

## АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕМБРАННОЙ ОЧИСТКИ ТВОРОЖНОЙ СЫВОРОТКИ

Дулуб Е.Д., Лившиц Ю.Е.

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,  
[dulubelizaveta.21@gmail.com](mailto:dulubelizaveta.21@gmail.com)*

В настоящее время огромное внимание уделяется более эффективному и рациональному использованию продуктов переработки молока. Одним из таких продуктов является сыворотка. Молочная сыворотка — жидкость, которая остаётся после сворачивания и процеживания молока. Молочная сыворотка считалась побочным продуктом при производстве сыра, творога или казеина, однако сегодня всем хорошо известны полезные свойства сыворотки, что поспособствовало её широкому применению во многих отраслях пищевой промышленности. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, производство молока в Беларуси в январе-июле 2019 года составило 4 млн 326,9 тыс. тонн, 94,7 % процента которого было отправлено на переработку [1]. Поэтому в молочной промышленности Беларуси наиболее важно использование и внедрение передовых технологий переработки продукции и оптимизация уже существующих технических решений.

Усовершенствование технологий переработки обеспечивает снижение себестоимости продукции, уменьшение потерь, повышение производительности труда, улучшение условий труда, повышение качества целевых продуктов.

Однако многие предприятия, производящие молочную продукцию, зная о положительных сторонах переработки сыворотки, не могут перерабатывать этот продукт у себя на предприятии. Этому могут послужить следующие причины: малое количество творожной сыворотки, что делает экономически нецелесообразным установку линии по её переработке, отсутствие специализированного технологического оборудования и недостаточно большие площади для его размещения на предприятии.

Используя технические разработки и технологические решения, предложенные в этом проекте, предприятие сможет расширить линейку ассортимента творожной продукции с минимальными затратами и с максимальным использованием уже существующего технологического оборудования.

Стоит понимать, какой бы современной ни была технология производства творога, в сыворотку всегда переходит определённое количество мелких частиц творога, которые называются «казеиновой пылью». И чем больше казеиновой пыли содержится в сыворотке, тем больше предприятие теряет готового продукта на выходе.

Установка мембранной очистки сыворотки, автоматизируемая в данной работе, позволяет максимально извлечь казеиновую пыль из творожной сыворотки, что даёт возможность производить новые виды творожных продуктов не только на основе идеально очищенной сыворотки, но и на основе извлечённой из неё казеиновой пыли.

Представим производственный процесс в виде структурной технологической схемы, которая показана на рисунке 1.

После изучения технологических особенностей и требований системы необходимо разработать алгоритм управления для последующего написания программы работы оборудования. Алгоритм должен соответствовать ряду общих требований, таких как дискретность, детерминированность, понятность.

Создание точного, простого и рационального алгоритма работы обеспечит высокую производительность системы и уменьшит вероятность аварий на производстве.

Разделение общего алгоритма управления системой на части упрощает дальнейшую работу и способствует созданию более четкой последовательности выполнения команд.

Разработанные алгоритмы управления системой мембранной очистки творожной сыворотки позволяют оптимизировать и объединить работу уже существующего

оборудования на предприятии с работой внедряемой установки повторной переработки сыворотки. Они также дают возможность задания оператором концентрации сухих веществ прямо во время работы установки в зависимости от нужд производства.

