

Д.А. Ефремов

## Холодоснабжение ледовых арен на примере стадиона «Химик» (г. Кемерово, Россия)

В статье описывается устройство холодильного оборудования на примере стадиона «Химик» (г. Кемерово, Россия), основные принципы его технического обслуживания в конкретных условиях эксплуатации.

Может быть также использована в качестве пособия для начинающих холодильщиков.

### Холодильная станция

Холодильная техника в настоящее время представляет собой высокоразвитую отрасль промышленности, способную удовлетворить самые разнообразные требования, возникающие в связи с необходимостью отводить теплоту от различных объектов. Искусственный холод является неотъемлемой частью технической базы спортивных комплексов. От состояния холодильного хозяйства во многом зависит развитие технического прогресса спортивных арен с искусственным льдом. В целях повышения эффективности холодильного оборудования необходима его модернизация, автоматизация, а также замена устаревших холодильных агрегатов. Поэтому залогом успеха ледового катка является хорошо отлаженная современная холодильная установка, которой отведена особая роль на стадионах с искусственным льдом.

Стадион «Химик» расположен в столице Кузбасса г. Кемерово и является одним из самых крупных спортивных центров России. Открытый стадион и крытый модуль, вмещающие до 20 тысяч зрителей одновременно, образуют уникальный тренировочно-зрелищный комплекс, и являются одними из крупнейших в мире спортивных арен для хоккея с мячом. Традиционно здесь проходят матчи чемпионата России и крупнейшие российские и международные турниры.

Наша холодильная станция (ХС), общей холодопроизводительностью 2300 кВт, была смонтирована и введена в эксплуатацию в 2003 году. С 2003 по 2007 гг. работала только на открытую арену с искусственным ковровым покрытием. В 2007 году в преддверии Чемпионата мира по хоккею с мячом был сдан в эксплуатацию крытый модуль с бетонным покрытием, который был подключен, уже к действующей холодильной установке. Каждое из полей делится на 3 сектора по системе хладоснабжения.

Холодильная станция была рассчитана для функционирования при среднесуточных температурах воздуха не более +10 °С. Система холодоснабжения обеспечивается десятью компактными винтовыми компрессорами марки Bitzer CSH 8571-140Y по 230 кВт каждый. Компрессоры соединены попарно (всего 5 пар) и каждая пара имеет свои общие всасывающий и нагнетательный коллекторы. Также каждый компрессор оснащен экономайзером. Охлаждение хладоносителя производится с помощью пяти пластинчатых испарителей. Для правильной работы холодильной станции также установлено 10 вертикальных линейных ресиверов, по 2 на каждую пару компрессоров. В состав блочной контейнерной станции общей

площадью 86,4 м<sup>2</sup> (12x7,2 м) входят также 5 воздушных V-образных конденсаторов фирмы Fincoil мощностью по 737 кВт, которые установлены на крыше холодильной станции. Температура кипения холодильного агента  $t_0 = -15$  °С температура конденсации +30 °С. В качестве холодильного агента используется фреон R22. Хладоноситель – 34%-й раствор Freezium. При эксплуатации двух ледовых арен в системе обращается около 90 тонн раствора. Циркуляция хладоносителя в системе охлаждения обеспечивается тремя насосами фирмы Kolmekс мощностью по 37 кВт. Рабочее давление в системе хладоснабжения 2,5÷4 бара. В блочной контейнерной станции установлены 3 мембранных расширительных бака для предотвращения аварийных ситуаций и компенсации температурных перепадов.

Регулировка производительности компрессорных установок происходит с помощью системы автоматики и электронного TPV марки Danfoss. Все параметры работы холодильной станции выводятся на компьютер.

Электроснабжение для оборудования станции хладоснабжения обеспечивается от трёх электрических щитов, установленных внутри станции. Общая электрическая мощность оборудования станции хладоснабжения составляет 1500 кВт и распределяется следующим образом: 1-й и 3-й блоки контейнерной станции (по 4 компрессора) – по 600 кВт и 2-й блок станции (2 компрессора) – 300 кВт.

Закрытая ледовая арена оснащена своей насосной станцией, которая содержит: систему экстренной оттайки закрытой ледовой арены, включающая в себя пластинчатый теплообменник, а также запорной арматурой и манометрами.

