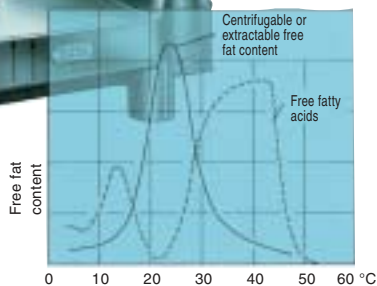
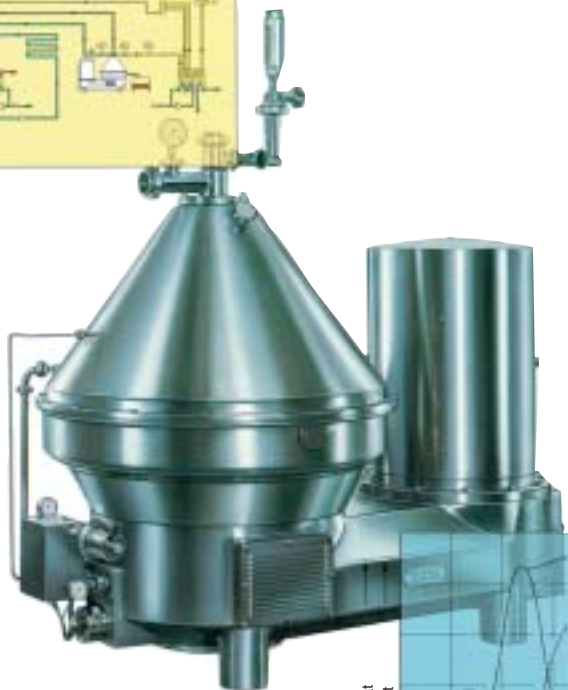
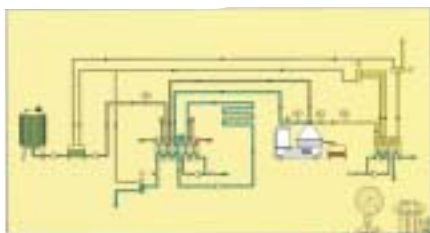


**Take the Best - Separate the Rest**



**Сепараторы  
для молочной  
промышленности**

# Сепараторы для молочной промышленности

Научно-техническая документация No. 7  
Пятая редакция 2003 г.

## Авторы

Карл-Хайнц Цеттьер  
Вернер Ханшманн  
Вестфалия Сепаратор Фуд Тек ГмбХ

Издание компании Вестфалия Сепаратор АГ

© 2003 Westfalia Separator AG, Oelde  
All rights reserved  
Printed in F.R. Germany

# Содержание

1. Изменения в технологии переработки молока .....	5
2. Факторы, влияющие на получение сливок из цельного молока .....	7
2.1. Факторы, влияющие на производство молока .....	7
2.1.1. Порода крупного рогатого скота, климат и кормовая база .....	7
2.1.2. Механические напряжения при производстве молока .....	8
2.2. Факторы, влияющие на переработку молока .....	10
2.2.1. Перевозка цельного молока на молокозавод .....	10
2.2.2. Приемка молока, хранение цельного молока .....	10
2.2.3. Возраст молока .....	11
2.2.4. Качество цельного молока .....	12
2.2.5. Гранулометрический состав жировых шариков .....	15
2.2.6. Влияние «воздуха» молока на эффективность сепарации .....	16
2.2.7. Температура сепарации .....	18
2.2.7.1. Сепарация теплого молока .....	18
2.2.7.2. Сепарация холодного молока .....	20
2.2.8. Жирность сливок .....	21
2.2.9. Пропускная способность сепаратора .....	22
2.2.10. Критерии конструирования линии переработки молока .....	23
2.2.10.1. Буферный бак .....	23
2.2.10.2. Насосы .....	23
2.2.10.3. Система трубопроводов .....	23
2.2.10.4. Пластинчатые теплообменники .....	24
2.2.10.5. Регулировки сепаратора .....	24
2.2.10.6. Монтаж сепараторов для холодного молока .....	25
2.2.11. Безразборная мойка (CIP) .....	26
3. Сепараторы для молока .....	27
3.1. Типы конструкций .....	27
3.1.1. Сепараторы с непроницаемой стенкой .....	27
3.1.2. Сепараторы с саморазгружающимся барабаном .....	27
3.2. Сепараторы для теплого молока .....	27
3.2.1. Общие положения .....	27
3.2.2. Сепараторы с системой плавного потока .....	28
3.3. Сепараторы для холодного молока .....	29
3.4. Гидравлическая система автоматической разгрузки барабана .....	30
3.5. Типы сепараторов и производительность подачи .....	31

4. Специальные технологические процессы .....	32
4.1. Сепарация пахты .....	32
4.1.1. Продукт, как критерий выбора подходящей модели сепарации .....	32
4.1.2. Параметры технологического процесса .....	32
4.1.3. Эффективность сепарации .....	33
4.1.4. Пропускная способность сепараторов для пахты .....	34
4.2. Сепарация сыворотки .....	34
4.2.1. Критерии для разработки линии сепарации сыворотки .....	34
4.2.2. Пропускная способность сепараторов для сыворотки .....	34
4.3. Сепарация концентрата сыворотки .....	35
4.4. Сепарация ретентата .....	35
4.5. Концентрирование сливок .....	36
4.5.1. Концентрирование сливок низкой жирности до 40-50% .....	36
4.5.2. Концентрирование сливок 40% жирности .....	36
5. Методы измерения остаточного количества жиров в сепарированном молоке .....	37
6. Устройства автоматической нормализации .....	38
7. Принадлежности .....	39
7.1. Блок управления .....	39
7.2. Клапан постоянного давления .....	40
7.3. Ограничитель потока .....	40
7.4. Бак для твердой фракции .....	41
7.5. Разгрузочная воронка .....	42
7.6. Винтовой домкрат .....	42
8. Библиография .....	44

## 1 Изменения в технологии переработки молока

Преимущества технологии центробежной сепарации стали использоваться в молочной промышленности на рубеже веков. Первые молочные сепараторы с ручным приводом, которые применялись на фермах, были изготовлены в 1893 г.

На рис. 1 показан один из таких первых сепараторов.

**Рис.1** Первый сепаратор для молока с ручным приводом



В молочной промышленности следующие десятилетия были отмечены разработкой более эффективных сепараторов с электроприводом, которые позволили снизить остаточное содержание жиров в сепарированном молоке.

До начала 1960 гг. основное внимание при разработке сепараторов уделялось выпуску машин большего типоразмера с более высокой часовой производительностью.

Конец 1970-х годов был отмечен автоматизацией молочных ферм и усиливающейся тенденцией к укрупнению молокозаводов, когда правилом стал переход на сбор молока с ферм раз в двое суток.

Для молочных сепараторов это означало снижение сепарируемости цельного молока. Как следствие, с того времени основной целью разработок стала компенсация этого недостатка, а также еще большее повышение эффективности сепарации для получения минимального остаточного содержания жиров в сепарированном молоке.

Сегодня, как и в прошлом, сепараторы компании Вестфалия Сепаратор с высокой пропускной способностью и оптимальной эффективностью сепарации стали синонимом качества и производительности; они занимают ведущее положение в молочной промышленности.

Включение сепараторов в автоматизированные технологические процессы, снижение потерь продукта и еще большая экологичность стали важными направлениями дальнейшей работы.

**Рис. 2.** Молочный сепаратор нового поколения с системой «плавного потока» подачи типа MSE 500-01-777



Сегодня сепараторы находят применение во всех областях переработки молока, таких как:

- сепарация теплого молока
- сепарация холодного молока
- сепарация сыворотки
- сепарация пахты
- очистка молока и сыворотки
- нормализация молока

Способы переработки определенных продуктов, таких как:

- творог (мягкий сыр)
- сыр из двойных сливок
- жидкая фракция молочного жира
- сухая сыворотка с низким содержанием жиров, такая как концентрат сывороточного белка
- оптимизация производства лактозы
- извлечение отдельных фракций, таких как жиры и белки
- удаление бактерий из молока и молочных продуктов

уже невозможно представить без применения специализированных сепараторов.

Все сепараторы воплощают в себе современный уровень разработок. Они могут эксплуатироваться в непрерывном режиме, обеспечивая максимально высокую безопасность и эффективность.

Постоянная рационализация и автоматизация молокозаводов поставила перед инженерами задачу совершенствования старых и разработки новых технологических процессов. Центробежные сепараторы занимают важное место в ходе такого «переосмысления».

Передовые технологические решения, реализованные в сепараторах, позволяют усовершенствовать процессы в соответствии с современными экономическими требованиями. Современные установки сепарации, использующие системы безразборной мойки (CIP), могут эксплуатироваться 24 часа в сутки.

## 2 Факторы, влияющие на получение сливок из цельного молока<sup>1)</sup>

После белков, молочный жир является самым ценным компонентом молока. Молочный жир составляет примерно 30% сухого вещества молока.

Особое значение имеют следующие взаимосвязанные критерии и переменные:

### ○ Питательная ценность

Переменные:

Порода крупного рогатого скота, период лактации, климат и кормовая база

### ○ Физические свойства

Переменные:

Механическая и тепловая обработка

### ○ Химические свойства

Переменные:

Ферментативные реакции, влияние бактерий

### ○ Экономическая целесообразность

Переменные:

Эффективность процессов механической сепарации

Помимо объяснения конструктивных возможностей в технологии центробежной сепарации, используемой при переработке цельного молока, в настоящей работе рассматривается, в частности, большое число технических и инженерных параметров, имеющих решающее значение для остаточного содержания жиров в сепарированном молоке.

### 2.1 Факторы, влияющие на производство молока

#### 2.1.1 Порода крупного рогатого скота, период лактации, климат и кормовая база

Если исключить многочисленные отдельные опыты, не дающие общей картины, то количество исследований, которые приводили бы к бесспорным выводам, как, например, влияние вышеупомянутых факторов на сепарируемость цельного молока, явно недостаточно.

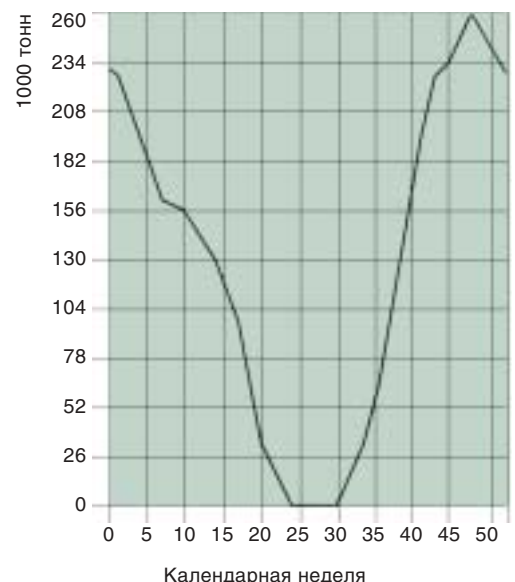
Определенно можно сказать то, что имеют место сезонные изменения сепарируемости цельного коровьего молока. Такие сезонные изменения могут отличаться по интенсивности, в зависимости от различий в объемах получаемого молока. Изменения пищевой ценности состава кормов, а также отсутствие или недостаточный контроль за периодом лактации могут привести к изменениям в надоях молока. Однако на сепарируемость также влияют различия размеров жировых шариков, распределенных в цельном молоке.

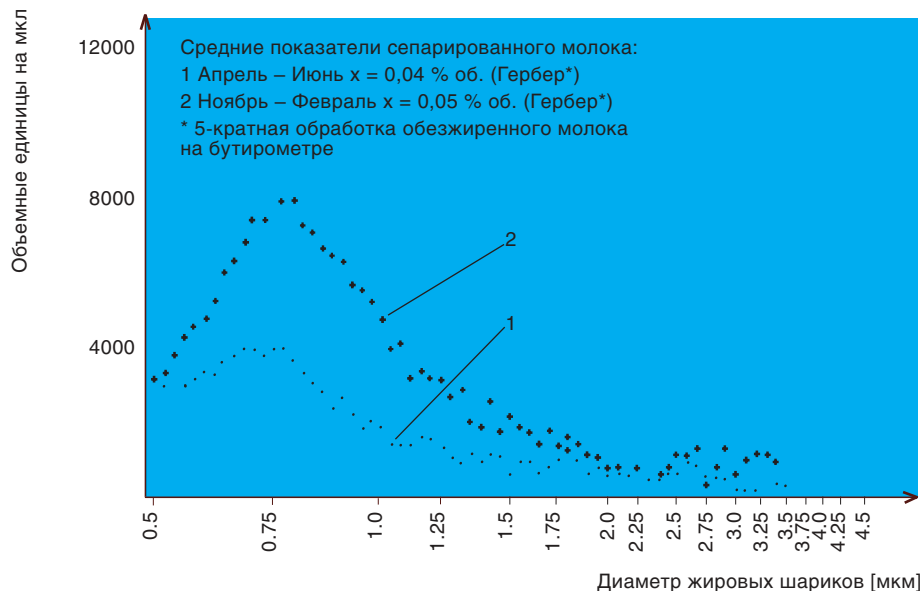
На рис. 3 и 4 даются примеры экстремальных различий надоев, что характерно для молочной промышленности Новой Зеландии.

**Рис. 3** Объемы получаемого молока в годовом цикле

Средние значения для цельного молока:  
Жиры: 3,7 – 5,3%  
Белки: 3,3 – 4,3%

Отношение объемов поставок: 1:1000





**Рис. 4** Гранулометрический состав жировых шариков в течение года

### 2.1.2 Механические напряжения при производстве молока

Различные процессы, используемые в производстве молока, оказывают большое влияние на сепарируемость цельного молока:

К ним относятся:

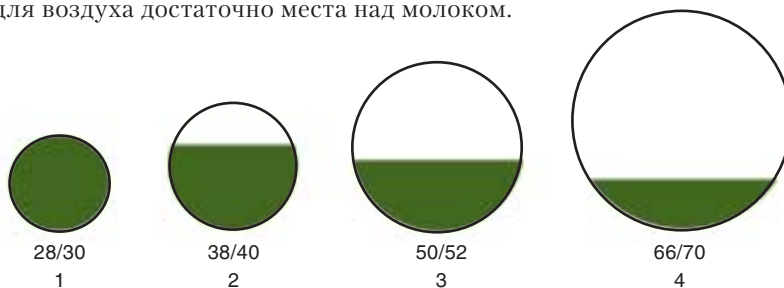
- Обеспечение сохранности молока
- Транспортировка молока на молокозаводе.

Следует обратить внимание на то, чтобы в максимальной степени удалить из молока воздух, используемый для его транспортировки молока.

Необходимыми условиями для этого являются:

- Низкий уровень вакуума
- Минимальный перепад высот в системе трубопроводов
- Недопущение утечек в трубопроводе
- Правильный выбор сечения трубопроводов в зависимости от производительности доильного аппарата.

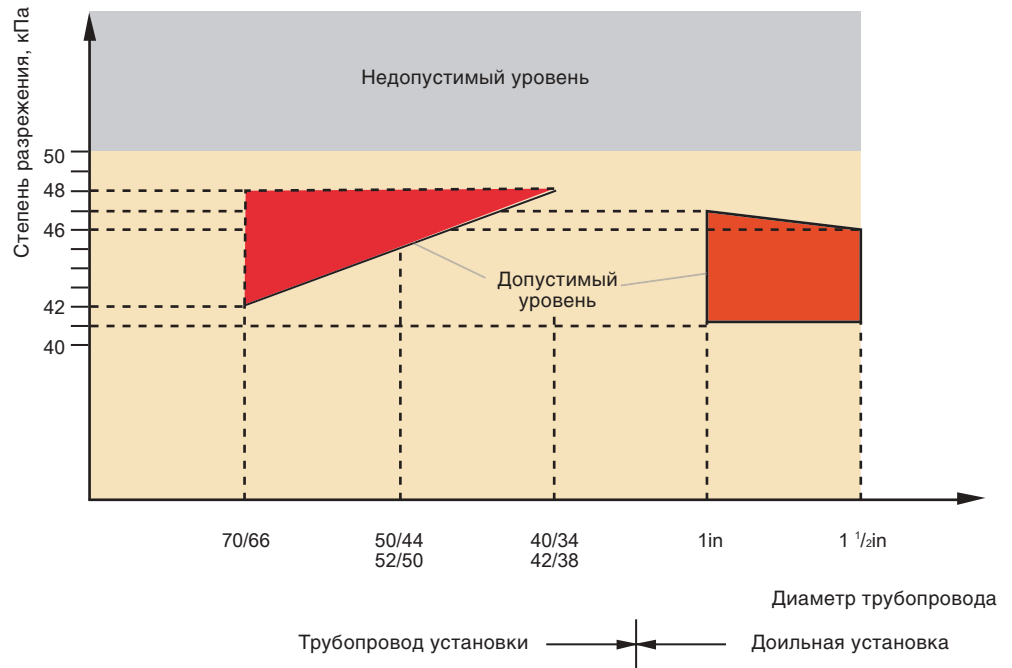
Как можно видеть из рисунка, при недостаточном сечении (1 и 2) в молоко проникает воздух, используемый для его транспортировки. В случае большого сечения (3 и 4) для воздуха достаточно места над молоком.



