

УДК 637.1:621.31

Разработка системы контроля и управления энергосбережением при производстве сухих молочных продуктов

Спотару Ю.Ю. spotaru@rambler.ru

канд. техн. наук **Иванов В.Л.** vniig-audit@mail.ru

Университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

921002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

В статье рассматриваются потенциальные возможности внедрения современных энерго- и ресурсосберегающих технологий на Тираспольском молочном комбинате. При первичном осмотре цеха производства сухого молока было установлено, что значительная часть энергии, применяемой на производстве, расходуется не самым рациональным образом. Имеются потери энергоносителей, имеющие объективный характер, связанный с устаревшим оборудованием. Применяемая распылительная сушилка установлена еще в 1977 году, является морально устаревшей и сильно изношенной, но в связи с небольшим объемом производства она удовлетворяет требованиям предприятия, но требуется ее модернизация. Также недостаточен уровень автоматизации и контроля на предприятии. В связи с этим была поставлена задача детально проанализировать существующий технологический процесс, провести энергетическое обследование установленного оборудования и здания цеха производства сухого молока, установить источники неоправданных потерь энергоресурсов и разработать современную систему контроля и управления энергосбережением.

Ключевые слова: энергосбережение, ресурсосбережение, энергетическое обследование, сухое молоко.

The development of monitoring and control of energy efficiency system in the production of dry milk products

Spotaru Y.Y. spotaru@rambler.ru

Ph.D. **Ivanov V.L.** vniig-audit@mail.ru

University ITMO

Institute of Refrigeration and Biotechnologies

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

The article discusses the potential introduction of modern energy- saving technologies at the Tiraspol dairy plant. At the initial examination workshop production of milk powder was found that a substantial portion of the energy used in the production is consumed not the most rational way. There is loss of energy, having an objective character associated with outdated equipment. Used spray dryer installed in 1977, is outdated and badly worn, but due to the small volume of production it satisfies the requirements of the enterprise, but it requires modernization. Also insufficient level of automation and control over the enterprise, In this regard, has been tasked to analyze in detail the existing process, to conduct energy audits of installed equipment and building workshop production of milk powder, to identify the sources of unnecessary energy losses and to develop a modern system of monitoring and control of energy conservation.

Keywords: energy saving, resource conservation, energy audits, dry milk.

Самым распространенным и наиболее продаваемым молоком животных является молоко коровье, ежегодное мировое товарное производство которого составляет

примерно 700 миллионов тонн. Молоко коров употребляют в пищу на протяжении нескольких тысяч лет, с тех самых пор как это животное приручил человек. Молоко — повседневный продукт питания, с ограниченным сроком хранения, обусловленного содержанием воды. А учитывая, что получение молока носит сезонный характер, возникает необходимость его переработки для последующего хранения и транспортировки.

Одним из видов переработки является производство сухого молока.

Сухое молоко – порошкообразный пищевой продукт, получаемый путем сушки предварительно сгущенного молока, получаемого, в свою очередь, из натурального. Основное преимущество сухого молока по сравнению с обычным - длительный срок хранения. Впервые в России сухое молоко было получено в 1802 году. Промышленное производство началось в конце 19 века.

Для производства сухого молока используют распылительные или вальцовочные сушильные установки. Молоко, предварительно пастеризованное и сгущенное в вакуумных аппаратах, направляют в сушилки. В распылительных установках молоко сушат в атмосфере горячего воздуха (140-180°C). На вальцовых сушильных установках молоко сушится, соприкасаясь с вальцами, нагретыми до(103-105°C) [1, 17-20].

На ОАО «Тираспольский молочный комбинат» (ТМК) для производства сухого молока используется распылительная сушильная установка типа УРС-150.