Также в коллекторной установлены дополнительные насосы, обеспечивающие циркуляцию хладоносителя по закрытому ледовому полю.

### **Краткое описание системы хладоснабжения**

Начнем с того, что на каждом спортивном объекте с искусственным льдом имеется собственная, по-своему уникальная, система хладоснабжения: у кого-то поле состоит из 2-х секторов, а у кого-то используется многосекторная система. Это зависит от размеров поля – чем оно больше, тем естественно и секторов больше. По крайней мере, не приходилось слышать, чтобы на поле имелось больше 4 секторов (в качестве пример – поля для хоккея с мячом).

Как вы думаете - для чего делят поле посекторно?

Ответ очевиден: систему делят на сектора для того, чтобы равномерно распределить потоки хладоносителя по ледовому полю.

Теперь давайте рассмотрим систему хладоснабжения на примере нашего стадиона.

Как и говорилось ранее, в нашем спортивном сооружении имеются 2 поля: закрытое и открытое, которые работают от одной холодильной установки. Каждое из полей делится на 3 сектора и для каждого - свой циркуляционный насос. Распределение потоков производится в коллекторной за счет открытия или закрытия дисковых затворов (их же можно использовать, как балансировочные вентили).

Для осуществления циркуляции хладоносителя используется три основных рабочих схем хладоснабжения:

- индивидуальная;
- последовательная;
- параллельная.

*Индивидуальная схема* предусматривает работу только с одним полем (либо с открытым, либо с закрытым). Но так как обычно мы начинаем эксплуатацию с закрытого поля и завершаем сезон с закрытым, поэтому эту схему мы используем в основном для модуля. При этом с целью экономичного использования энергоресурсов, рекомендуется использовать один циркуляционный насос. Также необходимо равномерно распределить потоки хладоносителя по секторам поля балансировочными вентилями, расположенными на обратном трубопроводе. Данная схема предусматривает работу от одного до четырех компрессоров в зависимости от тепловой нагрузки на ледовую поверхность.

*Последовательная схема* предусматривает работу с двумя полями. Эта схема считается у нас самая экономичная. Почему? При такой схеме работает минимальное число компрессоров (или не работают вообще) и функционирует всего 1 насос. Поток хладоносителя по подающему трубопроводу с помощью насоса поступает на закрытую арену. При прохождении через поле он подогревается на  $2\div 3$  °С и далее подогретый хладоноситель идет на открытое поле, где за счет окружающей среды охлаждается на эти же  $2\div 3$  °С. То есть, получаясь, не затрачивая дополнительной энергии, мы эксплуатируем 2 ледовых поля. Такая система называется Free Cooling, что в переводе с англ. «свободное (естественное) охлаждение». Free Cooling является экономичным способом использования низких внешних температур наружного воздуха для охлаждения хладоносителя, который затем будет использован для производственного процесса. Еще плюсом такой схемы является тот факт, что при низких температурах мы используем не только естественное охлаждение, но и подогреваем открытое поле, и за счет этого в значительной степени сокращается процесс появления трещин на поверхности льда при изменении температуры окружающей среды.

#### *Преимущества Free Cooling:*

- Значительная экономия электроэнергии зимой.
- За счет уменьшения часов работы компрессоров, происходит огромная экономия ресурса системы.
- Уменьшаются затраты на ремонт и обслуживание.

Данная схема работает эффективно, когда температура окружающего воздуха не выше  $-10$  °С. Если температура окружающего воздуха находится в интервале от  $-10$  °С до  $-5$  °С, то дополнительно включаются компрессоры. Выше  $-5$  °С – данная схема не работает. Если температура окружающей среды ниже  $-30$  °С и температура хладоносителя составляет около  $-14$  °С с целью обеспечения безопасности порыва магистралей холодоснабжения или других аварийных ситуаций, рекомендуется запустить дополнительно насосы в насосной станции вместе с трехходовыми вентилями, которые расположены в модуле, при этом на подаче закрытого поля задать температуру хладоносителя не ниже  $-14$  °С.

