

МОДЕРНИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕДЯНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРОВ

А.О. Добродей, А.В. Горовой

УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О.
Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Аннотация. Основным сырьем для производства сыров является молоко, которое нужно охладить при помощи технологического оборудования. Для наилучшего сохранения свойств молока необходимо мгновенное охлаждение. С этой целью используют пластинчатые теплообменники, где молоко охлаждается до температуры примерно на 3 °С выше температуры хладоносителя, в качестве которого применяется ледяная вода. В статье приведены основные характеристики существующей холодильной системы получения ледяной воды для производства сыров и описан технологический процесс производства ледяной воды. Предложен ряд технологических решений для увеличения эффективности работы холодильной системы и снижения затрат энергоресурсов на производство холода. Предлагаемые решения снижают объем оборудования, обеспечивающего производство холода для системы ледяной воды, по сравнению с существующей системой. Сделан выбор нового оборудования и произведена оценка эффективности замены. В результате замены компрессорных агрегатов холодильной системы расход электрической мощности на единицу производимого холода был снижен на 19,3 %. Рассчитана аммиакоемкость оборудования и жидкостных трубопроводов до и после модернизации, которая привела к снижению объема аммиака, приходящегося на единицу мощности оборудования, производящего холод на 66,7 %.

Ключевые слова: холодильная система, ледяная вода, компрессор, конденсатор, теплообменник, аммиакоемкость оборудования.

Введение. Основное сырье для производства сыров – молоко, которое нужно очистить и охладить. Молоко можно охладить открытым и закрытым способами при помощи технологического оборудования: емкостей различной вместимости; пластинчатых и оросительных аппаратов [1]. Главное условие при охлаждении – продолжительность процесса. Для наилучшего сохранения свойств молока необходимо мгновенное охлаждение. С этой целью

используют пластинчатые теплообменники, где молоко в закрытом потоке за один проход через аппарат охлаждается до температуры примерно на 3 °С выше температуры хладоносителя, в качестве которого применяется ледяная вода.

Под термином «ледяная вода» [1] подразумевается вода с температурой близкой к 0 °С – самый дешевый хладоноситель по сравнению с семейством гликолевых и солевых растворов и в полной мере отвечает всем требованиям, предъявляемым к хладоносителям, используемым для охлаждения пищевых продуктов. Однако получение воды с такой температурой в пластинчатых или кожухотрубных теплообменниках сопряжена с риском ее замерзания и соответственно выходом из строя теплообменного оборудования.

Основная часть.

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

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- вывести из эксплуатации действующую холодильную систему для получения ледяной воды и ее обратное водоснабжение, достигшие морального и физического износа;
- замена выведенного из эксплуатации оборудования на современное;
- производство холода в объеме, удовлетворяющем потребность технологии производства сыров;
- снижение затрат энергоресурсов на производство холода.

Основные характеристики существующей холодильной системы для получения ледяной воды представлены в таблице 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 построен по следующей схеме (рисунок 1):

- нагреваясь 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 хладагент из отделителя жидкости направляется в компрессоры на сжатие;
- сжатый парообразный хладагент поступает в конденсатор, где конденсируется, отдавая тепло на испарение циркулирующей по другую сторону теплообменной поверхности оборотной воде;
- жидкий хладагент после конденсатора дросселируется в поплавковом клапане и направляется в отделитель жидкости;
- жидкий хладагент из отделителя жидкости направляется в теплообменники испарители под действием сил гравитации.