**Рис. 5** Схемы молокопроводов различного сечения при одинаковом расходе молока

Если необходимо добиться оптимальных условий транспортировки молока, абсолютное значение разрежения должно быть обоснованно энергопотреблением.

На рис. 6 показаны различные допустимые диапазоны разрежения для трубопроводов и доильных установок с переносными аппаратами, а также соответствующие диаметры трубопроводов<sup>2)</sup>.



**Рис. 6** Диаграмма допустимых уровней разрежения доильных установок

Большое значение также имеет охлаждение молока на фермах.

Здесь, помимо прочего, следует обратить внимание на следующее:

- Недопущение пенообразования, в особенности, когда молоко первого надоя подается в большие охлаждаемые емкости.
- Большие перепады температуры при термостатировании, когда температурный диапазон срабатывания составляет, например, 3 – 4 °С.

Для сравнения, температурный диапазон срабатывания электронных термостатов составляет прибл. 1 °С. Таким образом, имеется возможность снижения риска замораживания молока, в частности, молока первого надоя, например, установив температуру охлаждения, равную 3 °С.

- Области критических температур.

Согласно проф. Кесслеру, из института в Вайхенстефане, механические напряжения в интервале температур 20 – 30 °С могут стать причиной избыточно высокого уровня свободных жиров (FF).

Как можно видеть из диаграммы, вблизи температуры 15 °С существует «небольшой» интервал, оптимальный для образования свободных жирных кислот (FFA).

**Рис. 7** Качественная характеристика содержания свободных жиров и свободных жирных кислот после воздействия механического напряжения на молоко или сливки

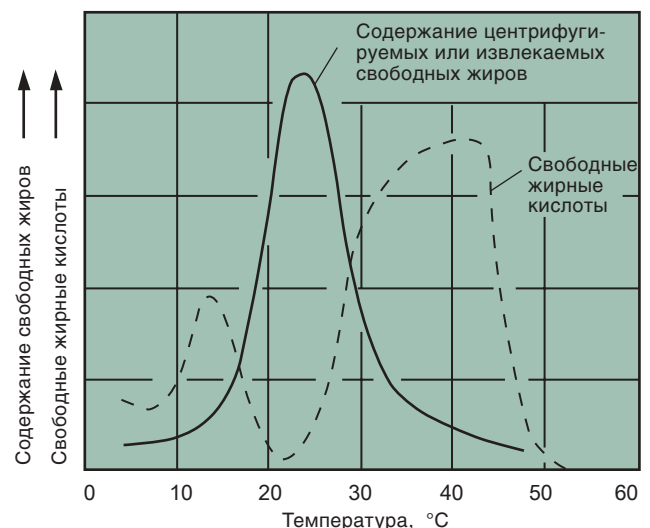


Рис. 8 показывает, что, в действительности, опасность деградации жира существует лишь для первого надоя, поскольку молоко второго и последующего надоев не попадает в диапазон критических температур благодаря быстрому установлению температуры смешивания.

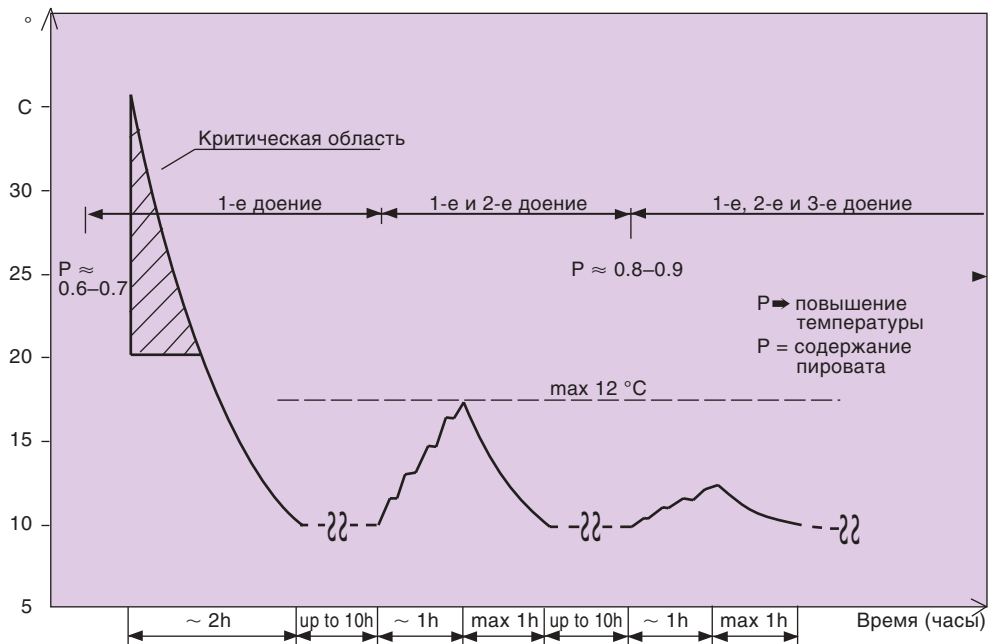


Рис. 8 Охлаждение молока на фермах

## 2.2 Факторы, влияющие на переработку молока

### 2.2.1 Перевозка цельного молока на молокозавод

Следует обратить внимание на то, чтобы режим охлаждения не был нарушен во время перевозки цельного молока. Следовательно, автоцистерны для перевозки молока должны иметь оборудование, соответствующее времени транспортировки и климатическим условиям.

При движении автоцистерн, которые лишь частично заполнены молоком, создаются турбулентные потоки в жидкости, что может привести к ухудшению качества молока. Основное внимание следует обратить на правильную безразборную мойку (CIP) цистерны.

### 2.2.2 Приемка молока, хранение цельного молока

Чтобы не ухудшить сепарируемость цельного молока, следует выполнить три особенно важных условия при приемке молока на молокозаводе.

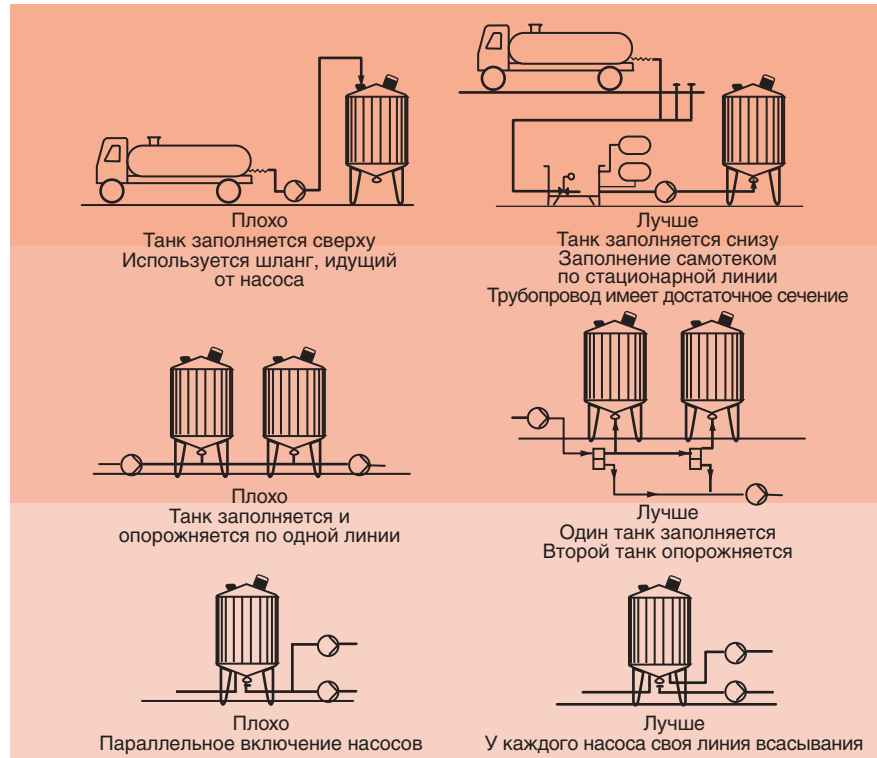
Прежде всего, очень важно в максимальной степени исключить попадание внешнего воздуха при разгрузке автоцистерны и при ее заполнении. Тип и конструкция мешалки также могут сказаться на молоке.

Как правило, невозможно полностью исключить попадание воздуха в молоко. Следовательно, цельное молоко должно иметь достаточно времени для «дегазации» перед последующей переработкой. По этой причине цельное молоко не следует подавать прямо из автоцистерны в технологический процесс.

Также очень важно, чтобы при каждой перекачке при транспортировке молока обеспечивались оптимальные гидродинамические условия. Если имеют место флуктуации объема подачи, то насосы следует оборудовать приводом с частотным управлением. В этом случае может быть установлена их оптимальная рабочая скорость путем сравнения заданного и фактического значения, например, при индуктивных измерениях расхода.

Влияние этого отдельного процесса перекачки на сепарируемость цельного нельзя измерить. В то же время, отмечено негативное влияние дросселирования насосов, например, до 60 – 70% их максимальной скорости. Следствием этого является увеличение не менее чем на 10% остаточного содержания жиров в сепарированном молоке.

Как показано на примерах на рис. 9, необходимо иметь возможность регулировать работу насосов.



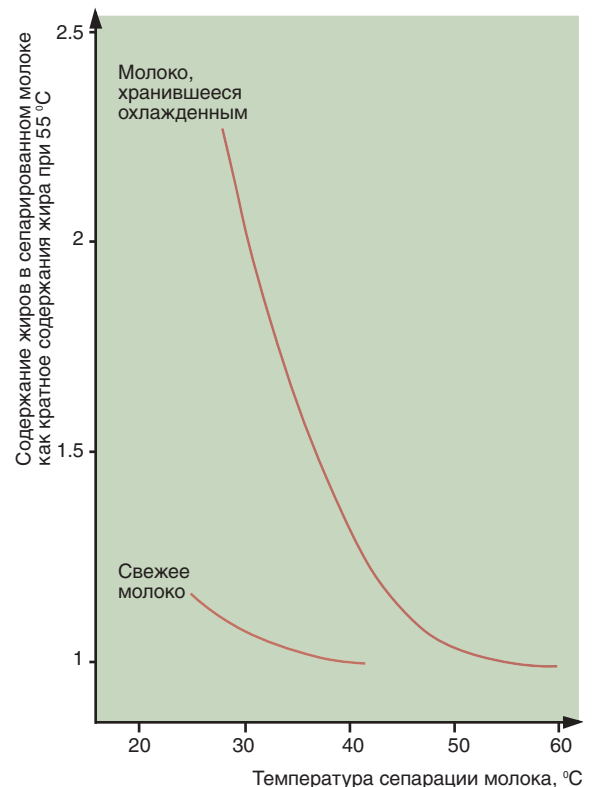
**Рис. 9** Различные схемы использования насосов для транспортировки молока

На примере 1) отмечена проблема захвата воздуха. На примерах 2) и 3) в сравнении показана проблема взаимных помех со стороны насосов, приводящая к захвату воздуха и к механическим напряжениям в молоке. В примере 3), параллельно подключенный насос снижает эффективность сепарации до  $1/100\%$ .

### 2.2.3 Возраст молока

При принятой современной практике сбора молока один раз в двое суток и обусловленной этим необходимостью хранения молока охлажденным при температуре  $3 - 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  сепарируемость цельного молока снижается. Причина этого состоит в том, что при длительном хранении молока при низких температурах маленькие «капельки воды» связываются с жировыми шариками. При одновременном воздействии механических напряжений, например, при перемешивании, в мембране жировых шариков происходят частичные структурные изменения. Имеет место увеличение удельного веса, связанное с замещением исходных компонентов мембраны на белки сыворотки (жидкий носитель) или абсорбцией мембраной чистого белка. Таким образом, в сепарированном молоке остается большее количество жиров, т.е. повышается их остаточное содержание. Данный процесс имеет, в некоторой степени, обратимый характер. При повышении температуры сепарации первоначальное состояние мембран жировых шариков почти восстанавливается. По этой причине сегодня используются температуры сепарации, превышающие те, которые обычно использовались раньше. На рис. 10 показана зависимость эффективности сепарации от времени выдержки при низких температурах.

**Рис. 10** Остаточное содержание жиров после переработки цельного молока, хранившегося охлажденным, и свежего цельного молока



## 2.2.4 Качество цельного молока

Помимо общего содержания бактерий и других причин, сепарируемость сырого молока зависит от:

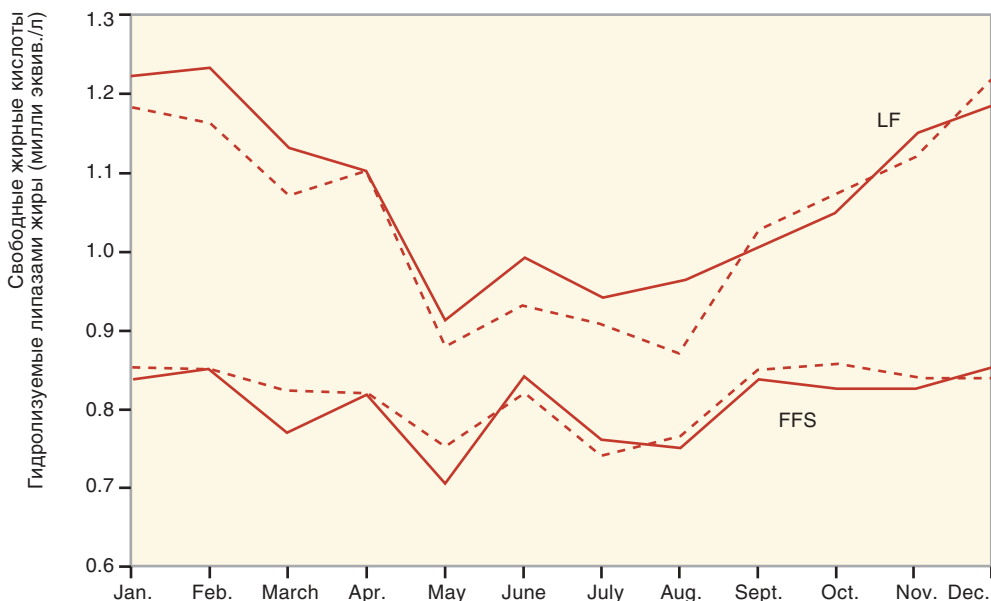
- показателя рН
- содержания свободных жиров (FF)
- содержания свободных жирных кислот (FFA)
- гранулометрического состава жировых шариков

Влияние посторонних включений, как правило, пренебрежимо мало. Однако при высоком содержании загрязнений в молоке, центробежная очистка, например, сразу после поставки, улучшает сепарируемость. Если влияние этих факторов принято во внимание, то можно сделать заявление о том, что степень воздействия механических напряжений на молоко пропорциональна вероятности повреждения жиров молока.

### Принятые положения и границы их использования на основании обнаружения свободных жирных кислот (FFA по методу BDI)

Содержание свободных жирных кислот при поставке цельного молока на молокозаводы согласно литературе и нашим собственным измерениям, выполненным в конце 1960-х гг., составляло 0,4 – 0,5 милли экв./кг. Если принять за основу данные, полученные с конца 1980-х гг., то в странах-производителях молока с высоким уровнем индустриализации молочной отрасли, содержание свободных жирных кислот сегодня, как правило, составляет от 0,8 до 1,0 милли экв./кг.

На рис. 11, помимо прочего, представлена кривая содержания свободных жирных кислот в течение года в Швейцарии во второй половине 1980-х гг.

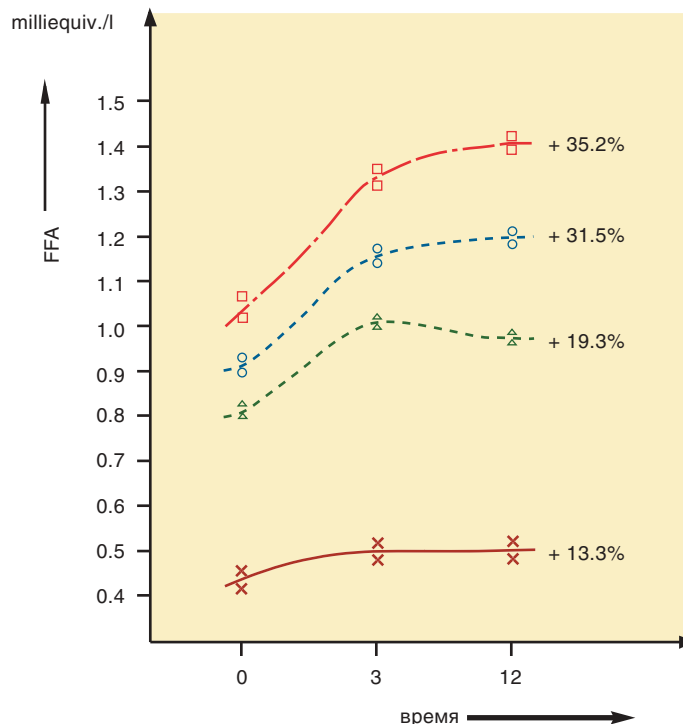


**Рис. 11** Содержание свободных жирных кислот и гидролизуемых липазами жиров цельного молока при поставке на молокозавод в течение года (Цюрих)

— Маршрут цистерны I      - - - - - Маршрут цистерны K

Знание содержания свободных жирных кислот сегодня имеет определенное значение для оценки охлажденного цельного непастеризованного молока и технологии производства масла и сыра. Рис. 12 ясно показывает, что получаемые результаты в значительной степени зависят от начального значения. По этой причине результаты испытаний не могут быть воспроизведены.

