временных интервалах

Время	5 минута	10 минута	15 минута	20 минута	25 минута	30 минута
$q_0, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	160	166	160	156	150	147
$T_1 - T_a, ^\circ\text{C}$	47	47,5	44	40,5	33,5	30
$i_4, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	224	218	224	227	233	236
$q_v, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	800	874	888,9	821,1	789,5	773,7
$q_k, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	167	169	174	180	181	180
$l_s, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	7	9	14	24	31	33
ε_T	22,9	18,4	11,4	6,5	4,8	4,5
$G_a, 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,81	0,78	0,81	0,83	0,87	0,88
$N_s, 10^{-3} \text{Вт}$	5,7	7	11,4	20	26,9	29,1
$V_D, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$	0,16	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17

На основе полученных данных была построена диаграмма $i-P$ с использованием программы CoolPack [6, 7]. Результаты построения представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Параметры $i-P$ диаграммы номинального режима с помощью программы CoolPack

Для наглядности те же параметры были отображены с помощью программы Microsoft Excel (рис. 4).

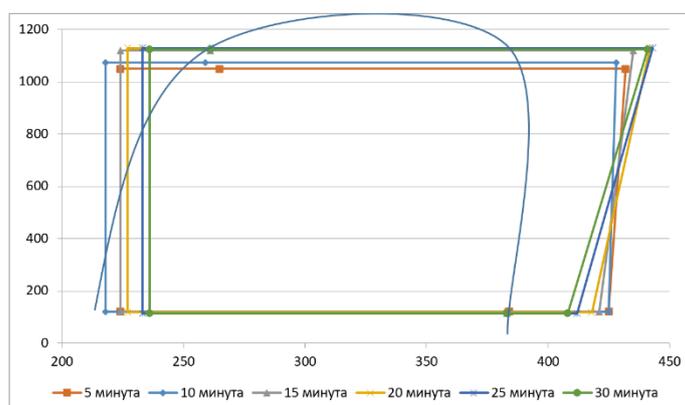


Рисунок 4 – Параметры $i-P$ диаграммы номинального режима с помощью программы Microsoft Excel

Из полученных данных на рисунке 5 можно четко увидеть изменение параметров цикла номинального режима в ХУ по истечению времени.

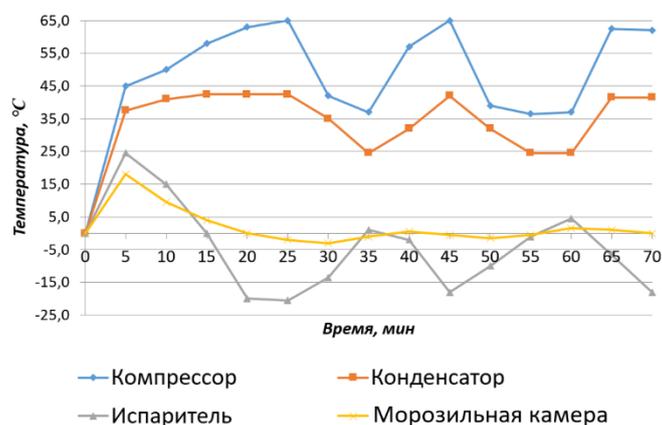


Рисунок 5 – Параметры цикла номинального режима по изменения времени

После тщательного изучения работ различных ученых [8-10] можно провести детальный анализ имеющихся данных и осуществить собственные экспериментальные исследования. Эти эксперименты будут сосредоточены на различных режимах неисправностей, что позволит глубже понять их поведение и влияние на систему.

Заключение. Холодильная установка функционировала в идеальном номинальном режиме в соответствии с указанными параметрами, что свидетельствует о стабильной и периодичной работе системы. После включения установки, она достигла стационарного режима на 25-й минуте. Затем, спустя 15 минут, система снова активировалась и работала ещё 15 минут, после чего вновь вошла в стационарный режим. Этот цикл повторялся периодически, демонстрируя надежность и согласованность работы холодильной установки.

Так же по этому сценарию будут проводиться дальнейшие экспериментальные исследования при различных неисправностях в системе ХУ, анализ влияния неисправностей. Будет исследовано, как каждая из этих неисправностей влияет на работу устройства, оценим изменения в температурных режимах и производительности холодильника.