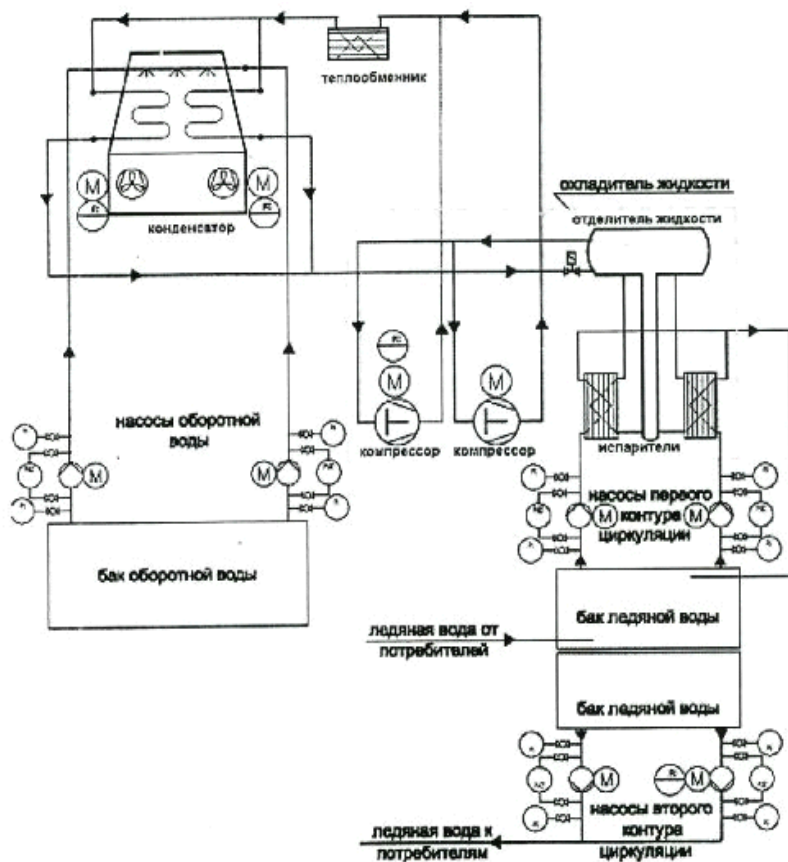


Рисунок 1 – Функциональная схема системы получения ледяной воды.

Для увеличения эффективности работы холодильной системы

приняты следующие технологические решения:

- использовать в качестве хладагента аммиак [2];
- использовать для охлаждения ледяной воды охладитель жидкости (отделитель жидкости и два пластинчатых теплообменника-испарителя [3]);
- применить двухконтурную схему циркуляции ледяной воды;
- использовать поршневые компрессорные агрегаты;
- применить испарительный конденсатор с форконденсатором;
- использовать для ледяной и оборотной воды насосные установки, буферные баки ледяной и оборотной воды включить в технологические блоки с насосными установками;
- установить частотные преобразователи на насосные и конденсаторные установки.

Исходя из того, что оборудование существующей системы для производства ледяной воды имеет большой моральный и физический износ, произведем подбор оборудования, которое будет удовлетворять потребность в производстве холода, в необходимом количестве и при этом иметь меньшее потребление электроэнергии.

При подборе оборудования поставлены следующие задачи:

1. Применение энергоэффективного холодильного оборудования для обеспечения минимальных затрат электроэнергии на производство холода и достижения за счет этого снижения себестоимости производимой продукции.

2. Уменьшение количества аммиака в холодильной установке на единицу производимого холода.

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

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

Предлагаемые решения снижают объем оборудования, обеспечивающего производство холода для системы ледяной воды, по сравнению с существующей системой. Так, количество компрессорных агрегатов холодильной системы для получения ледяной воды с 4 комплектов снизилось до 2, количество единиц емкостного оборудования – с 3 до 1, теплообменного оборудования – с 7 до 3. Полностью выбывают из технологической схемы градирни. Общее количество насосов хладоносителя – ледяной воды и оборотной воды сохранилось практически на существующем уровне.

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

трубопроводах при нормальной работе холодильной установки аммиак находится только в парообразном состоянии [6]. 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).

Таблица 2 – Характеристики выбранного оборудования [4, 5].

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 PXE750 V-2-2/NH3 в составе:	673	750	750	-
отделитель жидкости RSV-H 750NH3	673	750	750	-
испаритель пластинчатый TL0500 LCGL500	673	360	720	-
конденсатор VXC 250	868	949	949	13,5

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 для получения ледяной воды.

Изменение удельных показателей энергоэффективности холодильной системы для получения ледяной воды в результате модернизации оценено по сравнению с существующим положением (табл. 4).

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	0,002	100	1,29
	0,037	100	23,8
Итого			299,55
С учетом неучтенного жидкого аммиака в колонках датчиков уровня, запорной арматуре, маслособирателях и т.д. (k=1,05)			314,5

Таблица 4 – Изменение удельных показателей холодильной системы в результате модернизации.

Сравниваемый показатель	Ед. изм.	Существующее положение	Результат модернизации	Баланс показателей
Расход эл. мощности на единицу производ. холода	кВт/кВт	230/630=0,365	182,74/727,8=0,251	-31,2%
Расход эл. мощности на ед. производ. холода по компрессорн. 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.

