

УДК 662.987

Абдуллаева Майрам Дукуевна,
д.т.н., профессор,
Ошский Государственный Университет,
Институт природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева ЮО НАН КР
Абдуллаева Майрам Дукуевна,
т.и.д., профессор,
Ош мамлекеттик университети
КР УИАнын ТБнүн А.С. Джаманбаев ат. Жаратылыш байлыктары институту
Abdullaeva Mairam Dukuevna,
doctor of technical sciences, professor,
Osh State University
Institute of Natural Resources named after A.S. Dzhamanbaeva
Southern Branch of the NAS KR

Абдуллаева Миргул Пазылбековна,
научный сотрудник,
Институт природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева ЮО НАН КР
Абдуллаева Миргул Пазылбековна,
илимий кызматкер,
КР УИАнын ТБнүн А.С. Джаманбаев ат. Жаратылыш байлыктары институту
Abdullayeva Mirgul Pazyzbekovna,
researcher,
Institute of Natural Resources named after A.S. Dzhamanbaeva
Southern Branch of the NAS KR

Садыкова Рахат Исламидиновна ,
магистрант,
Ошский государственный университет
Садыкова Рахат Исламидиновна ,
магистрант,
Ош мамлекеттик университети
Sadykova Rakhat Islamidinovna,
undergraduate,
Osh State University

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ
КАРБОНАТА КАЛИЯ**

Аннотация. Исследовано физико-химические свойства низкотемпературного теплоносителя на основе карбоната калия, что позволило определить состав и возможности корректирования теплоносителей на основе карбоната калия с различными температурами замерзания.

Ключевые слова: низкотемпературный теплоноситель на основе карбоната калия, температура замерзания, плотность, вязкость, скорость коррозии, ингибиторы коррозии, углеродистый сталь, алюминиевый сплав.

КАЛИЙ КАРБОНАТЫНЫН НЕГИЗИНДЕГИ ТӨМӨНКҮ ТЕМПЕРАТУРАЛЫК ЖЫЛУУЛУК ТАШЫГЫЧТЫН ФИЗИКАЛЫК-ХИМИЯЛЫК КАСИЕТТЕРИН ИЗИЛДӨӨ

Аннотация. Калий карбонатынын негизиндеги жылуулук ташыгычтын физикалык-химиялык касиеттери изилденип, анын негизинде ар түрдүү тоңуу температураларына ээ болгон калий карбонатынын негизиндеги жылуулук ташыгычтардын курамы жана аны корретировкалоо мүмкүнчүлүктөрү аныкталды.

Негизги сөздөр: Калий карбонатынын негизиндеги жылуулук ташыгыч, тоңуу температурасы, тыгыздык, илешимдүүлүк, коррозиянын ылдамдыгы, коррозиянын ингибиторлору, көмүртектүү болот, алюминийдин куймасы.

STUDY OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF A LOW-TEMPERATURE HEAT CARRIER BASED ON POTASSIUM CARBONATE

Abstract. The physicochemical properties of a low-temperature coolant based on potassium carbonate have been studied, which is associated with determining the composition and the possibility of adjusting coolants based on potassium carbonate with a freezing point.

Key words: low-temperature coolant based on potassium carbonate, freezing point, density, viscosity, flow rate, flow inhibitors, carbon steel, aluminum alloy.

В энергетике, пищевой промышленности, холодильной технике, транспорте, нефтедобывающих оборудованьях имеется необходимость использования низкотемпературных тепло- и хладоносителей. Отсутствие качественных и высокоэффективных низкотемпературных теплоносителей приводит к необходимости использовать воду. Однако вода, обладая хорошими теплофизическими свойствами и будучи недефицитной, имеет существенный недостаток – относительно высокую температуру замерзания (0°C). Это делает невозможной эксплуатацию систем солнечного теплоснабжения в зимнее время.

Из низкотемпературных растворов органических веществ, применяющихся в качестве теплоносителей, в первую очередь следует отметить этиленгликоль. Этиленгликолевые теплоносители, используемые на протяжении многих лет, хорошо зарекомендовали себя в качестве теплоносителей, но они имеют ряд существенных недостатков, главный из которых – токсичность LD_{50} для человека составляет $0,79\text{г/кг}$, а ПДК в воздухе – 5мг/м^3 [1].

Наряду с теплоносителями, имеющими органическую основу, применяются также солевые теплоносители. Они, как правило, менее токсичны. Некоторые из них (например, хлорид кальция, хлорид лития) имеют достаточно низкую температуру замерзания, но в то же время имеют ряд недостатков, главный из которых – коррозионная активность.

Разработка и исследование низкотемпературных теплоносителей, лишенных вышеуказанных недостатков, является актуальной задачей. Нами, данная задача можно сказать решена, так как разработан экологически чистый, коррозионнонеактивный, имеющий хорошие теплофизические свойства и работоспособный в широком температурном интервале теплоноситель на основе карбоната калия [2].

В таблице 1 сопоставлены физические свойства предлагаемого теплоносителя и 60%-ного раствора этиленгликоля [3].

