

Насосно-циркуляционная система с промежуточным хладоносителем для холодоснабжения витрин и холодильных камер в торговых центрах

Д-р.техн.наук, проф. **О.Я. КОКОРИН**
МГСУ

Во многих крупных торговых центрах с большим набором продаваемых пищевых продуктов отказались от применения охлаждаемых витрин со встроенным в них холодильным оборудованием. Более рациональным признано централизованное холодоснабжение.

В [5] приводится опыт фирмы «Эйркул» по созданию системы централизованного холодоснабжения в супермаркете «Метатр» (г. Королев, Московская обл.). Все потребители холода объединены в два контура — низко- и среднетемпературный. Каждый контур обеспечивается холодом от холодильной машины самостоятельно. Конденсатор воздушного охлаждения расположен снаружи здания торгового центра и оснащен системой регулирования в зимний период. В каждой охлаждаемой витрине располагается испаритель с приборами автоматики для регулирования требуемой температуры хранения и демонстрации продуктов.

Площади современных супермаркетов достигают 4000...6000 м² [5]. Поэтому протяженность подающих и обратных трубопроводов циркуляции хладагента значительно возрастает, что, в свою очередь, приводит к увеличению объемов хладагента и масла для заполнения холодильного контура, а при их аварийной утечке — к экологическому загрязнению, а также к порче продуктов в охлаждаемых витринах.

Для устранения этих недостатков за последние годы в зарубежной практике в супермаркетах с охлаждаемыми витринами применяют централизованное холодоснабжение с помощью хладоносителя, в качестве которого используют антифриз. В отдельном помещении располагается несколько холодильных машин

A pump-circulation refrigeration system using ecologically safe antifreeze (propylene glycol) as cooling medium is described. A peculiar feature of the system is that in winter time for the reduction of the temperature of antifreeze entering the object to be refrigerated cold frosty air is used with the refrigeration machine being turned off.

(рис. 1), подбираемых по числу объединяемых охлаждаемых объектов с одинаковым температурным режимом. Хладагент и масло циркулируют только в расположенных в одном блоке компрессоре, конденсаторе и испарителе. Объем заполняющих систему хладагента и масла в этом случае значительно меньше по сравнению с традиционными решениями [5].

Возможная утечка хладагента и масла при авариях и нарушении герметичности трубопроводов не приведет к значительному экологическому загрязнению, а также к порче продуктов в охлаждаемых витринах. К воздухоохладителям 9, смонтированным в каждой охлаждаемой витрине, по трубопроводам 8 или 12 подается антифриз, например пропиленгликоль [3]. Утечка пропиленгликоля из трубопроводов или из воздухоохладителя не приведет к загрязнению продуктов в витрине. В каждой витрине у воздухоохладителя 9 есть трехходовой автоматический клапан 10, управляемый датчиком 11 контроля требуемой температуры $t_{хол1}$ внутри витрины (см. рис.1).

Сдвоенный насос 7 прокачивает охлажденный антифриз по контуру трубопроводов 8 и через испаритель холодильной машины 1. В зависимости от потребности каждой охлаждаемой витрины в холоде автоматический клапан 10 обеспечивает изменение расхода охлажденного антифриза через воздухоохладитель 9 или обводной трубопровод.

Холодильную машину 1 выбирают из условия возможности регулирования ее холодопроизводительности и

соответственно снижения расхода электроэнергии при уменьшении потребности охлаждаемых витрин в холоде. Объединение трубопроводами 8 воздухоохладителей 9, а следовательно, и потребителей холода с примерно одинаковыми температурами хранения продуктов $t_{хол1} = t_{хол2}$ в единый циркуляционный контур антифриза позволяет выбрать наиболее энергетически рациональный (по температуре кипения хладагента) режим. Конденсатор холодильной машины 1 охлаждается антифризом, циркулирующим с помощью сдвоенного насоса 2 по трубопроводам 3. Концентрация антифриза обеспечивает его незамерзаемость при минимальных температурах наружного воздуха зимой [4].

Циркуляция антифриза по трубопроводам 3 и 8 и аппаратам осуществляется сдвоенными насосами 2 и 7. Использование их позволяет иметь 100%-ный резерв: один насос работает, а второй находится в резерве.