Технические характеристики:

Производительность по испаренной влаге (при содержании сухих веществ 50%) кг/ч. не менее	- 150
По сухому порошку (при содержании сухих веществ 50%) кг/ч, не менее	- 150
Установленная мощность кВт	- 31
Потребление электроэнергии за 1 час, кВт. не более	- 25
Температура нагрева воздуха на входе °С	- 160-200
Температура отработанного воздуха °С	- 50-90
Удельное потребление электроэнергии кВт ч на 1 кг испаренной влаги, не более	- 0, 17
Температура исходного продукта перед подачей на сушку, °С, не более	- 50
Конечная влажность сухого продукта %	- 2-5

Габаритные размеры сушильной установки:	
- высота от пола, м	- 9,5
- диаметр с теплоизоляцией, м.	- 3,5
Продолжительность непрерывной работы установки ч/сутки не менее	- 23
Количество обслуживающего персонала (с учетом фасовки и упаковки готового продукта) чел.	- 3
Масса установки с учетом комплектующих и металлоконструкций кг, не более	- 9350
Расчетный расход воздуха на сушку м ³ /ч, не более	- 7200
Установленный срок службы до капитального ремонта лет, не менее	- 5
Установленный полный срок службы, лет, не менее	- 20
Установленная безотказная наработка, ч, не менее	- 300
Запыленность отработанного воздуха мг/м ⁻⁵ , не более	- 12

Применяемое в цехе сухого молока ТМК оборудование установлено еще в 1977 году, является морально устаревшим и сильно изношенным, что напрямую влияет на качество готового продукта [1,2]. Не всегда удается обеспечить норматив по главному показателю качества сухого молока – влажности. Она формируется при распылительной сушке предварительно сгущенного молока горячим воздухом, который при этом охлаждается от 140-180 °С до 70-80 °С [3]. Состояние оборудования влияет также и на экономические показатели производства. В связи с небольшим объемом производства сушильная установка УРС-150 удовлетворяет требованиям предприятия, но требуется ее модернизация. В работах [11-16] рассмотрен энтропийный подход к организации мониторинга и управления предприятием в условиях неопределенности, в том числе вызванной недостатками изношенного оборудования.

Затраты на энергоресурсы составляют значительную часть в стоимости готовой продукции ТМК. Энергетическое хозяйство ТМК обслуживает все стадии производственного процесса, начиная от приема сырья, топлива, материалов и заканчивая выпуском готовой продукции и её отгрузкой потребителям. При первичном осмотре цеха производства сухого молока ТМК, произведенном в 2012 году, было установлено, что значительная часть энергии, применяемой на производстве, расходуется не самым рациональным образом. Имеются потери энергоносителей, имеющие объективный характер, связанный с устаревшим оборудованием. А так как

производство сухого молока является одним из самых энергоемких процессов в молочной промышленности, то возникает острая необходимость разработки и внедрения энергосберегающих технологий. В то же время, на производстве отсутствует система менеджмента качества ISO 9001, недостаточен уровень автоматизации и контроля в цехе сухого молока. В связи с этим была поставлена задача детально изучить структуру цеха производства сухого молока, провести энергетическое обследование установленного оборудования и здания цеха, установить источники неоправданных потерь энергоресурсов и разработать систему контроля и управления энергосбережением в цехе производства сухого молока, учитывая состояние установленного оборудования.

Установлено, что в качестве топлива предприятие потребляет различные сорта твердого и жидкого топлива, природный газ. Силовую энергию предприятие получает от государственных энергосистем, ведомственных и коммунальных электростанций, тепловая энергия производится непосредственно на предприятиях.

Наиболее значительные резервы уменьшения электропотребления предприятия могут быть связаны с модернизацией промышленного оборудования, автоматизацией процессов нагрева воздуха, подаваемого в распылительную сушильную установку [4,5].

Также значительная экономия энергоресурсов на ТМК может быть достигнута путем автоматизации контроля и управления влажностью воздуха сушки, утилизации тепла отходящего воздуха, а также применением мероприятий организационного характера и непосредственным использованием многоканальной системы стабилизации влажности готового продукта (рис. 1) [7].