Из таблицы видно, что плотность и вязкость теплоносителя на основе карбоната

Таблица 1. Физические свойства теплоносителя на основе карбоната калия и 60%-ного раствора этиленгликоля при 20⁰С.

Физические свойства	Теплоноситель на основе карбоната калия	60% раствор этиленгликоля
Температура замерзания, ⁰ С	-57	-53
Температура кипения, ⁰ С	+113	+105
Плотность, кг/м ³	1483	1077
Вязкость, сПз	7,65	4,03 (при 27 ⁰ С)
Теплопроводность, Вт/м К	0,563	0,39
Теплоемкость, кДж/кг К	3,486	3,101

калия превышает аналогичные значения для раствора этиленгликоля, а теплоемкость и теплопроводность значительно превосходят эти же характеристики раствора этиленгликоля. При практическом использовании теплоносителя на основе карбоната калия возможно его концентрирование за счет ис-

парения воды. Соответственно, это вызывает необходимость добавления воды с целью компенсации утерянной. Поэтому изучалось изменение физических свойств теплоносителя при концентрировании путем испарения воды и разбавлении водой. Результаты приведены на рисунке 1 и в таблице 2.

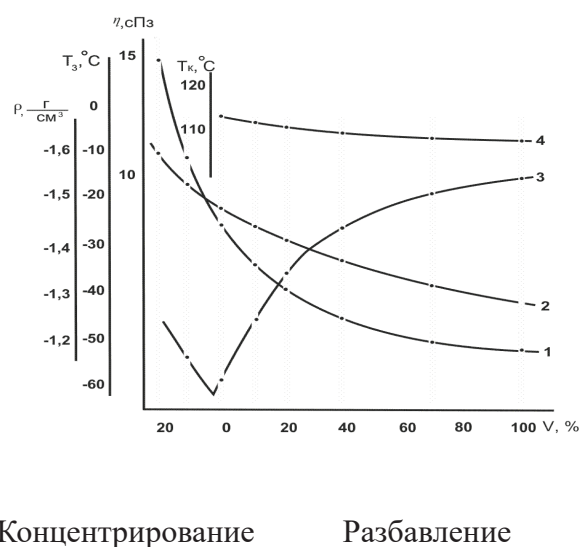


Рисунок 1. Изменение физических свойств теплоносителя на основе карбоната калия при концентрировании и разбавлении его водой (в объёмных %): 1 – вязкость (η), 2 – плотность (ρ), 3 – температура замерзания (T_z); 4 – температура кипения (T_k).

Таблица 2. Изменение физических свойств теплоносителя на основе карбоната калия в результате его разбавления и концентрирования

Изменения объема теплоносителя, в % по объему	Температура замерзания, °С	Плотность ρ , г/см ³ при 20°С	Вязкость, сПз при 20°С	Температура кипения, °С
-20	-46	1,59	15,9	-
-10	-56	-	11	-
-5	-61	1,505	-	-
0	-58	1,483	7,65	113
10	-46	1,455	6,65	111
20	-35	1,425	5,19	-
30	-31	1,359	4,55	110
40	-26	1,375	4,06	-
50	-22	1,34	3,36	109
70	-20	1,32	2,95	108
100	-16	1,28	2,56	107

Примечание: знак «-» – концентрирование теплоносителя путем упаривания воды.

Из приведенных данных видно, что концентрирование даже на 10% по объему приводит к резкому увеличению вязкости теплоносителя, хотя температура замерзания остается на одном уровне. А при разбавлении теплоносителя водой, например, на 20 % (по объему) его вязкость уменьшается на 30% и составляет уже 5,19 сПз. Температура замерзания повышается до -35°, а плотность уменьшается всего на 0,06 г/см³, при таком разбавлении концентрация компонентов теплоносителя уменьшается примерно на 12%. Следовательно, концентрирование теплоносителя за счет испарения воды является нежелательным явлением, а разбавление его водой вполне допустимо.

При разбавлении теплоносителя водой температура замерзания, теплоемкость и теплопроводность повышаются, а плотность и вязкость уменьшается. Таким образом, разбавление теплоносителя, помимо экономии последнего, приводит к улучшению его

качеств. Поэтому в зависимости от климатических условий местности рекомендуется применять теплоносители с различными температурами замерзания.

Испытания коррозионной стойкости металлов проводили в неразбавленном теплоносителе, в теплоносителе, разбавленном водой на 20% по объему и в теплоносителе, разбавленном водой в 25 раз по объему, при температуре 70°С (изредка температуру повышали до 95-100°С на 1-1,5 часа в течение дня).

Следует отметить, что образцы стали после испытания имели в большинстве случаев первоначальный вид, изредка они приобретали матовый оттенок. У последних, как правило, наблюдался прирост массы (в результатах прирост массы обозначен знаком «+»). На всех образцах не было обнаружено следов коррозии. Результаты опытов приведены на таблицах 3 и 4. Из данных приведенных в таблицах видно, что скорость коррозии образцов из углеродистой стали ст.3 очень низка.

