

**Н.А. Дёмин<sup>\*</sup>, А. Терзиев<sup>2</sup>, С.К. Абильдинова<sup>3</sup>, С.Н. Камарова<sup>4</sup>, Ж.Б. Сағдолдина<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Территориальный 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

<sup>2</sup>Софийский технический университет,  
1797, Республика Болгария, г. София, ул. проф. Георги Брадистиллов, 11

<sup>3</sup>Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева,  
050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Байтурсынулы, д. 126/1

<sup>4</sup>Карагандинский индустриальный университет,  
101400, Республика Казахстан, г. Темиртау, пр. Республики 30

<sup>5</sup>Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова,  
070020, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, 30-й Гвардейской Дивизии, 34

\*e-mail: step112011@mail.ru

## К ВОПРОСУ СЖИГАНИЯ НЕПРОЕКТНОГО ТОПЛИВА

**Аннотация:** В настоящее время вопросы экологии и устойчивого развития становятся все более актуальными, и научное сообщество активно ищет пути к более эффективному и экологичному использованию возобновляемых источников энергии. Одним из таких направлений является разработка и совершенствование технологий сжигания угля в аэродинамических топках. Эта статья предлагает подробный анализ данной темы, рассматривая как теоретические аспекты, так и практические применения. Аэродинамические топки представляют собой специализированные устройства, предназначенные для сжигания твердого топлива, такого как уголь, с максимальной эффективностью и минимальным воздействием на окружающую среду. Основной принцип работы таких топков заключается в создании оптимальных условий для полного сгорания топлива, что достигается за счет тщательно спроектированной аэродинамики и управления процессом. Рассматривается работа котла на угле месторождения Каражыра. Данный уголь относится к непроектному топливу и требуется совершенствование процессов его сжигания для уменьшения вредных выбросов и повышения эффективности сжигания. Для энергетики Республики Казахстан проведенные исследования имеют важное значение, а полученные результаты могут быть использованы для регулирования и улучшения работы аналогичного оборудования, что способствует улучшению экологических показателей и общему повышению эффективности энергетических систем страны.

**Ключевые слова:** уголь, аэродинамическая топка, непроектное топливо, экология, энергетика.

### Введение

Развитие угольной энергетики в Казахстане продолжает оставаться важным аспектом энергетической политики. Республика Казахстан обладает большими запасами угля, который всё еще продолжает играть значительную роль в экономике страны, при этом разрабатываются новые месторождения и используются местные непроектные угли. С переходом на устойчивое развитие и интеграцию возобновляемых источников энергии необходимо найти баланс между традиционными и новыми формами энергетики. Влияние на экологическую обстановку и необходимость снижения выбросов углерода становятся приоритетными задачами. В Казахстане проводится модернизация угольных электростанций, что позволит не только повысить их эффективность, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду. В этом контексте угольная энергетика, обладая своим потенциалом, может стать частью стратегии по достижению климатической устойчивости и энергетической независимости [1-3]. В мировой практике уголь также остается в центре внимания, разрабатываются и совершенствуются способы его сжигания, проводятся работы по снижению вредных выбросов [4-7].

### Условия и методы исследования

В данной работе объектом исследования является процесс горения угля разреза Каражыра марки Д в котле Е-90-3,9/440 [8]. Фото котла приведено на рисунке 1. У котла

оборудован электрофильтр для производства очистки дымовых газов от механических примесей.



Рисунок 1 – Котел Е-90-3,9/440

Испытания котла проводились по общепринятым методикам [9, 10].

Параметры котельного агрегата регистрировались стационарными приборами.

Анализы проб топлива и очаговых остатков проводили в химической лаборатории ТЭЦ-

1.

Анализы проб для определения рабочей влажности и зольности, низшей теплоты сгорания, тонины помола, золы для определения горючего углерода в уносе перед золоуловителем, горючего в шлаке проводились по методикам [9, 10].

Тепловой расчет проведен на основании [11].

