аналогов симментальской и абердин-ангусской пород соответственно на 113,1 г, или на 9,7 % и на 55,7 г, или 4,8 %. В разные периоды роста и развития бычки исследуемых пород достигают оптимальной убойной живой массы к 15-ти месячному возрасту.

1. Исследование биологической ценности говядины, полученной от межвидовых гибридов яка и крупного рогатого скота / В. А. Багиров, И. М. Чернуха, А. Б. Лисицын и др. // Вопросы питания. 2014. Т. 83. № 6. С. 81–85.
2. Прохоров И. П., Лукьянов В. Н., Пикун А. Н. Рост, развитие и мясная продуктивность бычков симментальской породы и ее помесей с герефордской и шаролеизской // Научно-теоретический журнал «Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии». 2014. № 4. С. 74–89.
3. Костомахин Н.М. Породы крупного рогатого скота. – Москва: Колос, 2011. – С. 60-65. – 119 с.
4. Иванкин А.Н. Анализ безопасности и качества мясного сырья как основа создания обогащенных продуктов питания / А.Н. Иванкин Т.Г. Кузнецова // Научное обеспечение инновационных процессов в мясоперерабатывающей отрасли. Сборник докладов. Том 2. – 2005. – Том 2. – С. 3–13.
5. Донник И.М. Биологические особенности и мясная продуктивность бычков чернопестрой, абердин-ангусской и герефордской пород / И.М. Донник М.М. Шамидова, С.А. Грикшас, М.Р. Аббасов // Аграрный вестник Урала. 2015. – № 6 (136). С. 47–50.
6. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review / V. Muchenje, K. Dzama, M. Chimonyo, etc. // Food Chemistry. 2009. Vol. 112. Pp. 279–289.
7. Biological meat value and productivity of steers in the conditions of non-chernozem zone / S. A. Griksas, M. M. Shamidova, Y. F. Yuldashbaev, etc. // International Journal of Pharmaceutical Research. 2018. Vol. 10. Pp. 641–645.
8. Донецких А. Г. Продуктивность и биологические особенности симментальской, абердин-ангусской и герефордской пород крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 74–76. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10419.
9. Mazzucco J. P. Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism / Mazzucco J. P., Gosczyński D. E., Ripoli M. V., etc. // Meat Science. 2016. Vol. 114. Pp. 121–129.
10. Raidan, Selection of performance-tested young bulls and indirect responses in commercial beef cattle heard on pastures and in feedlots / F. S. Raidan, D. C. Santos, M. M. Moraes, etc. // Genetics, Selection, Evolution 2016. 48:85.

Корниенко В.Н.^{1,2}, Сучков А.Н.¹

Аккумуляция холода как фактор энергосбережения в пищевой промышленности

¹Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/sr-10-08-2021-08

Аннотация

Аккумуляция холода представляет собой экономически выгодную технологию сохранения тепловой энергии на более низком температурном уровне, чем окружающая среда, и является одним из путей повышения эффективности использования энергоресурсов. Применение хладоаккумуляторов в системах охлаждения предприятий пищевой промышленности позволяет рационально использовать сезонный природный холод, обеспечивать экономически выгодное накопление искусственного холода в период действия льготного тарифа на электроэнергию, и расходование его в период пиковых нагрузок.

Ключевые слова: аккумуляция холода, тепловая нагрузка, хладоаккумулятор, аккумулярующее вещество, система охлаждения.

Abstract

Cold storage is a cost-effective technology for storing thermal energy at a lower temperature level than the environment, and is one of the ways to improve the efficiency of energy use. The use of refrigeration accumulators in the cooling systems of food industry enterprises makes it possible to use rationally the seasonal natural cold, to ensure an economically beneficial accumulation of artificial cold during the period of the preferential electricity tariff, and its consumption during peak loads.

Keywords: cold storage, heat load, cold storage, storage substance, cooling system.

Проблема экономии тепловой энергии, обусловленная в первую очередь дефицитом топливно-энергетических ресурсов, в настоящее время как никогда актуальна. Основные пути ее решения заключаются в модернизации существующих и внедрении новых энергоэффективных технологий и оборудования, разработке экономичных режимов его эксплуатации [1, 2].