Список литературы

1. Руководство по эксплуатации. Стенд-тренажер «Холодильник – 2» модель СТХ 02.00.01 / Южно-Уральский государственный университет. ООО научно-производственное предприятие «Учебная техника – ПРОФИ» // Челябинск, 2011. – С. 3-7.
2. Тоңазытқыштың ақау жағдайында жұмыс істеу принципі / Д.Н. Нурғалиев т.б. // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2023. – № 1.
3. Кретова М.А. Оценка эффективности работы теплового насоса / М.А. Кретова, Ю.К. Разумова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2017.
4. Манзарханова Л.М. Расчет потерь эксергии, вызванные течением жидкостей через местные гидравлические сопротивления / Л.М. Манзарханова // Избранные доклады 62-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых Томский государственный архитектурно-строительный университет. – 2016.
5. Кошкин Н.Н. Холодильные машины / Н.Н. Кошкин, И.А. Сакун, Е.М. Бамбушек. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 510 с.
6. Генеральченко Д.С. Сравнительный анализ вариантов замены хладагента в холодильной системе братского пивоваренного завода / Д.С. Генеральченко, А.А. Федяев // В мире научных открытий. – 2010. – № 3-3(9).
7. Рачковский Н.О. Исследование имитационной модели воздушного отопления на базе энергетической установки – пароконденсаторного теплового насоса с участием компонента гидросферы / Н.О. Рачковский, Ю.В. Татаренко // Вестник Иркутского Государственного технического университета. – 2017. – № 7(126).
8. Плешков А.Ю. Анализ основных неисправностей при эксплуатации компрессорного блока системы холодоснабжения / А.Ю. Плешков, О.А. Голубева // Наука и инновации в Арктике. – 2024.
9. Анализ неисправностей и отказов компрессоров холодильного оборудования / И.В. Капустин и др. // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК, сборник

научных статей инженерно-технологического факультета по материалам 88-й научно-практической конференции «Аграрная наука – Северо-Кавказскому Федеральному округу». Цифровые агрорешения. Ставропольский государственный аграрный университет. – 2023.

10. Тарасова В.А. Расчетно-экспериментальное исследование термодинамической эффективности тепловых насосов / В.А. Тарасова // Проблемы машиностроения, Учредители: Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного Национальной академии наук Украины. – 2016. – № 1.

References

1. Rukovodstvo po ehkspluatatsii. Stend-trenazher «Kholodil'nik – 2» model' STKH 02.00.01 / Yuzhno-Ural'skii gosudarstvennyi universitet. OOO nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie «Uchebnaya tekhnika – PROFI» // Chelyabinsk – 2011. – S. 3-7. (In Russian).
2. Tonazytkyshtyn akau zhagdaiynda zhymys isteu printsipi / D.N. Nurgaliev t.b. // KR YYAO zharshysy. – 2023. – № 1. (In Kazakh).
3. Kretova M.A. Otsenka ehffektivnosti raboty teplovogo nasosa / M.A. Kretova, YU.K. Razumova // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova. – 2017. (In Russian).
4. Manzarkhanova L.M. Raschet poter' ehksergii, vyzvannye techeniem zhidkosti cherez mestnye gidravlicheskie soprotivleniya / L.M. Manzarkhanova // Izbrannye doklady 62-i universitetskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh Tomskii gosudarstvennyi arkhitekturno-stroitel'nyi universitet. – 2016. (In Russian).
5. Koshkin N.N. Kholodil'nye mashiny / N.N. Koshkin, I.A. Sakun, E.M. Bambushek; Leningrad: Mashinostroenie, 1985. – 510 s. (In Russian).
6. General'chenko D.S. Sravnitel'nyi analiz variantov zameny khladagenta v kholodil'noi sisteme bratskogo pivovarennoogo zavoda / D.S. General'chenko, A.A. Fedyaev // V mire nauchnykh otkrytii. – 2010. – № 3-3(9). (In Russian).
7. Rachkovskii N.O. Issledovanie imitatsionnoi modeli vozdushnogo otopleniya na baze ehnergeticheskoi ustanovki – parokompessornogo teplovogo nasosa s uchastiem komponenta gidrosfery / N.O. Rachkovskii, YU.V. Tatarenko // Vestnik Irkutskogo Gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2017. – № 7(126). (In Russian).
8. Pleshkov A.YU. Analiz osnovnykh neispravnostei pri ehkspluatatsii kompressorного блока системы kholodosnabzheniya / A.YU. Pleshkov, O.A. Golubeva // Nauka i innovatsii v Arktike. – 2024. (In Russian).
9. Analiz neispravnostei i otkazov kompressorov kholodil'nogo oborudovaniya / I.V. Kapustin i dr. // Aktual'nye problemy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK, sbornik nauchnykh statei inzhenerno-tehnologicheskogo fakul'teta po materialam 88-i nauchno-prakticheskoi konferentsii «Agrarnaya nauka – Severo-Kavkazskomu Federal'nomu okrugU». Tsifrovye agroresheniya. Stavropol'skii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. – 2023. (In Russian).
10. Tarasova V.A. Raschetno-ehksperimental'noe issledovanie termodinamicheskoi ehffektivnosti teplovykh nasosov / V.A. Tarasova // Problemy mashinostroeniya, Uchrediteli: Institut problem mashinostroeniya im. A.N. Podgornogo Natsional'noi akademii nauk Ukrainy. – 2016. – № 1. (In Russian).

