

УДК 007: 664.8.039.7

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ANYLOGIC
В АНАЛИЗЕ РАБОТЫ ЦЕХА ПО СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКЕ
ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ****USING OF IMITATION SYSTEM ANYLOGIC IN ANALYZE
OF SUBLIMATION DRYING DEPARTMENT WORK**©*Бердыш И. А.**Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
г. Москва, Россия, ilyberdysh@gmail.com*©*Berdysh I.**Plekhanov Russian University of Economics
Moscow, Russia, ilyberdysh@gmail.com*©*Симонова Д. А.**Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
г. Москва, Россия, dasim95@mail.ru*©*Simonova D.**Plekhanov Russian University of Economics
Moscow, Russia, dasim95@mail.ru*©*Беляева М. А.**д-р техн. наук
Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
г. Москва, Россия, belyaevamar@mail.ru*©*Belyaeva M.**Dr. habil.**Plekhanov Russian University of Economics
Moscow, Russia, belyaevamar@mail.ru*

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные аспекты процесса сублимационной сушки сырья. Описан способ использования имитационной модели многоподходной системы AnyLogic для анализа основных показателей при проведении сублимационной сушки.

Представленная имитационная модель сублимационной сушки плодово-ягодного сырья на примере вишни может быть полезна технологам, механикам, менеджерам, логистам и бизнесменам для информационной поддержки и анализа структуры работы предприятия, в решении вопросов, связанных с хранением и транспортировкой сырья.

Abstract. The main aspects of sublimation drying process are reviewed in the article. Method of using imitation models in AnyLogic system for analyze of sublimation process is described.

Described imitation model of cherry sublimation drying can be useful for technologists, mechanics, managers, and businessmen for informational support and analyze of departments' work structure and solving of keeping and transportation problems.

Ключевые слова: сублимационная сушка, имитационная модель, пищевое сырье.

Keywords: sublimation drying, imitation models, food raw material.

Уровень здоровья населения напрямую влияет на благосостояние общества и темпы его развития. Культура питания граждан напрямую связана с укреплением здоровья человека.

Наибольшую важность представляет сырье с высокой пищевой ценностью. Так как доставка продуктов питания в некоторые регионы затруднена, необходимо прибегать к таким способам обработки сырья, которые продлевают срок хранения продуктов и не снижают их пищевую ценность.

Особой популярностью у населения пользуется плодово-ягодное сырье, т. к. является одним из основных природных источников биологически активных веществ. Доля плодов и ягод в рационе питания населения является показателем качества его жизни и продолжительности периода активной жизнедеятельности [5].

Доставка плодово-ягодного сырья в некоторые регионы затруднена из-за небольшого срока хранения продукции, что приводит к поиску такого способа обработки пищевых продуктов, который увеличит срок хранения продуктов при сохранении их пищевой ценности.

Сушка пищевого сырья заключается в удалении влаги из продукта путем ее естественного или искусственного испарения. Одним из преимуществ сушки по сравнению с другими видами пищевой обработки является снижение расходов на транспортировку продуктов, т. к. масса высушенного продукта в 10 и более раз меньше массы исходного.

Способы сушки различают в зависимости от метода удаления влаги из продукта, вида обрабатываемого сырья и требованиям к конечному продукту. Основным требованием, предъявляемым с точки зрения осуществления технологического процесса, является уменьшение энергозатрат на проведение сушки.

Сублимационная сушка является наиболее энергозатратным методом удаления влаги из продукта, но позволяет сохранить пищевую ценность продуктов. Продукты такой сушки отличаются высоким качеством, обладают повышенной восстанавливающей способностью, имеют незначительную усадку.

Сублимационная сушка заключается в удалении влаги из продукта путем ее перехода из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу. Процесс сублимационной сушки подразделяется на 3 этапа:

1. Замораживание продукта. В этот период испаряется 10–15% всей влаги без подвода тепла за счет выделения теплоты плавления льда при замерзании воды. Основное условие замораживания — максимальное количество влаги должно быть превращено в лед; размеры кристаллов должны иметь минимальный размер и равномерно распределяться по всему объему для интенсивного тепло- и массообмена при сублимационной сушке.

2. Сублимация — период постоянной скорости сушки. В этот период удаляется основная масса влаги (60% и более). Чем больше влаги удаляется в этот период, тем лучше сохраняются свойства продукта. Продолжительность этого периода зависит от величины остаточного давления в сублиматоре, интенсивности подвода теплоты, температуры продукта, скорости удаления паровоздушной смеси.