Производство искусственного холода для нужд различных отраслей пищевой промышленности требует больших расходов электроэнергии, поэтому первостепенная роль отводится вопросам его рационального использования [3,4].

Наряду с внедрением мероприятий по совершенствованию процессов холодильной обработки пищевых продуктов и оборудования для их реализации, следует совершенствовать суточные и годовые графики потребления тепловой энергии (холода) [5]. При этом следует учитывать необходимость:

- создания резерва холода в случае внезапного прекращения работы холодильных установок;
- компенсации неравномерности расхода холода во многих технологических процессах;
- использования льготных тарифов на электроэнергию.

Необходимо также резко увеличить объемы использования вторичных энергоресурсов, отработанного и естественного холода, поддающихся регенерированию источников энергии, и т.д. При этом следует обращать внимание на ряд особенностей:

- вероятность несоответствия (во времени и/или в пространстве) между возможностью получения холода и потребности в нем;
- периодичность и нестабильность большинства вторичных и естественных источников холода.

Один из путей решения указанных проблем – аккумулирование энергии холода (АЭХ). АЭХ представляет собой экономически выгодную технологию сохранения тепловой энергии на более низком температурном уровне, чем окружающая среда, которая помогает повысить эффективность использования энергоресурсов. На рисунке 1 представлена принципиальная схема осуществления процесса АЭХ с помощью аккумуляторов холода (АХ).

Рисунок 1 – Принципиальная схема осуществления процесса АЭХ в системах охлаждения

Основной принцип АЭХ в охлаждающих системах с машинным охлаждением – использование недорогого электричества внепиковых периодов потребления (ночное время суток) для удовлетворения потребности в охлаждении в дневное время, когда цена за электричество выше [6].

Поэтому в настоящее время во многих странах все больше внимания обращают на совершенствование и внедрение различных видов АХ, использующих аккумулирующие вещества (АВ) емкостного (без фазового перехода АВ) или латентного (фазовым переходом АВ) типов для таких систем, которые позволяют в случае:

- неравномерного характера тепловых нагрузок на холодильное оборудование (ХО) и/или наличия их кратковременных пиковых значений:
 - уменьшить установленную мощность ХО, что приводит снижению капитальных затрат и повышению надежности системы;
 - эксплуатировать ХО в наиболее оптимальном режиме, что приводит к увеличению их коэффициента рабочего времени и повышению КПД;
- частичного или полного производства и аккумулялирования холода в ночные часы с последующим его использованием в дневное время суток:
 - осуществить разгрузку распределительных электростанций и подстанций, снизить их установочные энергогенерирующие мощности;
 - более рационально эксплуатировать имеющиеся энергомощности, и, соответственно, увеличить коэффициент продуктивного использования природных источников энергии, прежде всего нефти, газа, угля и т.д.

На рисунке 2 в качестве примера представлен график тепловой нагрузки на ХО для центрального молокоприемного пункта, который состоит из двух периодов, соответствующих поступлению молока после утренней и вечерней дойки, продолжительностью τ_1 и τ_2 [7].

Рисунок 2 – Суточный график тепловой нагрузки для центрального молокоприемного пункта производительностью 20 тонн молока в сутки

Без использования АХ холодопроизводительность ХО должна быть равна $Q_0 \geq Q_{max}$, а при применении АХ – $Q_0 \geq Q_{max} - Q_{ак}$ за счет дополнительного количества холода $Q_{ак}$, накопленного при работе холодильного оборудования в периоды отсутствия тепловой нагрузки продолжительностью τ_3 и τ_4 . Соответственно, коэффициент рабочего времени ХО увеличивается с $K_\tau = 0,18...0,23$ до $K_\tau = 0,75...0,8$, а установочная мощность ХО снижается в 5 раз.

Основные выгоды, которые АЭХ дает пищевым предприятиям, как потребителям, и энергетическим компаниям, как производителям энергии, кроме перечисленных ранее преимуществ – более производительная, энергоэффективная и безопасная система функционирования предприятий на фоне положительного влияния на экологию окружающей среды за счет снижения выбросов CO_2 и хлорфторуглеродов.

Особое внимание необходимо также уделять использованию естественного холода, что позволяет решать как экологические проблемы, так и значительно снижать энергозатраты на производство искусственного холода в условиях существенного роста цен на энергоносители.