**Рис. 12** Содержание свободных жирных кислот FFA в зависимости от инкубационного периода и начального содержания

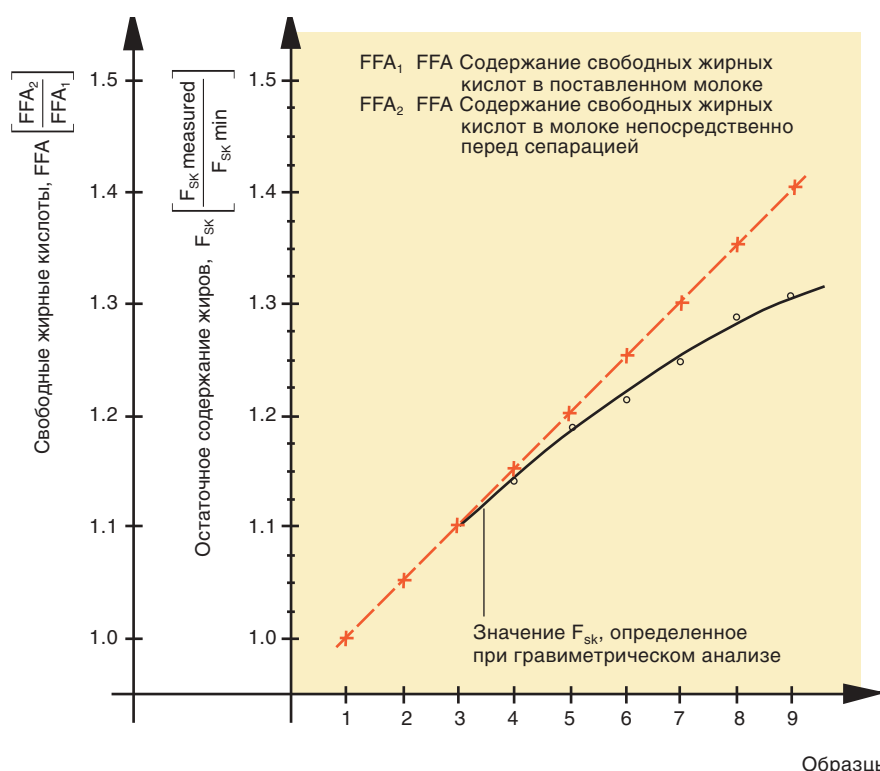


Очевидно, что даже при низком содержании свободных жирных кислот инкубационный период едва ли играет какую-то роль. Для получения надежных значений инкубационный период должен быть не менее 3 часов при 36 °С.

Дополнительным фактором, который отрицательно влияет на достоверность данных о содержании свободных жирных кислот, является временная зависимость образования свободных жирных кислот из-за присутствия липаз и свободных жиров.

Скорость этой реакции, помимо других факторов, зависит от качества свободных или извлекаемых жиров, содержания активной липазы и температуры продукта. Следовательно, рост содержания свободных жирных кислот не пропорционален по своему эффекту увеличению сепарируемости цельного молока.

**Рис. 13** Соотношение между содержанием свободных жирных кислот и остаточным содержанием жиров в сепарированном молоке



Образцы

Как уже отмечалось, температура продукта непосредственно влияет на достоверность полученных данных о содержании свободных жирных кислот. На рис. 8 (Охлаждение молока на фермах) уже было показано, что существуют две оптимальные температуры (15 °С и 40 °С).

Кроме того, липазы практически не действуют при температурах ниже 10 °С и, теоретически, подавляются при температурах > 60 °С. Как показывают опыты, на практике липазы обладают ничтожно малой активностью при температуре около 50 °С.

### Свободные жиры <sup>3)</sup>

Уже существуют методы определения содержания свободных жиров (FF), дающие надежные и воспроизводимые результаты.

Могут использоваться два метода – центрифугирования и экстракции, но при этом только метод экстракции дает надежные результаты. Их различие состоит в том, что в методе центрифугирования измеряются только жиры, находящиеся за пределами мембраны шарика. В методе экстракции, кроме того, измеряются жиры, заключенные в пористую, т.е. частично поврежденную мембрану. Эффект таких повреждений становится заметным, в особенности, при больших временах хранения, так как со временем жиры превращаются в жидкую масляную фракцию. В присутствии активной липазы существует риск гидролиза в случае повреждения мембраны.

Кривая содержания свободных жирных кислот (FFA) (●) на рис. 14 может привести к ошибочным выводам. Серия испытаний 1 = ручное доение ясно показывает высокое «качество» свежего цельного молока ручной дойки (x). При этом, однако, наблюдается заметное отрицательное влияние холодильного хранения (○, △).

Анализ испытаний серий (2) и (3) обнаруживают одинаковую тенденцию наклона кривой. Эти данные позволяют сделать следующие выводы относительно содержания свободных жиров (FF):

- Чтобы иметь возможность выполнить достоверные исследования содержания свободных жиров (FF), образцы при машинном доении и холодильном хранении должны храниться не менее 24 часов при 4 – 6 °С,.
- Относительное содержание свободных жиров (AGF), составляющее 4%, представлено как максимальное значение для сепарированного цельного молока, т.к. с 4% начинается резкое рост для кривой «с более высокими значениями» (опыт 2) сразу после основной операции (в испытаниях механическое напряжение специально превышало значение для случая обычных измерений).
- При относительном содержании свободных жиров (AGF) 2 – 3% в исходном образце первые механические напряжения (случай 3) увеличивали значение свободных жиров (FF), но только второе механическое воздействие повышало значение с 4% до более «высокого уровня».

**Рис. 14** Соотношение количества свободных жиров и механических напряжений для цельного молока различного качества

AGF = содержание FF относительно общего количества жиров в образце

1 Ручное доение

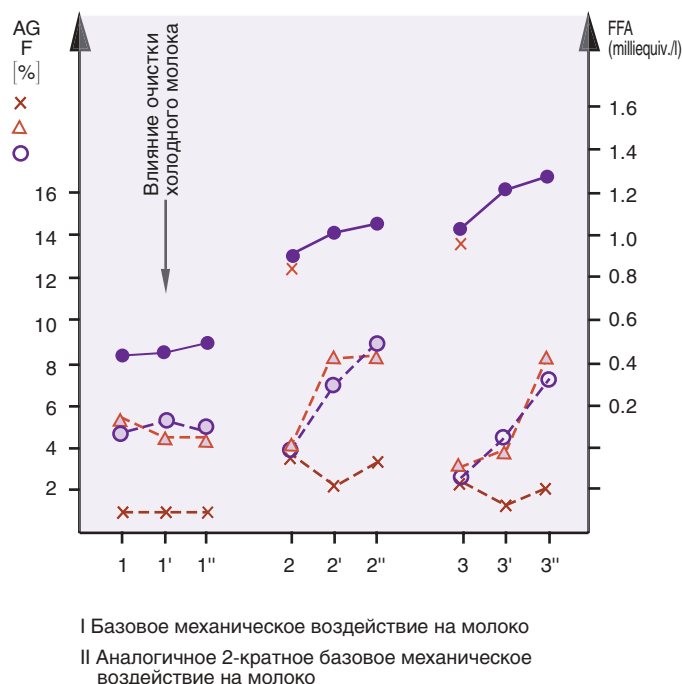
2 Поставка с ферм раз в 2 суток, т.е. 4 надоя

3 Цельное молоко из буферного бака

x x испытания свежего образца

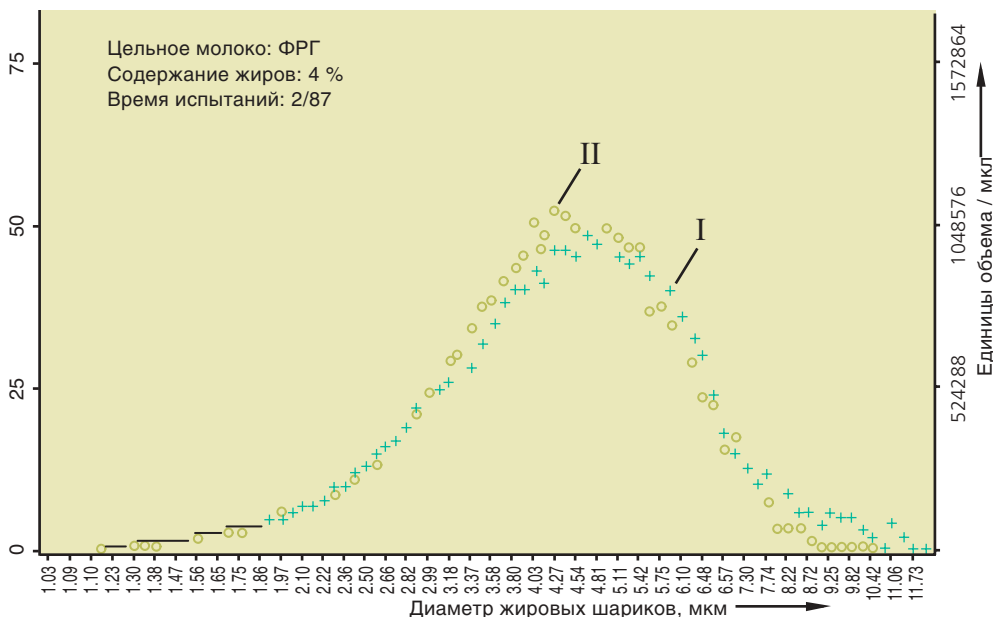
○ 24 часа при температуре хранения 5-6 °С

△ 36 часов при температуре хранения 5-6 °С



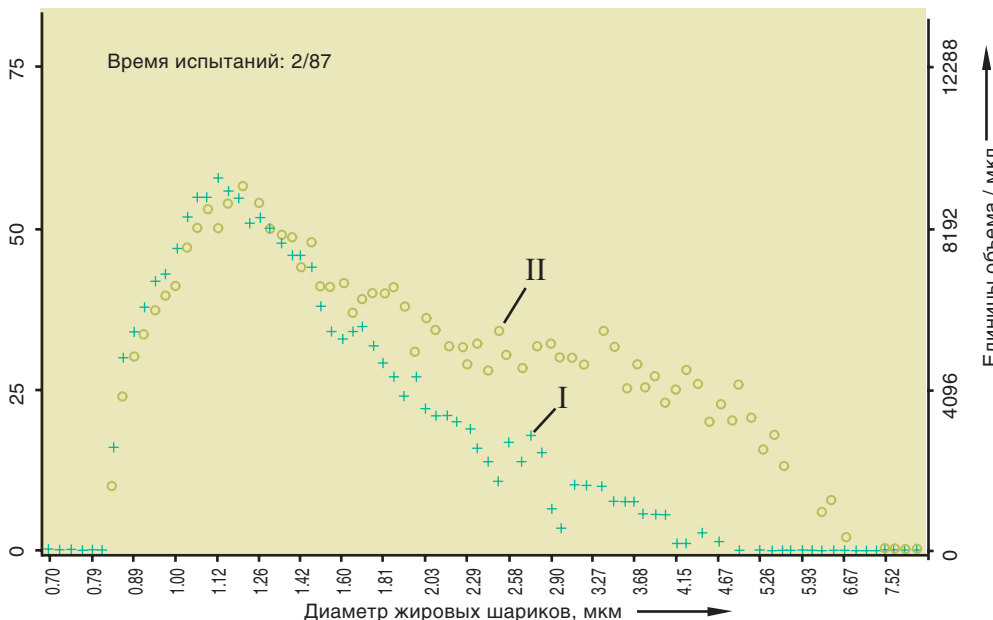
## 2.2.5 Гранулометрический состав жировых шариков

Относительно небольшое различие гранулометрического состава жировых шариков в цельном молоке (см. рис. 15) позволяет лишь в ограниченной степени определить тенденции.



**Рис. 15** Гранулометрический состав жировых шариков в цельном молоке. Значения I и II для различных регионов сбора молока.

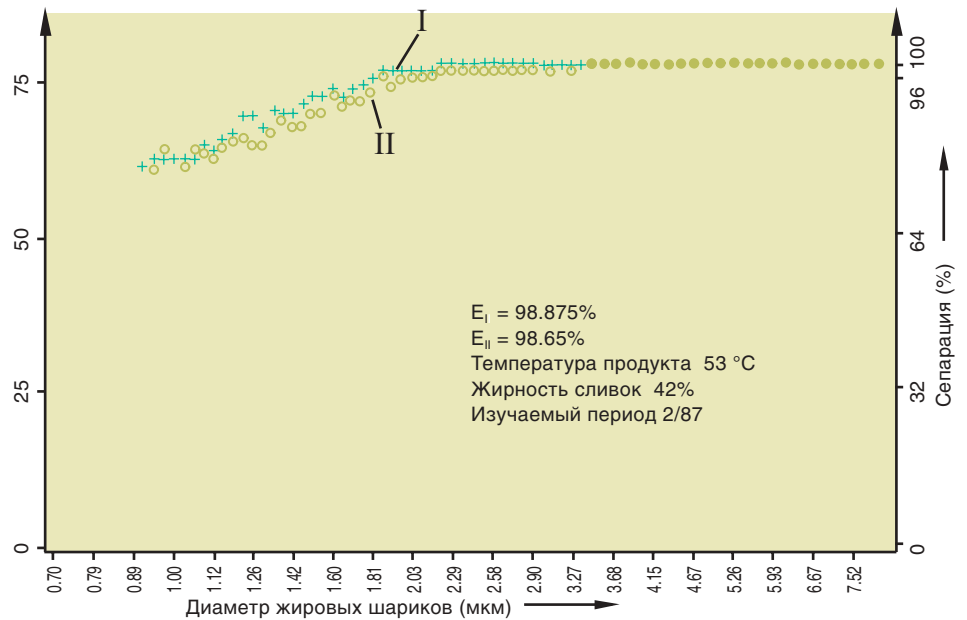
На рис 16 представлен гранулометрический состав жировых шариков в сепарированном молоке (SK). Кривые I и II показывают эффективность концепции установки и параметров процесса. Тем не менее, имеется возможность оптимизировать параметры установки II. Как уже отмечалось, абсолютное остаточное содержание жиров в сепарированном молоке, которое можно получить, определяется только как тенденция.



**Рис. 16** Гранулометрический состав жировых шариков в сепарированном молоке.

Диаграмма подсчета количества частиц, приведенная на рис. 17, еще более ясно показывает трудности достоверной оценки качества сепарирования цельного молока. Здесь сравнивается гранулометрический состав жировых шариков цельного и сепарированного молока. Как можно видеть, ход кривых сепарации I и II почти совпадает. Если сравнить с рис. 16, то в сепарированном молоке II остаточное содержание жиров заметно выше.

Остаточное содержание жиров в сепарированном молоке SKI и SKII, определенное в лаборатории по методу Гербера, составило 0,045 (I) и 0,054 (II).



**Рис. 17** Кривые сепарации (цельное молоко относительно сепарированного молока)

Таким образом, «подсчет» жировых шариков в цельном молоке или сепарированном молоке имеет ограниченное значение. Если сравнить с рис. 15, то очевидно явное смещение гранулометрического оптимума в сторону меньших диаметров, т.е. имеет место ожидаемое ухудшение сепарируемости. С другой стороны, такая общая тенденция не отмечена для гранулометрического состава остаточных жиров сепарированного молока. Тем не менее, кривая II рис. 16 подтверждает положение о возможности оптимизации такого режима сепарации.

### 2.2.6 Влияние «воздуха» продукта на эффективность сепарации

Свободный воздух, переносимый продуктом, непосредственно влияет на эффективность сепарации молочного сепаратора, помимо негативного эффекта на качество конечного продукта.

При оценке этих эффектов, следует иметь в виду следующее:

Цельное молоко, в общем, содержит определенное количество различных газов. Значение газонасыщенности молока снижается с повышением температуры. Таким образом, газ можно удалить при тепловой обработке.