Выводы. Произведен выбор нового оборудования для

холодильной системы получения ледяной воды для производства сыров и дана оценка эффективности замены. Компрессоры АВ-100 и АУ-200 заменены на одноступенчатые поршневые V450. В результате количество компрессорных агрегатов холодильной системы снизилось на 50 %. Расход электрической мощности на единицу производимого холода по компрессорному оборудованию был снижен на 19,3 %.

Вместо 4 конденсаторов ИК-90, а так же 2 конденсаторов ТКА-140 выбран конденсатор VXC-250 с форконденсатором.

В качестве испарителей в модернизируемой системе получения ледяной воды предлагаются теплообменники TL0500 LCGL500 NH3.

Таким образом, потребление электрической мощности электродвигателями оборудования холодоснабжения, с учетом насосного оборудования составляет 182,74 кВт, вместо существующего потребления 230 кВт. При этом объем холода, производимый оборудованием холодоснабжения, возрос с 630 кВт до 727,8 кВт.

Рассчитана аммиакоемкость оборудования и жидкостных трубопроводов до и после модернизации. В результате количество аммиака, содержащееся в холодильной системе, сократилось на 503 кг. Применение эффективного и малоемкого по холодильному агенту оборудования привело к снижению объема аммиака, приходящегося на единицу мощности оборудования, производящего холод на 66,7 %.

Список использованных источников:

1. Твердохлеб, Г.В. и др., Технология молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, Г.Ю. Сажин, Р.И. Раманаускас // М.: ДеЛи принт, 2006. – 616 с.

2. Цветков, О.Б., Лаптев, Ю.А., Баранцов, А.А. Расчет свойств холодильных агентов: Учеб.-метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 72 с.

3. Дытнерский, Ю.И., Основные процессы и аппараты химической технологии / Ю.И. Дытнерский // М.: Химия, 1991. – 495с.

4. Поршневые компрессоры серия GEA Grasso V [Электронный ресурс]. Режим доступа – URL: <https://www.gea.com/ru/products/gea-v-series.jsp>. – Дата доступа: 20.05.2018.

5. Skuhede, С., Пластинчатые теплообменники холодильных систем (Danfoss) / С. Skuhede // Алонте. Италия, 2001. – 166 с.

6. Полевой, А.А., Монтаж холодильных установок / А.А. Полевой // Спб.: Политехника, 2005. – 259с.

Добродей Александр Олегович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Электроснабжение», Республика Беларусь, Гомель, УО «ГГТУ им

П.О. Сухого», dobrodey2007@yandex.ru

Горовой Андрей Вячеславович, магистрант кафедры «Электроснабжение», Республика Беларусь, Гомель, УО «ГГТУ им П.О. Сухого», mariotti@tut.by

MODERNIZATION OF THE REFRIGERATING SYSTEM FOR GETTING ICED WATER FOR CHEESE PRODUCTION

A.O. Dobrodey, A.V. Gorovoy

Abstract. The main raw material for the production of cheese is milk, which must be cooled using technological equipment. For the best preservation of the properties of milk, instant cooling is necessary. For this purpose, plate heat exchangers are used, where the milk is cooled to a temperature of about 3°C above the temperature of the coolant, which is used as ice water. The article describes the main characteristics of the existing refrigeration system for producing ice water for the production of cheese and describes the technological process for the production of ice water. A number of technological solutions are proposed to increase the efficiency of the refrigeration system and reduce the cost of energy for the production of cold. The proposed solutions reduce the amount of equipment that provides the production of cold for the ice water system, compared with the existing system. A selection of new equipment has been made and an assessment has been made of the effectiveness of the replacement. As a result of the replacement of the compressor units of the refrigeration system, the electric power consumption per unit of produced cold was reduced by 19,3 %. The ammonia consumption of the equipment and liquid pipelines was calculated before and after the modernization, which led to a decrease in the amount of ammonia per unit capacity of equipment producing cold by 66,7 %.

Key words: refrigeration system, ice water, compressor, condenser, heat exchanger, equipment ammonia capacity.

A.O. Dobrodey, phd in engineering, assistant professor, head of department «Electric power supply» the Republic of Belarus, Gomel, «GSTU named after P.O. Sukhoi», dobrodey2007@yandex.ru

A.V. Gorovoy, graduate student of department «Electric power supply» the Republic of Belarus, Gomel, «GSTU named after P.O. Sukhoi», mariotti@tut.by