

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОЧНО-МЕДОВОГО БАЛЬЗАМА**

*В статье рассматриваются результаты исследований по моделированию процесса переработки сырья мелкоплодных яблок и тонизирующих трав, начиная от начального звена линии – бункера с сырьем – до лимитирующего с этапом получения готовых продуктов яблочного-медового бальзама и ранетки спиртованной в глазури. Предложенные методы проектирования позволяют отладить режимы работы технологической линии и каждого составляющего ее звена для получения качественной продукции.*

**Ключевые слова:** яблочный-медовый бальзам, ранетка спиртованная в сахаре, мелкоплодные яблоки.

D.A. Krivov

**MODELING THE TECHNOLOGICAL LINE FOR THE APPLE-HONEY BALSAM PRODUCTION**

*The research results on modeling the treatment process for the small-fruited apple and tonic grass raw materials, starting with the initial line link, which is raw material bin, to the limiting one with the stage of receiving the finished products that are apple - honey balsam and crab apples alcoholized in the glaze are considered in the article. The proposed design techniques allow to set the operating modes of the technological line and of each component in it in order to receive high quality products.*

**Key words:** apple and honey balsam, crab apples alcoholized in the glaze, small-fruited apples.

**Введение.** Изменение образа жизни, характера труда, возрастание стрессовых нагрузок, ситуаций и невысокая продолжительность жизни населения Восточной Сибири выдвигают на первый план решение важнейшего комплекса научных проблем по разработке высокоэффективных технологий и созданию на их основе нового поколения отечественных продуктов здорового питания повышенной пищевой и биологической ценности.

Мелкоплодные яблоки и тонизирующие травы Восточной Сибири являются уникальным источником сырья для полуфабрикатов пищевой промышленности, поскольку обладают необходимыми количествами полезных веществ, витаминов, минералов, микро- и макроэлементов [1–4]. Использование яблочного-медового бальзама при разумном употреблении насыщает организм человека всеми необходимыми полезными веществами.

**Актуальность исследований.** Создание новой технологической линии с регулируемыми параметрами и мощностями переработки мелкоплодных яблок в конечный пищевой продукт, насыщенный натуральными биологически активными веществами, направлено на оздоровление и повышение качества питания людей.

**Цель исследований.** Разработка технологии и модели процессов получения спиртованных продуктов из мелкоплодных яблок Восточной Сибири для улучшения качественного питания населения.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являются звенья технологической линии и закономерности производства яблочного-медового бальзама и ранетки спиртовой в глазури. Используются методы теории дифференциальных уравнений и переходных процессов для установления состояния отдельных звеньев линии и описания динамики в целом.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Предлагаемый проект технологической линии (рис. 1) включает в себя цикл обработки сырья, план расположения, распределения нагрузки между звеньями и оценку качества готового продукта.