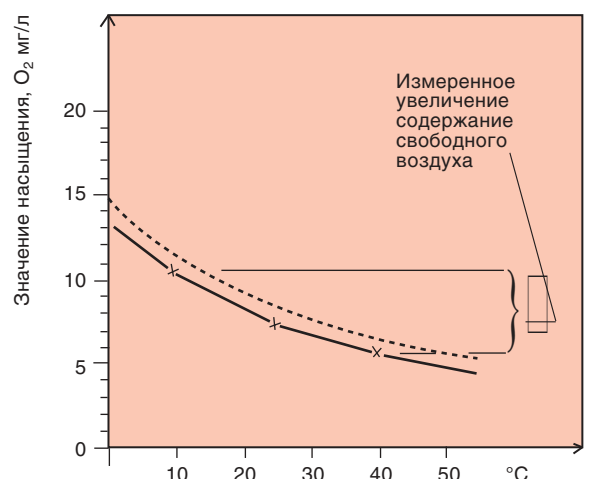
При исследовании молока для определения фактического объема удаляемого газа, необходимо учитывать следующее:

- При охлаждении молока характеристики обратного поглощения для объемов различных газов будут отличаться.
- При вакуумировании молока значение насыщения значительно снижается.
- При избыточном давлении значение насыщения растет очень незначительно.

На рис. 18 приведены значения газонасыщенности жидкостей

- Значение насыщения воды кислородом, как функция температуры
- xx Насыщение кислородом молока

**Рис. 18** Зависимость газонасыщенности жидкостей от температуры



Как можно видеть из графика на рис. 18, при тепловой обработке цельного молока на линии сепарации газ (воздух) автоматически освобождается. Чтобы иметь возможность оценить «содержание воздуха» в цельном молоке перед сепаратором при нормальных условиях, в первом приближении можно использовать следующие расчеты:

$$5 \text{ мг } O_2 \triangleq \text{с. } 25 \text{ мг воздуха} \\ \approx 25 \cdot 10^{-6} \text{ кг воздуха}$$

Плотность воздуха:

$$\text{Это дает объем воздуха: } \rho_L = 1.293 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V_{\text{air}} = \frac{G_L}{\rho_L} \\ = \frac{25 \cdot 10^{-6}}{1.293 \cdot 10^{-3}} \\ < 20 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^3$$

$$V_{\text{air}} < 20 \text{ см}^3 \text{ (первое приближение)}$$

$$20 \text{ см}^3/\text{литр} \triangleq 2\%$$

Согласно графику при повышении температуры цельного молока с 10 °С до 55 °С выделяется примерно 5 мг  $O_2$  /л. Можно убедиться в том, что характеристики насыщения азота ( $N_2$ ) аналогичны характеристикам кислорода ( $O_2$ ).

Такое содержание свободного воздуха еще не способно снизить эффективность сепарации.

Более высокое содержание газов обусловлено, как правило, следующими причинами:

- В продукт попадают посторонние газы с началом его переработки.
- Буферные баки слишком малы или характеристики потока неблагоприятны при его заполнении и сливе.
- Узлы установки не герметичны.
- Если система находится под давлением, воздух может попадать внутрь без потерь продукта по принципу инжектора.
- Неправильно установлено давление выпуска сепаратора.
- Слишком большие перепады давления в системе (резкое падение давления приводит к выходу «газов»).

Если объем свободного воздуха увеличится до значений  $> 2,5\%$  (прибл. 55 °С), то это негативно повлияет на сепарируемость продукта в сепараторе.

Одной из причин такого эффекта является:

Пузырьки воздуха попадают в пакет тарелок сепаратора вместе с продуктом, и благодаря меньшей плотности большая часть воздуха движется к центру барабана. Из-за падения давления воздушные пузырьки увеличиваются и занимают место. Таким образом, при большом количестве воздуха существует опасность воздушной закупорки потока продукта, что негативно повлияет на эффективность сепарации.

С другой стороны, пузырьки воздуха, связанные с мембраной жировых шариков, могут повредить мембрану в случае перепадов давления. Это приведет к увеличению содержания свободных жиров и ухудшит сепарируемость.

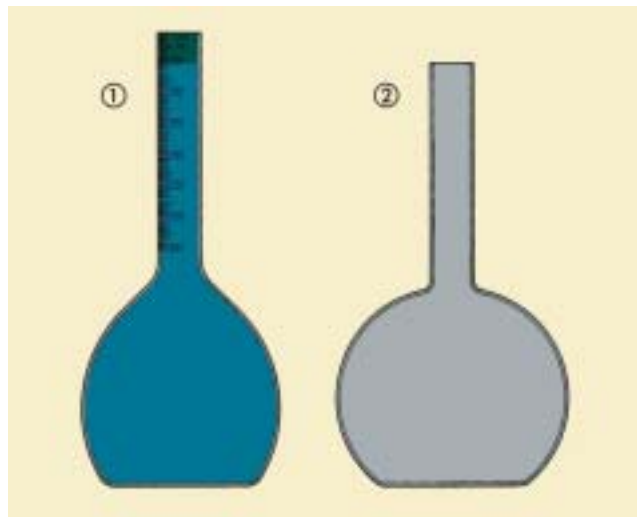
Обширные исследования, проведенные в 1985-1987 гг. в Южногерманском

Научно-исследовательском Институте Молочной Промышленности, в Вайхенстефане, подтвердили прямое влияние увеличения содержания воздуха на сепарируемость цельного молока.

При исследовании газов в существующих установках, следует иметь в виду следующее:

- При взятии образца в него не должны попасть посторонние газы.
- Следует обратить внимание на температуру, если пробы берутся в разных точках.
- Чтобы исключить пузырьки газа, следует использовать колбы с узким горлом (см. рис. 19).
- Образцы помещаются в водяную баню, имеющую такую же температуру, что и образцы. Далее проводится дегазация образцов не более 20 минут.

**Рис. 19** Колбы с плоским дном для анализа газов



- 1 Специальная форма, разработанная компанией Вестфалия Сепаратор
- 2 Стандартная форма

Другим относительно простым методом проверки захвата посторонних газов, например, в сложной закрытой системе, является установка смотровых стекол в определенных точках трубопровода. Затем при работе с водой в этих точках можно проверить, будет ли вода прозрачная или мутная. Последний вариант указывает на попадание свободного воздуха в воду из-за утечек.

## 2.2.7 Температура сепарации

### 2.2.7.1 Сепарация теплого молока

В этом разделе описываются другие случаи влияния температуры продукта на уровень остаточных жиров в сепарированном молоке. Если рассматривать извлечение жировых шариков из «жидкого носителя» (обезжиренного молока) в сепараторе как физический процесс, то скорость осаждения между тарелками подчиняется закону Стокса:

$$v_z = \frac{d^2 \cdot \Delta \rho}{18 \cdot \eta} \cdot g \cdot \zeta$$

$v_z$  = скорость осаждения в поле центробежных сил [м/с]

$d$  = диаметр жирового шарика [м]

$\Delta \rho = \rho_1 - \rho_2$

$\rho_1$  = плотность жирового шарика [кг/м<sup>3</sup>]

$\rho_2$  = плотность сепарированного молока [кг/м<sup>3</sup>]

$\eta$  = Динамическая вязкость молока [кг/м с]

$g$  = Ускорение в поле тяготения [9,81 м/с<sup>2</sup>]

$\zeta$  = коэффициент центрифугирования

$$\left[ \zeta = \frac{r \cdot \omega^2}{g} \right]$$

$r$  = радиус [м]

$\omega$  = угловая скорость  $\left[ \frac{1}{s} \right]$

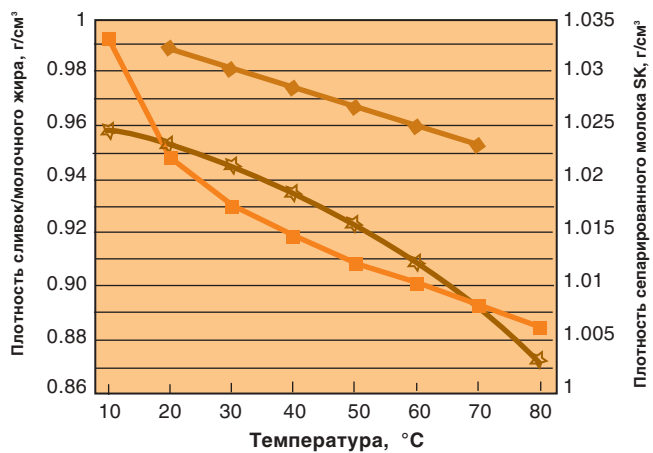
Как видно из уравнения, скорость осаждения зависит от следующих параметров:

- разности плотностей разделяемых компонентов (например, жировых шариков)
- размера частиц
- вязкости жидкости
- скорости барабана
- радиуса барабана
- площади осаждения тарелок

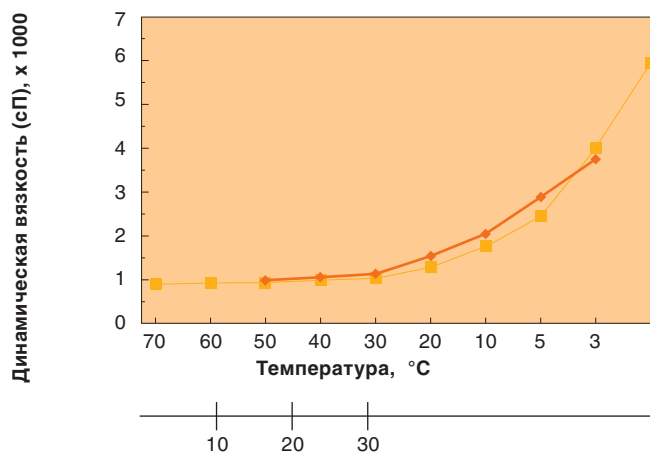
Ниже на рисунках показана температурная зависимость параметров продукта ( $\eta$  и  $\rho$ ).

**Рис. 20** Плотность и динамическая вязкость как функция температуры

Сепарированное молоко  
 Сливки 40%  
 Молочный жир

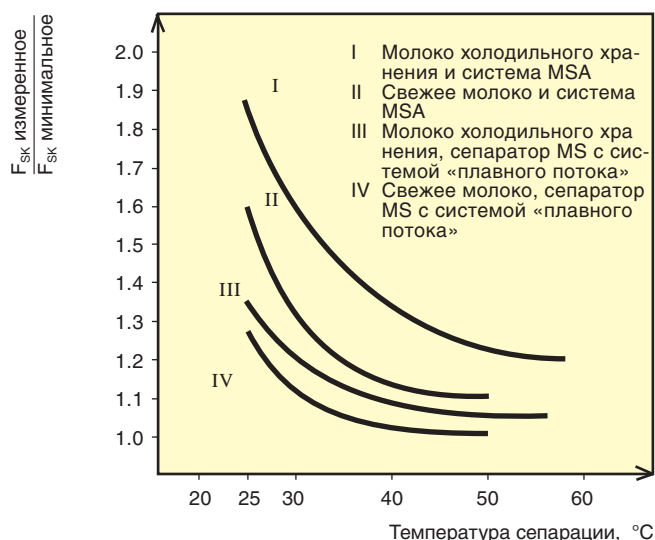


Сепарированное молоко  
 Цельное молоко



Из рисунка 20 очевидно, что оптимальная температура продукта 55 °С.

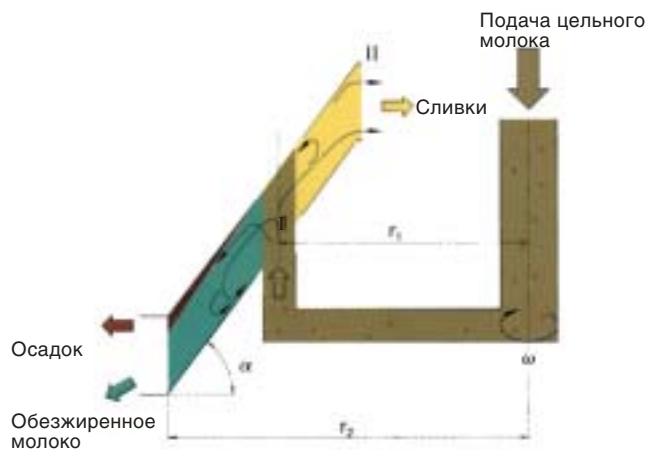
**Рис. 21** Остаточное содержание жиров в сепарированном молоке для различных времен холодильного хранения цельного молока и типов сепаратора, как функция температуры сепарации



При температурах продукта > 60 °С происходит «осаждение» белка, что негативно влияет на сепарируемость. Такие белки образуют тонкую пленку на поверхности тарелки, а так как зазор между тарелками от 0,3 до 0,6 мм, то эти отложения ухудшают параметры потока.

На рис. 22 представлены параметры течения компонентов продукта, разделяемых в межтарелочном пространстве.

**Рис. 22** Отдельная зона сепарации молочного сепаратора



Жировой шарик можно считать извлеченным из жидкости при достижении им верхней поверхности нижней тарелки. При отрицательном значении разности плотностей  $\rho_r$  в формуле для скорости осаждения  $\Delta$  жировой шарик движется внутрь против направления действия центробежных сил в межтарелочной области к центру барабана сепаратора. Второй причиной является резкое падение способности жировых шариков к образованию агломератов при температурах выше 60 °С.

Из этого обстоятельства можно сделать вывод о том, что следует исключить такие фазы технологического процесса, которые приводят к резкому повышению или снижению динамической вязкости жидкости. Таким образом, следует избегать введения добавок в цельное молоко, таких как белки или концентрат обезжиренного молока, которые приведут к повышению динамической вязкости, поскольку их влияние может быть лишь в ограниченной степени компенсировано повышением температуры. Также можно видеть, что добавление гомогенизированного молока («рециркуляция») в цельное молоко оказывает общий негативный эффект на баланс жиров. Это связано с избыточным увеличением количества очень высокодисперсных жировых шариков в сепарированном молоке, что уменьшает разность плотностей  $\rho$ , и, таким образом, снижает скорость осаждения.

Однако добавление цельного молока к сепарированному молоку дает позитивный эффект. Это позволяет повторно сепарировать плохо сепарированное молоко в центрифуге, чтобы, таким образом, получить лучшие общие показатели по остаточному содержанию жиров. Причина этого связана не со значительным изменением параметров продукта, поскольку разность плотностей  $\rho$  относится к твердым частицам, которые должны быть удалены, но с улучшением характеристик агломерации мелких частиц жира, приводящей к большей объемной плотности жировых шариков.

Сепараторы, специально разработанные для сепарации теплого молока, работают при минимальной температуре продукта от 20 °С до 25 °С.

Это связано с тем, что вязкость сливок резко возрастает с понижением температуры. Помимо снижения скорости осаждения, это также приводит к снижению текучести сливок. Дальнейшее снижение температуры привело бы к закупорке отдельных каналов. Даже при 20 – 25 °С содержание жира в сливках должно быть установлено на уровне 15%.

Таким образом, не рационально, например, проводить сепарацию холодного молока при 15 – 25 °С в нормальных условиях, поскольку оптимальная температура разрушения жиров 25 °С, а образования свободных жирных кислот 15 °С. С другой стороны, температуру 4 – 12 °С можно использовать без каких-либо затруднений в специально сконструированных сепараторах для холодного молока.

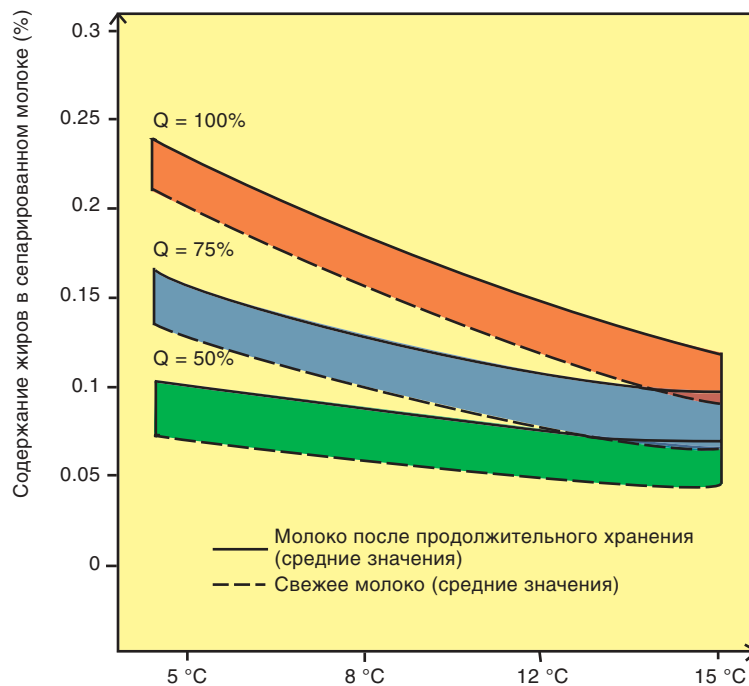
### 2.2.7.2 Сепарация холодного молока

Основной режим работы сепаратора для холодного молока устанавливается в зависимости от расхода сливок путем регулирования давления в питающем патрубке. Благодаря такой регулировке холодные 40% сливки могут выгружаться из центральной части барабана сепаратора под давлением, несмотря на очень высокую вязкость. Такой эффект можно получить только в случае герметичных линий подачи продукта и выгрузки сливок.

