

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ МОЛОКА И СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАБОТЫ БАРАБАНА

**А.В. Яшин**, канд. техн. наук, доцент

*AV\_Yashin82@mail.ru,*

**А.В. Саввин**, аспирант ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА»

**Ключевые слова:** сепаратор, молоко, сливки, барабан.

*Обоснованный выбор технологических операций и их оптимального количества в составе линии первичной обработки и переработки молока определяется видом выпускаемой продукции хозяйств с различной формой собственности и их реализацией. В большинстве поточно-технологических линий неотъемлемой частью является сепаратор-сливкоотделитель. Повышение производительности сепаратора-сливкоотделителя является актуальной задачей, что возможно реализовать посредством равномерной подачи молока по высоте пакета тарелок.*

С учетом реалий настоящего времени различают три схемы реализации молока и молочных продуктов потребителю в зависимости от вида конечного продукта:

- доение с первичной обработкой молока (в основном фильтрование и охлаждение) и далее реализация на предприятия молочной промышленности. Данная схема характерна для личных подсобных, крестьянско-фермерских хозяйств, а также животноводческих предприятий, осуществляющих производство молока-сырья;
- доение с первичной обработкой молока (очистка или фильтрование, охлаждение, пастеризация и реже исправление пороков) и далее реализация на предприятия молочной промышленности. Данная схема характерна для животноводческих предприятий, осуществляющих производство молока-сырья, в виду неразвитости собственного перерабатывающего производства и, как правило, удаленности от предприятий молочной промышленности;
- доение с первичной обработкой и переработкой молока и далее использование для личных нужд или реализация через торговые сети. Данная схема характерна для личных подсобных, крестьянско-фермерских хозяйств, а также животноводческих предприятий, осуществляющих производство различных видов молочной продукции.

Первая схема имеет сегодня наибольшее распространение, однако не использует всего возможного финансового потенциала от производства молока, так как реализация его как сырья, снижает его сто-

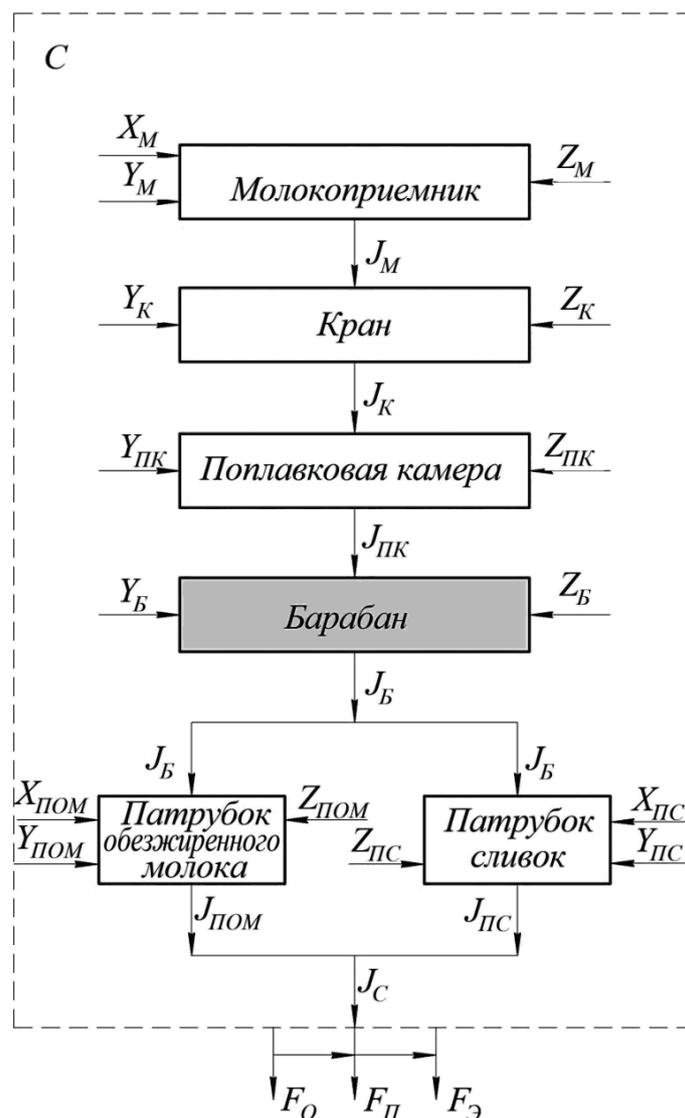
имость из-за монополистического ценообразования молокоприемных структур предприятий молочной промышленности, осуществляющих сбор.