Д.Н. Нурғалиев*, **А.Е. Сатыбалдинова¹**, **А.Б. Леонидова¹**, **О.Қ. Құлмаханбет¹**,
С.Л. Елистратов²

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

²Новосібір мемлекеттік техникалық университеті
Ресей, Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20

*e-mail: daniarsemei@mail.ru

«ТОҢАЗЫТҚЫШ-2» СТЕНД-ТРЕНАЖЕРЫНДА ТОҢАЗЫТҚЫШ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН САРАПТАУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ

Бұл жұмыста СТХ 02.00.01 үлгісіндегі «Тоңазытқыш-2» тоңазытқыш қондырғысының жұмыс режимдерін сынауға бағытталған егжей-тегжейлі эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Зерттеудің мақсаты екі камералы сығымдау тоңазытқышының жұмыс істеуін көрсету ғана емес, сонымен қатар бірқатар тәрбиелік міндеттерді шешу болды. Бұл міндеттер процесс

операцияларын зерттеуді, түрлі ақаулықтарды имитациялауды, сондай-ақ жүйенің әртүрлі жағдайларда қалай жұмыс істейтінін тереңірек түсіну үшін тоңазытқыштың деректерін жазуды және талдауды қамтыды.

Зерттеу барысында әр түрлі ақаулықтарды модельдеуге және олардың зауытқа әсерін бағалауға баса назар аударылды. Талдау шеңберінде CoolPack мамандандырылған бағдарламасын пайдалана отырып, қысым-энтальпия (i - P) диаграммасы салынды. Сондай-ақ, бұл деректер қосымша көрнекі көрсету және оңай талдау үшін Microsoft Excel бағдарламасында көрнекіленді.

Зерттеу нәтижелері агрегаттың тұрақты режимде тұрақты жұмыс істейтінін, тұрақты күйге мезгіл-мезгіл ауысып, белгілі бір интервалмен қайта белсендіретінін көрсетті. Мұндай жұмыс режимі тоңазытқыш қондырғы жұмысының сенімділігі мен дәйектілігін көрсетеді, бұл алынған схемалармен де, деректерді талдаумен де расталады. Бұл нәтижелер диагностикалау мен ақауларды жоюдың ұсынылған әдістерінің тиімділігін көрсетеді, сондай-ақ одан әрі зерттеулер жүргізу және жабдықтардың жұмыс қабілеттілігін оңтайландыру үшін негіз болады.

Түйін сөздер: тоңазыту агрегаты, ақаулықтар, CoolPack бағдарламасы, диаграмма, эксперименттік жұмыстар.

