

# Энергосберегающие низкотоксичные хладоносители для ледовых арен

*Зимние виды спорта являются важной основой здорового образа жизни населения в России, где большая часть территории расположена в зонах умеренных и сильных холодов.*

Для массовой реализации спортивных ожиданий зимней олимпиады в Сочи, чемпионата мира по хоккею 2014 года и развлечений россиян в последние годы построено много ледовых дворцов, стационарных катков и быстровозводимых площадок шаговой доступности. По данным СМИ только в Москве с ноября 2014 по март 2015 гг. эксплуатируется более 130 катков открытого типа (рис. 1, 2).



Рис. 1. Фотография открытого быстровозводимого катка шаговой доступности

Поэтому впереди в ближайшие годы предстоит большая и кропотливая работа, связанная с организацией новых и поддержания существующих спортивных ледовых сооружений круглогодичного и сезонного пользования. В настоящей публикации речь пойдет об особенностях эксплуатации в этих сооружениях систем холодоснабжения и поддержания качества ледового покрытия.

В технологиях создания и поддержания качественного (быстрого) льда есть фронт работ, связанный с химией воды, касающийся её структурирования для достижения высокого качества (скользкости) льда, и фронт работ, связанный с эксплуатацией холодильной системы при заморозке и эксплуатации ледового покрытия. Первая часть достаточно подробно рассмотрена в материалах публикаций [1 и 2]. Вторая часть тесно связана с вопросами эффективности и стабильности тепломассопереноса в холодильной системе в процессе создания и сохранения ледового покрытия для стационарных спортивных сооружений и ледовых площадок шаговой доступности [3].

Производство холода для искусственного ледового по-

крытия начинается и поддерживается с помощью холодильных машин – чиллеров. Хладагент в теплообменнике чиллера охлаждает до необходимой температуры хладоноситель (обычно в диапазоне от  $-7^{\circ}\text{C}$  до  $-15^{\circ}\text{C}$ ). Холодный хладоноситель подается насосами через коллектор в трубную систему поля для обеспечения температуры поверхности плиты, на которой намораживается лед, в интервале от  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $-8^{\circ}\text{C}$  (в зависимости от вида спорта).

Следует отметить, что для катков открытого типа температура льда существенно зависит от температуры окружающего воздуха и может значительно отличаться от рекомендуемого интервала. В особенности это характерно для быстровозводимых открытых катков массового пользования с трубным полем из прорезиненных айс-матов. С учетом реально низкой зимней температуры внешней среды до  $-25 - 30^{\circ}\text{C}$ , при которой хладоноситель может загустевать до состояния геля и не прокачиваться в системе подачи на поле, для катков открытого типа следует использовать хладоносители с температурой кристаллизации не выше  $-30^{\circ}\text{C}$



Рис. 2. Фотография ледового дворца

и только в южных регионах нашей страны ее можно повысить до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В качестве основы хладоносителей – рабочие жидкости холодильных систем – в XX веке часто использовали рассолы – водные растворы неорганических солей на основе  $\text{CaCl}_2$  или  $\text{NaCl}$ . С развитием химической отрасли в 90-х годах XX века холодильной технологии стали доступны водные растворы органических солей на основе ацетата и формиата калия. В последние годы широкое распространение получили водные растворы этиленгликоля. Значительно реже применяются водные растворы пропиленгликоля.

Вместе с тем, выбор хладоносителя непосредственно влияет на стабильность, эффективность и безопасность работы спортивного объекта. Важно отметить, что для надежной работы системы хладоснабжения хладоносители должны обладать низкой коррозионной активностью, пожаро- и взрывобезопасностью, хорошими теплофизическими свойствами, низкой вязкостью, экологической безопасностью и др. [4 и 5]. Коррозионная активность хладоносителя напрямую воздействует на долговечность и безаварийную работу контура хладоснабжения ледового поля. Вязкость, теплоемкость и теплопроводность хладоносителя влияют на энергоэффективность холодильной системы через потребляемую циркуляционными насо-

сами мощность для прокачки в трубной системе поля хладоносителя.

Рассмотрим кратко эксплуатационные свойства хладоносителей, применяемых в системах охлаждения спортивных сооружений.

Рассолы – солевые растворы (органические и неорганические) обладают хорошими теплофизическими свойствами, дешевы и доступны. Однако они весьма агрессивны в отношении конструкционных металлических элементов системы хладоснабжения. Типичная картина коррозии фрагмента нержавеющей теплообменного оборудования систем хладоснабжения с  $\text{CaCl}_2$  приведена на рис 3.