Вторая схема имеет распространение только на крупных животноводческих предприятиях и исполняется по заранее достигнутой договоренности с предприятиями молочной промышленности. Данная схема имеет преимущество перед первой схемой, так как при проведении ряда технологических операций первичной обработки молока способствует стабилизации качественных показателей и повышению цены реализации молока предприятиям молочной промышленности.

Третья схема является самой развитой и наиболее перспективной для развития сельскохозяйственного товаропроизводителя, так как основывается преимущественно на законченном производственном цикле.

Основными технологическими операциями при производстве молока и молочной продукции являются: доение, учет, транспортирование, взвешивание, охлаждение, очистка, фильтрование, сепарирование, нормализация, термизация, пастеризация, стерилизация, созревание, сбивание и др. При этом при работе по третьей схеме реализации молока и молочных продуктов потребителю в зависимости от вида конечного продукта, а это сливки и продукты его переработки, неотъемлемой операцией является сепарирование молока.

В соответствии с ГОСТ 18113-2013 и ГОСТ Р 51563-2000 сепараторы-сливкоотделители должны удовлетворять ряду требований и имеют критерии оценки: минимальное значение фактора разделения (индекс производительности) не менее  $7,4 \times 10^3$ , объемная пропускная способность по воде, острота обе-



**Рисунок 1** – Структурно-функциональная схема технологического процесса сепарирования молока:  $X_i$  – функция внешнего воздействия;  $Y_i$  – функция состояния устройства;  $Z_i$  – функция управляющего воздействия;  $J_i$  – результирующая функция;  $F_i$  – критерий оценки; индексы: М – молокоприемник; К – кран; ПК – поплавковая камера; Б – барабан; ПОМ – патрубок обезжиренного молока; ПС – патрубок сливок; С – сепаратор-сливкоотделитель; о – острота отделения; П – производительность; э – энергоемкость

зжиривания молока не менее 0,05 %, потребляемая мощность не более 80 Вт (для открытых сепараторов-сливкоотделителей с производительностью до 500 л/ч), регулирование объемных отношений сливок к обезжиренному молоку (для сепараторов-сливкоотделителей с производительностью от 50 до 1000 л/ч от 1:4 до 1:10). Кроме того целесообразно введение такого критерия оценки, как равномерность загрузки пакета тарелок по высоте, что непосредственно оказывает влияние на производительность. Все перечисленные критерии оценки, в конечном счете, могут быть учтены остротой обезжиривания молока

$F_o$ , производительностью  $F_p$  или обобщенным пока-

зателем энергоемкостью  $F_э$  сепаратора-сливкоотделителя с учетом остроты обезжиривания.

Анализ работы существующих конструкций сепараторов-сливкоотделителей позволил разработать обобщенную структурно-функциональную схему технологического процесса сепарирования молока (рис.

1), который имеет комплекс функций:  $X_i$  – функция внешнего воздействия (физико-химические свойства молока);  $Y_i$  – функция состояния устройства (нерегулируемые параметры);  $Z_i$  – функция управляющего

воздействия (регулируемые параметры).

