ISNN 3030-3907

2025/4
VOLUME 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНТИФРИЗОВ НА ОСНОВЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Айрапетов Дмитрий Алексеевич
Ассистент кафедры «Транспортные энергетические установки» Ташкентского государственного транспортного университета, Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ayrapetov92@mail.ru
Хакимов Равшан Муминович
Кандидат технических наук, профессор кафедры «Автомобилестроение и производственный инжиниринг» Ташкентского государственного транспортного университета
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: hakimov-ravshan@mail.ru

Аннотация. В статье представлена экспериментальная оценка теплофизических свойств антифризов на основе анализа температурных зависимостей при нагреве и последующем охлаждении. В качестве объектов исследования рассмотрены отработанный, регенерированный и новый (заводской) этиленгликолевый антифриз. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях с регистрацией температурных изменений во времени при одинаковых режимах нагрева и охлаждения. На основе полученных данных построены температурные кривые, позволяющие оценить тепловую инерционность и косвенно определить теплоёмкость исследуемых жидкостей. Установлено, что регенерированный антифриз по характеру температурных зависимостей приближается к новому образцу, что свидетельствует о восстановлении его эксплуатационных свойств. Полученные результаты могут быть использованы при оценке качества охлаждающих жидкостей и разработке методов их регенерации.

Ключевые слова: антифриз, охлаждающая жидкость, теплофизические свойства, температурные зависимости, нагрев и охлаждение, регенерация антифриза, экспериментальное исследование, теплоёмкость

Annotatsiya. Ushbu maqolada antifrizlarning issiqlik-fizik xususiyatlari ularning qizdirilish va keyingi sovitilish jarayonlaridagi temperatura bog‘liqliklarini tahlil qilish asosida eksperimental baholangan. Tadqiqot obyekti sifatida ishlatilgan, regeneratsiya qilingan hamda yangi (zavod) etilenglikol asosidagi antifrizlar ko‘rib chiqilgan. Eksperimental tadqiqotlar laboratoriya sharoitida, bir xil qizdirish va sovitish rejimlarida vaqt bo‘yicha temperatura o‘zgarishlarini qayd etish orqali amalga oshirilgan. Olingan ma’lumotlar asosida temperatura egri chiziqlari qurilib,

ISSN 3030-3907

ular orqali issiqlik inertligi baholandi hamda issiqlik sig‘imi bilvosita aniqlandi. Aniqlanishicha, regeneratsiya qilingan antifriz temperatura xatti-harakati bo‘yicha yangi namunaga yaqin natijalarni ko‘rsatadi, bu esa uning ekspluatatsion xususiyatlari tiklanganligini bildiradi. Olingan natijalar sovituvchi suyuqliklar sifatini baholashda va ularni regeneratsiya qilish texnologiyalarini takomillashtirishda qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: antifriz, sovituvchi suyuqlik, issiqlik-fizik xususiyatlar, temperatura bog‘liqliklari, qizdirish va sovitish, antifriz regeneratsiyasi, eksperimental tadqiqot, issiqlik sig‘imi

Abstract. This paper presents an experimental evaluation of the thermophysical properties of antifreezes based on the analysis of temperature dependences during heating and subsequent cooling. The study considers three types of coolants: used, regenerated, and new (commercial) ethylene glycol-based antifreeze. The experiments were carried out under laboratory conditions with temperature measurements over time under identical heating and cooling regimes. Based on the obtained data, temperature curves were constructed, allowing the assessment of thermal inertia and indirect evaluation of heat capacity. It was found that the regenerated antifreeze demonstrates temperature behavior close to that of the new sample, indicating the restoration of its operational properties. The results obtained can be used for assessing the quality of coolants and improving regeneration technologies.

Keywords: antifreeze, coolant, thermophysical properties, temperature dependences, heating and cooling, antifreeze regeneration, experimental study, heat capacity

ВВЕДЕНИЕ.

Теплофизические свойства антифризов на основе этиленгликоля существенно отличаются от свойств воды и определяют эффективность их применения в системах охлаждения. К основным характеристикам относятся плотность, теплоёмкость, теплопроводность и вязкость [1].

Установлено, что плотность водных растворов этиленгликоля выше плотности воды на 8–9% и увеличивается с ростом концентрации. В то же время теплоёмкость и теплопроводность уменьшаются, что может снижать эффективность теплообмена [2,3].