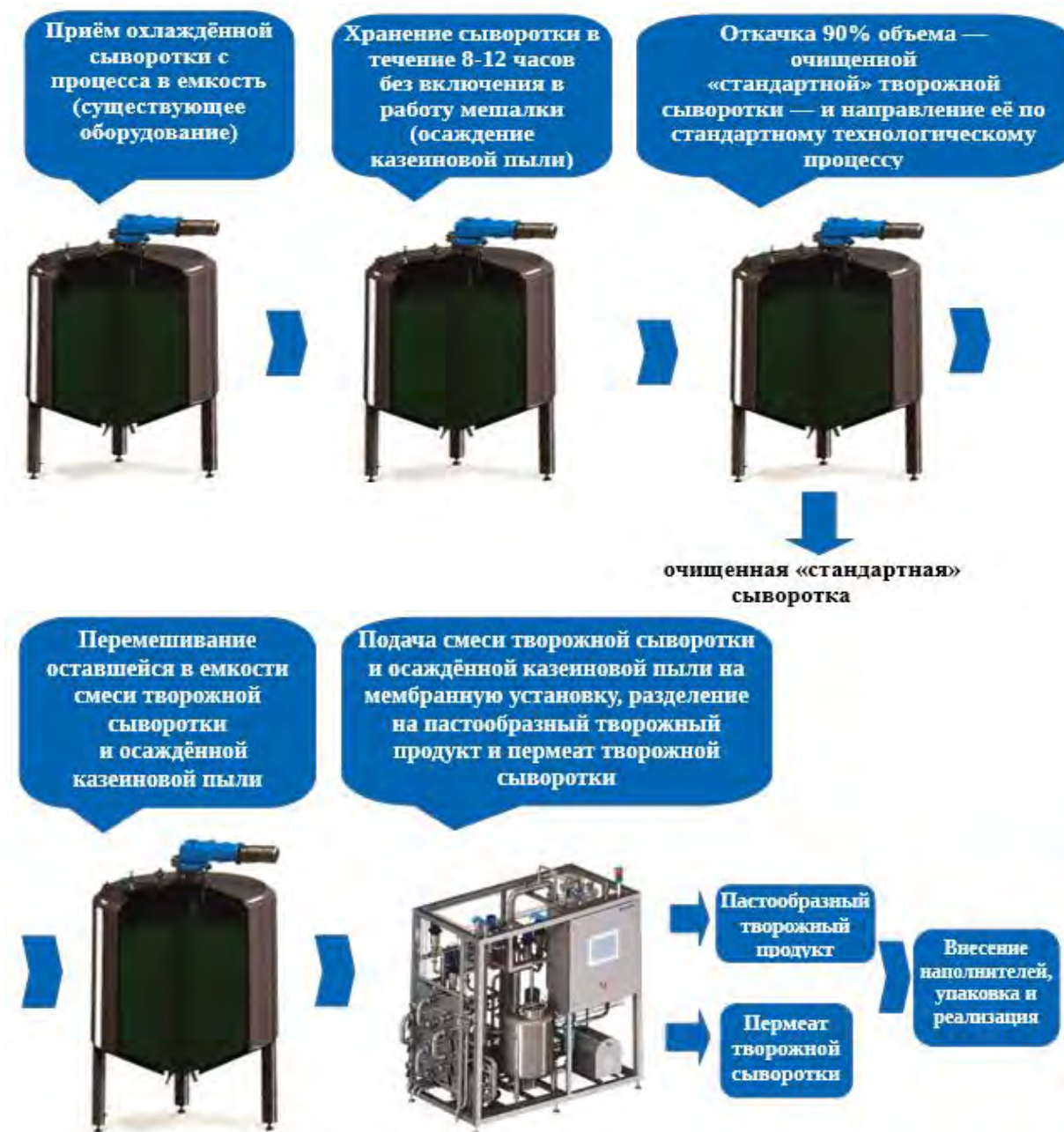


Рисунок 1 – Структурная технологическая схема

Установка мембранной очистки сыворотки содержит панель оператора, для которой необходимо разработать НМИ (англ. Human-Machine Interface) - человеко-машинный интерфейс – важный компонент любой системы автоматизации.

На сегодняшний день на создание НМИ оказывают влияние следующие тенденции:

1. укрупнение производственных систем;
2. увеличение объёмов обрабатываемой информации;
3. повышение уровня автоматизации;
4. квалификация операторов;

Системы управления с каждым днём могут контролировать все большее количество оборудования, которое тоже постоянно растёт. В связи с чем и растут требования к промышленным системам. Однако численность обслуживающего персонала снижается, что увеличивает зону ответственности и нагрузку на операторов, в то же время снижая

эффективность их работы. Чтобы снизить вероятность человеческих ошибок все больше производственных функций автоматизируется с помощью систем управления и стандартизации производства. Однако и это влечет за собой нежелательные последствия. Операторы становятся чрезмерно зависимы от системы и способны лишь устранять неполадки, а не предотвращать их. С учетом этого необходимо создавать человеко-машинный интерфейс таким образом, чтобы оператор мог эффективно управлять системой, изучая как можно меньше информационных элементов.

Наилучший вариант – представление системы в виде четырёхуровневой иерархической модели. Окна в этой структуре будут эффективно ориентировать пользователя в отношении восприятия, действий или детальной информации – в зависимости от уровня наблюдаемого окна [2].

Экран первого уровня должен нести в себе общую информацию о системе управления, отклонение показателей которой даст сигнал о вероятных неполадках. На экране второго уровня оператор может глубже изучить ситуацию и выполнить соответствующие действия. Этот экран не должен содержать в себе все подробности системы, на нём могут быть отображены лишь главные управляемые элементы. Для экрана первого уровня может быть создано несколько экранов второго уровня. Из-за широкого диапазона требований к человеко-машинным интерфейсам разделение уровней зависит от конкретного производства.