**Параллельная схема** используется при температуре окружающей среды от  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Она является самой затратной с точки зрения энергопотребления, т.к. работают два, или три насоса и, в зависимости от погодных условий, от двух до десяти компрессоров. При такой схеме идет равномерное распределение на 2 потока: на открытое и закрытое поле.

## **Подготовка холодильной станции к сезонной эксплуатации**

Подготовка холодильного оборудования к новому сезону начинается сразу после остановки технологических линий. От систематичности проведения профилактических работ и профессионализма инженеров, которые проводят работы по плановому сервисному обслуживанию, напрямую зависит срок службы ХС. Стоит сказать, что ремонт чиллеров всегда является дорогостоящим и, в зависимости от вида поломки, длительным. Регулярный осмотр и профессиональное обслуживание – это страховка от поломок и гарантия бесперебойной работы.

Длительность и надежность работы холодильного оборудования зависят от правильной организации профилактического осмотра и ремонта. Поэтому заранее должен быть составлен график ППР, чтобы грамотно спланировать профилактику и ремонт технологического оборудования, а также определить приоритетность профилактических работ, то есть, какое оборудование важнее вылечить и обновить в первую очередь и сколько потребуется на это времени.

**Что нужно сделать после остановки технологии поддержания холода?** Сразу же после остановки холодильного оборудования необходимо отключить электрические щиты управления ХС, все данные записываются в сменный журнал. В сети Интернет есть много информации об обслуживании чиллеров, и там советуют, что при его остановке на длительный срок необходимо перекрыть запорную арматуру на системе хладоснабжения. Это действительно надо выполнить, если системе хладоснабжения необходим ремонт (т.е. сброс хладоносителя). Если ремонт не требуется, не стоит их перекрывать. Если подробнее, то ситуация такова: при остановке ХС хладоноситель в системе еще имеет отрицательную температуру, а при нагреве начинает, как подобает жидкости, расширяться. Расширение принимают на себя расширительные баки, которые расположены обычно в ХС, или вблизи насосной группы. Если закрыть запорные вентили, то сообщения между полем и баками не будет и может произойти порыв трубы на поле, или разгерметизация муфтового соединения, поиск которого займет много времени и сил персонала.

Далее следует провести тщательный профилактический осмотр всего холодильного оборудования: 1) на наличие масляных подтеков, которые могут возникнуть в период эксплуатации, 2) на наличие микротрещин, вмятин, 3) стоит проверить все соединения на утечки с помощью мыльного раствора, 4) обязательно проверить уровень хладагента в линейных ресиверах, и записать в виде схемы в сменный журнал, чтобы потом сравнить уровни при пуске ХС.

Зачем нам это нужно? Время простоя оборудования составляет где-то 2÷3 месяца. Перед запуском в обязательном порядке замеряем и сверяем уровни в ресиверах, если уровень повысился (незначительно), то это нормальное явление. В нашем случае конденсаторы находятся выше линейных ресиверов, и при изменении погоды на улице происходит перетекание хладагента в ресиверы. Из ресивера фреон,

естественно никуда не денется, дальнейшего его передвижения не даст установленный перед ресивером обратный клапан, а после ресивера соленоидные клапана. Если же уровень в каком-нибудь ресивере понизился, то это явный признак утечки хладагента, либо пропускают соленоидные клапана, установленные после ресивера.

Продолжим разговор [о профилактике оборудования](#).

В этом случае проверяются все сварные и резьбовые крепления, которые при эксплуатации подвергались вибрационному воздействию (крепления компрессоров, крепления конденсаторов, магистральные трубопроводы, крыльчатки вентиляторов конденсатора). Также проверяются приборы КИПиА. Далее, после ревизии фреонового контура, осмотру подвергаются открытые части трубопроводов системы хладоснабжения. Проверяются все резьбовые и сварные соединения на наличие трещин, которые могут повлиять на дальнейшее разрушение в период эксплуатации и, в последствии, порыв трубопровода, проверяются места разрушения изоляции на трубопроводе. На закрытой арене частично открываются технические каналы, где расположены коллекторные подающие и обратные трубопроводы с целью осмотра соединений и просушки самого канала. На открытом поле трубопроводы хладоснабжения находятся под искусственным ковром, и с целью профилактики выборочно откапываются коллекторы и проверяется протяжка муфтовых соединений.