Таблица 1

Физические свойства водного раствора этиленгликоля

Объемная доля	Минимальная рабоча	Температура	Плотность	Теплоемкость C_p,	Теплопроводность	Динамическая	Кинематическая

ISSN 3030-3907

в смеси %	я температура t, C	раствора t, C	ρ, кг/м^3	кДж/(кг·К)	λ, Вт/(м·К)	вязкость μ, мПа·с	вязкость ν, мм^2/с
20	-10	-10	1038	3,85	0,498	5,19	5,0
		0	1036	3,87	0,500	3,11	3,0
		20	1030	3,90	0,512	1,65	1,6
		40	1022	3,93	0,521	1,02	1,0
		60	1014	3,96	0,531	0,71	0,7
		80	1006	3,99	0,540	0,523	0,52
		100	997	4,02	0,550	0,409	0,41
34	-20	-20	1069	3,51	0,462	11,76	11,0
		0	1063	3,56	0,466	4,89	4,6
		20	1055	3,62	0,470	2,32	2,2
		40	1044	3,68	0,473	1,57	1,5
		60	1033	3,73	0,475	1,01	0,98
		80	1022	3,78	0,478	0,695	0,68
		100	1010	3,84	0,480	0,515	0,51
52	-40	-40	1108	3,04	0,416	110,8	100
		-20	1100	3,11	0,409	27,50	25
		0	1092	3,19	0,405	10,37	9,5
		20	1082	3,26	0,402	4,87	4,5
		40	1069	3,34	0,398	2,57	2,4
		60	1057	3,41	0,394	1,59	1,5
		80	1045	3,49	0,390	1,05	1,0
		100	1032	3,56	0,385	0,722	0,7

Кроме того, антифризы обладают значительно большей вязкостью по сравнению с водой, особенно при низких температурах, что приводит к увеличению гидравлических потерь в системе охлаждения [4].

Анализ табличных данных показывает, что при увеличении концентрации этиленгликоля наблюдается снижение теплопроводности до 30% и уменьшение теплоёмкости до 18% по сравнению с водой, что необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации систем охлаждения [5,6].

Анализ современных научных работ показывает, что при исследовании теплофизических свойств жидкостей широко применяются экспериментальные методы, основанные на регистрации температурных

ISSN 3030-3907

изменений во времени при нагреве и охлаждении исследуемой среды [7–11]. Такие методы позволяют оценить тепловую инерционность, теплоёмкость и характер теплообмена жидкости.

Таким образом, в настоящей работе теплофизические свойства антифризов определялись на основе экспериментального исследования процессов нагрева и последующего охлаждения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.

С целью определения теплофизических характеристик исследуемых охлаждающих жидкостей — отработанного, регенерированного и нового (заводского) антифриза — была проведена серия лабораторных испытаний по оценке их теплофизических характеристик.

Оборудование и материалы

Эксперимент проводился с использованием следующего лабораторного оборудования:

- **Магнитная мешалка Biobase MS7-H550-Pro** с функцией нагрева и перемешивания;
- **Электронный многофункциональный термометр СКТ 4000+** с термопарой для непрерывного измерения температуры;
- **Стеклянные химические стаканы объёмом 1000 мл**;
- **Антифризы трёх типов**:
- – отработанный,
- – регенерированный (после фильтрации) [12-14],
- – новый заводской этиленгликолевый антифриз.