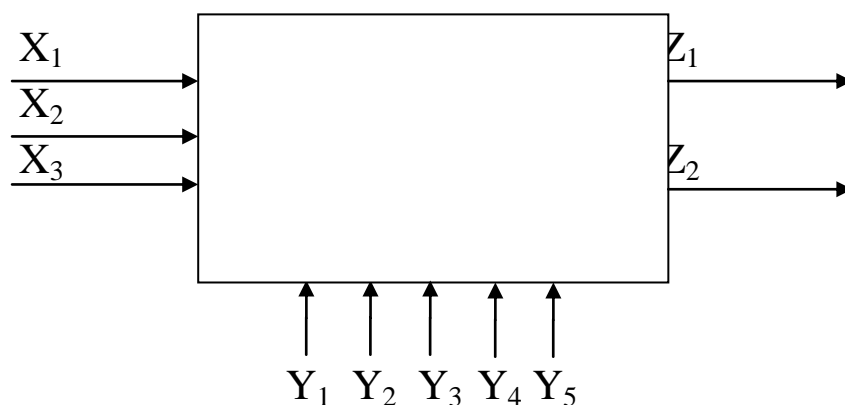


Рис. 1. Структурно-параметрическая схема процесса сушки молочных продуктов

X_1 – содержание сухих веществ в сгущенном молоке, %;

X_2 – температура сгущенного молока, °С;

X_3 – влажность воздуха, подаваемого на нагрев; %;

Y_1 – расход сгущенного молока, м³/ч;

Y_2 – температура воздуха на входе в сушильную установку, °С;

Y_3 – расход входящего воздуха в сушильную установку, кг/ч;

Y_4 – частота вращения распылительного диска, с⁻¹;

Y_5 – влажность горячего воздуха, подаваемого в сушильную установку, %;

Z_1 – температура горячего воздуха на выходе, °С;

Z_2 – влажность сухого молока, %

Сводная таблица данных обследования технологического процесса

Параметр	Max. значение	Min. значение	Ном. Значение	Доп. погрешность измерения, %	Периодичность измерения
X ₁	54	45	50	1,0	На входе
X ₂	60	55	60	0,1	На входе, 1 раз
X ₃	100	30	30	1,0	На входе, 1 раз
Y ₁	2,57	2,4	2,5	1,0	Непрерывно
Y ₂	175	140	170	2,0	На входе, 1 раз
Y ₃	7200	7175	7200	0,5	Непрерывно
Y ₄	130	120	120	0,1	Непрерывно
Y ₅	35	30	30	1,0	Непрерывно
Z ₁	80	70	75	2,0	Непрерывно
Z ₂	5,0	2,5	2,5	0,1	1 раз в партию

Уже предварительные расчеты показывают, что только внедрение в технологическую линию адсорбционного воздухоосушителя DT 7500 позволит на 30% повысить производительность сушильной установки типа УРС-150. В воздухе в среднем содержится 15,8 г влаги в 1 кг воздуха при 100% относительной влажности и температуре 20 °С. При уменьшении влагосодержания в воздухе на 50%, количество влаги в 1 кг воздуха уменьшится на 7,9г. Учитывая, что у применяемой сушильной установки распылительного типа паспортная производительность по воздуху сушки равна 7200 кг/ч, количество влаги, изымаемой из воздуха сушки: $M = 7\ 200 * 7,9 / 1000 = 56,88$ кг/ч. Таким образом, производительность сушильной установки по количеству испаренной влаги может быть увеличена от исходной паспортной (150 кг/ч) на 56,88 кг/ч.

На следующем этапе работы будут выработаны предложения по устранению неоправданных потерь, конкретные рекомендации для предприятия с оценкой экономической эффективности локальных мероприятий, их затратности, сроков окупаемости и разработана схема автоматизации системы контроля и управления энергосбережением цеха сухого молока.

Список литературы:

1. В.Д.Сурков и др. «Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности» / Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. П.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983.- 432с.