При рассмотрении скорости осаждения в сепараторе для холодного молока, мы обнаружим, что на нее влияет возросшая динамическая вязкость. Характеристики течения сливок также ухудшаются, и, таким образом, сепарируемость будет существенно ниже по сравнению с теплым молоком.

На рис. 23 представлена зависимость остаточного содержания жиров от производительности подачи и температуры продукта.

**Рис. 23**  
Содержание жиров в сепарированном молоке, определенное по методу Розе-Готтлиба, как функция температуры сепарации и номинальной производительности



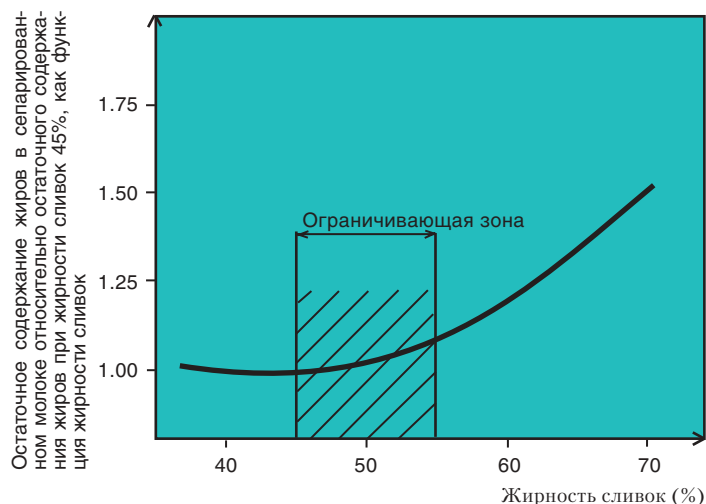
Относительно низкое содержание жиров в сепарированном молоке, показанное на рис. 23, можно получить только в случае увеличения времени пребывания частицы в пакете тарелок путем снижения производительности подачи. При температурах продукта < 4 °C возникают сложности, связанные с очень быстрой закупоркой каналов для потока продукта в пакете тарелок.

## 2.2.8 Жирность сливок

Регулирование давления выгрузки, необходимое для контроля жирности сливок, не оказывает влияния на эффективность сепарации вплоть до «ограничивающей зоны» (см. рис. 24). Если перейти границы зоны, можно ожидать небольшого повышения остаточного содержания жиров в сепарированном молоке.

На рис. 24 приведена зависимость остаточного содержания жиров в сепарированном молоке от жирности сливок.

**Рис. 24** Остаточное содержание жиров в сепарированном молоке, как функция жирности сливок



В пределах ограничивающей зоны остаточное содержание жиров в сепарированном молоке может поддерживаться почти на постоянном уровне.

Этого добиваются благодаря следующему:

Уровень содержания жиров в сливках должен быть стабильным. Любое повышение объемного содержания жиров на входе автоматически ведет к 10-кратному увеличению такого повышения для жирности сливок. Если жирность цельного молока повысится с 4,0 до 4,5% при одинаковых настройках сепаратора, то жирность сливок возросла бы, например, с 45% до 50%.

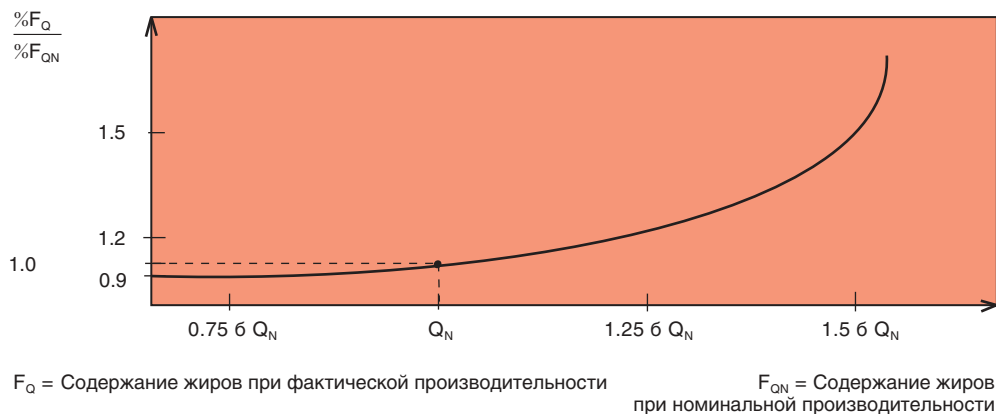
## 2.2.9 Пропускная способность сепаратора

С другой стороны, при высокой жирности сливок следует выбирать верхний диапазон приемлемых температур сепарации (55 – 60 °С).

Таким образом, если жирность сливок выше значений ограничивающей зоны, т.е. между 60 и 80%, то с увеличением жирности следует выбрать температурный диапазон между примерно 60 и макс. 75 °С.

Получение таких высокожирных сливок из исходных сливок (30-40% жирности) или цельного молока, в действительности, имеет большое значение для остаточного содержания жиров в соответствующем сепарированном молоке. Однако в данной работе этот вопрос не будет далее рассматриваться.

На рис. 25 показано соотношение между объемом цельного молока, подаваемого в сепаратор, и остаточным содержанием жиров в сепарированном молоке.



**Рис. 25** Пропускная способность сепаратора, как функция остаточного содержания жиров в сепарированном молоке

Очень важно максимально полно разделить цельное молоко на обезжиренное молоко и сливки, поскольку характеристики течения в барабане поддерживаются неизменными. Постоянные изменения пропускной способности означают необходимость создания в барабане новых условий стационарного течения. Следовательно, следует исключить резкие изменения.

На рис. 26 представлены различные системы контроля пропускной способности

Система	Гибкость	Цена	Влияние на продукт	Влияние на питающий насос
Ограничитель потока	Ограниченная	ОПТИМАЛЬНАЯ	Приемлемое	Приводит к потере давления
Управляющий клапан (Сигнал от расходомера)	Приемлемое	Приемлемое	Приемлемое	Приводит к потере давления
Насос с частотным управлением (Сигнал от расходомера)	ОПТИМАЛЬНАЯ	Приемлемая в зависимости от номинальной мощности двигателя	ОПТИМАЛЬНАЯ	Управление насосом в оптимальном рабочем диапазоне давлений

**Рис. 26** Системы контроля пропускной способности сепаратора

Часто необходимо иметь различные показатели пропускной способности, что определяется требованиями производства. В таких случаях наиболее целесообразным будет регулирование подачи сепаратора с использованием частотного управления привода питающего насоса.

Если при таких рабочих условиях привод будет постоянно работать на максимальной скорости, можно определенно заявить, что более низкая производительность подачи приведет к большим повреждениям жировых шариков.

Негативные последствия для остаточного содержания жиров в сепарированном молоке были описаны в предыдущих разделах.

При установке ограничителя потока для его эффективной работы необходимо правильно выбрать давление перед ним и за ним. Исправная работа ограничителя потока может быть обеспечена, только когда

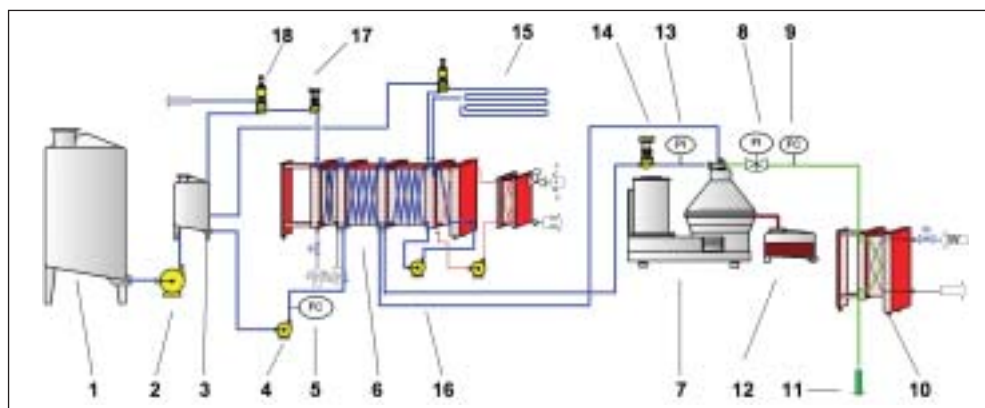
- разность между исходным давлением и давлением за ограничителем потока  $\Delta p < 1,5$  бар
- Давление за ограничителем потока  $> 0,5$  бар.

## 2.2.10 Критерии конструирования линии переработки молока

### 2.2.10.1 Буферный бак

На рис. 27 представлена упрощенная схема технологической линии сепарации теплого молока.

Конструкция буферного бака должна исключить турбулентность в потоке продукта. При переключении минимальный уровень в буферном баке должен быть достаточным, чтобы не допустить засасывания воздуха насосом 4. Также важно, чтобы насосы 2 и 4 не работали друг против друга. Например, необходимо исключить направленную навстречу подачу и выпуск. Стандартный объем заполнения составляет примерно 2-3% от часовой производительности.



- |                              |                                    |  |
|------------------------------|------------------------------------|--|
| 1 Накопительный танк         | 8 Расходомер                       | 16 Тепловой выдерживатель                |
| 2 Насос                      | 9 Регулируемый ограничитель потока | 17 Бустерный насос                       |
| 3 Буферный бак               | 10 Нагреватель/охладитель сливок   | 18 Клапан давления                       |
| 4 Питающий насос             | 11 Перепускной клапан              | 19 Перепускной клапан                    |
| 5 Ограничитель потока        | 12 Линия к баку для сливок         | 20 Линия к баку для обезжиренного молока |
| 6 Пластинчатый теплообменник | 13 Бак для осадка                  |  |
| 7 Молочный сепаратор         | 14 Манометр                        |  |
|                              | 15 Клапан постоянного давления     |  |

**Рис. 27** Технологическая схема линии переработки молока

### 2.2.10.2 Насосы

Много было сказано по этому вопросу. Но также следует отметить, что по нашему мнению, конструкции и работе насосов следует уделить гораздо больше внимание, чем это имеет место сегодня.

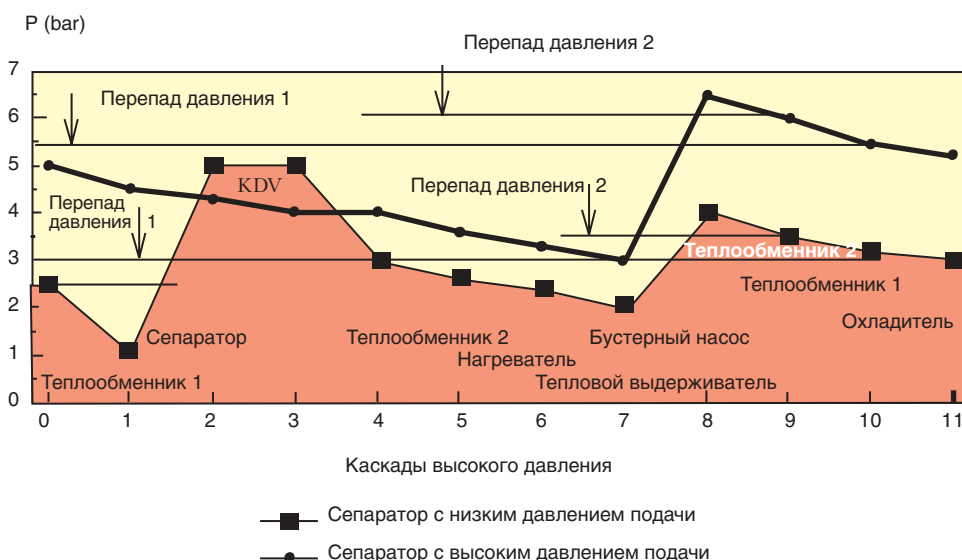
### 2.2.10.3 Система трубопроводов

Помимо возможности безразборной мойки, очень важно исключить резкие изменения сечения трубопровода, поскольку ударные нагрузки при сжатии и разрежении приведет к возросшему содержанию свободных жиров. Также важно, чтобы предельные значения скорости течения жидкости не превышались и не оставались слишком низкими:

- молочные продукты макс. 2 м/с.
- сливки и продукты с высоким содержанием жиров макс. 1,5 м/с.
- скорость потока моющего раствора при безразборной мойке (CIP) мин. 3 м/с.

## 2.2.10.4 Пластинчатые теплообменники

Пластинчатые теплообменники для пастеризации молока лишь косвенно влияют на сепарацию молока. Требования нормативных документов по эксплуатации теплообменников предписывают определенные значения давления на различных участках.



**Рис. 28** Кривая давления для пастеризатора для заданной пропускной способности

Давление подачи сепаратора, а также конструкция и типоразмеры необходимого бустерного насоса оказывают максимальное влияние на уровень давления. Это можно видеть из кривой на рис. 28.

Для того, чтобы снизить значение давления сепараторов с высоким давлением подачи (см. рис. 28 —●—) и, соответственно, снизить давление, действующее на пластинчатый теплообменник, прямо перед сепаратором следует установить бустерный насос. Однако такой бустерный насос приведет к увеличению механических напряжений в цельном молоке, и, следовательно, также повлияет на сепарируемость молока.

## 2.2.10.5 Регулировки сепаратора

Одним из самых важных условий для достижения низкого остаточного содержания жиров в цельном молоке – это правильные регулировки давления в сепараторе.

Для эффективности сепарации основное значение имеет давление  $p_3$  и  $p_4$  со стороны сепарированного молока (см. рис. 29).  $p_3$  определяет зону сепарации в пакете тарелок сепаратора и является критическим параметром для сепарируемости. Также очевидно, что по этой причине эффект флуктуации давления  $p_3$  будет отрицательным. Для того, чтобы позволить жировым шарикам пройти максимальный путь осаждения в пакете тарелок, следует установить такое значение  $p_3$  со стороны обезжиренного молока, которое лишь не допускает переполнения. На практике это давление примерно на 0,5 бар меньше давления переполнения. Чтобы не допустить влияния флуктуаций давления в установленном за сепаратором оборудовании на давление  $p_3$ , на линии обезжиренного молока устанавливается клапан постоянного давления (2). Для исправной работы клапана постоянного давления не должно превышать давление  $p_4$ , в нашем примере 4,5 бар. Если давление будет выше, следует установить бустерный насос для расположенного далее оборудования и, обеспечить, таким образом, возможность снижения давления.

Максимальное давление сливок  $p_5$  зависит от давления  $p_3$ . Содержание жира в сливках может быть отрегулировано при помощи клапана с ручным управлением или регулируемого ограничителя потока (HFC).

При установке регулируемого ограничителя потока (HFC) давление сливок следует установить следующим образом:

При объеме выгрузки, составляющем 10% объемной производительности подачи, что соответствует сливкам прилб. 40% жирности,  $p_3 \approx p_5$ .