### Результаты исследований

Состав угля разреза Каражыра марки Д представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав угля разреза Каражыра

Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
Углерод	$C^r$	%	47,30
Водород	$H^r$	%	3,68
Кислород	$O^r$	%	12,50
Азот	$N^r$	%	0,74
Сера	$S^r$	%	0,34
Зола	$A^r$	%	21,44
Влага	$W^r$	%	14,00
Выход летучих	$V^{daf}$	%	47,20
Низшая теплота сгорания	$Q_i^r$	кДж/кг	18855
Коэффициент размолоспособности	$K_{до}$		1,06
Температура плавления золы			
Температура начала деформации золы	$t_1$	°С	1200
Температура начала размягчения золы	$t_2$	°С	1460
Температура начала жидкоплавкого состояния золы	$t_3$	°С	1500

Состав растопочного топлива (мазут-100) приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав угля растопочного мазута М-100

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Условная вязкость при 80 °С	°ВУ	16
Температура вспышки	°С	110
Температура застывания	°С	+25
Вязкость перед форсунками	°ВУ	2,5
Максимальная влажность	%	1,5
Максимальная зольность	%	0,14
Низшая теплота сгорания	кДж/кг	39805

Исследования работы котла проводились при следующих тепловых нагрузках: 50 т/час; 75 т/час и 90 т/час.

На рисунке 2 показано как изменяется расход воздуха на всосе дутьевого вентилятора и коэффициент избытка воздуха в вихревой зоне топки с ростом теплопроизводительности.

На рисунке 3 показаны изменения расхода воздуха на всосе дутьевого вентилятора и коэффициент избытка воздуха в вихревой зоне топки с изменением паропроизводительности.

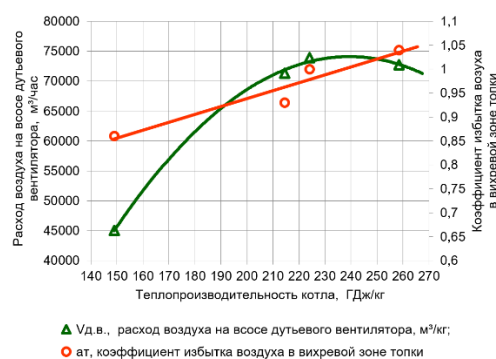


Рисунок 2 – Зависимость расхода воздуха на всосе дутьевого вентилятора и коэффициента избытка воздуха в вихревой зоне топки от теплопроизводительности

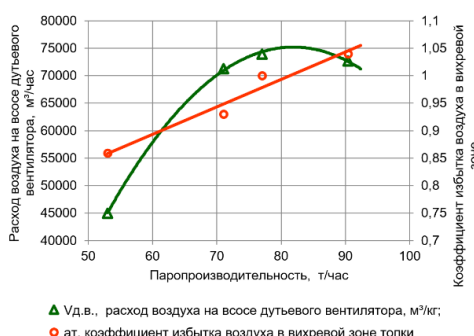


Рисунок 3 – Зависимость расхода воздуха на всосе дутьевого вентилятора и коэффициента избытка воздуха в вихревой зоне топки от паропроизводительности

В результате математической обработки получены уравнения зависимости расхода воздуха на всосе дутьевого вентилятора  $V_{д.в.т.}$ , м<sup>3</sup>/час и коэффициента избытка воздуха в вихревой зоне топки  $\alpha_{т.т.}$  от теплопроизводительности  $Q_K$ , ГДж/час:

$$V_{д.в.т.} = -3,5578Q_K^2 + 1703,3Q_K - 129770, \tag{1}$$

$$\alpha_{т.т.} = 0,0017Q_K + 0,607. \tag{2}$$

Также были получены зависимости расхода воздуха на всосе дутьевого вентилятора  $V_{д.в.п.}$ , м<sup>3</sup>/час и коэффициента избытка воздуха в вихревой зоне топки  $\alpha_{т.п.}$  от паропроизводительности  $D$ , т/час:

$$V_{д.в.п.} = -36,085D^2 + 5911,5D - 166897, \tag{3}$$

$$\alpha_{т.п.} = 0,005D + 0,5935. \tag{4}$$

#### Обсуждение научных результатов

Анализ полученных данных (рис. 2) показал, что с ростом теплопроизводительности котла происходит пропорциональное увеличение коэффициента избытка воздуха в вихревой зоне топки. При этом расход воздуха на всосе дутьевого вентилятора имеет точку перегиба, т.е. при росте теплопроизводительности увеличение расхода воздуха на всосе дутьевого вентилятора наблюдается до значения 240 ГДж/ч, а затем идет небольшой спад. В результате аппроксимации полученных данных была получена область оптимальных значений коэффициента избытка воздуха в вихревой зоне топки и расхода воздуха на всосе дутьевого вентилятора в диапазоне теплопроизводительности от 176 ГДж/ч до 255 ГДж/ч.