2. Лазарев В.Л., Митин Е.Е. Мониторинг процессов термообработки жидких продуктов на основе методов теории энтропийных потенциалов // Вестник Международной академии холода / Лазарев В.Л., Митин Е.Е. – 2013, с.43-45. - 76с с. - ISSN 1606-4313.
3. Балюбаш В.А.и др. Структура многоканальной системы управления процессом сушки молочных продуктов /В.А. Балюбаш, С.Е. Алёшичев, В.А. Добряков // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2013. - №2. [Электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>
4. Л.П.Брусилковский, А. Я. Вайнберг «АСУТП Цельно- молочных и молочно-консервных производств» - М.: Колос, 1993- 363 с. ил.
5. Белавкин И.В. Управление процессами энергосбережения на промышленном предприятии по экономическим критериям: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата экономических наук.: Челябинск. 1997. – 22 С.
6. Слесаренко И.Б. Исследование ресурсо- и энергосберегающих технологий в пищевой промышленности. – И.Б. Слесаренко, В.В. Слесаренко // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 5 – С. 46-47
7. Пастухов А.С. и др. Разработка системы стабилизации параметров процесса охлаждения хлебобулочных изделий в автоматизированной системе управления технологическим процессом хлебопекарного производства. Параметрическая схема объекта управления/ А.С. Пастухов, В.Б. Данин // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2013. - №2. [Электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>
8. Л.В. Новикова. Анализ проблем и перспектив развития энергосбережения на предприятиях пищевой промышленности // Материалы конференций [<http://lfostu.ucoz.ru/>] <http://lfostu.ucoz.ru/publ/>
9. И.Ю. Алексанян и др. Энергосберегающие технологии пектиносодержащих концентратов // Вестник Астраханского государственного технического университета / Алексанян И.Ю., Максименко Ю. А., Титова Л. М., Кромский Е. Д. 2008 - №2 [<http://cyberleninka.ru>] <http://cyberleninka.ru/article/n/energoberegayuschie-tehnologii-pektinosoderzhaschih-kontsentratov>
10. Федеральный Закон Российской Федерации «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» от 23.11.2009 (с изм. и доп., вступившими в силу с 05.12.2013) <http://base.consultant.ru>
11. Лазарев В.Л. Оптимизация управления в координатах энтропийного пространства. - С-Пб, 2005. - Т. 2. - С. 142-147. - 336 с. - ISBN 5-7629-06-0.
- 12.Лазарев В.Л. Эволюция систем контроля и управления с позиций энтропийно-информационного подхода // Сб. докл. Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2005). - С-Пб, 2005. - Т. 1. - С. 33-41. - 300 с. - ISBN 5-7629-0678-7.
- 13.Лазарев В.Л. Энтропийный подход к организации мониторинга и управления // Изв. РАН. Теория и системы управления. - Москва: Наука, 2005. - № 6. - С. 61-68. - 176 с. - ISSN 0002 3388.
- 14.Лазарев В.Л. Интеллектуализация управления на основе теории энтропийных потенциалов // Сб. докл. 1X Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2006). - С-Пб, 2006. - Т. 1. - С. 91-94. - 257 с. - ISBN 5-7629-0730-9.

15. Лазарев В.Л. Состояние и перспективы разработок систем управления. Особенности разработок в пищевой промышленности. - С-Пб: Известия С-ПбГУНиПТ. Межвуз. сб. научн. трудов, 2006. - С. 236-239. - 312 с. - ISBN 5-89565-138-0.
16. Лазарев В.Л. Автоматизированный мониторинг и управление процессами низкотемпературных и пищевых технологий на основе методов теории энтропийных потенциалов // Сб. докл. III МНТК "Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке". С-Пб (13-15 ноября 2007г.). - С-Пб, 2007. - С. 85-92. - 879 с. - ISBN 978-5-89565-156-9.
17. Балюбаш В.А., Алешичев С.Е., Назарова В.В. Управление техническими системами: Учеб.-метод. Пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2012.
18. Балюбаш В.А. и др. Совершенствование систем управления аппаратурно – технологическими комплексами пищевой промышленности / Балюбаш В.А., Алешичев С.Е., Добряков В.А.// Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2012. - №1. [Электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru> - 2012.
19. Абугов М.Б., Алёшичев С.Е., Балюбаш В.А., Стегаличев Ю.Г. Технологические процессы и производства: Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 93с.
20. Балюбаш В.А., Добряков В.А., Назарова В.В. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: Учеб.-метод. Пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2012.