3. Удаление остаточной влаги — период убывающей скорости сушки. В этот период удаляется связанная влага, не замерзшая в продукте. Скорость сушки зависит от интенсивности подвода теплоты в углубленную зону испарения и удаление пара из зоны испарения через высушенные слои к поверхности материала. В этот период удаляется 10–20% всей влаги.

Большие энергозатраты определяются тем, что сублимационная сушка является сложным синтезированным процессом, для которого характерна большая продолжительность рабочего цикла (от 8 до 14 часов и более), зависящая от степени измельчения высушиваемого продукта и других факторов.

Исследования последних лет направлены на снижение энергетических затрат и создание оптимальных условий использования установок для сублимационной сушки.

Существуют различные способы снижения энергозатрат в зависимости от вида используемого оборудования и высушиваемого сырья. Для снижения энергозатрат при сушке термолабильных материалов используется способ вакуумного концентрирования,

который включает в себя комбинированный вакуум–сублимационный способ сушки [1]. Способ циклической вакуум–сублимационной сушки термолабильных жидкостей позволяет уменьшить энергетические затраты за счет насыщения продукта инертным газом и его замораживании с последующей сушкой при давлении ниже тройной точки. Продукт наносят на поверхность транспортирующего элемента после насыщения, причем последнее ведут до вспенивания продукта при давлении не ниже тройной точки [2].

Одним из способов анализа снижения энергетических затрат при работе сублимационного цеха является создание имитационной модели, включающей основные стадии обработки продукта. Имитационная модель позволяет провести виртуальный эксперимент и проследить основные зависимости в работе цеха.

Работа цеха рассматривается на примере процесса сублимационной сушки вишни. Цех включает в себя участки складирования сырья, его подготовки, заморозки, сушки, упаковки, санитарной обработки, склад готовой продукции и материалов, холодильной компрессорной, ремонтный цех, лабораторию, санитарно–гигиенические и бытовые помещения. Основные этапы обработки вишни заключаются в следующем:

1. Поступление сырья на склад.
2. Мойка сырья.
3. Удаление косточек.
4. Бланширование.
5. Заморозка.
6. Сушка.
7. Упаковка.
8. Отправка.

Этапы, на которых сырье не претерпевает физико–химических изменений и потерь массы, были опущены для упрощения изображения модели. На Рисунке 1 изображена упрощенная схема движения сырья в цехе сублимационной сушки (материальные потоки предприятия).

Допустим, что сырье поступает в цех по 2 тонны 10 раз в день. Программа позволяет подобрать оптимальный размер и количество партий товара, чтобы общая нагрузка на линию производства была равномерно распределена, а энергозатраты минимальны.

Мойка сырья занимает 60 минут. С помощью имитационной системы Any Logic можно подобрать такие время и производительность процесса, чтобы исключить простой оборудования.

На этапе «Удаление косточек» продукт становится легче примерно на 10%. Этот параметр также может быть в дальнейшем изменен на основе опытных испытаний.

Процесс бланширования ягод длится 30 мин., но его продолжительность может варьироваться в зависимости от производительности оборудования. Необходимо подобрать наиболее эффективное соотношение продолжительности и производительности, чтобы исключить простой оборудования.

Заморозка ягод требует максимально быстрого равномерного превращения влаги в лёд. Именно поэтому здесь также важно правильно подобрать объем продукта и производительность аппарата.