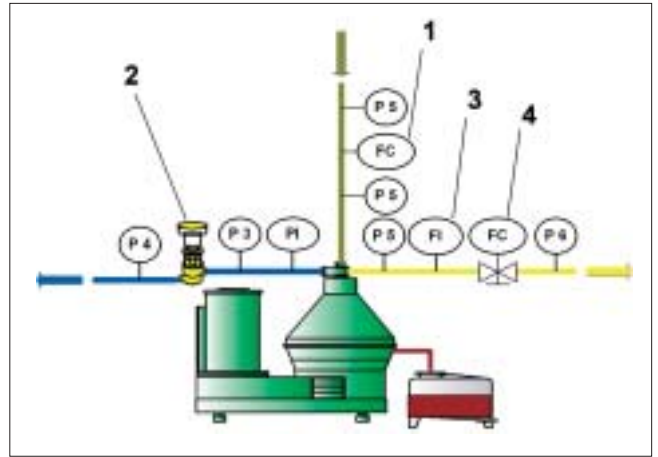
Давление  $p_6$  можно определить следующим образом:

$p_{6 \text{ макс}} = p_5 - 0,5 \text{ бар}$  и  $p_{6 \text{ мин}} = p_5 - 2,0 \text{ бар}$ , поскольку это правило справедливо для регулируемого ограничителя потока со стороны сливок, то оно применяется и для ограничителя потока на входе. Если не могут поддерживаться указанные значения давления, то необходимо обеспечить снятие давления

при  $p_6 > p_{6 \text{ макс}}$  или постепенное снижение давления

при  $p_6 < p_{6 \text{ мин}}$

**Рис. 29** Устройства управления и измерительные приборы на линиях подачи и выпуска сепаратора



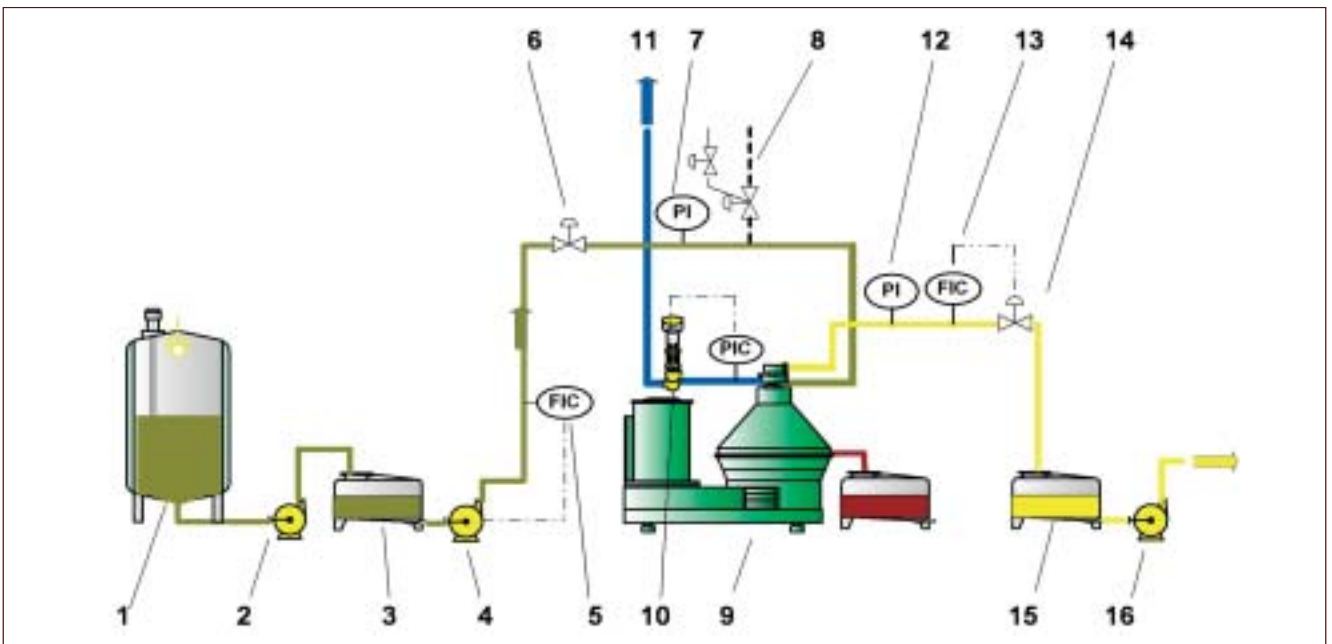
- 1 Ограничитель потока
- 2 Клапан постоянного давления
- 3 Расходомер
- 4 Регулируемый ограничитель потока

- $p_1$  Давление подачи + макс. 2 бар
- $p_2$  Давление подачи  $\approx$  1,0 бар
- $p_3$  давление выпуска обезжиренного молока из сепаратора 5 бар
- $p_4$  макс. давление в оборудовании за сепаратором 4,5 бар

- $p_5$  давление выпуска сливок из сепаратора 5,2 бар
- $p_6$  макс. давление в оборудовании за сепаратором мин.  $p_5$  – 2 бар макс.  $p_5$  – 0,5 бар

### 2.2.10.6 Монтаж сепараторов для холодного молока

Холодное цельное молоко подается в буферный бак (3) при помощи насоса (2) или самотеком (см. рис. 30). Буферный бак должен иметь соответствующие размеры для достаточного количества молока, чтобы насос (4) не засасывал посторонний воздух. Регулируемый объемный насос (4) служит для подачи молока в сепаратор (9). Скорость насоса (4) регулируется при помощи сигнала измерений индуктивного расходомера (5). Таким образом, количество продукта, подаваемого в сепаратор, поддерживается на постоянном уровне. Давление подачи сепаратора, которое в большей степени зависит от пропускной способности, составляет 3 – 4 бар. Содержание жиров в выгружаемых сливках прямо определяется давлением выпуска обезжиренного молока. При регулировании жирности сливок необходимо выполнить следующие операции: При помощи клапана постоянного давления (10) установить такое давление от 2 до 5 бар в зависимости от пропускной способности на входе, чтобы выходили сливки низкой жирности (прибл. 30%). Постепенно уменьшая давления обезжиренного молока и одновременно контролируя содержание жиров в сливках, можно установить требуемое значение жирности. Точные настройки выполняются путем небольшого дросселирования линии выпуска сливок, используя клапан плавной регулировки (14). Давление на линии выпуска сливок при дросселировании или без него не должно превышать 2 бар.



**Рис. 30** Схема установки сепарации холодного молока

- 1 Накопительный танк (цельное молоко)
- 2 Насос
- 3 Буферный бак
- 4 Питающий насос
- 5 Индуктивный расходомер

- 6 Автоматический клапан
- 7 Манометр
- 8 Линия промывки

- 9 Сепаратор для молока
- 11 Линия к баку (обезжиренное молоко)
- 12 Манометр

- 13 Индуктивный расходомер
- 14 Управляющий клапан
- 15 Бак для сливок
- 16 Насос

Имеется возможность частичной автоматизации регулировок жирности сливок. Сигналы измерений от индуктивного расходомера и расходомера на линии подачи (в случае изменяющегося расхода подачи) сравниваются в блоке управления. Для удовлетворительной работы такой системы жирность поступающего цельного молока должны быть постоянной. Сливки собираются в баке, расположенном вблизи сепаратора, и перекачиваются далее при помощи объемного насоса.

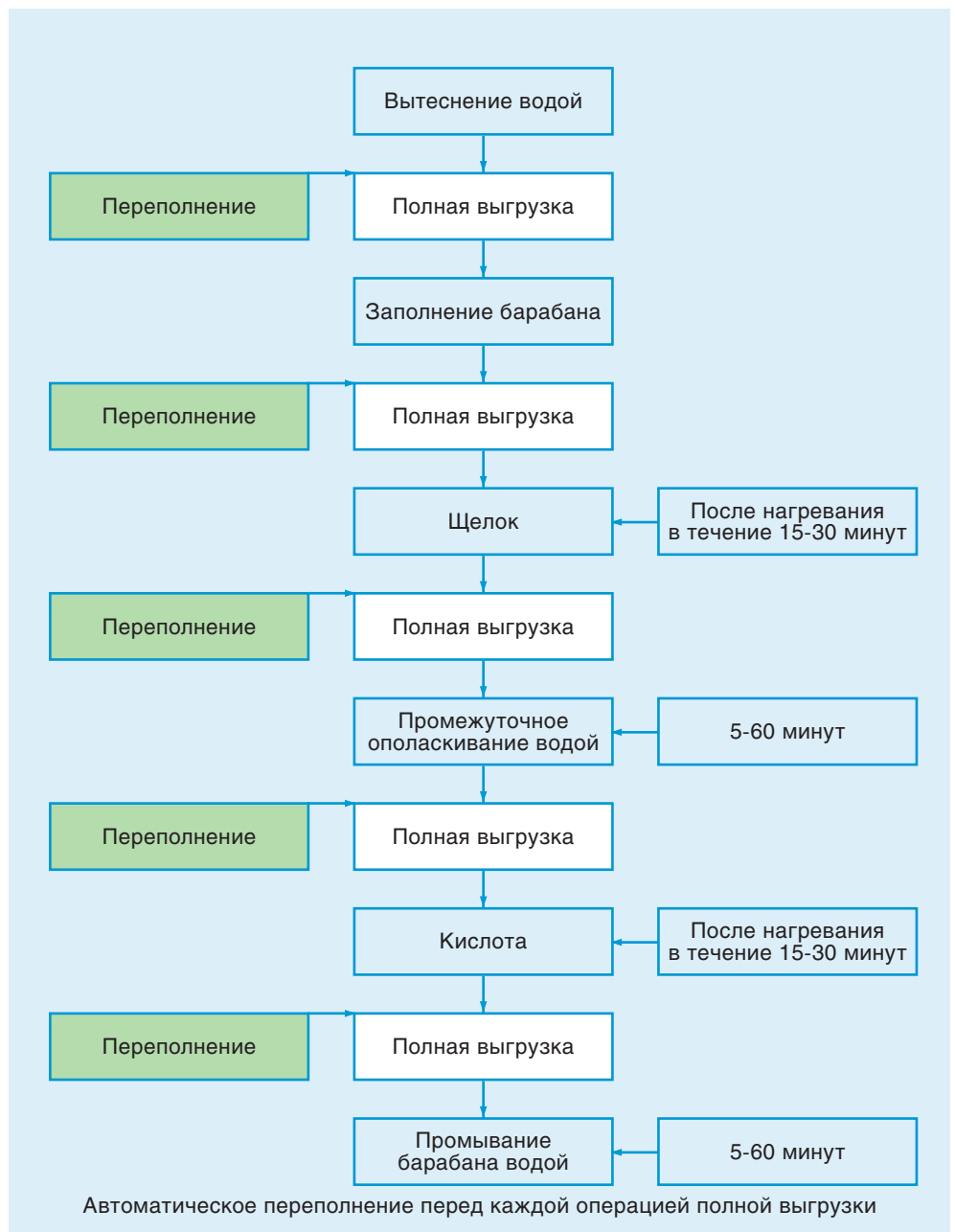
### 2.2.11 Безразборная мойка (CIP)

При все более продолжительных производственных циклах между операциями очистки, что сегодня является обычной практикой, особое значение приобретает процесс безразборной мойки (CIP), разработанный специально для отдельных узлов установки.

В ходе безразборной мойки (CIP) твердые частицы извлекаются из моющего раствора в сепараторе, а затем автоматически удаляются при его разгрузке.

На рис. 31 показана программа безразборной мойки (CIP) для сепараторов, рекомендованная компанией Вестфалия Сепаратор. В зависимости от технологического процесса и установки, а также на основании консультаций с компанией Вестфалия Сепаратор могут потребоваться и другие программы.

**Рис 31** CIP программы для сепарации молока



Следует следовать рекомендациям изготовителя относительно температуры и концентрации моющего раствора.

Как правило, следует начинать со следующих параметров:

Щелок: Температура: 70 – 80 °C  
Концентрация 1,5 – 2,0%

Кислота: Температура: 55 – макс. 60 °C  
Концентрация 0,5 – 1,0%

Здесь мы хотим обратить внимание на технический отчет DIN No. 18: Установки для переработки молока, Очистка и дезинфекция в процессе безразборной мойки (CIP), опубликованный издательством Beuth, 1988. В этих документах подробно рассматриваются все вопросы, относящиеся к безразборной мойке установок для переработки молока.

## 3 Сепараторы для молока

### 3.1 Типы конструкций <sup>4)</sup>

В сепараторах для молока применяются два основных типа конструкции. Сепараторы с непроницаемой стенкой используются в технологических процессах с периодическим режимом и сепараторы с саморазгружающимся барабаном в непрерывных процессах.

#### 3.1.1 Сепараторы с непроницаемой стенкой

Шламное пространство сепараторов с периодическим режимом работы образовано самой непроницаемой стенкой.

Твердые частицы, извлеченные из молока или молочных продуктов, скапливаются в шламовом пространстве на внутренней стенке барабана. Для очистки с применением химических моющих средств барабан следует разбирать после каждого производственного цикла и выполнять эту операцию вручную. Продолжительность производственного цикла обусловлена количеством извлеченных твердых частиц, т.е. содержанием твердых частиц в подаваемом продукте. Производственный процесс следует остановить и очистить барабан, не позже того момента, когда осадок достигнет края тарелок.

#### 3.1.2 Саморазгружающиеся сепараторы

Данные сепараторы находят применение в непрерывных технологических процессах. Сепарация происходит в пакете тарелок, а извлеченные твердые частицы собираются в шламовом пространстве.

Шламное пространство в форме двойного конуса имеет разгрузочные отверстия, открывающиеся и закрывающиеся при помощи гидравлики, которая поднимает и опускает выдвижной поршень.

В ходе технологического процесса скопившиеся твердые частицы могут мгновенно выгружаться с заданной периодичностью при опускании выдвижного поршня. По завершении производственного цикла сепаратор автоматически очищается в процессе безразборной мойки. Операции можно полностью автоматизировать при установке соответствующих блоков управления.

### 3.2 Сепараторы для теплого молока

#### 3.2.1 Общие положения

При разработке сепараторов для молока конструкторы имели, помимо прочего, математические модели. Так называемый K1-фактор, значение которого определяется законом Стокса, является самым важным параметром математических расчетов эффективности сепараторов для теплого молока.

$$K_1 = \frac{3}{\omega} \sqrt{\frac{Q_M}{(r_2^3 - r_1^3) \cdot \tan \alpha}}$$

$\omega$  = угловая скорость [1/с]

$r_2$  = Эффективный наружный радиус тарелки [см]

$r_1$  = Средний радиус относительно положения восходящих каналов [см]

$\alpha$  = Угол тарелки относительно горизонтали

$Q_M$  = Объемный расход подаваемого молока и объем межтарелочной области [см<sup>3</sup>/с]

Как видно из вышеприведенного уравнения для K1, геометрия тарелок, скорость барабана, и, таким образом, центробежное ускорение имеют критическое значение

ние для эффективности сепарации. Для достижения максимальной эффективности сепарации помимо соблюдения математических соотношений, необходимо обеспечить как можно более мягкие условия обработки и бережное обращение с потоками молока внутри барабана.

В конструкции сепараторов особое внимание уделяется недопущению вакуума и защите продукта от сдвиговых нагрузок. В зависимости от их относительной величины сдвиговые нагрузки и вакуум могут разрушить агломераты жировых шариков, а также частично повредить мембраны. Результатом будет увеличение содержания свободных жиров, увеличение числа мелких жировых шариков и, как следствие, увеличение остаточного содержания жиров в сепарированном молоке. Эта проблема может быть решена лишь при условии постоянного заполнения камеры распределителя, расположенного в центре барабана сепаратора. Конструктивно это требование выполняется при герметичном исполнении линий подачи и выпуска сепаратора, а также вращающегося барабана при помощи механических уплотнений. Этим обеспечивается надежное уплотнение при высоких скоростях вращения и радиальных смещениях барабана. Однако такие системы требуют охлаждения и «смазки», а также дорогостоящей системы управления. Как правило, для таких систем также необходимо исключительно высокое давление подачи, что является одним из недостатков при включении таких сепараторов в линию пастеризации.

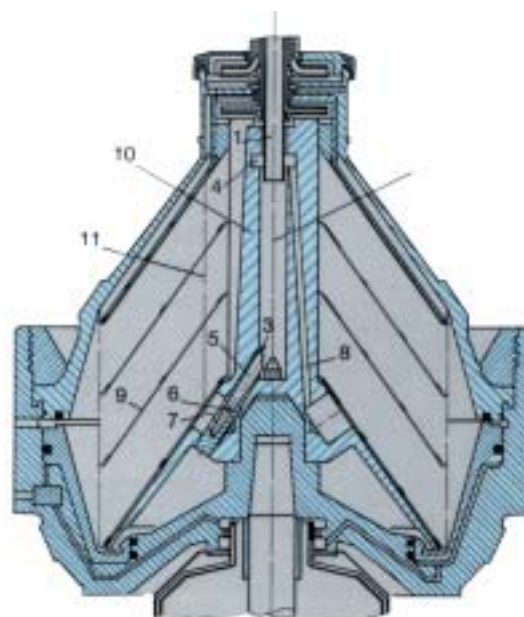
Компания Вестфалия Сепаратор представляет систему плавного потока подачи, благодаря которой обеспечивается постоянное заполнение распределителя, не требующее механических уплотнений.

### 3.2.2 Сепараторы с системой плавного потока

Цель разработки системы «плавного потока» подачи состояла в том, чтобы гарантировать мягкий режим обработки продукта и максимальную эффективность. Поток продукта движется с определенной скоростью через центральный питающий патрубок (1) во впускную камеру (2), вращающуюся со скоростью барабана. Внутренний диаметр впускной камеры (2) примерно в 1,4 раза больше внутреннего диаметра питающего патрубка (1). Общее сечение выпускных отверстий (3) меньше сечения впускной камеры (2). Благодаря такой конструкции впускная камера полностью заполняется продуктом почти до уровня кольцевой камеры (4). Когда впускная камера (2) заполнена, перед выпускными отверстиями (3) создается давление, и продукт плавно перетекает в питающие каналы (5), которые одновременно действуют как дроссели. В питающих каналах продукт находится под давлением, и резкое падение давления приведет к разрушению агломератов жировых шариков. Чтобы не допустить этого, питающие каналы (5) выполнены как выпускные патрубки дросселей. Газ, выходящий из молока, например, при нагревании в ходе пастеризации, выпускается через отверстие (6) в камере (7). Далее он циркулирует через отверстие (8) в кольцевую камеру (4). Оттуда газ или подается в сливки или снова вводится в поток жидкости во впускной камере (2). Такой внутренний контур циркуляции газа защищает межтарелочные области пакета тарелок (9) от попадания больших пузырьков газа, которые могут нарушить процесс сепарации. Система «плавного потока» подачи (10) обеспечивает ровное невозмущенное течение продукта прямо в восходящие каналы (11) пакета тарелок (9).

