

ХОЛОДИЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕДЯНОЙ ВОДЫ**А. В. Горовой***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. О. Добродей

Цель исследования: модернизация холодильной системы получения ледяной воды для производства сыров.

Задачи – замена действующей холодильной системы для получения ледяной воды и ее обратного водоснабжения, достигших морального и физического износа, на современное оборудование; производство холода в объеме, удовлетворяющем технологические потребности; снижение затрат энергоресурсов на производство холода.

Основное сырье для производства сыров – молоко, которое нужно очистить и охладить. Молоко охлаждают при помощи емкостей различной вместимости, пластинчатых и оросительных аппаратов. Для сохранения свойств молока необходимо его мгновенное охлаждение. Для этого используют пластинчатые теплообменники, где молоко в закрытом потоке за один проход через аппарат охлаждается до температуры на 3 °С выше температуры хладоносителя, в качестве которого применяется ледяная вода.

«Ледяная вода» – вода с температурой близкой к 0 °С – дешевый хладоноситель, отвечающий требованиям, предъявляемым к хладоносителям для охлаждения пищевых продуктов. Однако получение воды с такой температурой в пластинчатых или кожухотрубных теплообменниках сопряжено с риском ее замерзания и выходом из строя теплообменного оборудования.

Основные характеристики существующей холодильной системы для получения ледяной воды представлены в табл. 1.

*Таблица 1***Основные характеристики существующей системы**

Показатель	Величина
Производство холода, физический объем – эквивалент холодопроизводительности одновременно работающих компрессоров	630 кВт
Потребляемая электрическая мощность в часы пиковой нагрузки	230 кВт
Количество аммиака в системе	817,5 кг

Технологический процесс производства ледяной воды в холодильной установке осуществляется по следующему циклу:

- нагревшаяся в технологическом оборудовании вода направляется в теплообменники-испарители, где охлаждается хладоагентом, испаряющимся по другую сторону теплообменной поверхности;
- хладоагент из теплообменников-испарителей в виде парожидкостной смеси направляется в отделитель жидкости;
- парообразный хладоагент из отделителя направляется в компрессоры на сжатие;
- сжатый парообразный хладоагент поступает в конденсатор, где конденсируется, отдавая тепло на испарение циркулирующей по другую сторону теплообменной поверхности обратной воде;
- жидкий хладоагент после конденсатора дросселируется в поплавковом клапане и направляется в отделитель жидкости;

– жидкий хладагент из отделителя жидкости направляется в теплообменники-испарители под действием сил гравитации.

Для увеличения эффективности работы холодильной системы приняты следующие технологические решения: использовать в качестве хладагента аммиак; использовать для охлаждения ледяной воды отделитель жидкости и два пластинчатых теплообменника-испарителя; применить двухконтурную схему циркуляции ледяной воды; использовать поршневые компрессорные агрегаты и испарительный конденсатор с форконденсатором; применить для ледяной и оборотной воды насосные установки, буферные баки ледяной и оборотной воды включить в блоки с насосными установками; установить частотные преобразователи на насосные и конденсаторные установки.

В связи с моральным и физическим износом существующей системы для получения ледяной воды выберем энергоэффективное холодильное оборудование требуемой производительности, которое должно обеспечивать:

- минимальные затраты электроэнергии на производство холода и достижение за счет этого снижения себестоимости производимой продукции;
- уменьшение количества аммиака в холодильной установке на единицу производимого холода.

Параметры выбранного оборудования в соответствии с необходимыми тепловыми нагрузками представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры выбранного оборудования

Наименование и марка оборудования	Тепловая нагрузка существующей системы, кВт	Холодопроизводительность, кВт	Суммарный показатель, кВт	Мощность электродвигателей, кВт
Агрегат компрессорный V450	673	363,9	727,8	70
Охладитель жидкости GRA PXE 750 V-2-2/ NH ₃ в составе	673	750	750	–
Отделитель жидкости RSV-H 750NH ₃	673	750	750	–
Испаритель пластинчатый TL0500 LCGL500	673	360	720	–
Конденсатор VXC 250	868	949	949	13,5

Потребляемая мощность электродвигателей оборудования холодоснабжения с учетом насосного оборудования составляет 182,74 кВт, объем холода, производимый оборудованием холодоснабжения, составляет 727,8 кВт.