Проведенный анализ полученных результатов (рис. 3) показал, что при росте паропроизводительности также наблюдается пропорциональное увеличение коэффициента избытка воздуха в вихревой зоне топки. При этом расход воздуха на всосе дутьевого вентилятора имеет экстремум, т.е. при росте паропроизводительности увеличение расхода

воздуха на всосе дутьевого вентилятора наблюдается до значения 82 т/час, а затем идет небольшой спад. В результате аппроксимации полученных данных была получена область оптимальных значений коэффициента избытка воздуха в вихревой зоне топки и расхода воздуха на всосе дутьевого вентилятора в диапазоне значений паропроизводительности от 57 т/час до 90 т/час.

### **Заключение**

Получены зависимости расхода воздуха и коэффициента избытка воздуха всосе дутьевого вентилятора в зависимости от теплопроизводительности и паропроизводительности для котельного агрегата Е-90-3,9/440 при сжигании угля разреза Каражыра марки Д. Эти результаты могут служить для построения режимных карт.

### **Список литературы**

1. Угольная отрасль Казахстана: От переработки до устойчивого развития // URL: <https://dknews.kz/ru/ekonomika/289699-ugolnaya-otrasl-kazahstana-ot-pererabotki-do>.
2. АММ 2024: Угольная промышленность Казахстана и цифровизация горных работ // URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/mps/press/news/details/788299?lang=ru>.
3. К 2030 году уголь останется основным топливом в Казахстане как самый дешевый источник электроэнергии // URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31374038&pos=4;-70#pos=4;-70](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31374038&pos=4;-70#pos=4;-70).
4. Comparative experimental study of ash formation behaviors during the fixed-bed gasification of coal water slurry and dry pulverized coal prepared from Shenmu coal / L. Changlin et al // Fuel. – 2024. – № 377.
5. Evolution mechanism of C/N-containing gas-solid groups during pulverized coal pressurized O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> devolatilization / W. Zhang et al // Fuel. – 2024. – № 376.
6. Studies on NO<sub>x</sub> formation and reduction characteristics in high-ash, low-volatile coal combustion by mechanism experiments and industrial-scale trials X. Li et al // Applied Thermal Engineering. – 2024. – № 256.
7. An experimental investigation on gasification-pyrolysis coupling characteristics of pulverized coal in circulating fluidized bed / X. Zhang et al // Journal of the Energy Institute. – 2024. – № 16.
8. Месторождение «Каражыра» // Каражыра URL: <http://www.karazhyra.kz/index.php>.
9. Григорьев К.А. Технология сжигания органических топлив / К.А. Григорьев, Ю.А. Рундыгин, А.А. Тринченко Технология // Энергетические топлива. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та. – 2006. – 92 с.
10. Трёмбовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок: научное издание / В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеева, 1977. – 296 с.
11. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). Под ред. Н.В. Кузнецова и др., М., «Энергия». – 2011. – 296 с.

### **References**

1. Ugol'naya otrasl' Kazakhstana: Ot pererabotki do ustoichivogo razvitiya // URL: <https://dknews.kz/ru/ekonomika/289699-ugolnaya-otrasl-kazahstana-ot-pererabotki-do>. (In Russian).
2. АММ 2024: Ugol'naya promyshlennost' Kazakhstana i tsifrovizatsiya gornyx rabot // URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/mps/press/news/details/788299?lang=ru>. (In Russian).
3. K 2030 godu ugol' ostanetsya osnovnym toplivom v Kazakhstane kak samyi deshevyi istochnik ehlektroehnergii // URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31374038&pos=4;-70#pos=4;-70](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31374038&pos=4;-70#pos=4;-70). (In Russian).
4. Comparative experimental study of ash formation behaviors during the fixed-bed gasification of coal water slurry and dry pulverized coal prepared from Shenmu coal / L. Changlin et al // Fuel. – 2024. – № 377. (In English).
5. Evolution mechanism of C/N-containing gas-solid groups during pulverized coal pressurized O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> devolatilization / W. Zhang et al // Fuel. – 2024. – № 376. (In English).
6. Studies on NO<sub>x</sub> formation and reduction characteristics in high-ash, low-volatile coal combustion by mechanism experiments and industrial-scale trials X. Li et al // Applied Thermal Engineering. – 2024. – № 256. (In English).
7. An experimental investigation on gasification-pyrolysis coupling characteristics of pulverized coal in circulating fluidized bed / X. Zhang et al // Journal of the Energy Institute. – 2024. – № 16. (In English)