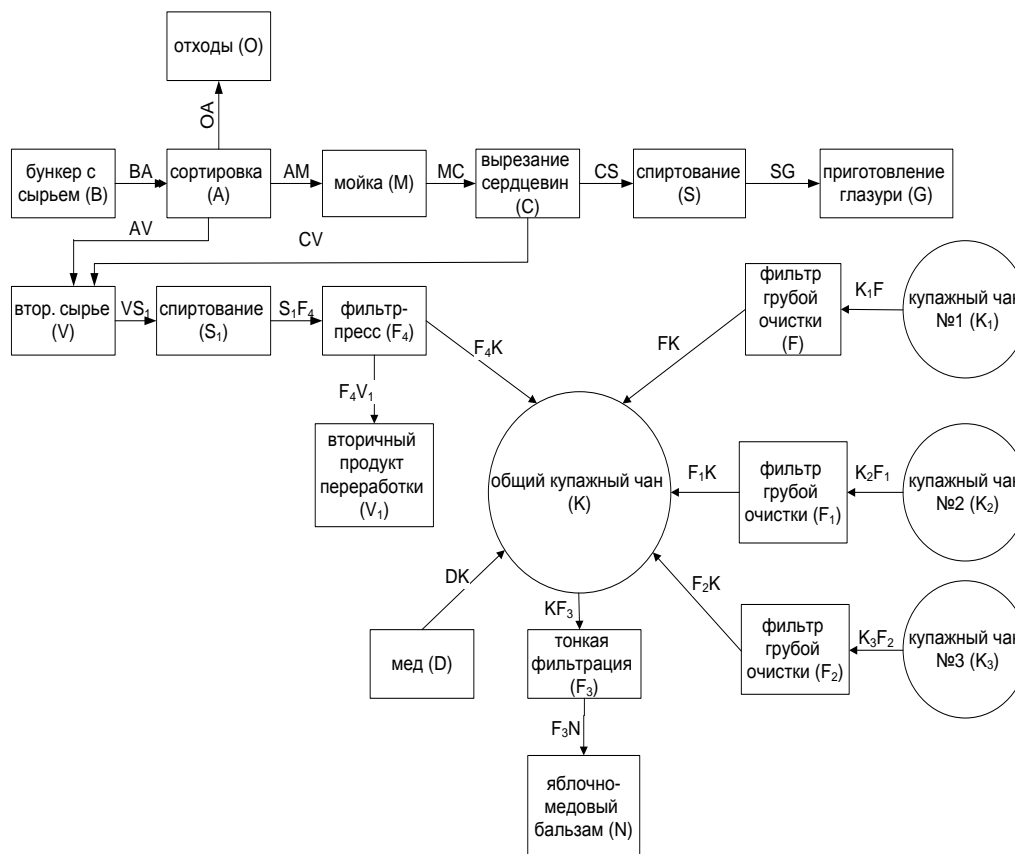


Рис. 1. Схема линии по переработке мелкоплодных яблок

Мелкоплодные яблоки в качестве исходного сырья поступают в бункер  $B$ , затем на сортировку  $A$ , где гнилые уходят в отходы  $O$ , а не подходящие по размеру во вторичное сырье  $V$ . Далее яблоки нужных размеров, прошедшие сортировку, поступают на мойку  $M$  и вырезание сердцевин  $C$ , откуда сердцевинки яблок поступают во вторичное сырье  $V$  а сами идут на дальнейший этап – спиртование  $S$ . После спиртования сушка яблок происходит во время перемещения по транспортеру в аппарат для измельчения и приготовления продукта-глазури  $G$ .

Вторичное сырье  $V$  спиртуется и подается на пресс-фильтр  $F_4$ , где производится отделение жидкой массы (ароматизированный спирт) от твердой (яблочного жмыха). Жмых поступает во вторичный продукт переработки  $V_1$ , а спирт в общий купажный чан  $K$ . В общий чан также поступает ароматизированная вода после грубой фильтрации  $F_1, F_2, F_3$  из емкостей  $K_1, K_2, K_3$  и мед  $D$ .

В общей емкости  $K$  происходит перемешивание для однородности состава и уже перед получением яблочно-медового бальзама  $N$  осуществляется последняя стадия – тонкая фильтрация  $F_3$ .

Для моделирования процесса переноса массы сырья при обработке мелкоплодных яблок и тонирующих трав введем обозначение:  $W_B t$  – функция состояния бункера с мелкоплодными яблоками;  $W_A(t)$  – состояния звена сортировки;  $W_M(t)$  – мойки;  $W_C(t)$  – вырезания сердцевин;  $W_S t$  – спиртования;  $W_G t$  – приготовления глазури;  $W_{S_1} t$  – спиртования;  $W_{F_4} t$  – пресс-фильтра;  $W_F t$  – фильтра грубой очистки;  $W_{F_1} t$  – фильтра грубой очистки;  $W_{F_2} t$  – фильтра грубой очистки;  $W_{K_{1,2,3}} t$  – купажного чана № 1,2,3;  $W_K t$  – общего купажного чана;  $W_{F_3}(t)$  – функция фильтра тонкой очистки в соответствии со структурой технологической линии (см. рис. 1).