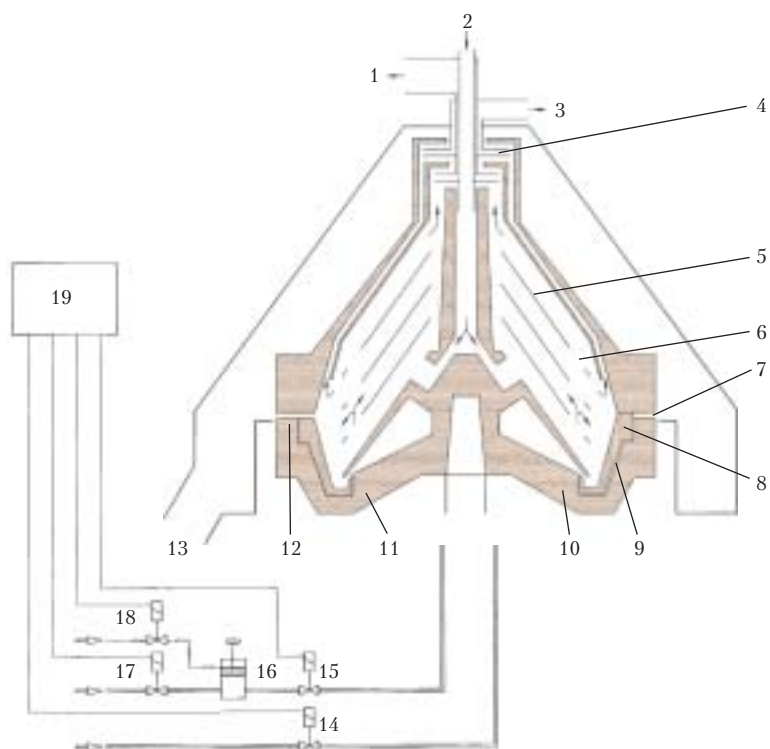
**Рис. 32** Схема системы «плавного потока»

- 1 Питающий патрубок
- 2 Впускная камера
- 3 Выпускные отверстия
- 4 Кольцевая камера
- 5 Питающие каналы
- 6 Отверстие
- 7 Камера
- 8 Отверстие
- 9 Пакет тарелок
- 10 Система «плавного потока» подачи
- 11 Восходящие каналы



### 3.3 Сепараторы для холодного молока

На рис. 33 показан сепаратор для холодного молока полугерметичной конструкции, тип MSD 130-07-076



- |  |                                 |                            |  |
|--|---------------------------------|----------------------------|--|
| 1 Выпуск тяжелой фазы                        | 7 Отверстия для выгрузки осадка | 11 Канал открывающей воды  | 16 Поршень дозатора                    |
| 2 Выпуск легкой фазы                         | 8 Выдвижной поршень             | 12 Поршневой клапан        | 17 Клапан заполняющей воды             |
| 3 Подача                                     | 9 Камера закрывающей воды       | 13 Выгрузка осадка         | 18 Воздушный клапан контура управления |
| 4 Центростремительный насос для тяжелой фазы | 10 Канал закрывающей воды       | 14 Клапан закрывающей воды | 19 Блок управления                     |
| 5 Пакет тарелок                              |                                 | 15 Клапан открывающей воды |  |
| 6 Шламное пространство                       |                                 |                            |  |

**Рис. 33** Сепаратор для холодного молока, тип MSD 130-07-076

Поток продукта подается через питающий патрубок (3) в барабан и разделяется на легкую и тяжелую фазы в пакете тарелок (5). Легкая фаза движется к центру барабана, откуда она отводится без образования пены под давлением при помощи центростремительного насоса (4) к выпускному патрубку (1). Извлеченные твердые частицы собираются в шламном пространстве (6), откуда они быстро выгружаются с установленной периодичностью через отверстия (7) при помощи выдвижного поршня (8) с гидроприводом, при этом закрывающая жидкость подается через поршневой клапан (12). Циклы выгрузки запускаются блоком управления (19).

Подача и выпуск продукта выполняется по закрытым линиям трубопроводов, при этом патрубки подачи и выпуска легкой фазы соединены с вращающимся барабаном с использованием герметичных уплотнений.

Две жидкие фазы выпускаются под давлением. Рабочее давление для регулировок сепаратора задается управляющим клапаном на линии выпуска тяжелой жидкой фазы.

Выпуск легкой фазы также регулируется при помощи управляющего клапана.

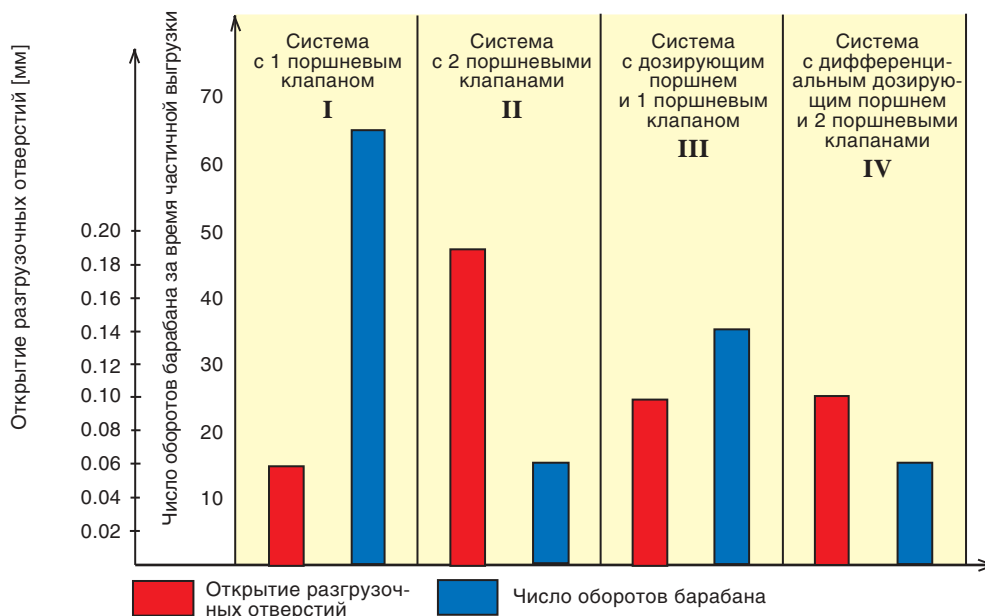
Во время пуска и остановки сепаратора, а также при прерывании производственного цикла, охлаждающая вода должна подаваться во вращающиеся уплотнения линий подачи и выпуска легкой фазы. Эта операция автоматически выполняется программой сепаратора.

### 3.4 Гидравлическая система автоматической разгрузки барабана

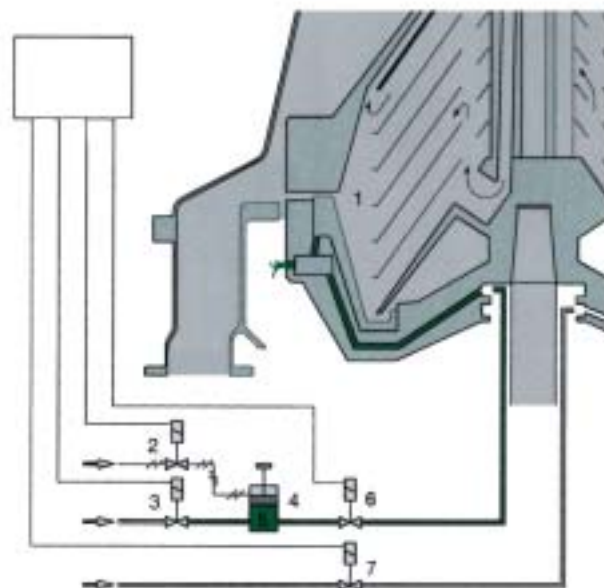
Сепараторы с саморазгружающимся барабаном удаляют извлеченные твердые частицы автоматически с установленной периодичностью на полной скорости барабана. При частичных выгрузках подача продукта в сепаратор не прерывается. В таком рабочем режиме процесс сепарации может выполняться 24 часа в сутки. В зависимости от условий технологического процесса и свойств молока или молочных продуктов, саморазгружающиеся сепараторы могут быть настроены для выполнения частичной или полной выгрузки. При частичной выгрузке разгрузочные отверстия барабана открываются лишь на короткое время, чтобы было выгружено заранее определенное количество осадка. Жидкая фаза остается в барабане. При полной выгрузке разгрузочные отверстия полностью открываются и остаются открытыми, пока не будет выгружено все содержимое барабана. В этом случае поток продукта в сепаратор должен быть перекрыт. Следует также отметить, что параметры течения должны оставаться неизменными. В этом отношении следует обратить внимание на механизм выгрузки, поскольку, каждая разгрузка барабана вызывает турбулентность. Необходимость очень быстрых, но точно воспроизводимых операций частичной выгрузки (PE) привела к разработке двойного поршневого клапана с системой дозирования, работающего вместе с выдвигным поршнем с оптимальным приводом.

На рис. 34 показаны различные этапы разработок, которые привели к используемой сегодня системе. Поз. IV показывает максимально возможное открытие отверстий в течение самого короткого времени. Это позволяет выполнить полную выгрузку за время всего нескольких оборотов барабана. Это также позволяет точно выполнять операции с минимальным выгружаемым объемом. Конечно, в результате ухудшаются параметры течения, однако, если рассматривать всю линию сепарации, то такие возмущения имеют небольшую продолжительность и минимальный эффект. На рис. 35 показана схема работы гидравлической системы сепаратора для молока типа MSD

**Рис. 34** Этапы разработки гидравлической системы автоматической разгрузки барабана



**Рис. 35** Схема работы гидравлической системы открытия и закрытия барабана



- 1 Шламное пространство
- 2 Соленоидный клапан для воздуха контура управления
- 3 Соленоидный клапан для заполняющей воды
- 4 Дозирующее устройство
- 5 Камера дозатора
- 6 Соленоидный клапан для открывающей воды
- 7 Соленоидный клапан для закрывающей воды

При выполнении частичной выгрузки открывается клапан открывающей воды (6), и определенное количество воды, находящееся в дозирующей камере (5), мгновенно подается под давлением в открывающую камеру барабана. Операция закрытия начинается автоматически, когда необходимое количество открывающей воды вытекает через поршневые клапаны. Закрывающая вода (7) подается постоянно во время процесса.

Перед выгрузкой дозирующая камера заполняется при открытии соленоидного клапана (3) с заданной периодичностью. В завершение, при открытии клапана (2) давление воздуха действует на поршень дозирующего устройства, и вода для следующей операции частичной выгрузки подается при определенном давлении.

### 3.5 Типы сепараторов и производительность подачи

Ниже на рис. 36 перечислены сепараторы для теплого молока и их пропускная способность

Е-генерация	D/E генерация	Номинальная производительность до, л/час	Производительность нормализации до, л/час
MSE 35	MSD 30	3000-4000	5000
MSE 55	MSG 55	5000	7500
MSE 75	MSG 75	7500	10000
MSE 85	MSG 85	10000	15000
MSE 150	MSD 130	15000	22000
MSE 200	MSD 170	20000	30000
MSE 250	MSD 200	25000	32000
MSE 300	MSD 250	30000	35000
MSE 350	MSD 300	35000	35000
MSE 400	MSE 400	40000	45000
MSE 500	MSE 500	50000	60000
MSE 600	MSE 500	55000	60000

**Рис. 36** Типы и и пропускная способность сепараторов для теплого молока с саморазгружающимся барабаном и системой «плавного потока»

**Рис. 37** Типы и пропускная способность сепараторов для холодного молока

Тип	Номинальная производительность до, л/час
MSD 90-07-076	10000
MSD 130-07-076	15000
MSD 170-07-076	20000
MSE 500-07-777	30000



**Рис. 38** Линия переработки молока

## 4 Специальные технологические процессы

### 4.1 Сепарация пахты

При выборе модели сепаратора для сепарации пахты следует учитывать тип пахты.

#### 4.1.1 Продукт, как критерий выбора подходящей модели сепарации

Существуют четыре основных вида пахты:

- пахта от свежих сливок
- пахта от сквашенных сливок
- пахта от нейтрализованных сливок
- пахта от цилиндрического маслоизготовителя

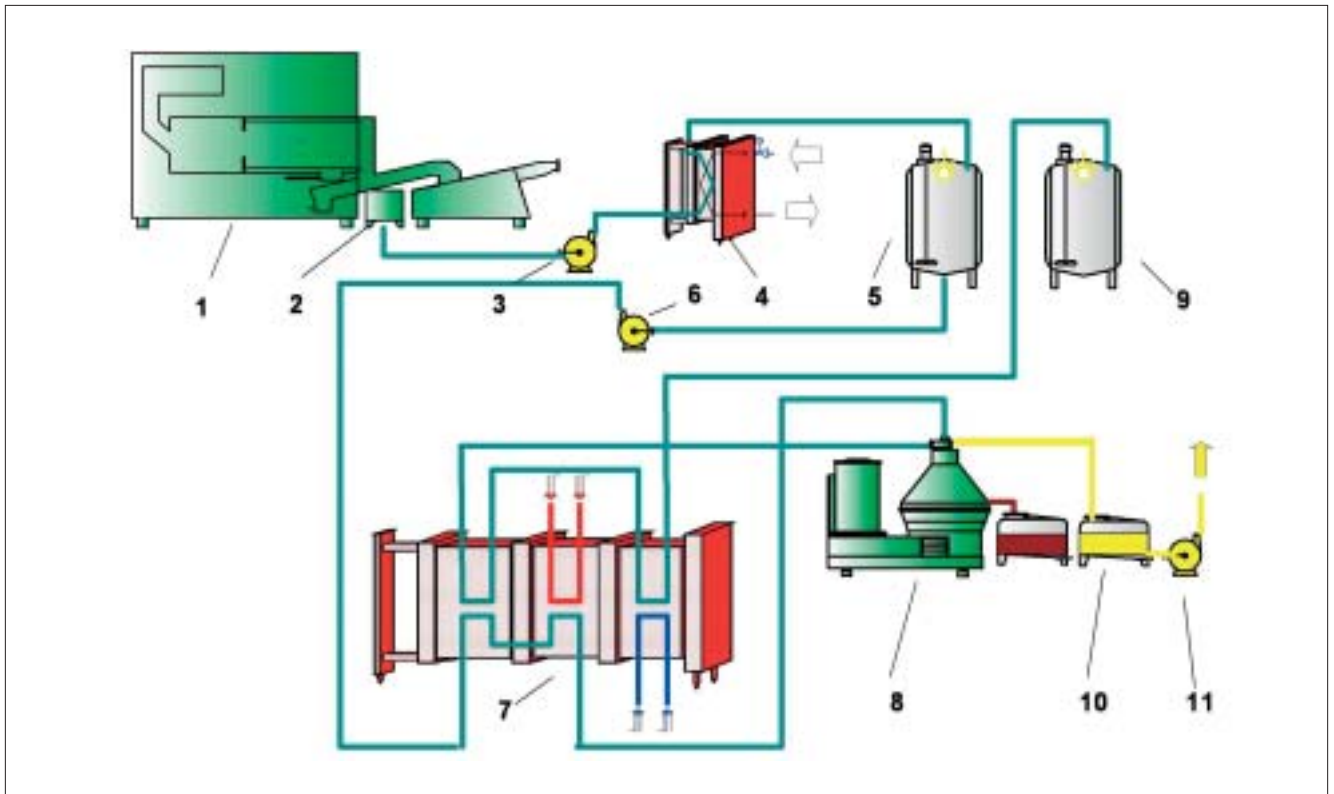
Для сепарации пахты от свежих сливок могут использоваться саморазгружающиеся сепараторы и сепараторы с непроницаемой стенкой (несаморазгружающиеся). Это связано с относительно небольшим количеством извлекаемого свернувшегося белка. Это положение также справедливо для пахты от нейтрализованных сбитых сливок или для пахты от цилиндрического маслоизготовителя.

Для сепарации пахты из сквашенных сливок могут использоваться только саморазгружающиеся сепараторы. Свернувшийся белок отделяется и собирается в шламовом пространстве. Он автоматически удаляется через разгрузочные отверстия с заданной периодичностью.

#### 4.1.2 Параметры технологического процесса

Схема технологического процесса представлена на рис. 39.

Пахта откачивается из маслоизготовителя (1) в танк (5). Пахта должна храниться при температуре 6-8 °С.



