

*К. В. Обьедков, к.т.н., А. В. Шах
РУП «Институт мясо-молочной промышленности»*

ЦИКЛОГРАММНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УЧАСТКА ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ПРЕССОВАНИЯ СЫРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДЫХ СЫЧУЖНЫХ СЫРОВ

В статье рассмотрены этапы разработки и создания отечественной автоматизированной линии производства твердых сычужных сыров. При разработке впервые был применен циклограммный метод для оптимизации режимов работы автоматизированной линии. Параметром оптимизации является расход энергетических сред. Метод был опробован на экспериментальном образце для проверки и отработки технических решений при последующем проектировании и изготовлении автоматизированной линии окончательного прессования сыра.

Молочная промышленность является важнейшим элементом АПК Республики Беларусь. Значительное место молочной отрасли определено высокой ценностью ее конечной продукции. Рынок молока и молочных продуктов занимает доминирующее социально-экономическое положение в структуре продовольственного рынка республики. Современное состояние, уровень и тенденции его развития в значительной степени определяют национальную продовольственную безопасность. Производство молока как важнейшего источника сырья определяет состояние рынка молока и молочной продукции в системе обеспечения потребностей населения в ней и наращивания экспортного потенциала.

За последние годы достигнут значительный прогресс в развитии молочной отрасли, характеризуемый увеличением производства молока и молочных продуктов. Производство молока в республике постоянно возрастает, при этом молокоперерабатывающая отрасль сталкивается с рядом проблем. Обновление основного технологического оборудования на предприятиях молокоперерабатывающей промышленности практически прекратилось в конце 1980-х годов. Износ активной части основных

фондов к 2004 г. составил более 50%. Длительная и интенсивная эксплуатация оборудования привела к его моральному и физическому износу, так что даже его модернизация не давала должного экономического эффекта, поэтому остро встала проблема замены существующего парка оборудования на современные автоматизированные линии. Ускоренное обновление основных производственных фондов на новой технической основе является одним из главных направлений интенсификации производства [1].

Проблемы повышения конкурентоспособности и качества, снижения себестоимости производимой продукции являются основными для промышленности. Расчеты себестоимости продукции крупных промышленных предприятий показывают, что одной из главных составляющих являются затраты электроэнергии, в структуре которых в числе самых больших составляют затраты на производство сжатого воздуха, применяемого в качестве рабочей среды в технологических процессах и в качестве энергоносителя практически на всех предприятиях.

Целью работы является оптимизация параметров потребления сжатого воздуха автоматизированной линии окончательного прессования сыра твердых сычужных сыров.

Увеличение производства молока привело к изменению структуры его переработки: уменьшилось производство и экспорт масла животного и, соответственно, увеличились мощности производства сыров, что, в свою очередь, привело к увеличению нагрузки на существующее оборудование сыродельной отрасли, находящееся в эксплуатации длительное время. В ближайшее время это оборудование подлежит замене на современные автоматизированные линии, в том числе разрабатываемые в Беларуси [2].

Проблема расхода энергоносителей наиболее актуальна в настоящее время. Актуальность этой проблемы возросла в связи с мировым финансовым кризисом. Поэтому при разработке и создании нового обо-

рудования необходимо уделять огромное внимание вопросам энергосбережения.

Для создания отечественного оборудования для производства сыра была принята Программа разработки и производства оборудования для перерабатывающей промышленности агропромышленного комплекса на 2006–2010 годы и разработано и утверждено задание Государственной программы импортозамещения «Разработать и организовать производство автоматизированной линии производства твердых сычужных сыров производительностью 5 т в сутки». Реализацию проекта осуществляет РУП «Завод средств комплексной автоматизации» совместно с РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

Учитывая, что автоматизированная линия представляет собой сложный программно-управляемый технологический комплекс оборудования и одним из наиболее сложных узлов в проектировании и изготовлении является автоматизированная линия окончательного прессования сыра, а также процесс прессования наиболее трудоемкая операция, работу по созданию линии начали с разработки автоматизированной линии окончательного прессования твердых сычужных сыро, при этом особое внимание было уделено вопросам потребления и расхода энергоносителей.

На первом этапе была проведена научно-исследовательская работа по созданию экспериментального образца базового технологического модуля для прессования сыра с целью проверки и отработки технических решений и программного обеспечения при последующем проектировании и изготовлении автоматизированной линии окончательного прессования.

Экспериментальный образец базового технологического модуля для прессования сыра (рис. 1) состоит: пресс пневматический – 3 шт., устройство транспортирования сырной формы грейферного типа с при-

водом от пневмоцилиндра – 4 шт., несущий каркас – 1 шт., систему управления – 1 шт.