Наиболее распространенными способами осуществления АЭХ в данном случае являются:

- сезонное накопление низкопотенциальной энергии в виде льда, воды в водоемах, охлажденных грунтов и т.д. в холодный период года и использование холода в теплое время [8, 9];
- использование либо термодинамической ценности холодного наружного (зимний период), либо суточной термической неравновесности атмосферного воздуха (осенне-весенний период) [10, 11].

Однако области применения охлаждающих систем, работающих на естественном холоде, в значительной степени ограничены. Это связано с нестабильностью данного источника тепловой энергии, климатическими особенностями местности, суточной и сезонной периодичностью.

Преимущество систем охлаждения с аккумуляторами сказывается на ежегодном росте их промышленного внедрения [12]. В тоже время высокие требования, предъявляемые к современному ХО и новым технологиям холодильной обработки, не всегда могут быть выполнены с помощью традиционных АВ и существующих конструкций АХ [13]. Поэтому большинство научно-исследовательских разработок в данной области направлены на создание экономичных систем охлаждения, оснащенных эффективных АХ, работающих на новых перспективных АВ.

В агропромышленном комплексе и в пищевой промышленности аккумуляторы холода обычно используют в системах охлаждения молочных заводов и молокоприемных пунктов, предприятий по производству пива, напитков и соков, при холодильной обработке плодоовощной продукции после сбора. Неравномерный характер тепловых нагрузок на холодильное оборудование наблюдается на предприятиях в мясной и других отраслей пищевой промышленности, работающих в одну смену и имеющих отделения обработки при строго определенной температуре (таблица 1). Широко распространены аккумуляторы холода и в установках кондиционирования воздуха, являющихся крупнейшими потребителями электроэнергии в наиболее энергонапряженный (дневной) период суток [14].

Таблица 1

Области применения аккумуляторов холода в пищевой промышленности

Области применения АХ	Применяемые типы АХ	Применяемые типы АВ	Перспективные типы АВ
Системы охлаждения молочных заводов, молокоприемных пунктов	емкостные (водяные); ледяные (панельные, трубчатые, змеевиковые, батарейные); льдогенераторы;	вода; лед;	бинарный лед; спиртовые растворы; эвтектические растворы для зероторов;
Системы охлаждения предприятий по производству пива, безалкогольных напитков, соков, концентратов, сублимированных напитков.	емкостные (все типы); латентные (все типы);	вода; лед; рассолы; растворы этиленгликоля	бинарный лед; водомасляные смеси эвтектические растворы; кристаллогидраты солей;
Системы охлаждения мясокомбинатов, колбасных цехов, пищевых производств.	емкостные (водяные и рассольные); ледяные (панельные, батарейные, фригаторные);	вода;	клатратные и гидратные соединения; парафины;
Системы замораживания и сублимирования пищевых продуктов, заводов по производству быстрозамороженных блюд, ягод, овощей, и т.д.		водные растворы органических/неорганических веществ	органические кислоты; спирты, эфиры;
Системы технологического кондиционирования предприятий	емкостные (водяные и рассольные); ледяные (панельные, батарейные);	вода; лед; водные растворы солей;	бинарный лед; водомасляные смеси; гидраты органических жидкостей;

Применение АХ в системах холодоснабжения предприятий пищевой промышленности позволяет рационально использовать сезонный природный холод, обеспечивать экономически выгодное накапливание холода, вырабатываемого с помощью ХО в период действия льготного тарифа на электроэнергию, и расходование его в период пиковых нагрузок. Экономия электроэнергии на выработку холода при применении АХ может составить до 50% и выше по сравнению с традиционными системами охлаждения.

1. Корниенко В.Н. Проблемы повышения энергоэффективности холодильных процессов в мясной отрасли / В.Н. Корниенко, Н.А. Горбунова // Все о мясе.– 2020. –№ .5S – С. 153 – 156 (BAK) DOI 10.21323/2071-2499-2020-5S-153-156
2. MacCracken M. Thermal energy storage in sustainable building. / М. MacCracken // ASHRAE. – 2004. – № 46(9). – Р. 52–55.
3. Корниенко, В.Н. Энергоэффективность процесса термической обработки мясного сырья в холодильных камерах / В.Н. Корниенко, Н.С. Николаев, Г.С. Руденко // Все о мясе.– 2020. –№ 4. – С. 6 – 11 DOI 10.21323/2071-2499-2020-4-6-11.