Следовательно, функция технологического процесса сепарирования молока примет вид

$$F_C = f(J_C) = f(J_M, J_K, J_{ПК}, J_B, J_{ПОМ}, J_{ПС}) \quad (1)$$

где  $J_C, J_M, J_K, J_{ПК}, J_B, J_{ПОМ}, J_{ПС}$  – результирующая функция соответственно сепаратора, молокоприемника, крана, поплавковой камеры, барабана, патрубка обезжиренного молока, патрубка сливок.

Результирующие функции отдельных устройств, согласно рис. 1 можно представить в виде

$$J_M = f_M(X_M, Y_M, Z_M); \quad (2)$$

$$J_K = f_K(Y_K, Z_K); \quad (3)$$

$$J_{ПК} = f_{ПК}(Y_{ПК}, Z_{ПК}); \quad (4)$$

$$J_B = f_B(Y_B, Z_B); \quad (5)$$

$$J_{ПОМ} = f_{ПОМ}(X_{ПОМ}, Y_{ПОМ}, Z_{ПОМ}); \quad (6)$$

$$J_{ПС} = f_{ПС}(X_{ПС}, Y_{ПС}, Z_{ПС}); \quad (7)$$

где  $X_M, X_{ПОМ}, X_{ПС}$  – функция внешнего воздействия соответственно молокоприемника, патрубка обезжиренного молока, патрубка сливок;

$Y_M, Y_K, Y_{ПК}, Y_B, Y_{ПОМ}, Y_{ПС}$  – функция состояния соответственно молокоприемника, крана, поплавковой камеры, барабана, патрубка обезжиренного молока, патрубка сливок;

$Z_M, Z_K, Z_{ПК}, Z_B, Z_{ПОМ}, Z_{ПС}$  – функция управляющего воздействия соответственно молокоприемника, крана, поплавковой камеры, барабана, патрубка обезжиренного молока, патрубка сливок.

Так как результирующие функции предыдущего устройства являются кроме того входными параметрами возмущения внешней среды последующего устройства, то выражение (1) с учетом (2)-(7) примет вид (рис.2).

Выражение (8) (рис.2) представляет собой математическую модель оптимального управления работой сепаратора-сливкоотделителя.

Так как барабан сепаратора-сливкоотделителя является наиболее ответственным устройством, где непосредственно производится разделение молока

на фракции. Поэтому необходимо выявить возможность повышения производительности и снижения энергоемкости сепарирования с учетом требований по остроте обезжиривания за счет более равномерной загрузки пакета тарелок по высоте. Для чего разработана структурная схема технологического процесса работы барабана с учетом возможности упорядочивания потока молока по высоте пакета тарелок, т.е. более равномерной заполнения (рис. 3).

Для полного описания технологического процесса работы барабана необходимо учитывать все факторы оказывающие влияние на результирующую функцию.

Функция внешнего воздействия  $X_B = X_M$  представляет собой физико-химические свойства молока, которые от молокоприемника до барабана остаются неизменными и определяются следующими технологическими факторами:  $X_{B1}$  – температура,  $X_{B2}$  – жирность,  $X_{B3}$  – плотность,  $X_{B4}$  – вязкость,  $X_{B5}$  – кислотность,  $X_{B6}$  – группа чистоты. Некоторые значения перечисленных факторов имеют изменяемый характер в определенном интервале значений.

Функция состояния барабана  $Y_B$  представляет собой группу его нерегулируемых параметров и определяются следующими конструктивными параметрами:  $Y_{B1}$  – объем барабана,  $Y_{B2}$  – угол наклона образующей тарелок,  $Y_{B3}$  – количество тарелок,  $Y_{B4}$  – диаметр тарелок,  $Y_{B5}$  – межтарелочный зазор,  $Y_{B6}$  – количество подводных каналов.