**Таблица 3. Коррозионная стойкость образца углеродистой стали
3 в растворах теплоносителя**

Наименование Теплоносителя	Изменение массы образцов, Δm , г	Среднее, Δm , г	K, г/м ² сутки	K, мм/год
Неразбавленный Теплоноситель	-0,0002	0,00013	$4,51 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$
	-0,0001			
	+0,0002			
	-0,0003			
	0,0000			
Разбавленный На 20% по объему	-0,0002	0,0002	$6,77 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$
	0,0003			
	-0,0001			
	+0,0001			
Разбавленный в 25 раз по объему	-0,0004	0,00013	$4,51 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$
	-0,0001			
	0,0000			
	+0,0001			

Примечание:

- 1) общее время испытания 1300 часов, из них 310 часов при $T=70^{\circ}\text{C}$ и 20 часов при $95-100^{\circ}\text{C}$;
- 2) значение K дано за время 310 часов значение коррозии в мм/год даны в предположении, что образцы корродируют равномерно;
- 3) знак «+» - прирост «-» - убыль массы.

**Таблица 4. Коррозионная стойкость алюминиевого сплава АД-1 в растворах
теплоносителя**

Наименование Теплоносителя	Изменение массы образцов: Δm , г	Среднее Δm , г	K, г/м ² сутки	K, мм/год
Неразбавленный теплоноситель	+0,0002	0,00033	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
	+0,0007			
	+0,0004			
	-0,0000			

Разбавленный на 20% по объему	+0,0005	0,0002	$6,38 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-4}$
	-0,0002			
	+0,0003			
	+0,0002			
Разбавленный в 25 раз по объему	+ 0,0003 + 0,0003	0,0002	$6,38 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-4}$

Примечание: см. примечание таблицы 3

Из данных таблицы 4 следует, что почти у всех образцов из алюминиевого сплава в условиях опыта наблюдается прирост массы. Визуальное рассмотрение этих образцов показало, что они имеют матовый оттенок за счет образования пленки. Эту пленку можно удалить, но не до конца. Следов питтинговой коррозии не было обнаруже-

но. Полученные данные о скорости коррозии говорят о том, что исследованные образцы алюминия устойчивы в теплоносителе. В зависимости от климатических условий местности следует применять теплоносителя с различными температурами замерзания и, следовательно, разного состава. Состав теплоносителей с различными температурами замерзания приведены в таблице 5, а их физические свойства приведены в таблице 6.

Таблица 5. Состав 1 тонны теплоносителей (в кг)

Наименование Теплоносителя	ТН-50	ТН-40	ТН-30	ТН-25	ТН-20
$K_2CO_3 \cdot 1,5H_2O$	516	483	441,5	417,5	386
$NA_3PO_4 \cdot 12H_2O$	43	40,4	36,9	34,9	32,2
$NA_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	26	24,3	22,5	21	19,4
$NA_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	20	18,8	17,3	16,4	15,1
Умягченная вода	395	433,5	481,8	510,3	547,3

Таблица 6. Физические свойства теплоносителей

Теплоносители	Температура замерзания °С	Плотность, г/см ³		Вязкость при 20°С сПз
		20°С	30°С	
ТН-50	-50 ... -54	1,487...1.495	1,482...1.49	7,9
ТН-40	-40...-44	1,454...1.462	1,448...1.456	6,5
ТН-30	-30...-34	1,407...1.415	1,401...1.409	4,9
ТН-25	-24...-27	1,378...1.386	1,372...1.38	4,2
ТН-20	-22...-22	1,354...1.362	1,348...1.356	3,5

В процессе эксплуатации возможно уменьшение объема теплоносителя за счет утечки или испарения воды. Корректирование свойств теплоносителя осуществляется путем измерения плотности. Если плотность взятой пробы при определенной температуре не изменилась, то уменьшение объема теплоносителя произошло из-за утечки его из системы. В этом случае объем теплоносителя в системе восстанавливается путем добавления новой порции теплоносителя. Если плотность взятой пробы при определенной температуре больше, чем указано в таблице 6, то это свидетельствует о том, что произошло испарение воды. В этом случае

нужно добавить столько воды, чтобы получился раствор с плотностью, указанной в таблице 6 (при данной температуре) или объем теплоносителя нужно довести, путем добавления умягченной или дистиллированной воды, до первоначального объема (если уменьшение объема теплоносителя произошло только за счет испарения воды). Если уменьшение объема произошло из-за испарения воды и утечки теплоносителя, то в этом случае объем теплоносителя в системе восстанавливается путем добавления воды до нужной плотности при данной температуре, а затем до первоначального объема новой порцией теплоносителя.

Литература

1. Merk, KGaA. Chemical reagents [Text].- Darmstadt, Germany, 2002.
2. А.с.1527246 СССР. Низкотемпературный теплоноситель /В. П. Баранник, Т.Х. Чен, М.Д.Абдуллаева, С.И.Смирнов, Г.Н. Мансуров -№ 4326655/31; Заявл.08.09.87; Опубликовано.07.12.89. Бюл.№45.
3. *Абдуллаева, М.Д.* Разработка и исследование нетоксичных низкотемпературных теплоносителей для систем солнечного теплоснабжения [Текст]: автореф.дисс....докт. техн. наук / М.Д. Абдуллаева. - М.,2012.