8. Mestorozhdenie «Karazhyra» // Karazhyra URL: <http://www.karazhyra.kz/index.php>. (In Russian).
9. Grigor'ev K.A. Tekhnologiya szhiganiya organicheskikh topliv / K.A. Grigor'ev, YU.A. Rundygin, A.A. Trichenko Tekhnologiya // Ehnergeticheskie topliva. SPb.: Izd-vo Politekhn. Un-ta. – 2006. – 92 s. (In Russian).
10. Trembovlya V.I. Teplotekhnicheskie ispytaniya kotel'nykh ustanovok: nauchnoe izdanie / V.I. Trembovlya, E.D. Finger, A.A. Avdeeva, 1977. – 296 s. (In Russian).
11. Teplovoi raschet kotel'nykh agregatov (Normativnyi metod). Pod red. N.V. Kuznetsova i dr., M., «EhnergiYA». – 2011. – 296 s. (In Russian).

**Н.А. Демин<sup>1</sup>, А. Терзиев<sup>2</sup>, С.К. Абильдинова<sup>3</sup>, С.Н. Камарова<sup>4</sup>, Ж.Б. Сағдолдина<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі Атом және энергетикалық қадағалау және бақылау комитетінің Абай облысы бойынша аумақтық департаменті,

071400, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Лұқпан Өтепбаев көшесі, 4-үй

<sup>2</sup>София техникалық университеті,

1797, Болгария Республикасы, София қаласы, проф. Георги Брадистиллов көшесі, 11

<sup>3</sup>Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,  
050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Байтұрсынұлы к-сі, 126/1 үй

<sup>4</sup>Қарағанды индустриалды университеті,

101400, Қазақстан Республикасы, Теміртау қаласы, Республика даңғылы 30

<sup>5</sup>Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,  
070020, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ., 30-шы Гвардиялық Дивизия, 34

\*e-mail: step112011@mail.ru

### **ЖОБАЛЫҚ ЕМЕС ОТЫНДЫ ЖАҒУ МӘСЕЛЕСІНЕ**

*Қазіргі уақытта экология және тұрақты даму мәселелері өзекті бола түсуде және ғылыми қауымдастық жаңартылатын энергия көздерін тиімдірек және жасыл пайдалануға жолдарды белсенді түрде іздеуде. Осындай бағыттардың бірі аэродинамикалық оттықтарда көмір жағу технологияларын әзірлеу және жетілдіру болып табылады. Бұл мақалада теориялық аспектілерді де, практикалық қосымшаларды да қарастыра отырып, осы тақырыпты егжей-тегжейлі талдауды ұсынады. Аэродинамикалық оттықтар-бұл көмір сияқты қатты отынды жағуға арналған, тиімділігі жоғары және қоршаған ортаға аз әсер ететін арнайы құрылғылар. Мұндай оттықтардың негізгі жұмыс принципі жанармайдың толық жануы үшін оңтайлы жағдай жасау болып табылады, оған мұқият жобаланған аэродинамика және процесі басқару арқылы қол жеткізіледі. Қаражыр кен орнының көміріндегі қазандықтың жұмысы қарастырылуда. Бұл көмір жобаланбаған отынға жатады және зиянды шығарындыларды азайту және жағу тиімділігін арттыру үшін оны жағу процесі жетілдіру қажет. Қазақстан Республикасының энергетикасы үшін жүргізілген зерттеулердің маңызы зор, ал алынған нәтижелер ұқсас жабдықтардың жұмысын реттеу және жақсарту үшін пайдаланылуы мүмкін, бұл экологиялық көрсеткіштерді жақсартуға және елдің энергетикалық жүйелерінің тиімділігін жалпы арттыруға ықпал етеді.*

**Түйін сөздер:** көмір, аэродинамикалық оттық, жобалық емес отын, экология, энергетика.

**N.A. Demin<sup>1</sup>, A. Terziev<sup>2</sup>, S.K. Abildinova<sup>3</sup>, C.N. Kamarova<sup>4</sup>, J.B. Sagdoldina<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Territorial Department of the Committee for Atomic and Energy Supervision and Control of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan in the Abai region,

071400, Republic of Kazakhstan, Semey, Lukpan Utepbayeva str., 4

<sup>2</sup>Sofiysky Technical University,

1797, Republic of Bulgaria, Sofia, Prof. Georgi Bradistilov, 11

<sup>3</sup>Gumarbek Daukeev Almaty University of Energy and Communications,  
050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, Baitursynuly str., 126/1