В нашей системе существует два экрана второго уровня. Один из экранов отображает работу до подачи смеси на повторную переработку, на втором показана работа установки мембранной очистки сыворотки. Экраны 1 и 2 показаны на рисунках 2 и 3 соответственно.

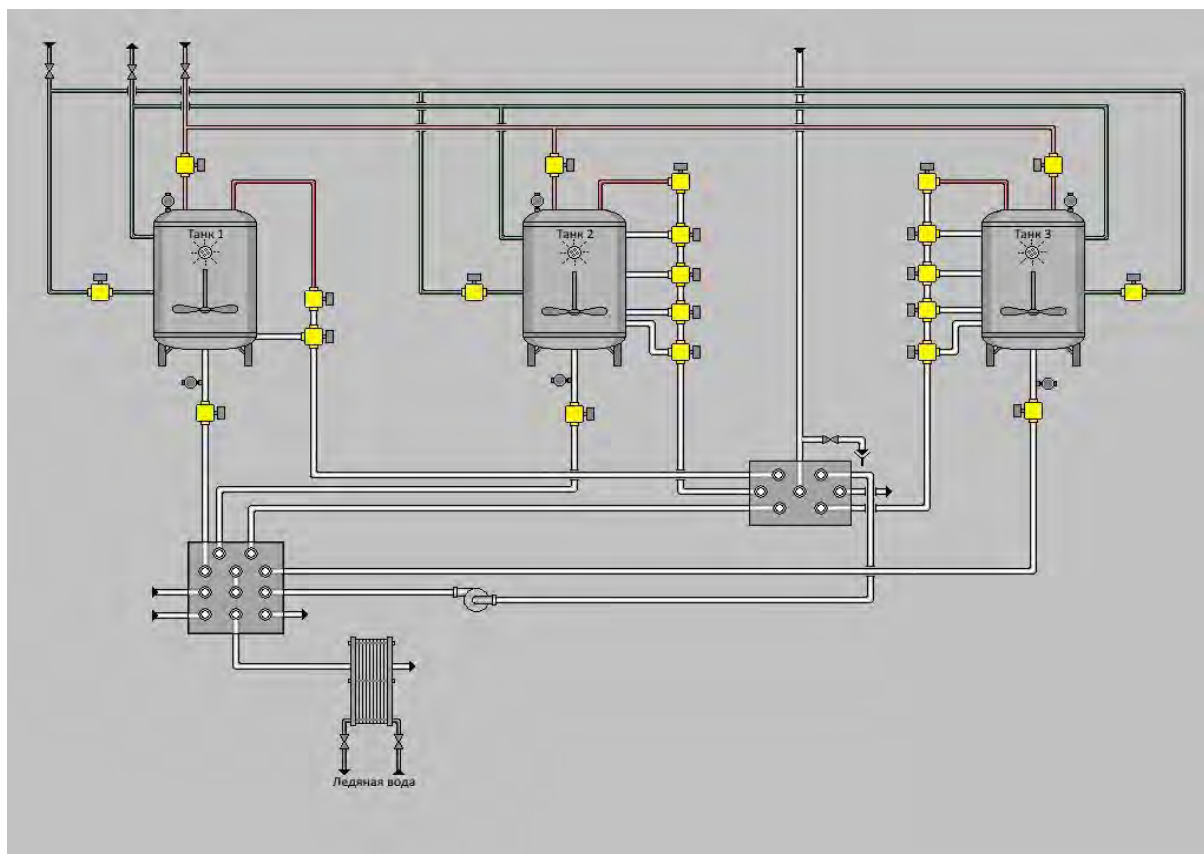


Рисунок 2 – Экран 1

Экраны третьего уровня могут отображать всю информацию об элементах экрана предыдущего уровня и позволяют выявлять и устранять узкие места производства. Из окон этого уровня можно выполнять самые разнообразные действия.

Вспомогательная информация для различного рода задач хранится на экранах четвертого уровня. Они могут содержать в себе тренды, списки аварий, отчеты об ошибках и другую справочную информацию, с помощью которой в последствии можно проводить анализ эффективности работы системы.

Благодаря тенденциям ситуационного восприятия операторы становятся уже не просто рабочими – они становятся специалистами по обработке информации, которые оперативно принимают важные для всего производства решения.