Температура наружного воздуха даже в расчетные сутки теплого периода года изменяется на 10...12 °С. Поэтому датчик трехходового автоматического клапана 5 контролирует допустимые верхний и нижний уровни температуры охлажденного теплообменника 4 антифриза, который насосом 2 подается в конденсатор холодильной машины 1. Если температура антифриза в конденсаторе $t_{кл}$ опускается ниже настроенного уровня, то датчик контроля температуры подает команду на первоначальное уменьшение частоты вращения вала осевых вентиляторов, обдувающих теплообменник 4, и посте-

пенную остановку электродвигателей вентиляторов. Если даже при остановленных вентиляторах температура охлажденного в теплообменнике 4 антифриза остается ниже контролируемого уровня температуры конденсации, то повышены $t_{\text{кл}}$ достигается пропуском части отепленного антифриза автоматическим клапаном 5 по обводному трубопроводу 6.

В целях экономии электроэнергии в зимние месяцы рационально останавливать холодильную машину 1 в тех контурах циркуляции антифриза, где в охлаждаемых витринах требуется поддерживать умеренно низкие температуры (например, в витринах кондитерских изделий $t_{\text{хол}} = 4 \dots 6^\circ\text{C}$).

В табл. 1 представлены результаты наблюдений за температурами воздуха в некоторых климатических зонах России в зимние месяцы [4].

Как видно из табл. 1, в различных климатических районах России температура наружного воздуха такова, что им можно охлаждать антифриз, используемый для создания в витринах достаточно низких положительных температур, требуемых для хранения многих видов пищевых продуктов.

Теплотехническую эффективность теплообменника 4 для охлаждения антифриза можно принять $\eta_{\text{т.н}} = 0,7$. Тогда температуры охлажденного наружным воздухом антифриза $t_{\text{ох1}}$ и $t_{\text{ох2}}$ можно вычислить из преобразованного выражения для показателя теплотехнической эффективности, которое для рассматриваемого примера имеет вид

$$\eta_{\text{т.н}} = (t_{\text{аф2}} - t_{\text{аф1}}) / (t_{\text{аф2}} - t_{\text{н}}). \quad (1)$$

Температурный перепад по охлажденному антифризу в теплообменнике 4 можно принять

$$\Delta t_{\text{аф}} = t_{\text{аф2}} - t_{\text{аф1}} = 4^\circ\text{C}.$$

Тогда из преобразованного выражения (1) можно определить температуру отепленного антифриза:

$$t_{\text{аф2}} = (\Delta t_{\text{аф}} / \eta_{\text{т.н}}) + t_{\text{н}}. \quad (2)$$

Температуру охлажденного в теплообменнике 4 зимой антифриза ($^\circ\text{C}$) находят по формуле

$$t_{\text{аф1}} = t_{\text{аф2}} - \Delta t_{\text{аф}}. \quad (3)$$

По формулам (2) и (3) вычислены представленные в табл. 2 расчетные

Город	Температура наружного воздуха $t_{\text{н}}$, °C						Абсолютная минимальная
	Средняя по месяцам						
	I	II	III	IV	XI	XII	
Красноярск	-17,1	-14,7	-7,6	1,3	-9,2	-15,0	-48
Челябинск	-16,4	-14,1	-8,4	2,7	-6,7	-13,5	-44
Москва	-10,2	-9,6	-4,7	4	-2,2	-7,6	-42
Мурманск	-10	-10,1	-7	-1,2	-4,7	-8,3	-37

значения температур антифриза, охлажденного в теплообменнике 4, при среднемесячных температурах наружного воздуха, приведенных в табл. 1.

Как видно из табл. 2, в представленных климатических районах России около пяти месяцев в году можно холодом наружного воздуха обеспечить поддержание температур в охлаждаемых витринах на уровне $t_{\text{хол}} = 3 \dots 6^\circ\text{C}$. Это обеспечит значительную экономию электроэнергии благодаря остановке холодильных машин в контуре обслуживания охлаждаемых витрин с умеренно низкими температурами.

На схеме, показанной на рис. 1, переключение режимов получения

холода (от работы холодильных машин или от холода наружного воздуха в теплообменнике 4) достигается с помощью автоматических соленоидных вентилей 14 и 15. Управлять ими можно с помощью датчика контроля температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$, связанного с электронным регулятором (на рис. 1 не показаны). При достижении наружным воздухом температур, при которых обеспечивается требуемая температура охлажденного в теплообменнике 4 антифриза $t_{\text{аф1}}$, подается команда на остановку холодильной машины 1, открытие соленоидных вентилей 15 и закрытие соленоидных вентилей 14, при этом сдвоенные насосы 2 и 7 начинают



прокачивать антифриз по соединительным трубопроводам 12.

