

юбилею доктора сельскохозяйственных наук, профессора А. А. Гайко. Минск, 2024. С. 195–198.

5. Влияние скармливания кормовых добавок с включением синтетических азотсодержащих веществ на продуктивность бычков / Г. Н. Радчикова, М. В. Джумкова, Л. А. Возмитель, И. В. Сучкова, В. Н. Куртина, В. А. Голубицкий // В сборнике: Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики. Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции. 2019. С. 248–251.

6. Влияние соотношения фракций протеина в заменителе цельного молока на эффективность выращивания телят / Кот А. Н., Радчикова Г. Н., Сапсальёва Т. Л., Джумкова М. В., Лёвкин Е. А. // В сборнике: Достижения и актуальные вопросы современной гигиены животных. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию юбилею кафедры гигиены животных имени профессора В. А. Медведского. Витебск, 2023. С. 62–67.

7. И. В. Эффективность выращивания телят в зависимости от способа скармливания цельного зерна кукурузы в составе комбикормов / И. В. Богданович // В сборнике: Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет», Институт ветеринарной медицины и биотехнологии. 2022. С. 247–252.

УДК 632.131

А.В. Яшин, канд. техн. наук, доцент,

Н.С. Чиркова, ассистент

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»,
г. Пенза*

e-mail: yashin.a.v@pgau.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ МОЛОКА НА ФРАКЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ВОЗВРАТНОГО ДВИЖЕНИЯ МОЛОЧНОГО ЖИРА

Ключевые слова: разделение, фракция, молочный жир, обезжиренное молоко, доение, первичная обработка, сепаратор, барабан, разделительная тарелка, возвратное движение, структурная схема.

Keywords: separation, fraction, milk fat, skimmed milk, milking, primary processing, separator, drum, section.

Аннотация: В статье рассмотрено совершенствование технологического процесса разделения молока на фракции с функциями, оказывающими влияние на процесс сепарирования. Определена результирующая функция барабана и функции влияния на процесс разделения в барабане.

Summary: The article discusses the improvement of the technological process of milk separation into fractions with functions that affect the separation process. The resulting function of the drum and the functions of influence on the separation process in the drum are determined.

Проведя анализ работы существующих конструкций сепараторов-сливкоотделителей, была разработана обобщенная структурно-функциональная схема технологического процесса сепарирования молока, который имеет совокупность функций: X_i – функция внешнего воздействия (физико-химические свойства молока); Y_i – функция состояния устройства (нерегулируемые параметры); Z_i – функция управляющего воздействия (регулируемые параметры) [1-4].

Функция технологического процесса разделения молока на фракции определится следующей зависимостью

$$F_{PM\Phi} = f(J_C) = f(J_M, J_K, J_{PK}, J_B, J_{ПОМ}, J_{ПС}) \quad (1)$$

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

Результирующие функции отдельных устройств можно представить в виде:

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

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

$$J_{PK} = f_{PK}(X_{PK}, Y_{PK}, Z_{PK}), \quad (4)$$

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

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

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

где X_i – функция внешнего воздействия; Y_i – функция состояния устройства; Z_i – функция управляющего воздействия; J_i – результирующая функция; F_i – критерий оценки; индексы: M – молокоприемник; K – кран; $ПК$ – поплавковая камера; B – барабан; $ПОМ$ – патрубок обезжиренного молока; $ПС$ – патрубок сливок.

Так как результирующие функции предыдущего устройства являются входными параметрами возмущения внешней среды последующего устройства, то функция технологического процесса разделения молока на фракции примет вид:

$$F_{PM\Phi} = \begin{cases} f_{ПОМ}(f_B(f_{PK}(f_K(X_M, Y_M, Z_M)X_K, Y_K, Z_K) \\ X_{PK}, Y_{PK}, Z_{PK})X_B, Y_B, Z_B)X_{ПОМ}, Y_{ПОМ}, Z_{ПОМ}, \\ f_{ПС}(f_B(f_{PK}(f_K(f_M(X_M, Y_M, Z_M)X_K, Y_K, Z_K) \\ X_{PK}, Y_{PK}, Z_{PK})X_B, Y_B, Z_B)X_{ПС}, Y_{ПС}, Z_{ПС}) \end{cases} \quad (8)$$

Полученная функция определяет математическую модель оптимального управления работой сепаратора-сливкоотделителя.

Барабан является основным узлом сепаратора-сливкоотделителя, где непосредственно происходит разделение молока на фракции. Поэтому необходимо выявить возможность обеспечения возвратного движения молочного жира не стойкого к удержанию на тарелке для снижения массовой доли жира в сепараторной слизи [5-6].

Для более полного описания технологического процесса работы барабана необходимо учитывать все факторы, которые оказывают влияние на результирующую функцию.