Предлагаемые решения позволяют уменьшить количество оборудования, обеспечивающего производство холода для системы ледяной воды. Так, количество компрессорных агрегатов холодильной системы с четырех комплектов снизилось до двух, количество единиц емкостного оборудования – с трех до одного, теплообменного оборудования – с семи до трех. Полностью выбывают из технологической схемы градирни. Общее количество насосов хладоносителя – ледяной и оборотной воды – сохранилось на существующем уровне.

В состав аммиачной холодильной установки входят емкостные аппараты и трубопроводы, в которых при нормальных режимах работы содержится жидкий аммиак.

В остальных аппаратах, сосудах и трубопроводах при нормальной работе холодильной установки аммиак находится только в парообразном состоянии. Плотность парообразного аммиака почти в 1000 раз меньше плотности жидкого аммиака, поэтому в расчетах парообразный аммиак не учитывается. Общее содержание аммиака в существующей холодильной установке – 817,5 кг (табл. 1).

В состав аммиачной холодильной установки после модернизации входят следующие емкостные аппараты и трубопроводы, в которых при нормальных режимах работы содержится жидкий аммиак (табл. 3).

Необходимая и достаточная аммиакоемкость модернизированной системы для получения ледяной воды определена расчетом и составляет 314,5 кг, что на 503 кг меньше, чем у существующей холодильной системы получения ледяной воды.

Таблица 3

Количество аммиака в аппаратах и жидкостных трубопроводах

Наименование аппарата, трубопровода	Внутренний объем, м ³	Уровень заполнения, %	Масса, кг
Жидкостный коллектор испарительного конденсатора VXC-250	0,243	20	28,8
Отделитель жидкости D800x2500	1,26	12	97,4
Испаритель пластинчатый TL0500	0,12	70	108,2
Трубопровод отсоса-слива от испарителей в отделитель жидкости	0,002	100	1,29
Жидкостный трубопровод от отделителя жидкости до испарителей	0,01	100	6,44
	0,0039	100	2,51
Жидкостный трубопровод от конденсатора до поплавка	0,047	100	27,9
	0,0039	100	2,31
Жидкостный трубопровод от поплавка до отделителя жидкости	0,002	100	1,29
	0,037	100	23,8
<i>Итого</i>			299,55
С учетом неучтенного жидкого аммиака в колонках датчиков уровня, запорной арматуре, маслособирателях и т. д. ($k = 1,05$)			314,5

Изменение удельных показателей энергоэффективности холодильной системы для получения ледяной воды в результате модернизации оценены по сравнению с существующим положением и приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Изменение удельных показателей холодильной системы
в результате модернизации**

Сравниваемый показатель	Единица измерения	Существующее положение	Результат модернизации	Баланс показателей
Расход электрической мощности на единицу производимого холода	кВт/кВт	$230/630 = 0,365$	$182,74/727,8 = 0,251$	-31,2 %
Расход электрической мощности на единицу производимого холода по компрессорному оборудованию	кВт/кВт	$150/630 = 0,238$	$140/727,8 = 0,192$	-19,3 %
Аммиакоемкость на единицу производимого холода	кг/кВт	$817,5/630 = 1,298$	$314,5/727,8 = 0,432$	-66,7 %

Таким образом, предлагаемые мероприятия обеспечивают эффективность модернизации холодильной системы для получения ледяной воды за счет снижения энергоемкости производства холода.

Л и т е р а т у р а

1. Технология молока и молочных продуктов / Г. В. Твердохлеб [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1991. – 463 с.
2. Голубев, И. Ф. Теплофизические свойства аммиака / И. Ф. Голубев, В. П. Кияшова. – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 264 с.
3. Полевой, А. А. Монтаж холодильных установок / А. А. Полевой. – Спб. : Политехника, 2005. – 259 с.
4. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 1 / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 1995. – 389 с.