Представим производительности звеньев интенсивностями выходных потоков [5]:  $\lambda_{BA}$  – перемещение сырья из бункера на сортировку;  $\lambda_{AM}$  – перемещение отсортированных яблок на мойку и т.д.

Для представления взаимодействий звеньев технологической линии в первом приближении, в соответствии с положением теории переходных процессов, предложена следующая система дифференциальных уравнений:

$$\frac{dW_A(t)}{dt} = \lambda_{BA} \cdot W_B t - \lambda_{AO} \cdot W_A t - \lambda_{AM} \cdot W_A(t) - \lambda_{AV} \cdot W_A(t);$$

$$\begin{aligned}
\frac{dW_O(t)}{dt} &= \lambda_{AO} \cdot W_A(t); \\
\frac{dW_M(t)}{dt} &= \lambda_{AM} \cdot W_A \cdot t - \lambda_{MC} \cdot W_M \cdot t; \\
\frac{dW_C(t)}{dt} &= \lambda_{MC} \cdot W_M \cdot t - \lambda_{CS} \cdot W_C \cdot t - \lambda_{CV} \cdot W_C \cdot t; \\
\frac{dW_S(t)}{dt} &= \lambda_{CS} \cdot W_C \cdot t - \lambda_{SG} \cdot W_S \cdot t; \\
\frac{dW_V(t)}{dt} &= \lambda_{AV} \cdot W_A \cdot t + \lambda_{CV} \cdot W_C \cdot t - \lambda_{VS_1} \cdot W_V(t); \\
\frac{dW_{S_1}(t)}{dt} &= \lambda_{VS_1} \cdot W_V \cdot t - \lambda_{S_1F_4} \cdot W_{S_1} \cdot t; \\
\frac{dW_{F_4}(t)}{dt} &= \lambda_{S_1F_4} \cdot W_{S_1} \cdot t - \lambda_{F_4K} \cdot W_{F_4} \cdot t - \lambda_{F_4V_1} \cdot W_{F_4} \cdot t; \\
\frac{dW_{V_1}(t)}{dt} &= \lambda_{F_4V_1} \cdot W_{F_4} \cdot t; \\
\frac{dW_F(t)}{dt} &= \lambda_{K_1F} \cdot W_{K_1} \cdot t - \lambda_{FK} \cdot W_F \cdot t; \\
\frac{dW_{F_1}(t)}{dt} &= \lambda_{K_2F_1} \cdot W_{K_2} \cdot t - \lambda_{F_1K} \cdot W_{F_1} \cdot t; \\
\frac{dW_{F_2}(t)}{dt} &= \lambda_{K_3F_2} \cdot W_{K_3} \cdot t - \lambda_{F_2K} \cdot W_{F_2} \cdot t; \\
\frac{dW_K}{dt} &= \lambda_{F_4K} \cdot W_{F_4} \cdot t + \lambda_{FK} \cdot W_F \cdot t + \lambda_{DK} \cdot W_D \cdot t + \lambda_{F_1K} \cdot W_{F_1} \cdot t; \\
&+ \lambda_{F_2K} \cdot W_{F_2} \cdot t - \lambda_{KF_3} \cdot W_K \cdot t; \\
\frac{dW_N(t)}{dt} &= -\lambda_{F_3N} \cdot W_{F_3} \cdot t.
\end{aligned}$$

Методом вычислительного эксперимента при варьировании интенсивностей переходных процессов  $\lambda_{F_4K}$ ,  $\lambda_{FK}$ ,  $\lambda_{F_1K}$ ,  $\lambda_{F_2K}$ ,  $\lambda_{DK}$ , начальных данных показано, что технологическая схема устойчива и получена закономерность изменения массы сырья при обработке (рис. 2).