Конструктивно модуль выполнен в виде каркаса из труб квадратного сечения, на котором установлен лоток для сбора сыворотки с направляющими для перемещения сырных форм; три пневматических прессы для прессования сыра; устройство транспортирования сырных форм грейферного типа, реализованное на пневмоцилиндрах. Система управления, реализованная на базе логического программируемого контроллера фирмы «Мицубиси», установлена в шкафу управления.

Модуль работает следующим образом. Сырные формы вручную устанавливаются на первый конвейер системы транспортирования сырных форм, перемещающий их по технологическому циклу. После установки форм под пресса проводят операции самопрессования и прессования [3, 4]. Прессование осуществляется пневматическими прессами. После прохождения заданного времени самопрессования и прессования включается привод конвейера, транспортирующего сырные формы далее по технологическому процессу. Весь процесс подачи и позиционирования сырных форм контролируется датчиками, фиксирующими начальные и конечные положения штока пневмоцилиндра привода. Работа пневмоцилиндров конвейеров управляется программируемым логическим контроллером в соответствии с программой работы модуля. Система управления позволяет управлять работой модуля в согласно циклограмме работы модуля. Система управления выполняет и контролирует следующие операции в автоматическом режиме: подачу и позиционирование сырных форм под пневматические прессы; время самопрессования; время прессования; усилие прессования; давление в системе; перемещение сырных форм для следующих операций. При возникновении аварийной ситуации подача воздуха в систему прекращается, работа модуля останавливается и на контрольную панель выводится индикация неисправности.

Основные элементы конструкции, контактирующие с пищевыми продуктами, выполнены из стали марки 12Х18Н10Т.



Рис. 1 - Экспериментальный образец базового технологического модуля для прессования сыра

Технические характеристики экспериментального образца базового технологического модуля для прессования сыра:

- ход штока пресса пневматического – 160 мм,
- ход штока устройства транспортирования формы – 630 мм,
- максимально допустимое давление сжатого воздуха – 0,85 МПа,
- статическое усилие прессования при давлении 0,63 МПа – 3,87 кН,
- закрытая высота пресса – 160 мм,
- количество одновременно устанавливаемых форм – 3 шт.

Создание экспериментального образца позволило проверить и отработать технические решения при последующем проектировании и изготовлении следующих унифицированных модулей, входящих в автоматизированную линию окончательного прессования твердых сычужных сыров: модуля для прессования сыра, модуля перегрузки и транспортирования форм для прессования, модуля поддержания и регулирования усилия прессования сыра, модуля управления и контроля технологиче-

ских параметров и приводов на базе программируемого логического контроллера и ПК [1].

При отработке технических решений элементов конструкции, алгоритмов работы и программного обеспечения проведены следующие исследования.

1. Анализ различных алгоритмов работы конвейеров перемещения форм. При помощи программы работы экспериментального образца изменяли последовательность срабатывания рабочих органов приводов конвейеров при движении и перегрузке форм с одного конвейера на другой. В результате был выбран оптимальный маршрут и последовательность работы приводных механизмов для их согласованной работы.

2. Исследование скорости движения. При помощи регулирующей аппаратуры пневмоцилиндров изменяли скорость конвейеров. По результатам исследований было выбрано оптимальное время цикла и частоты перемещения для конвейеров транспортирования форм.

3. Оценка влияния времени при различных алгоритмах работы оборудования на коэффициент его загрузки.

При этом впервые был применен циклограммный метод, который основан на разработке различных циклограмм работы оборудования при различных алгоритмах отработки рабочих органов. При этом измеряется расход энергетических сред, время работы и другие факторы, которые влияют на эффективность работы оборудования. На рисунке 2 представлены мнемосхема (*а*) и циклограмма работы (*б*) экспериментального образца базового технологического модуля для прессования сыра.