В случае использования трубной разводки поля из пластиковых материалов коррозионному поражению подвергаются металлические части системы охлаждения: теплообменник, насосы и коллектор. В ряде случаев наблюдается воздействие хладоносителя на полимерный материал трубного поля через «охрупчивание» и растрескивание с последующим нарушением герметизации системы. Срок эксплуатации рассольных контуров хладоснабжения без надлежащего соблюдения сервисных мероприятий редко достигает трех лет до капитального ремонта холодильной системы.



Рис. 3. Фото коррозии фланца из нержавеющей стали

Следует отметить, что снизить коррозионную активность рассольных хладоносителей можно путем применения различных присадок, среди которых наиболее интересны нетоксичные и экологичные типа «Кальтозин» (совместная разработка ЛТИ им. Ленсовета и ВНИИХП), а также «КПГ-ПК» (ТУ 2422-014-11490846-07, разработка ООО «Спектропласт») [11].

Кроме коррозионной агрессивности рассолов важно отметить, что продукты коррозии рассолов также весьма токсичны. Например, острой токсичностью обладает соединение  $NiCl_2$ , сопровождающее контакт рассола с нержавеющей сталью,  $CuCl$ , возникающее при контакте с медными элементами системы хладоснабжения,  $ZnCl_2$  и др. [4]. Исходя из соображений экологии и надежности систем хладоснабжения против коррозионной активности рассолов, в последние годы от них отказываются в пользу водных растворов гликолей.

Водный раствор этиленгликоля получил большое распространение в ледовых комплексах в последнее время в основном из-за невысокой цены. Однако, по экологическим и токсикологическим показателям этиленгликоль опасен для применения в спортивных объектах массового пользования. Этиленгликоль ядовит, действует на центральную нервную систему и почки человека как сосудистый и протоплазматический яд, вызывая некроз и отек сосудов [7]. В ряде европейских стран этиленгликоль к применению запрещен [8].

Постоянное воздействие паров этиленгликоля на обслуживающий персонал катков, на спортсменов и зрителей негативно сказывается на здоровье людей. Более того, в аварийных ситуациях вероятно разгерметизация системы хладоснабжения ледового покрытия, с последующим разливом хладоносителя. Массовая протечка токсичного материала, содержащего этиленгликоль, может привести к локальной экологической катастрофе в жилой зоне расположения спортивного объекта.

Рассмотрим, например, катки сезонного пользования с системой трубной разводки на основе резино-пластиковых айс-матов [9]. Из таких систем хладоснабжения этиленгликоль попадает в окружающую среду наиболее часто. Специалисты отмечают недостаточную стойкость прорезиненных матов ледового поля на разрыв и проколы, что ведет к утечкам ядовитого хладоносителя и его испарению при интенсивной массовой эксплуатации катков [3]. Утечки имеют место при нарушении герметичности соединений коллекторов, а также из-за скалывания льда и повреждения матов коньками посетителей.

С учетом большой эксплуатационной нагрузки около 80-90 человек за смену для малых катков и 180-200 человек за смену – для больших, а также из-за близости жилья экологическая безопасность для такого вида катков становится одним из определяющих критериев. В целом, по оценкам специалистов, за сезон от заправки до слива на хранение «утекает» около 10% объема ядовитого этиленгликолевого хладоносителя [9]. Справочно: объем заправки ледового поля, размером 20 м x 40 м составляет до 6 тонн, а 30 м x 60 м составляет до 12 тонн хладоносителя в зависимости от длины магистральных трубопроводов. В системе хладоснабжения знаменитого, самого большого открытого катка в Европе на ВДНХ в Москве, содержится около 125 тонн ядовитого этиленгликолевого хладоносителя.

Снизить экологическую нагрузку можно заменой этиленгликолевого антифриза на пропиленгликолевый [10]. Пропиленгликоль является экологически чистой и безопасной альтернативой этиленгликолю. Пропиленгликоль разрешен к применению в пищевой промышленности в качестве добавки к продуктам питания.

Энергосберегающие и низкотоксичные хладоносители на основе пропиленгликоля выпускаются в России в промышленных масштабах под марками ХНТ-НВ и ХНТ-СНВ,