D. Nurgaliyev^{*}, A. Satybaldinova¹, A. Leonidova¹, O. Kulmahanbet¹, S. Elistratov²

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

²Novosibirsk State Technical University
Russia, Novosibirsk, Karl Marx Avenue, 20

*e-mail: daniarsemei@mail.ru

ANALYSIS AND SIMULATION OF REFRIGERATION UNIT OPERATION ON THE REFRIGERATOR-2 BENCH SIMULATOR

In this work, detailed experimental studies were carried out aimed at testing the operating modes of the refrigeration unit "Refrigerator-2" model STX 02.00.01. The purpose of the study was not only to demonstrate the functioning of a two-chamber compression refrigerator, but also to solve a number of educational problems. These tasks included examining process operations, simulating various faults, and recording and analyzing refrigerant data to gain a deeper understanding of how the system performs under different conditions.

The study focused on simulating various faults and assessing their impact on the plant. As part of the analysis, a pressure-enthalpy (i - P) diagram was constructed using the specialized CoolPack program. This data has also been visualized in Microsoft Excel for more visual representation and easy analysis.

The results of the study demonstrated that the unit operates stably in nominal mode, periodically switching to a stationary state and reactivating at certain intervals. Such a mode of operation indicates the reliability and consistency of the functioning of the refrigeration unit, which is confirmed by both the obtained diagrams and data analysis. These results highlight the effectiveness of the proposed diagnostic and troubleshooting methods, and provide a basis for further research and optimization of equipment performance.

Key words: refrigeration unit, malfunction, CoolPack program, diagram, experimental work.

Сведения об авторах

Данияр Нуржанович Нурғалиев^{*} – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: daniarsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1650-1077>.

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

Айым Бауыржанқызы Леонидова – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aiym.leonidova@mail.ru.

Оңдасын Құрасбекұлы Құлмаханбет – студент 4 курса специальности «Техническая физика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: ongassyn@list.ru.

Сергей Львович Елистратов – доктор технических наук, доцент кафедры «Тепловых электрических станций», Россия; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

Данияр Нуржанович Нурғалиев^{*} – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылу энергетика» кафедрасының аға оқытушысы; Қазақстан Республикасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; e-mail: daniarsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1650-1077>.

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

Айым Бауыржанқызы Леонидова – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылу энергетика» кафедрасының аға оқытушысы; Қазақстан Республикасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; e-mail: aiym.leonidova@mail.ru.

Оңдасын Қорасбекұлы Құлмаханбет – «Техникалық физика» мамандығы бойынша 4-ші курс студенті; Қазақстан Республикасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; e-mail: ongdassyn@list.ru.

Сергей Львович Елистратов – техника ғылымдарының докторы, Ресей, «Жылу электр станциялары» кафедрасының доценті; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru.

Information about the authors

Daniyar Nurgaliev* – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technical Physics and Heat Power Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: daniarsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1650-1077>.

Aigerim Satybalidinova – Master of Technical Sciences, Lecturer of the Department of Technical Physics and Heat Power Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aigerimsemei@mail.ru.

Aiym Leonidova – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technical Physics and Heat Power Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aiym.leonidova@mail.ru.

Ondasyn Kulmakhanbet – 4th year student of the specialty «Technical Physics»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: ongdassyn@list.ru.

Sergey Elistratov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Thermal Power Plants, Russia; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru.

Поступила в редакцию 03.09.2024
Поступила после доработки 13.09.2024
Принята к публикации 16.09.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-36](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-36)



МРНТИ: 44.31.31

Т.Н. Умыржан^{1*}, Н.Н. Умыржан¹, Ж.К. Алдажуманов¹, Н.А. Демин², С.Л. Елистратов³

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Территориальный департамент Комитета Атомного и энергетического надзора и контроля

Министерства энергетики Республики Казахстан по области Абай,

071400, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Лукпана Утепбаева, д.4

³Новосибирский государственный технический университет,

630073, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, корпус 1, ком.10

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

РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛАХ

Аннотация: В данной работе проведено исследование влияния рециркуляции дымовых газов на ключевые параметры процесса сгорания топлива, такие как тепловое выделение и адиабатическая температура горения. На основе математической обработки экспериментальных данных были получены уравнения, отражающие зависимость полезного тепловыделения и адиабатической температуры горения от коэффициента рециркуляции газов. Согласно результатам исследования, полезное тепловыделение в топочной камере увеличивается пропорционально росту коэффициента рециркуляции. Это указывает на то, что повышение уровня рециркуляции способствует увеличению тепловой эффективности сгорания, улучшая теплообменные процессы внутри топочной камеры.