Функция внешнего воздействия $X_B = X_{ПК} = X_K = X_M$ состоит из физико-химических свойства молока, которые не изменяются при передвижении молока от молокоприемника до барабана и определяются следующими технологическими факторами: $X_{Б1}$ – температура, $X_{Б2}$ – жирность, $X_{Б3}$ – плотность, $X_{Б4}$ – вязкость, $X_{Б5}$ – кислотность, $X_{Б6}$ – группа чистоты. Часть значений данных факторов, как функций внешнего воздействия имеют изменчивый характер в определенном интервале значений.

Функция состояния барабана Y_B представляет собой группу его нерегулируемых параметров и определяются следующими конструктивными параметрами: $Y_{Б1}$ – объем барабана, $Y_{Б2}$ – угол наклона образующей тарелок, $Y_{Б3}$ – количество тарелок, $Y_{Б4}$ – диаметр тарелок, $Y_{Б5}$ – величина межтарелочного зазора, $Y_{Б6}$ – количество питающих каналов.

Функция управляющего воздействия работой барабана Z_B представляет собой группу его регулируемых параметров, и определяются следующими конструктивными и кинематическими параметрами: $Z_{Б1}$ – подача молока, $Z_{Б2}$ – высота навивки, $Z_{Б3}$ – шаг навивки, $Z_{Б4}$ – количество витков, $Z_{Б5}$ – направление навивки, $Z_{Б6}$ – угловая скорость барабана.

$$J_B = f_B \left(\begin{matrix} X_{Б1}, X_{Б2}, X_{Б3}, X_{Б4}, X_{Б5}, Y_{Б1}, Y_{Б2}, Y_{Б3}, Y_{Б4}, Y_{Б5} \\ Y_{Б6}, Z_{Б1}, Z_{Б2}, Z_{Б3}, Z_{Б4}, Z_{Б5}, Z_{Б6} \end{matrix} \right), \quad (9)$$

Разработанные структурно-функциональное описание технологического процесса разделения молока на фракции и технологического процесса работы барабана, а также анализ существующих конструкций и конструктивных схем сепараторов-сливкоотделителей с уточненной их классификацией являются основой для разработки конструктивной схемы сепаратора-сливкоотделителя с обеспечением возвратного движения молочного жира, что позволяет снизить массовую долю жира в сепараторной слизи с соблюдением остальных требований по качеству [7-8].

Список использованной литературы

1. Логинова, И. В. Исследование влияния физических факторов на образование свободного жира в молоке / И. В. Логинова, И. Т. Смыков, О. В. Лепилкина // Фундаментальные и прикладные исследования по безопасности и качеству пищевых продуктов : Сборник научных трудов VIII Международной конференции молодых учёных и специалистов, Видное, 04–05 декабря 2014 года / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования». – Видное: Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, 2014. – С. 143–146. – EDN UGEEOB.
2. Яшин, А. В. Механизация технологического процесса сепарирования молока / А. В. Яшин, А. В. Саввин, А. А. Романова; Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2016. – 196 с. – ISBN 978-5-94338-813-2. – EDN WXR5OF.
3. Гаспарян, Л. В. Гомогенизация и сепарирование молока / Л. В. Гаспарян, Л. В. Боровская // The Scientific Heritage. – 2022. – № 96(96). – С. 27–31. – DOI 10.5281/zenodo.7049538. – EDN ANOEIY.
4. Чиркова, Н. С. Классификация сепараторов-сливкоотделителей / Н. С. Чиркова, А. В. Яшин // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы : Сборник статей XIX Международной научно-практической конференции, Пенза, 08–09 ноября 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 452–456. – EDN JXNLZZ.
5. Обоснование применения кольцевого порога на разделительных тарелках сепаратора-молокоочистителя / А. В. Яшин, Ю. В. Польшваный, А. А. Гусев, Н. С. Чиркова // Региональные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях цифровой трансформации : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Пенза, 03–07 мая 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 435–439. – EDN AJSXAY.
6. Яшин, А. В. Теоретические исследования движения выделяемой частицы примеси в межтарелочном пространстве сепаратора-молокоочистителя / А. В. Яшин, А. А. Гусев, Н. С. Чиркова // Нива Поволжья. – 2024. – № 2(70). – DOI 10.36461/NP.2024.70.2.004. – EDN RHXQYE.
7. Обоснование критического радиуса жирового шарика и его граничного положения на конической части разделительной тарелки сепаратора-сливкоотделителя / А. В. Яшин, Ю. В. Польшваный, П. Н. Хорев, Н. С. Чиркова // Нива Поволжья. – 2024. – № 4(72). – DOI 10.36461/NP.2024.72.4.014. – EDN HSJPF5.
8. Результаты теоретических исследований движения выделяемой частицы примеси в межтарелочном пространстве сепаратора-молокоочистителя / А. В. Яшин, А. А. Гусев, Н. С. Чиркова, Р. Р. Девликамов // Нива Поволжья. – 2024. – № 4(72). – DOI 10.36461/NP.2024.72.4.015. – EDN HPFQRL.