Данный краткий перечень осмотра позволяет выявить проблемные места в холодильной установке в целом. **Важно:** после каждой операции осмотра результаты необходимо записать в журнал для составления подробного плана ремонтных работ.

### **Подготовка к пуску холодильной станции**

И вот, до начала заливочного процесса закрытой арены остаются считанные дни. Подводятся итоги ревизионных работ, и начинается очередной (самый ответственный) профилактический осмотр оборудования холодильной станции перед запуском в эксплуатацию. Как было сказано в предыдущем разделе, проводится осмотр по тому же сценарию (не забываем об уровнях фреона в ресиверах перед запуском компрессоров). Проверяем (еще раз) герметичность фреонового контура, герметичность контура хладоснабжения, также проверяем изоляцию на трубопроводах – казалось бы все в порядке и все уже почти готово. Производим корректировку давлений на линиях хладоснабжения. Теперь переводим в боевую готовность холодильную станцию. Проверяем задвижки на системе хладоснабжения и переводим потоки на индивидуальную схему (закрытая арена), проверяем вентили на расширительных баках. Проверяем все сервисные вентили на компрессорах, на линейных ресиверах, на масляных линиях и на всем фреоновом контуре (все должны быть открыты). Проверяем соленоидные вентили. Вместе с инженером-электронщиком сверяем настройки всех контроллеров управления автоматикой. Инженер-электронщик на выключенном оборудовании проводит тест на срабатывание аварий. Визуально проверяются уровни масла в компрессорах. Важно не забыть за 6 часов до запуска компрессоров включить подогрев картера. Для чего это делается? На период простоя ХС масло в картере компрессора поглощает определенное количество хладагента, в зависимости от давления и температуры в картере. При остановке компрессора, количество поглощенного маслом хладагента может быть настолько большим, что уровень масла поднимется и, следовательно, уровень будет казаться значительно большим. При пуске компрессора без предварительного

подогрева давление в картере падает, масло вскипает, выделяя пары хладагента. Масляная пена попадает в полость сжатия компрессора, что может привести к гидравлическому удару и повышенному уносу масла в систему.

Поглощению маслом хладагента способствует следующее: если место, где расположен компрессор, имеет более низкую температуру, чем другие части системы. Когда система не работает, это может привести к скапливанию хладагента в самой холодной части системы.

Информация о том, что возможная концентрация хладагента в масле наименьшая при высоких температурах и одновременно низком давлении в картере, позволяет сделать заключение о необходимости применения подогревателя картера.

Подогреватель картера поддерживает масло в картере компрессора при такой температуре, которая выше, чем температура самой холодной части системы. ТЭН нагревается до температуры, при которой, в случае правильной установки, перегрев масла невозможен. Подогреватель картера помогает предотвратить гидроудар, вспенивание и унос масла при пуске компрессора. Однако гидроудар может стать результатом неправильного устройства линии всасывания и, как следствие, накапливание там хладагента и масла, от этого подогреватель защитить не может. Этого можно избежать, если правильно и внимательно сконструировать линию всасывания.

Для того чтобы продлить срок службы холодильного оборудования и максимально уменьшить затраты на его ремонт, необходимо выполнять, согласитесь, не такие уж сложные правила по его эксплуатации и обслуживанию.

---

Авторы выражают особую благодарность за помощь в подготовке материала:

- Муниципальному спортивному автономному учреждению «Стадион Химик» (г. Кемерово, Россия).
- Филиалу кафедры «Теплохладотехника» Кемеровского технологического института пищевой промышленности (г. Кемерово, Россия).
- «Секреты ледоваров» (г. Кемерово, Россия) - организации по подготовке и эксплуатации искусственных ледовых полей для игры в хоккей с мячом (Bandy) на открытых и закрытых аренах.

Статья имеет постоянную страницу в сети Интернет:

[http://holodilshchik.ru/index\\_holodilshchik\\_issue\\_1\\_2013\\_Kholodosnabzhenie\\_ledovykh\\_aren\\_Efremov.htm](http://holodilshchik.ru/index_holodilshchik_issue_1_2013_Kholodosnabzhenie_ledovykh_aren_Efremov.htm).