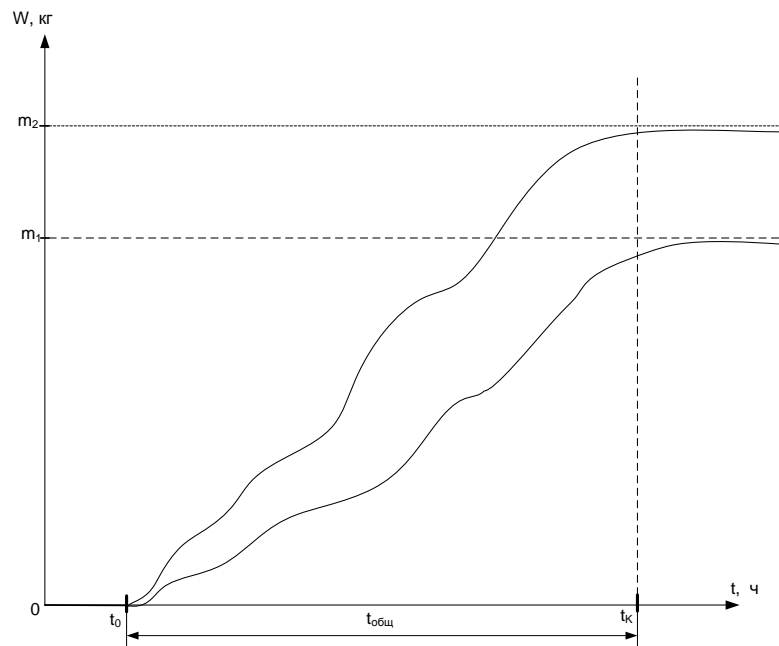


Рис. 2. Накопление яблочно-медового бальзама в лимитирующем звене массы сырья при обработке на технологической линии: 1 –  $M_B(0) = m_1$ ; 2 –  $M_B(0) = m_2$ ;  $t_0$  – начало и  $t_k$  – конец выхода продукции

Таким образом, проектирование технологической линии обработки мелкоплодных яблок с оптимальными интенсивностями процессов, сохраняющих функциональность конечного продукта, позволяет, исходя из имеющихся мощностей, определить и установить временные границы производства с учетом выбранных режимов переработки.

### Выводы

1. Предложенная модель получения функциональных продуктов – яблочно-медового бальзама и ратетки спиртованной в глазури на основе местного растительного сырья мелкоплодных яблок, меда и тонизирующих трав – позволяет выбрать оптимальные режимы переработки и сохранить большинство полезных свойств сырья.

2. При моделировании технологической линии с изменением времени  $t$  масса накопленного продукта увеличивается до уровня загружаемого сырья за вычетом технологических потерь. Установлено, что в конечный момент обработки  $t_k$  масса сырья достигает своего предельного значения.

### Литература

1. *Кривов Д.А.* Получение полуфабрикатов функциональных продуктов из мелкоплодных яблок Восточной Сибири // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики: тр. III Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. аграр. ун-та, 2011.
2. *Кривов Д.А.* Насыщение продуктов питания функциональными свойствами сырья мелкоплодных яблок Восточной Сибири // Технология и продукты здорового питания: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. аграр. ун-та, 2011.
3. Формирование научно-исследовательской системы аналитического мониторинга и моделирования / *Н.В. Цугленок* [и др.]; под общ. ред. *Н.В. Цугленка*. – Красноярск: Изд-во ФГУП НТЦ "Информрегистр", 2010. – 319 с.
4. Моделирование научно-технологических программ развития АПК / *Н.В. Цугленок* [и др.]; под общ. ред. *Н.В. Цугленка*. – Красноярск: Изд-во ФГУП НТЦ "Информрегистр", 2010. – 838 с.
5. *Вентцель Е.С., Овчаров А.А.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учеб. пособие для втузов. – Изд. 2-е, стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.