<sup>4</sup>Karagandinsky Industrial University,

30 Republic Ave., Temirtau, 101400, Republic of Kazakhstan

<sup>5</sup>East Kazakhstan Sarsen Amanzholov University,  
070020, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 30th Guards Division , 34

\*e-mail: step112011@mail.ru

### **TO THE ISSUE OF NON-PROJECT FUEL COMBUSTION**

*Nowadays, the issues of ecology and sustainable development are becoming more and more urgent, and the scientific community is actively looking for ways to more efficient and environmentally friendly use of renewable energy sources. One of such directions is the development and improvement of coal combustion*

technologies in aerodynamic furnaces. This paper offers a detailed analysis of this topic, looking at both theoretical aspects and practical applications. Aerodynamic furnaces are specialised devices designed to burn solid fuels such as coal with maximum efficiency and minimum environmental impact. The basic principle of operation of such furnaces is to create optimum conditions for complete combustion of the fuel, which is achieved through carefully designed aerodynamics and process control. The operation of the boiler on the coal of Karazhyra deposit is considered. This coal belongs to non-project fuel and improvement of its combustion processes is required to reduce harmful emissions and increase combustion efficiency. For the energy sector of the Republic of Kazakhstan, the conducted research is important, and the results obtained can be used to regulate and improve the operation of similar equipment, which contributes to improving environmental performance and overall efficiency of the country's energy systems.

**Key words:** coal, aerodynamic furnace, non-project fuel, ecology, power engineering.

#### Сведения об авторах

**Николай Александрович Демин\*** – заместитель руководителя территориального департамента Комитета атомного и энергетического надзора и контроля Министерства энергетики Республики Казахстан по области Абай, Республика Казахстан; e-mail: step112011@mail.ru@mail.ru.

**Ангел Терзиев** – PhD, профессор; декан факультета «Энергетики и силовых машин»; Софийский технический университет, Республика Болгария; e-mail: aterziev@tu-sofia.bg. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1666-2781>.

**Сауле Кианбековна Абильдинова** – PhD, доцент кафедры «Менеджмент и предпринимательство в инженерии»; Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, Республика Казахстан; e-mail: saule18kz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9502-6208>.

**Сауле Нуртазаевна Камарова** – PhD, зав. кафедрой «Энергетика»; Карагандинский индустриальный университет, Республика Казахстан; e-mail: s.kamarova@tttu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8464-7204>.

**Жұлдыз Болатқызы Сағдолдина** – PhD, ассоциированный профессор; ведущий научный сотрудник научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология»; Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова, Республика Казахстан; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Николай Александрович Демин\*** – Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі Атомдық және энергетикалық қадағалау мен бақылау комитеті Абай облысы бойынша аумақтық департаменті басшысының орынбасары, Қазақстан Республикасы; e-mail: step112011@mail.ru@mail.ru.

**Ангел Терзиев** – PhD, профессор; «Энергетика және күш машиналары» факультетінің деканы; София техникалық университеті, Болгария Республикасы; e-mail: aterziev@tu-sofia.bg. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1666-2781>.

**Сауле Кианбековна Абильдинова** – PhD, «Инженериядағы менеджмент және кәсіпкерлік» кафедрасының доценті; Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: saule18kz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9502-6208>.

**Сауле Нуртазаевна Камарова** – PhD, «Энергетика» кафедрасының меңгерушісі; Қарағанды индустриалды университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: s.kamarova@tttu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8464-7204>.

**Жұлдыз Болатқызы Сағдолдина** – PhD, қауымдастырылған профессор; «Беттік инженерия және трибология» ғылыми зерттеу орталығының жетекші ғылыми қызметкері; Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

#### Information about the authors

**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: step112011@mail.ru@mail.ru.

**Angel Terziev** – PhD, Professor; Dean Faculty of Power Engineering and Power Machines; Sofia Technical University, Republic of Bulgaria; e-mail: aterziev@tu-sofia.bg. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1666-2781>.

Saule Kianbekovna Abildinova – PhD, Associate Professor, Department of «Management and Entrepreneurship in Engineering»; Almaty University of Power Engineering and Telecommunication named Gumarbek Daukeev, Republic of Kazakhstan; e-mail: saule18kz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9502-6208>.

**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. Сатыбалдинова<sup>1</sup>**, **А.Б. Леонидова<sup>1</sup>**, **О.Қ. Құлмаханбет<sup>1</sup>**,  
**С.Л. Елистратов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20 А  
<sup>2</sup>Новосибирский 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