**Основные эксплуатационные свойства хладоносителей**

№ пп	Хладоноситель	НТД	Действующее вещество	Теплофизические параметры				Коррозионная активность, г/м <sup>2</sup> • сут Ст20/медь/латунь	Средняя летальная доза DL50, г/кг	Цена с НДС, руб/кг
				Вязкость, мПа • с при -20°С	Плотность, г/см <sup>3</sup> при +20°С	Удельная теплоемкость, Дж/кг • К	Теплопроводность, Вт/м • К, при +20°С			
1	ОЖ-30	ТУ 2422-009-11490846-05	ЭГ	18,0	1,080	3250	0,381	0,06/0,06/0,07	5	79
2	Спектроген GR-LV-30	ТУ 2422-024-11490846-12	ЭГ и ПАВ	12,8	1,180	3425	0,501	0,05/0,05/0,08	9	90
3	ХНТ-30	ТУ 2422-015-11490846-08	ПГ	76,0	1,037	3615	0,368	0,04/0,05/0,06	32	127
4	ХНТ-НВ-30	ТУ 2422-011-11490846-07	ПГ и ПАВ	38,0	1,102	3290	0,445	0,03/0,05/0,05	18	133
5	ХНТ-СНВ-30	ТУ 2422-018-11490846-10	ПГ и ПАВ	10,4	1,253	3210	0,498	0,05/0,08/0,08	16	146
6	Спектроген S-30LV	ТУ 2422-026-11490846-12	ПГ и ПАВ	38	1,102	3290	0,445	0,08/0,08/0,09	30	122
7	Рассол CaCl <sub>2</sub>	ГОСТ 450-77	CaCl <sub>2</sub>	12,4	1,286	2660	0,49	3,2/2,4/3,1	1	29
8	Рассол формата калия	ТУ 2422-003-71286129-2005	Формиат калия	10,35	1,325	3200	0,525	1,1/0,8/1,3	5,5	70

Spektrogen S–LV. Хладоносители содержат ПАВы, снижающие вязкость, а также комплекс ингибиторов коррозии, стабилизаторов, биоцидов и других целевых добавок, обеспечивающих стабильные параметры работы холодильной системы.

Данные сравнения основных эксплуатационных свойств этиленгликолевых и пропиленгликолевых хладоносителей для температуры кристаллообразования -30 °С приведены в таблице.

Из таблицы видно, что по вязкости сверхнизковязкие хладоносители марки ХНТ-СНВ, выпускаемые в России по ТУ 2422-018-11490846-10, значительно превосходят этиленгликолевые. При этом ХНТ-СНВ экологичны, т.к. представляют собой водный рас-

твор пропиленгликоля с ПАВами и коррозионно безопасны.

Таким образом, для повышения экологичности, надежности и энергоэффективности спортивных объектов, в том числе и массовых шаговой доступности, достаточно объективной информированности заказчиков сооружений зимних видов спорта при выборе хладоносителей.

Для действующих систем необходимо рассмотреть вопрос поэтапного перехода на сверхнизковязкие низкотоксичные и коррозионно безопасные хладоносители.

**М.А. Галкин**

(д-р техн. наук, ООО «Спектропласт»)

**К.Н. Шашелев**

(ООО «Русьэнергомонтаж»)

### Источники информации

1. Гончарова Г.Ю. и др. Ледовые технологии – новые технологии структурирования ледовых покрытий. //Строительство и эксплуатация спортивных сооружений//, №8 и 9, 2008.
2. Яковлев Г.П., Горелов В.Н. Технология спортивного льда и олимпийские рекорды. //Холодильный бизнес//, №6 и 7, 2014.
3. Спасский А.А., Спасский И.А. Системы холодоснабжения искусственных ледовых катков. //Холодильная техника//, №5, 2012.
4. Галкин М.Л. Хладоносители для ледовых арен и других общественных объектов. //Холодильная техника//, №5, 2008.
5. Рукавишников А.М. Хладоносители холодильных систем. //РОСТЕХНАДЗОР. Наш регион//, №9, 2009.
6. Генель Л.С., Галкин М.Л., Сорокин С.С. Некоторые особенности применения теплоносителя на основе пропиленгликоля в холодильном оборудовании. //Холодильная техника//, №5, 2000.
7. Чернышев А.К. и др. Показатели опасности веществ и материалов (5 томов). – М.: Фонд им И.Д. Сытина, 1999.
8. Генель Л.С., Галкин М.Л. Состояние и тенденции развития европейского рынка хладоносителей // Холодильный бизнес//, № 12, 2006. С. 16-19.
9. Галкин М.Л., Рукавишников А.М. Быстровозводимые катки – российские особенности и проблемы экологии.//Холодильная техника//, №1, 2014.
10. Галкин М.Л. Эксплуатационная безопасность систем холодоснабжения. //Энергобезопасность и энергосбережение//. № 2, 2009. С. 14-20.
11. Белозеров Г.А. и др. Научно-методические рекомендации по применению хладоносителей на предприятиях АПК// ГНУ ВНИХИ, 2007.
12. Воробьева Г.Я. Коррозионная стойкость материалов. Москва, Химия. 1975. 816с.