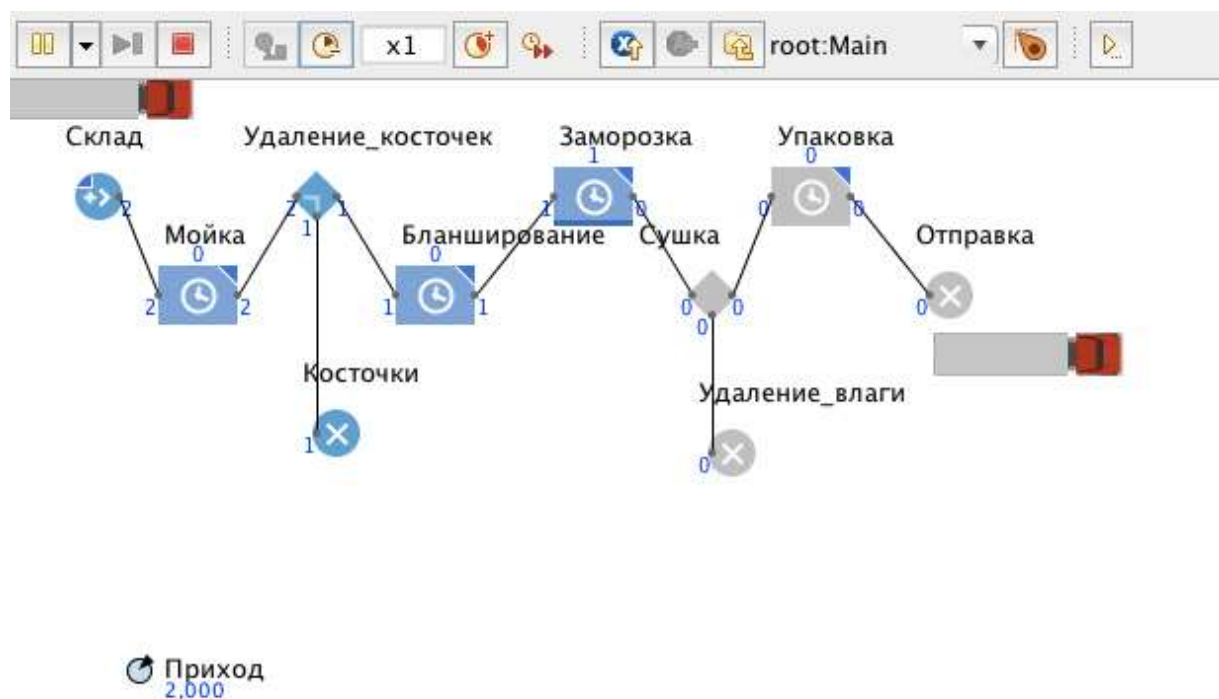


Рисунок 1. Экранная форма схемы движения сырья в цеху сублимационной сушки (имитационная система Any Logic).

На этапе сушки ягод удаляется примерно 80% влаги из продукта. При использовании модели можно проанализировать количество сырья (продукта) подходит к этому этапу, и подобрать необходимое оборудование по мощности загрузки и продолжительности процесса, при этом сокращаются энергозатраты на один из продолжительных по времени процессов в сублимационном цехе. На Рисунке 2 показан завершающий этап процесса обработки сырья, который показывает массу высушенного продукта, массу удаленной влаги и потери массы с отходами.

На этапе «Упаковка» можно определить необходимое количество времени и обслуживающего персонала, так как известно объем загружаемого продукта и цикличность процесса.

Оптимизация технологических процессов – необходимая стратегия в современном производстве, совершенствующая систему управления. Моделирование процессов в имитационной системе AnyLogic позволяет рассчитать необходимую производительность оборудования, объем поставки, продолжительность переработки, количество обслуживающего персонала на том или ином участке, функции, операции и многие другие параметры. Единоразово созданную модель можно сохранять в репозитории программы и использовать в качестве шаблона для дальнейшего совершенствования и имитации сценарным методом, запускать модель при различных исходных данных, расширять, добавляя и изменяя в модели как технологические, так и экономические показатели, с целью получения самых наилучших результатов по снижению издержек производства, энергозатрат и увеличению производительности, соответственно, прибыли и выручки предприятия [4].

Если рассматривать с более глобальной точки зрения, использование компьютерных методов моделирования позволяет решать как технические задачи, так и связанные с оценкой экономического состояния предприятия: прогнозирование и планирование доходов, расходов и убытков; планирование средств на строительство; ремонт и содержание инфраструктуры предприятия; выделения основных факторов риска и прогноз критических ситуаций; расчет объема и анализ продаж готовой продукции [3].