4. Zalba B. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis, and applications. / B. Zalba, J.M. Marin, L.F. Cabeza, H. Mehling // *Applied Thermal Engineering*. – 2003. – №23. – P. 251–283.
5. MacCracken M. Energy storage providing for a low-carbon future. / M. MacCracken // *ASHRAE*. – 2010. – №2. – P. 8–36.
6. Sebzali M.J. The impact of using chilled water storage systems on the performance of air-cooled chillers in Kuwait. / M.J. Sebzali, P.A. Rubini // *Energy Build.* – 2007. – №39. – P. 975–984.
7. Корниенко В.Н. Методика теплотехнического расчета аккумуляторов холода для охлаждающих систем с пиковыми тепловыми нагрузками / В.Н. Корниенко. // *Сборник научных трудов к 80-летию ВНИХИ*. – М.: ГНУ ВНИХИ Россельхозакадемии, 2010. – С.27–37.
8. Зверев С.С. Холодильник-аккумулятор естественного холода в условиях Якутии / С.С. Зверев // *Переработка сельскохозяйственной продукции*. – 2010. – №10. – С. 103–108.
9. Зейгарник Ю.А. Система сезонного аккумулирования природного холода для круглогодичного холодоснабжения здания и сельскохозяйственных объектов / Ю.А. Зейгарник, Ю.А. Попель О.С., В.Л. Низовский, Л.В. Низовский // *Известия РАН. Энергетика*. – 2012. – №5. – С. 90–97.
10. Bejarano G. Novel scheme for a PCM-based cold energy storage system. Design, modelling, and simulation / G. Bejarano, J.J. Suffo, M. Vargas, M.G. Ortega // *Applied Thermal Engineering*. – 2018. – Т. 132. – P. 256–274.
11. Клименко В.В. Газогидратные аккумуляторы природного холода в системах активного вентилирования плодовоовощехранилищ / В.В. Клименко, А.В. Скрипник, В.Н. Корниенко. // *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. – 2011. – № 2. – С. 16 – 19.
12. Dutil Y.A review on phase-change materials: Mathematical modeling and simulations / Y. Dutil, D.R. Rousse, N.B. Salah, S. Lassue, L. Zalewski // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2011. – № 15. – P. 112–130.
13. Dominguez M. La acumulacion de frio, importante elemento de seguridad en instalaciones de climatizacion / M. Dominguez, J. Culubret, D. Garcia, C. Garcia, A. Soto // *Instalador*. – 2000. – № 361. – P. 5–10.
14. Сучков А.Н. Аналитический обзор известных технологий аккумулирования холода. / А.Н. Сучков, В.Н. Корниенко, Б.С. Бабакин, М.И. Воронин // *Инновационные технологии обработки и хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов (сборник научных трудов ученых и специалистов к 90-летию ВНИХИ)*. – М.: ВНИХИ; Саратов: Амирит, 2020. – С. 354 – 367.

Корниенко В.Н.^{1,3}, Николаев Н.С.², Пранцуз О.С.³, Донецких А.Г.¹

Факторы, влияющие на энергоэффективность эксплуатации холодильных камер

¹*Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН*

²*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»*

³*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского» (Россия, Москва)*

doi: 10.18411/sr-10-08-2021-09

Аннотация

Энергосбережение и повышение энергоэффективности при эксплуатации холодильных камер являются ключевыми задачами в решении проблемы рационального использования энергоресурсов холодильным хозяйством агропромышленного комплекса. В работе рассмотрены основные факторы, влияющие на потери холода в камерах холодильной обработки и хранения пищевых продуктов.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, потери холода, холодильная камера.

Abstract

Energy saving and energy efficiency improvement during the operation of refrigerating chambers are the key tasks in solving the problem of rational use of energy resources by the refrigerating economy of the agro-industrial complex. The paper considers the main factors affecting the loss of cold in the chambers of refrigerating processing and storage of food products.