Функция управляющего воздействия работой барабана  $Y_B$  представляет собой группу его регулируемых параметров, и определяются следующими конструктивными и кинематическими параметрами:

$Y_{B1}$  – подача молока,  $Y_{B2}$  – угол входа на наружную лопасть,  $Y_{B3}$  – угол входа на внутреннюю лопасть,  $Y_{B4}$  – угол схода с наружной лопасти,  $Y_{B5}$  – угол схода с внутренней лопасти,  $Y_{B6}$  – площадь прямоугольного

$$F_C = \left[ \begin{array}{l} f_{ПОМ}(f_B(f_{ПК}(f_K(f_M(X_M, Y_M, Z_M)Y_K, Z_K)Y_{ПК}, Z_{ПК})Y_B, Z_B)X_{ПОМ}Y_{ПОМ}, Z_{ПОМ}) \\ f_{ПС}(f_B(f_{ПК}(f_K(f_M(X_M, Y_M, Z_M)Y_K, Z_K)Y_{ПК}, Z_{ПК})Y_B, Z_B)X_{ПС}, Y_{ПС}, Z_{ПС}) \end{array} \right. \quad (8)$$

Рисунок 2 - математическую модель оптимального управления работой сепаратора-сливкоотделителя

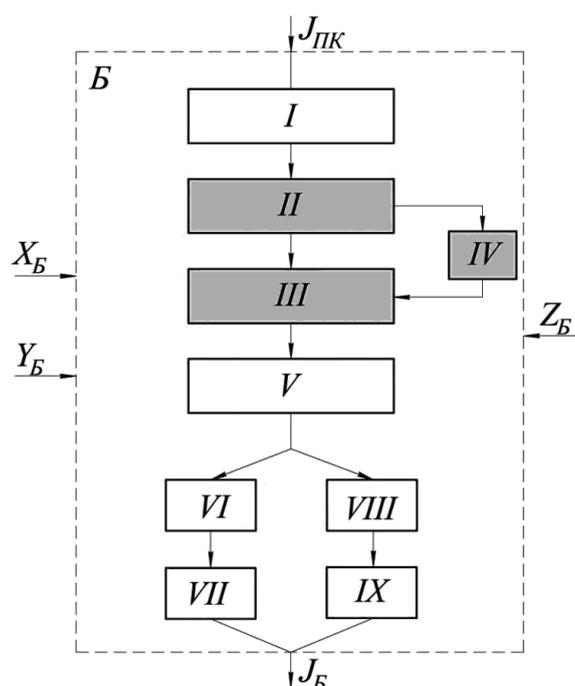


Рисунок 3 – Структурная схема технологического процесса работы барабана:

I – подача потока молока по центральной трубке; II – подача потока молока по подводящим каналам лопастного тарелкодержателя; III – распределение потока молока по межтарелочным пространствам; IV – упорядочивание потока молока по высоте пакета тарелок; V – разделение потока молока на потоки сливок и обезжиренного молока; VI – транспортировка потока обезжиренного молока; VII – вывод потока обезжиренного молока; VIII – транспортировка потока сливок; IX – вывод потока сливок

отверстия тарелкодержателя,  $Y_{Б7}$  – угловая скорость барабана.

Разработанные структурно-функциональные схемы технологического процесса сепарирования молока и технологического процесса работы барабана, а также анализ существующих конструкций и конструктивных схем сепараторов-сливкоотделителей с разра-

ботанной их классификацией послужили основанием для разработки конструктивной схемы сепаратора-сливкоотделителя с лопастным тарелкодержателем, позволяющего повысить производительность разделения молока на сливки и обезжиренное молоко с соблюдением требований по качеству.

## STRUCTURAL AND FUNCTIONAL DESCRIPTION OF THE PROCESS OF SEPARATION OF MILK AND STRUCTURAL SCHEME OF THE DRUM

Yashin A. V., Sawwinpostgraduate A. V.

**Keywords:** separator, milk, cream, drum.

*Informed choice of technological operations and their optimal quantity in the composition of primary treatment and processing of milk is determined by the type of products farms with different forms of property and their implementation. In most flow-technological lines is an integral part of the separator-selfcoordinating. Improving the performance of the separator-livaudais is an important task that can be realized through a steady supply of milk to the height of the pack of plates.*