В качестве циркуляционных насосов в системах холодоснабжения широко применяются и хорошо себя зарекомендовали насосы фирмы «Грундфос». При напорах до 12 м и подаче до 90 м³/ч в мировой практике широко применяют трехскоростные бесфундаментные насосы типа UPS и UPSE (сдвоенные) серии 200. При автоматическом электронном (буква Е в наименовании насосов) регулировании развиваемого напора используют насосы типа UPE и UPED (сдвоенный) серии 2000.

В системах циркуляции жидкости

с требуемыми напором до 14 м и подачей до 95 м³/ч применяют насосы с «сухим» ротором TP и TRD серии 200. При напоре до 60 м и подаче до 600 м³/ч используют насосы с «сухим» ротором LM/LP и LMD/LPD, а также CLM и CDM (сдвоенный).

На рис. 2 показан машинный зал холодильной станции, в которой для циркуляции хладагента применены насосы CLM 200/315, рассчитанные на подачу (по холодной воде) 300 м³/ч и напор 35 м. Один насос рабочий, а второй – запасной. Применение двух насосов обусловлено требованием непрерывной работы насоса. На стороне

всасывания установлены водяные фильтры 4. О засорении фильтра сигнализирует прибор 5, измеряющий давления воды до и после фильтрации. Насос с загрязненным фильтром останавливается, и в работу пускается запасной насос с чистым водяным фильтром. При этом производится соответствующее переключение запорных клапанов на всасывающих и нагнетательных трубопроводах.

Для устранения вибрации и снижения создаваемого от работы насоса шума фирма «Грундфос» рекомендует применять в основании фундамента пробковые плиты 7, на которые устанавливают бетонный цоколь 6.

В нижней правой части рис. 2 показан одиночный насос LP (поз. 3), а в левой части – сдвоенный насос LPD (поз. 8). Представленные на рис. 2 насосы фирмы «Грундфос» широко применяют в системах холодоснабжения для циркуляции холодной воды или антифриза.

В технической литературе все гидравлические сопротивления приводятся для условий прохода воды по элементам систем. При использовании в качестве хладагента антифриза расчет гидравлической сети первоначально проводят для условий перемещения воды с температурой 4 °С. Полученные данные корректируют в зависимости от физических показателей антифриза, как это подробно изложено в [1,2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Кокорин О.Я., Дементьев В.В. Повышение эффективности холодоснабжения при насосной циркуляции антифризов // Холодильная техника. 2001. № 2.
2. Кокорин О.Я., Дементьев В.В. Энергетические преимущества применения насосной циркуляции антифриза для холодоснабжения // Холодильная техника. 2000/№ 10.
3. Некоторые особенности применения теплоносителя на основе пропиленгликоля в холодильном оборудовании. / Л.Е. Генель и др. // Холодильная техника. 2000. № 5.
4. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат, 1983.
5. «Эйркул» Централизованное холодоснабжение магазинов и супермаркетов // Холодильная техника. 1998/№1.

Таблица 2

Город	Температура антифриза, охлажденного наружным воздухом, по месяцам, °С					
	I	II	III	IV	XI	XII
Красноярск	-15,4	-13	-6	3	-7,5	-14,2
Челябинск	-14,7	-12,4	-6,7	4,4	-5	-11,8
Москва	-8,5	-7,9	-3	5,7	-0,5	-5,9
Мурманск	-8,3	-8,3	-5,3	0	-3	-6,6



Рис. 2. Насосы фирмы «Грундфос», широко применяемые в системах холодоснабжения: 1 – одиночный насос CLM 200/315; 2 – запорные клапаны на всасывающих и нагнетательных трубопроводах; 3 – одиночный насос LP; 4 – водяной фильтр; 5 – прибор для измерения перепада давлений на водяном фильтре; 6 – бетонный цоколь фундамента с анкерными болтами для крепления корпуса насоса; 7 – пробковые плиты основания фундамента насоса; 8 – сдвоенный насос LPD.