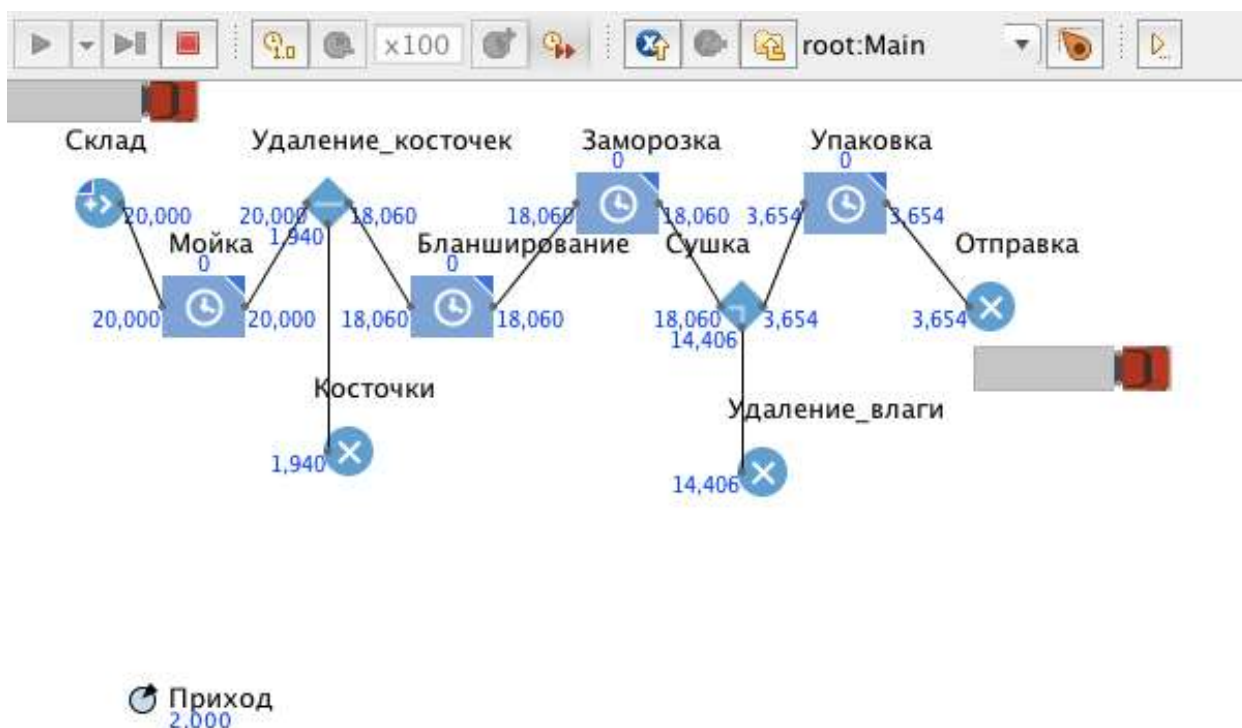


Рисунок 2. Экранная форма запуска программы завершающего этап процесса обработки сырья.

Представленная имитационная модель сублимационной сушки плодово-ягодного сырья на примере вишни может быть полезна технологам, механикам, менеджерам, логистам и бизнесменам для информационной поддержки и анализа структуры работы предприятия, в решении вопросов, связанных с хранением и транспортировкой сырья. В дальнейшем планируется расширение и создание мультимодельной системы компьютерной поддержки принятия решений в производстве плодово-ягодной продукции.

Список литературы:

1. Кретов И. Т., Мосолов Г. И. Комбинированный вакуумно-сублимационный способ сушки термолabile жидких продуктов // Международная научно-техническая конференция «Научно-технический прогресс в пищевой промышленности»: тез. докл. Могилев, 1995. 67 с.
2. Патент. Способ циклической вакуум-сублимационной сушки (RU 2119625) Авторы патента: Антипов С. Т., Игнатов В. Е., Эйхаб Хасан, Востриков С. В., Шахов С. В.
3. Беляева М. А., Бурляева О. К., Сырова И. В. Формирование мультимодельной системы для принятия оптимальных управленческих решений на предприятии // Программные продукты и системы. 2014. №2 (106). 7 с.
4. Беляева М. А. Имитационное моделирование социально-экономических систем для поддержки принятия решений // Пищевая промышленность. 2011. №4. С. 86-87.
5. Киселева Т. Ф., Зайцева И. С., Пеков Д. Б., Бабий Н. В. Выявление предпосылок комплексной переработки плодово-ягодного сырья сибирского региона // Техника и технология пищевых производств. 2009. №3. 5 с.

References:

1. Kretov I. T., Mosolov G. I. Kombinirovannyi vakuumno-sublimatechnyyi sposob sushki termolabile zhidkikh produktov. Nauchno-tehnicheskii progress v pishchevoi promyshlennosti Tez. dokl. Mezhd. NTK. Mogilev. 1995. 67 p.
2. Patent. Sposob tsiklicheskoj vakuum-sublimatechnoi sushki (RU 2119625) Avtory patenta: Antipov S. T., Ignatov V. E., Eikhab Khasan, Vostrikov S. V., Shakhov S. V.

3. Belyaeva M. A., Burlyaeva O. K., Syrova I. V. Formirovanie mul'timodel'noi sistemy dlya prinyatiya optimal'nykh upravlencheskikh reshenii na predpriyatii. Programmnye produkty i sistemy, 2014, no. 2 (106), 7 p.

4. Belyaeva M. A. Imitatsionnoe modelirovanie sotsial'no–ekonomicheskikh sistem dlya podderzhki prinyatiya reshenii. Pishchevaya promyshlennost', 2011, no. 4, pp. 86–87.

5. Kiseleva T. F., Zaitseva I. S., Pekov D. B., Babii N. V. Vyyavlenie predposylok kompleksnoi pererabotki plodovo-yagodnogo syr'ya sibirskogo regiona. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv, no. 3, 2009, 5 p.

*Работа поступила в редакцию
25.04.2016 г.*

*Принята к публикации
27.04.2016 г.*