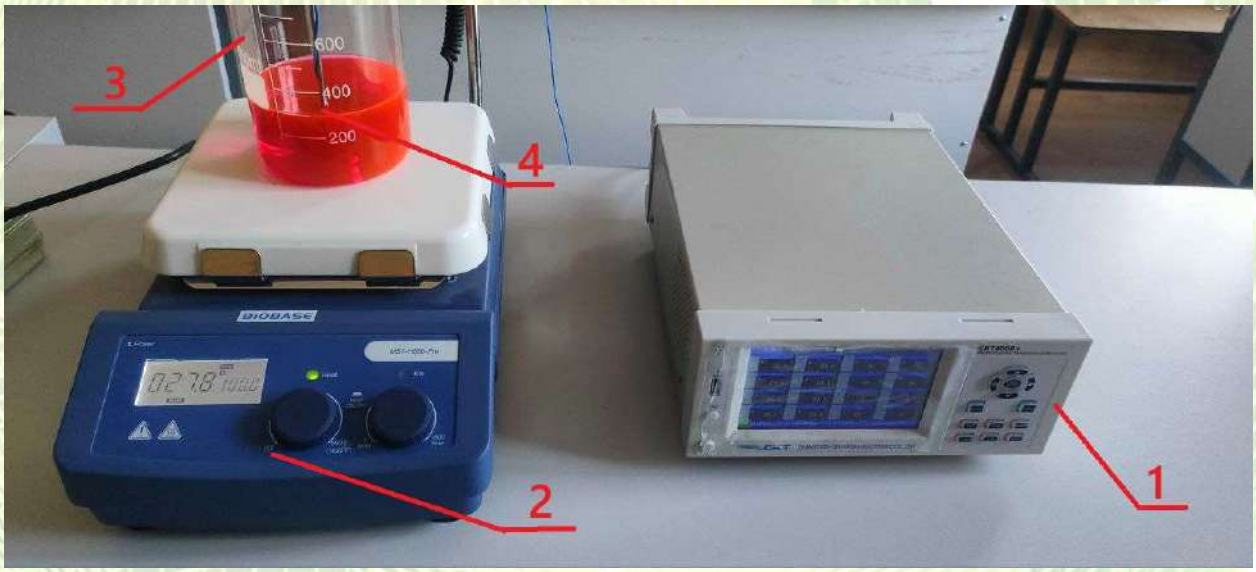


Рисунок 1. Лабораторная установка для определения теплоёмкости антифризов

ISSN 3030-3907

1 — многоканальный термометр СКТ 4000+; 2 — магнитная мешалка Biobase MS7-H550-Pro; 3 — стеклянный химический стакан; 4 — термопара от прибора СКТ 4000+.

Методика проведения эксперимента

1. В стеклянный химический стакан (3) наливается по 300 мл каждого образца антифриза.

2. В каждый образец помещается термопара (4) от прибора СКТ 4000+, а сам стакан размещается на рабочей поверхности магнитной мешалки (2).

3. Все образцы нагреваются до 100 °C при одинаковой температурной установке на мешалке. Перемешивание при нагреве отключено, так как во время предварительных тестов было установлено, что активация мешалки приводит к значительным температурным флуктуациям (до ±5 °C), затрудняющим точную фиксацию динамики нагрева и охлаждения. Для обеспечения достоверности измерений и исключения паразитных колебаний термопары, во всех опытах перемешивание не использовалось. Все образцы исследовались в одинаковых условиях.

4. После достижения температуры 100 °C нагрев отключается. Фиксируется время нагрева от начальной температуры около 30 °C до 100 °C.

5. Также фиксируется время, за которое каждый образец охлаждается **от ≈100 °C до 40 °C**.

6. Все замеры проводятся в **одинаковых условиях**, в том числе:

- объём жидкости;
- расположение термопары;
- мощность и равномерность нагрева;
- температура окружающей среды (≈30 °C);
- отсутствие сквозняков и притока дополнительного тепла.

Обработка данных

Для каждого образца были построены температурные кривые нагрева и остывания. На основании полученных графиков сделан расчёт времени теплопередачи и проанализированы различия в теплоёмкости. Более высокая теплоёмкость проявляется в длительном времени нагрева и медленном охлаждении.

ISSN 3030-3907

Таблица 2.

Температурные значения нагрева антифризов (корректированная версия)

№	Время опыта	Отработанный антифриз, °C	Регенерированный антифриз, °C	Новый заводской антифриз, °C
1	00:00:00	31.0	31.0	30.1
2	00:03:45	40.6	40.7	44.8
3	00:07:30	57.5	57.2	60.4
4	00:11:15	71.8	70.6	73.5
5	00:15:00	83.5	81.9	83.2
6	00:18:45	92.0	88.4	88.6
7	00:22:30	99.7	92.8	94.6
8	00:26:15	101.7	97.0	99.4
9	00:30:00	99.8	98.7	98.2
10	00:33:45	96.3	94.9	92.5
11	00:37:30	92.4	88.9	87.8
12	00:41:15	87.8	85.3	83.1
13	00:45:00	84.4	80.3	77.7
14	00:48:45	81.1	75.0	74.5
15	00:52:30	77.5	71.9	70.4
16	00:56:15	74.3	68.6	66.4
17	01:00:00	71.6	65.4	64.1
18	01:03:45	69.4	62.3	62.2
19	01:07:30	66.8	60.0	59.1
20	01:11:15	64.5	57.7	57.9
21	01:15:00	62.4	55.9	55.8
22	01:18:45	60.7	54.5	54.0
23	01:22:30	58.8	52.5	52.5
24	01:26:15	57.2	51.2	50.8
25	01:30:00	55.7	49.4	49.1
26	01:33:45	54.2	48.2	47.8
27	01:37:30	52.4	47.1	46.9
28	01:41:15	51.3	46.1	45.7
29	01:45:00	49.8	45.0	44.5
30	01:48:45	49.1	43.9	43.9
31	01:54:50	47.4	42.6	42.5

ISSN 3030-3907

Для исследования тепловых свойств охлаждающих жидкостей (отработанного, регенерированного и нового антифриза) была проведена серия высокочастотных измерений температуры. Всего по каждому образцу зафиксировано около 1400 температурных точек с интервалом примерно 5 секунд в условиях одинакового нагрева без перемешивания.