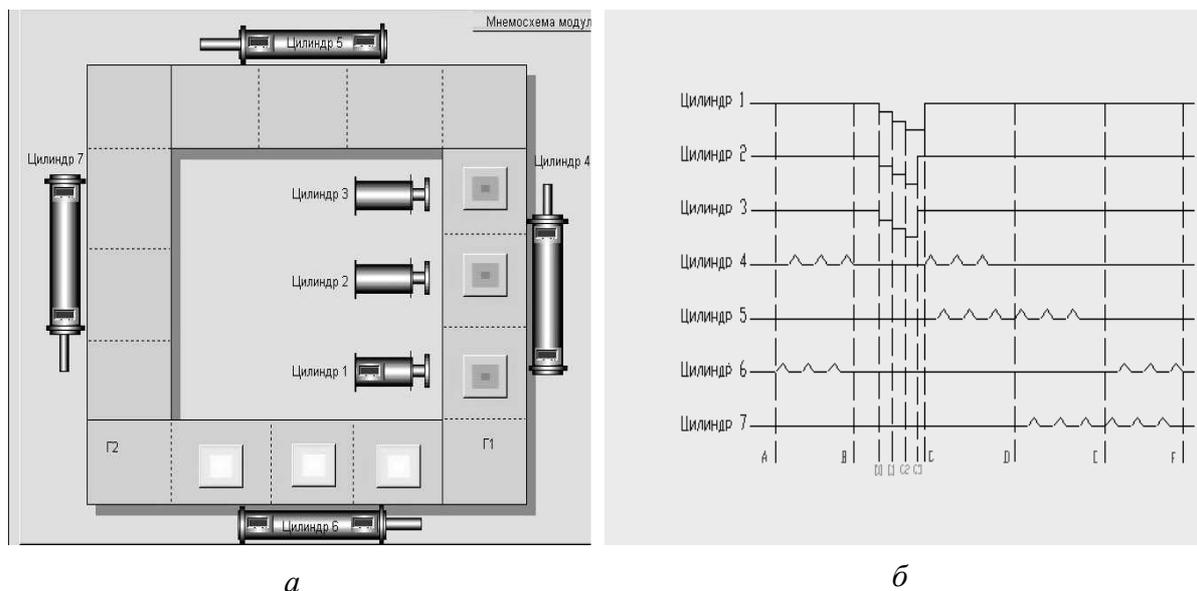


Рис.2 – Мнемосхема (а) и циклограмма работы (б) экспериментального образца базового технологического модуля для прессования сыра

На втором этапе разрабатывали и изготавливали автоматизированную линию окончательного прессования твердых сычужных сыров (рис. 3). Она является составной частью технологического комплекса производства твердых сычужных сыров и может работать как в составе автоматизированной линии, так и в качестве самостоятельной единицы.

При разработке и изготовлении автоматизированной линии окончательного прессования также были использованы результаты исследований, проводимых на экспериментальном образце.

Автоматизированная линия окончательного прессования твердых сычужных сыров состоит из: устройства установки крышек на формы – 1 шт.; прессов окончательного прессования – 180 шт.; сырных форм – 180 шт.; системы транспортирования форм и крышек – 1 комплект; устройства снятия крышки с формы – 1 шт.; устройства переворота форм – 2 шт.; устройства опорожнения форм – 1 шт.; ленточного конвейера – 1 шт.; электронных весов – 1 шт.; устройства маркировки сырной головки – 1 шт.; установки для мойки форм и крышек – 1 шт.; системы управления – 1 комплект.

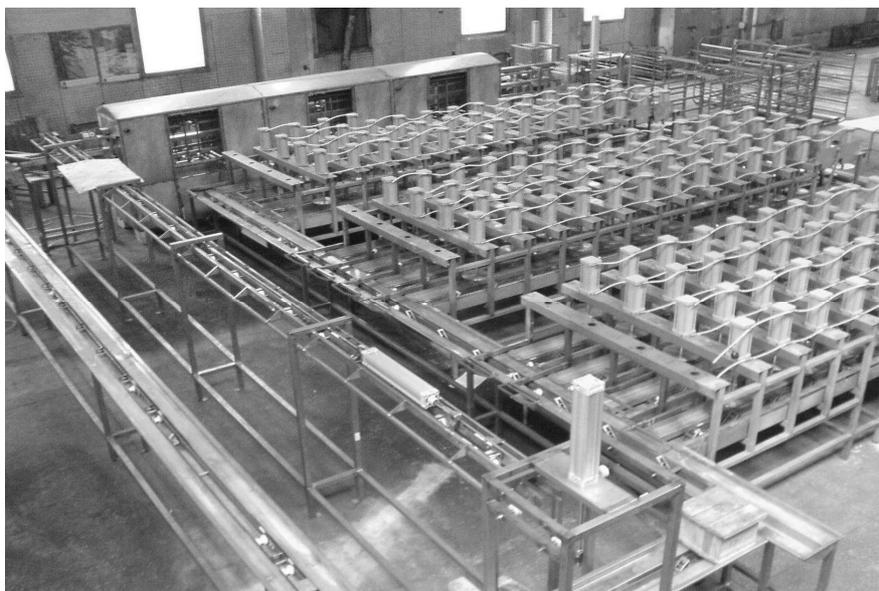


Рис. 3 - Общий вид автоматизированной линии окончательного прессования твердых сычужных сыров

Ближайшим аналогом предлагаемой разработки является линия производства сыра фирмы «Obram» (Польша). Ее ориентировочная стоимость составляет 1700 тыс. долларов США. Стоимость вновь разрабатываемой линии составит не более 1 120 тыс. долларов США.