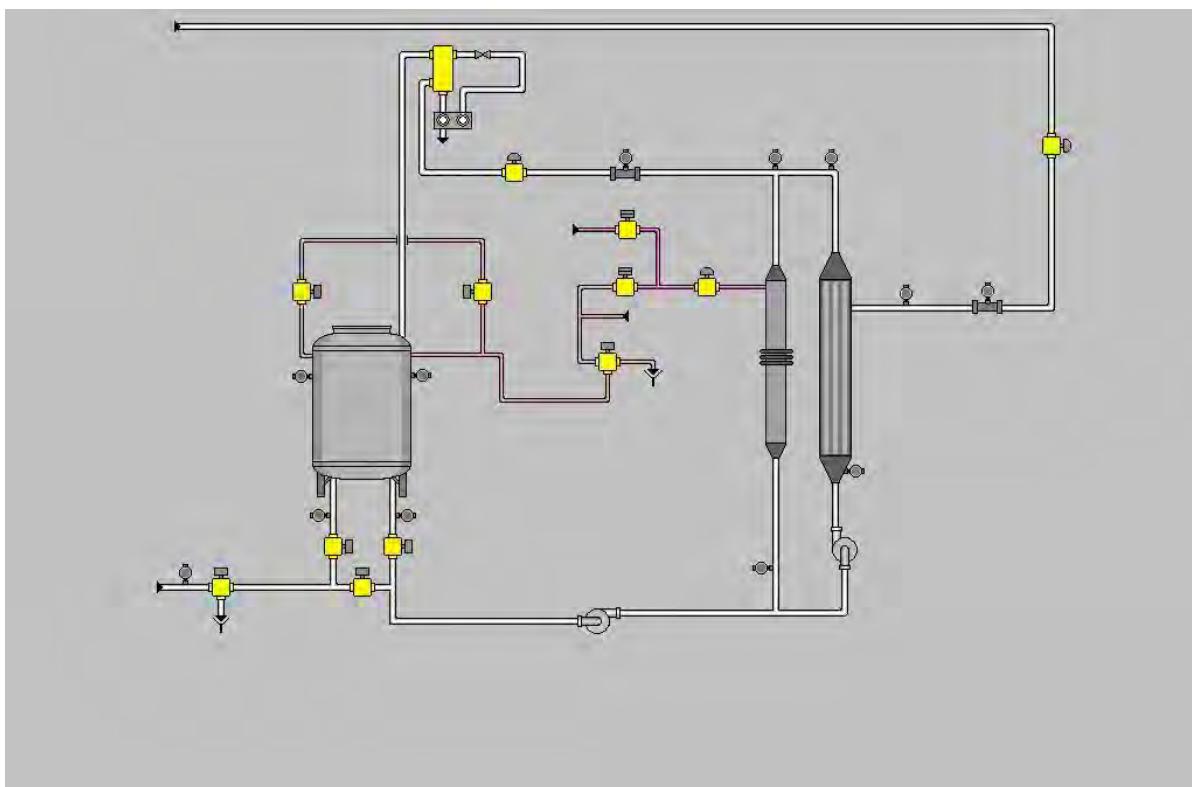


Рисунок 3 – Экран 2

В ходе работы была наглядно продемонстрирована автоматизация системы мембранной очистки творожной сыворотки. Были созданы эффективные алгоритмы, учитывающие особенности и требования производственного процесса, а также внедрен человеко-машинный интерфейс для панели оператора, с учетом современных тенденций развития ситуационного восприятия. Это наглядно показывает преимущества автоматизации в этой области и возможности ее поэтапной оптимизации.

### Литература

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь, [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/> – Дата доступа: 03.11.2019
2. Ситуационное восприятие, [Электронный ресурс] - Режим доступа: [https://www.wonderware.ru/pdf/Wonderware\\_WhitePaper\\_TheNextLeapInHMI\\_SituationalAwareness\\_ru\\_0314.pdf](https://www.wonderware.ru/pdf/Wonderware_WhitePaper_TheNextLeapInHMI_SituationalAwareness_ru_0314.pdf) - Дата доступа: 01.11.2019
3. Мембранная установка для извлечения белка из творожной сыворотки, [Электронный ресурс] - Режим доступа: [www.dalmio.by](http://www.dalmio.by) - Дата доступа: 05.10.2019
4. Переработка сыворотки, [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://dairyprocessinghandbook.com/ru/chapter/pererabotka-syvorotki/> – Дата доступа: 15.10.2019