С целью улучшения наглядности и удобства восприятия, в таблице 2 приведены сокращённые значения температуры — отобраны 31 репрезентативных точек, равномерно распределённых по всей продолжительности эксперимента.

На основании полного массива данных построены температурные графики, отражающие динамику нагрева и охлаждения всех трёх образцов.

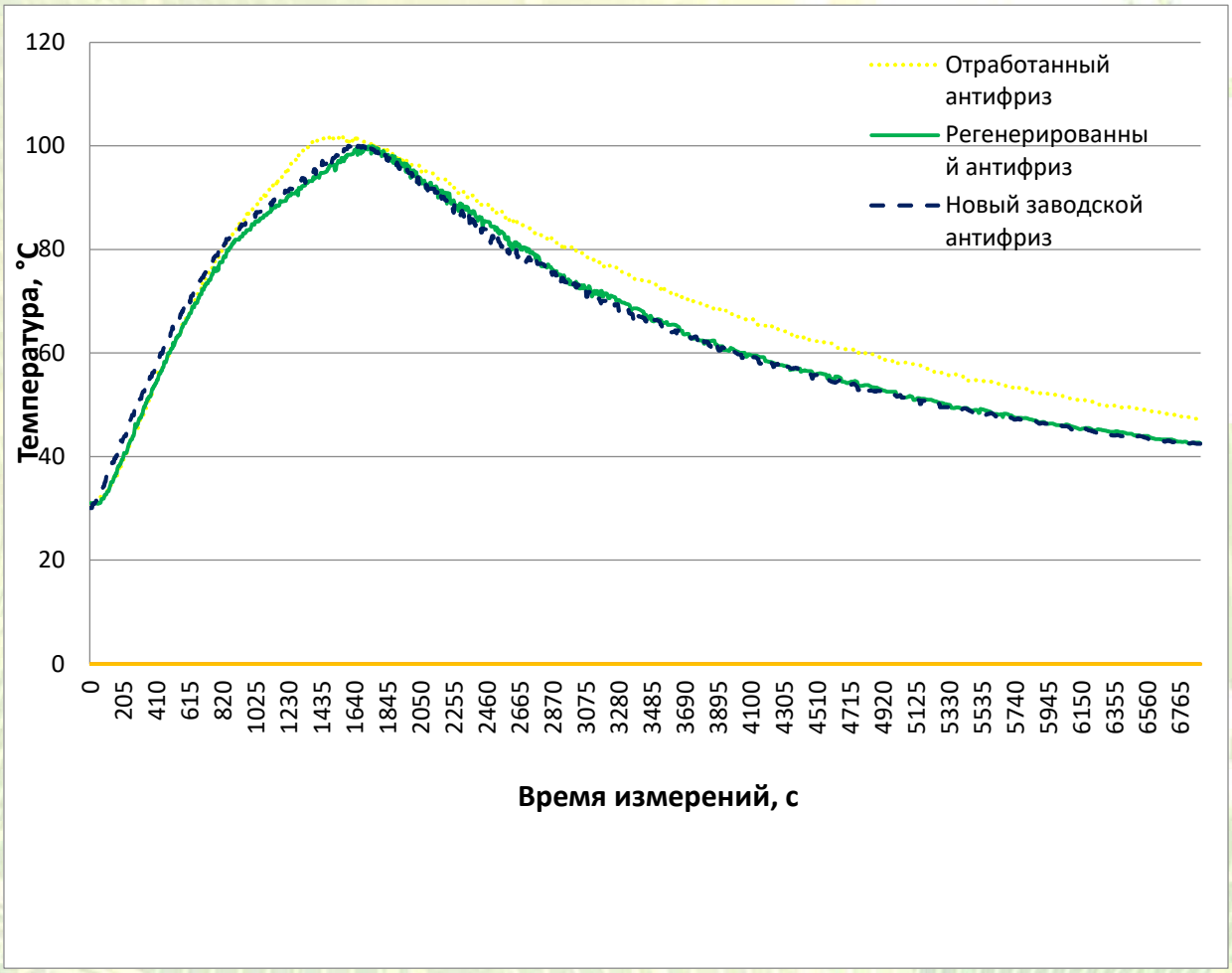


Рисунок 2. Сравнение термодинамических характеристик антифризов при нагреве до 100 °C и последующем охлаждении