При уровне рентабельности 30% прибыль на 1 единицу составит 1566 млн руб., затраты на разработку и организацию производства – 2402 млн руб. Таким образом срок окупаемости составит 2,8 года.

Основные технико-экономические показатели оборудования для прессования сыра разработанной отечественной автоматизированной линии и ближайшего аналога представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Техничко-экономические показатели оборудования для прессования сыра

| Показатель | Автоматизированная линия окончательного прессования твердых сычужных сыров | |
|---|--|---|
| | РУП «ЗСКА», Беларусь | «Obram», Польша |
| Производительность, т/сут | 5 | 3 |
| Устройство окончательного прессования | Конвейерное с запрограммированным давлением и длительностью прессования | Конвейерное с запрограммированным давлением и длительностью прессования |
| Система транспортирования форм и крышек | Пневматическая, грейферного типа | Пневматическая, грейферного типа |
| Основной материал | Сталь 12X18H10T | Сталь AISI316 |
| Мойка сырных форм | Автоматическая | Автоматическая |

| Показатель | Автоматизированная линия окончательного прессования твердых сычужных сыров | |
|--|---|---|
| | РУП «ЗСКА», Беларусь | «Обрам», Польша |
| Система автоматического управления | На базе ПЛК фирмы «Мицубиси» с использованием датчиков, панелей и металлоконструкций производства РУП «ЗСКА», покупных изделий предприятий РБ | На базе компьютерных систем управления «Сименс» |
| Удельный расход пара на 1 кг сыра, кг/кг | 19,8 | 26,4 |
| Удельный расход электроэнергии на 1 кг сыра, кВт/кг | 0,12 | 0,16 |
| Удельный расход сжатого воздуха на 1 кг сыра, м ³ /кг | 1,0 | 1,16 |

В результате проведенной работы была разработана общая циклограмма и алгоритм работы автоматизированной линии производства твердых сычужных сыров производительностью 5 т в смену, разработаны циклограммы работы исполнительных механизмов участка окончательного прессования сыра, по результатам опытов проведен расчет потребления сжатого воздуха, проведено исследование различных режимов работы механизмов участка окончательного прессования сыра на согласованность работы с рабочими режимами оборудования, входящего в состав автоматизированной линии производства твердых сычужных сыров производительностью 5 т в смену.

Эти результаты были применены при создании автоматизированной линии окончательного прессования, входящей в состав автоматизированной линии производства твердых сычужных сыров производительностью 5 т в смену. Создание отечественной автоматизированной линии позволит сократить время работы оборудования участка окончательного прессования сыра; сэкономить энергоресурсы при их оптимальном использовании; сэкономить конструкционные материалы; повысить технологичность конструкции с точки зрения изготовления и ремонта; увели-

чить объемы производства сыра; использовать ее для модернизации действующих линий по производству сыра.

Разрабатываемое оборудование будет являться универсальным практически для всей гаммы производимых в республике твердых сычужных сыров, что позволит рассчитывать на значительные объемы сбыта серийных линий для удовлетворения потребности Республики Беларусь и с учетом высоких цен на продукцию западных производителей открывает возможность реализации продукции в России. Оно послужит базой при создании гаммы оборудования для производства сыров различной производительности в соответствии с требованиями рынка и позволит сэкономить валютные средства Республики Беларусь за счет снижения объемов закупок импортного оборудования.

Литература

1. Шах, А. В. Этапы разработки автоматизированной линии для изготовления твердых сычужных сыров / А. В. Шах // Молодежь в науке-2007: прил. к журн. «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» в 4 ч.–Ч.4 «Серія аграрных навук»/редкол.: В. Г. Гусаков (гл.ред.), И. М. Богдевич и др.– Минск: Белорусская наука, 2008.–С. 393–398.

2. Объедков, К.В. Новые направления развития сыродельной отрасли Белоруссии / К. В. Объедков // Сыроделие и маслоделие.–2006.–№ 1.–С. 21–22.

3. Машины и аппараты пищевых производств. в 2 кн. / С. Т. Антипов и др. // Под ред. Панфилова В.А. Кн. 1: Учебник для вузов.– М.: Высш. шк., 2003.

4. Крусъ, Г.Н. Технология сыра и других молочных продуктов / Г. Н. Крусъ, И. М. Кулешова, Н. И. Дунченко – М.: Колос, 1992.