На основании полного массива экспериментальных данных (более 1400 точек на каждый образец с шагом 5 секунд) был построен температурный график, отражающий процесс нагрева и охлаждения трёх типов антифриза. Как видно на графике, отработанный антифриз достигает пика температуры быстрее, но также медленнее остывает, что свидетельствует об изменении

ISSN 3030-3907

теплофизических свойств и снижении интенсивности, но и потенциально на более медленную теплопередачу. Регенерированный антифриз демонстрирует поведение, близкое к новому заводскому образцу, что подтверждает эффективность проведённой регенерации и сохранение необходимых термодинамических свойств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В результате проведённого исследования выполнена экспериментальная оценка теплофизических свойств антифризов на основе анализа температурных зависимостей при нагреве и последующем охлаждении. Разработана и апробирована методика лабораторного определения температурных характеристик охлаждающих жидкостей, обеспечивающая получение достоверных и воспроизводимых результатов при одинаковых условиях эксперимента.

Анализ полученных температурных кривых показал, что отработанный антифриз характеризуется изменёнными теплофизическими свойствами, что проявляется в особенностях его нагрева и охлаждения. В то же время регенерированный антифриз демонстрирует температурное поведение, близкое к новому (заводскому) образцу, что свидетельствует о восстановлении его эксплуатационных характеристик после проведения регенерации.

Установлено, что использование температурных зависимостей позволяет косвенно оценивать теплоёмкость и тепловую инерционность охлаждающих жидкостей без применения сложного измерительного оборудования. Предложенный подход может быть использован для оперативной оценки состояния антифризов в лабораторных и эксплуатационных условиях, а также при разработке и совершенствовании технологий их регенерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Тешебаев (2024). О Теплоносителях (хладоносителях) используемых в процессах теплообмена энергосистем. Research focus international scientific journal, 3(2). https://doi.org/10.5281/zenodo.10646100

2. Теплофизические свойства водных растворов этиленгликоля [Электронный ресурс]. – URL: https://himtermo.ru/teplonositeli/teplofiz_svoystva_vod_rastv_etilen/

3. Физические свойства водного раствора этиленгликоля [Электронный ресурс]. – URL: https://chillers.ru/bibl/allowances/mat/glicolproperties2.php

ISSN 3030-3907

4. Свойства этиленгликоля и его водных растворов (антифризов) [Электронный ресурс]. – URL: https://thermalinfo.ru/svojstva-zhidkostej/voda-i-rastvory/svojstva-etilenglikolya-c2h4-oh-2-vodnyj-rastvor-antifriz
5. Ethylene glycol and water solutions: physical properties [Электронный ресурс]. – URL: https://dpva.ru/Guide/GuideMedias/Antifreeze/EthyleneGlikolClizerinWater/
6. Физические свойства водного раствора этиленгликоля [Электронный ресурс]. – URL: https://www.highexpert.ru/content/liquids/egw_solutions.html
7. Kakaç S., Pramuanjaroenkij A. Review of convective heat transfer enhancement with nanofluids // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2009. – Vol. 52. – P. 3187–3196.
8. Vajjha R.S., Das D.K. Experimental determination of thermal conductivity of three nanofluids and development of new correlations // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2009. – Vol. 52. – P. 4675–4682.
9. Yu W., Xie H. A review on nanofluids: preparation, stability mechanisms, and applications // Journal of Nanomaterials. – 2012. – Article ID 435873.
10. Saidur R., Leong K.Y., Mohammad H.A. A review on applications and challenges of nanofluids // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – Vol. 15. – P. 1646–1668.
11. Sharma A., Tyagi V.V., Chen C.R., Buddhi D. Review on thermal energy storage with phase change materials // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – Vol. 13. – P. 318–345.
12. Hakimov, R., & Ayrapetov, D. (2024). Regeneration of spent low-freezing liquids. AIP Conference Proceedings, 3045, 030064. https://doi.org/10.1063/5.0197857
13. Khakimov, R., & Ayrapetov, D. (2023). Development of a method for the regeneration of used low-freezing liquids. ISJ Theoretical & Applied Science, 04 (120), 239-243.
14. Айрапетов Д.А., Хакимов Р.М., Алимухамедов Ш.П. Усовершенствованный метод очистки и повторного использования отработанных охлаждающих жидкостей // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2025. 9(138).

ISSN 3030-3907