- |                     |                              |                           |
|---------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 Маслоизготовитель | 5 Танк-накопитель            | 9 Танк для хранения пахты |
| 2 Ванна для масла   | 6 Насос                      | 10 Ванна для сливок       |
| 3 Насос             | 7 Пластинчатый теплообменник | 11 Насос                  |
| 4 Охладитель        | 8 Сепаратор для молока       |                           |

**Рис. 39** Схема установки сепарации пахты

В пластинчатом теплообменнике (7) пахта от свежих сливок нагревается до 30-40 °С, а пахта от сквашенных сливок до 32-35 °С.

Пахта от нейтрализованных сливок и пахта от цилиндрического маслоизготовителя может обрабатываться в таких же условиях, как и пахта из свежих сливок.

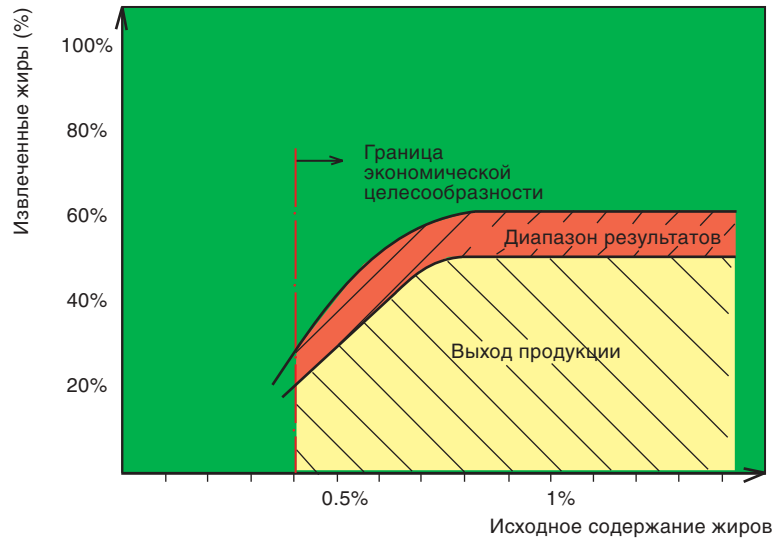
Пропускная способность сепаратора должна составлять примерно 50% номинального значения для пахты от сквашенных сливок и до 100% номинального значения для пахты от свежих сливок. Из сепаратора поток сливок направляется в накопительную ванну для сливок (10). Содержание жировой фракции масла в сливках должно быть установлено на уровне прибл. 25% при помощи клапана плавной регулировки.

Конструкция пакета тарелок зависит от вида перерабатываемой пахты.

### 4.1.3 Эффективность сепарации

Если не проводить тщательного анализа, то по приближенной оценке остаточное содержание жировой фракции масла в сепарированной пахте находится где-то между 50 и 70% от исходной концентрации. Это значение зависит от важных параметров процесса производства масла, таких как обработка сливок, тип маслоизготовителя и технология. Эти технические и технологические параметры влияют на сепарируемость и, следовательно, на остаточное содержание жировой фракции масла в пахте. Однако, если известно исходное содержание жировой фракции масла, то остаточное содержание жиров в сепарированной пахте можно оценить с достаточно высокой степенью точности.

На рис. 40 показан выход жировой фракции масла, как функция исходного содержания жиров.



**Рис. 40** Выход жировой фракции масла, как функция исходного содержания жиров

Сепарируемость жиров пахты от бочечного маслоизготовителя отличается от той зависимости, которая представлена на рис. 40. 20% следует считать предельным значением выхода извлекаемых жиров.

#### 4.1.4 Пропускная способность сепараторов для пахты

Серия наших сепараторов для пахты и их соответствующие показатели пропускной способности представлены на рис. 41.

**Рис. 41** Типы и пропускная способность саморазгружающихся сепараторов

Тип	Номинальная пропускная способность	
	для пахты от сквашенных сливок до, л/час	для пахты от свежих сливок до, л/час
MSE 30-01-076	2000	4000
MSE 55-01-177	2500	5000
MSE 75-01-177	3500	7000
MSE 85-01-177	5000	10000
MSE 130-01-076	7500	15000
MSD 170-01-076	10000	20000
MSD 200-01-076	12500	25000
MSD 350-01-777	20000	35000
MSD 400-01-777	-	40000
MSE 500-01-777	-	50000

## 4.2 Сепарация сыворотки <sup>2)</sup>

### 4.2.1 Критерии для разработки линии сепарации сыворотки

Здесь мы бы хотели обратить внимание на нашу по работу по сыворотке, где были рассмотрены все вопросы, относящиеся к данной теме.

### 4.2.2. Пропускная способность сепараторов для сыворотки

Серия наших сепараторов для сыворотки и их соответствующие показатели пропускной способности представлены на рис. 42.

**Рис. 42** Типы и пропускная способность саморазгружающихся сепараторов

Тип	Номинальная производительность до, л/час
MSD 45-96-177	15000
MSE 60-96-076	25000
MSE 140-96-076	40000
MSE 250-96-777	55000
MSE 350-96-777	75000

### 4.3 Сепарация концентрата сыворотки

Ограничивающими факторами, влияющими на сепарируемость концентрата сыворотки, являются концентрация, температура продукта и содержание центрифугируемого осадка.

Оптимальные результаты можно получить, только при выполнении следующих условий:

- Степень концентрируемости в выпарном аппарате < 1:4, что соответствует макс. содержанию сухого вещества 25%.
- Температура сепарации от 40 до 60 °С.
- Пропускная способность сепаратора от 60 до 70% от соответствующей пропускной способности для молока.

При сепарации концентрата сыворотки возникают проблемы, связанные с повышением температуры в процессе сгущения, приводящей к осаждению сывороточных белков, или со слишком сильным разрежением, что влечет за собой повреждение большого количества жировых шариков. Здесь мы хотим обратить внимание наших читателей на нашу работу, посвященную сыворотке 5).

### 4.4 Сепарация ретентата

Для повышения качества концентрата сывороточного белка (WPC), часть содержащегося в концентрате жира может быть удалена при повторной сепарации. Эта операция может использоваться для того, чтобы, например, конечное содержание жиров составило 5% в 80% концентрате сывороточного белка. Без повторной сепарации конечные показатели содержания жиров при оптимальных условиях составят 7%.

Как правило, при повторной сепарации ретентата (концентрата сывороточного белка), следует принять во внимание следующие положения:

- Пропускная способность сепаратора припл. 50% от пропускной способности при сепарации молока в соответствующем сепараторе.
- Температура сепарации припл. 55 °С.
- Содержание сухого вещества в ретентате 10-30%.
- Сепарируемые твердые вещества составляют макс. 0,4-0,8% отн.об.

В зависимости от вида сыворотки и типа мембран, можно получить снижение исходного содержания жиров на 20-30%.



**Рис. 43** Концентрирование белка на установке ультрафильтрации

## 4.5 Концентрирование сливок

### 4.5.1 Концентрирование сливок низкой жирности до 40-50%

Данный процесс используется на предприятии при получении сливок низкой жирности (прибл. 15%), например, при вторичной сепарации сепарированного молока, сепарации пахты или сывороточного концентрата, и промывании сливок. Если из сливок сбивается масло в ходе описанного выше процесса, то для концентрирования можно использовать сепараторы для теплого молока после их модификации для выполнения этой операции. Производительность при концентрировании составляет примерно половину номинальной производительности сепарации теплого молока.

### 4.5.2 Концентрирование сливок 40% жирности

#### ○ Без дестабилизации

Основное условие получения высококонцентрированных высококачественных сливок, это исключительно мягкий и аккуратный режим их переработки в сепараторе для молока, оснащенный системой «плавного потока».

Увеличение вязкости с повышением жирности определяет предельное содержание молочного жира. Возможно повышение жирности до 75-78%.

Для концентрирования сливок используются модифицированные сепараторы для теплого и холодного молока. Максимальные показатели пропускной способности зависят от степени концентрирования и допустимого содержания жира в сепарированном молоке. В большинстве случаев производительность подачи составляет примерно половину номинальной производительности сепаратора для молока.

#### ○ С дестабилизацией

Дестабилизация сливок выполняется, если необходимо получить сливки с жирностью > 80%. Перед концентрированием сливок размеры жировых шариков уменьшают путем гомогенизации, при этом обеспечивается большая дисперсность жира при одной и той же плотности.

Более подробная информация приводится в документации, посвященной производству молочного жира<sup>6</sup>.

## 5 Методы измерения остаточного количества жира в сепарированном молоке

Методы, выбранные для определения остаточного содержания жиров в сепарированном молоке, разумеется, не влияют на этот показатель. Однако, возможно их влияние на сепарируемость молока, поэтому неверная интерпретация полученных данных, может привести к ошибочным решениям.

На данном рисунке рассматриваются некоторые типичные различия используемых методов измерения (рис. 44). Самое важное различие имеет место между весовым и объемным анализом. Объемный анализ не обнаруживает фосфолипиды в сепарированном молоке, при этом методы весового анализа (например, метод Розе-Готтлиба) их обнаруживают.

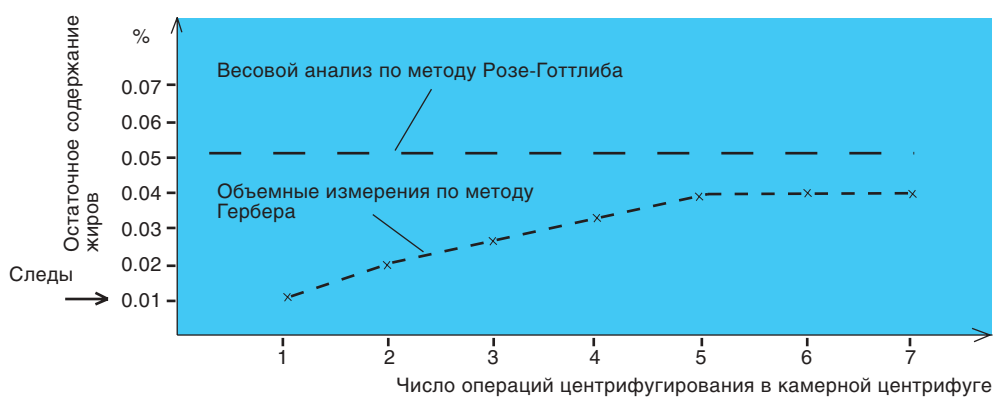
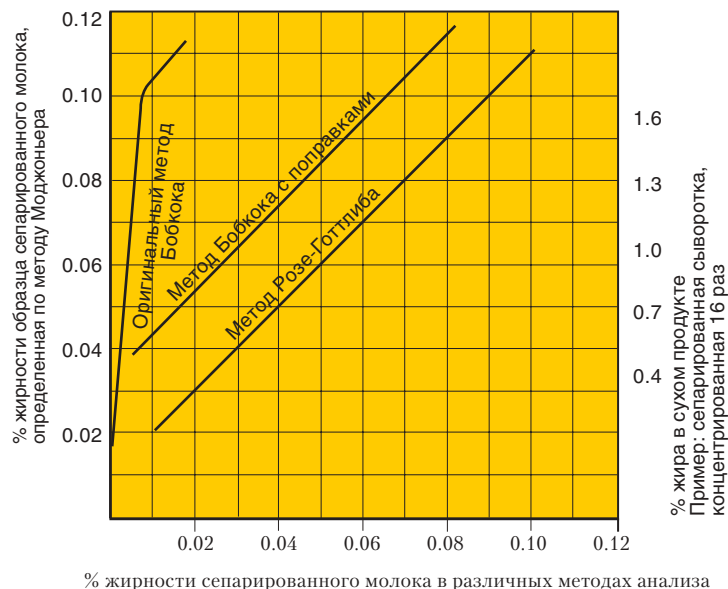


Рис. 44 Сравнение методов измерения

Как показано на рис. 44, различия остаточного содержания имеют постоянную величину при измерении остаточного содержания жиров в обезжиренном молоке, полученном после сепарации цельного молока. Однако они существенно расходятся для других процессов сепарации, таких, как, например, производство высокожирных сливок (70-80%).

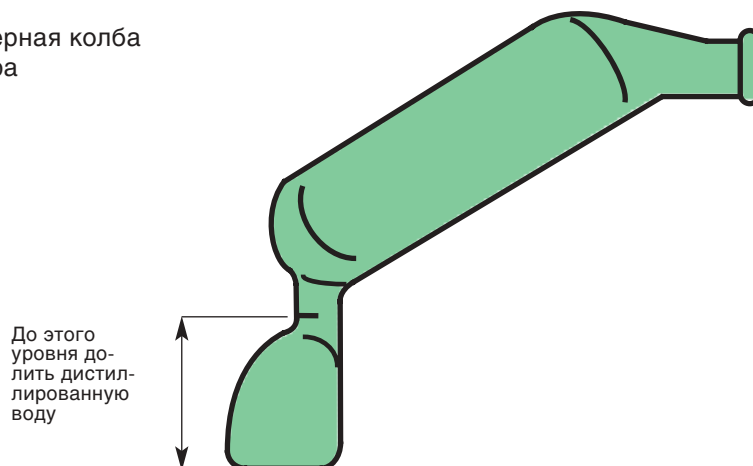
На рис. 45 показаны самые большие различия для методов измерения.

Рис. 45 Сравнение различных методов измерения



Насколько затруднительны такие сравнения, можно судить по результатам методов Моджоньера и Розе-Готтлиба, приведенным на рис. 45. Единственное различие между ними состоит в использовании различных мерных колб. Если в методе Розе-Готтлиба использовать колбу Моджоньера, показанную на рис. 46, то результаты методов Розе-Готтлиба и Моджоньера будут соответствовать друг другу.

**Рис. 46** Мерная колба Моджоньера



## 6 Устройства автоматической нормализации

Нормализация молока и сливок», это процесс доведения содержания молочного жира в сливках и молоке до установленного значения. Превышение максимального содержания молочного жира влечет финансовые убытки для молокозавода.

Современная тенденция состоит в том, что потребители отдают предпочтение молоку низкой жирности. Следовательно, необходимо предложить для рынка широкий ассортимент продуктов, например, молоко с жирностью 0,5%, 1,5%, 2,6%, 3,%% и 3,5%.

С конца 1980-х гг. компания Вестфалия Сепаратор предлагает решения, включающие системы автоматической нормализации, отвечающие всем требованиям рынка.

**Рис. 47** Молочный сепаратор, тип MSD 200



## 7 Принадлежности

### 7.1 Блок управления

Для автоматического программного управления саморазгружающихся сепараторов используются современные блоки ПЛК.

Электронные блоки управления типа TVE 2-M-C7 и TVE 6-M-C7 автоматически управляют клапанами закрывающей и открывающей воды, а также пневматическим клапаном постоянного давления на линии выпуска обезжиренного молока сепаратора. При помощи блока управления TVE 2-M-C7 в соответствии с заданной программой автоматически выполняются операции частичной выгрузки, необходимые при сепарации. Для регулировки таймеров и счетчиков блока управления служат функциональные клавиши и клавиши ввода. При помощи блока управления TVE 6-M-C7 могут автоматически выполняться операции частичной и полной выгрузки.

В процессе безразборной мойки (CIP) операции полной выгрузки и периодического переполнения барабана (промывание крышки) инициируются вручную с блока управления, или автоматически в соответствии с отдельной программой безразборной мойки.

**Рис. 48** Блок управления, тип TVE 2-M-C7



Новое поколение систем управления обладает следующими характерными особенностями:

- Панель оператора с возможностью графического представления
- Интерактивный режим работы с оператором
- Многоязычные сообщения
- Сообщения с управляющими пиктограммами
- Автоматическая индикация сроков технического обслуживания / проверки
- Вывод на дисплей простого текста для оказания помощи и описания приемов диагностики неисправностей
- Опционная комплектация: Соединение с шиной, например, Profibus-DP

**Рис. 49** Дисплей



## 7.2 Клапан постоянного давления

Клапаны постоянного давления используются в установках в тех случаях, когда возможны флуктуации давления на линии выпуска обезжиренного молока. Клапаны постоянного давления с пружинным или пневматическим исполнительным механизмом устанавливаются на линии выпуска обезжиренного молока. Они поддерживают постоянное давление на линии выпуска сепаратора при флуктуациях давления в установленном далее оборудовании.

Номинальные типоразмеры и показатель пропускной способности приведены в таблице на рис. 51.

**Рис. 50** Клапаны постоянного давления



**Рис. 51** Номинальные типоразмеры и показатели пропускной способности клапанов постоянного давления

Номинальный Типоразмер	*Диапазон пропускной способности л/час
DN 40	500-5000
DN 50	5000-15000
DN 65	10000-45000

\* Клапан должен соответствовать диапазону производительности конкретного сепаратора. Выберите по вышеприведенному диапазону пропускной способности.

## 7.3 Ограничитель потока

Ограничитель потока служит для поддержания максимального заданного значения пропускной способности в закрытой трубопроводной системе. Он работает автоматически без дополнительного энергоснабжения. В качестве источника контроля используется кинетическая энергия самого продукта. Ограничитель потока прошел испытания и был одобрен Федеральным Научно-исследовательским Институтом Молочных Продуктов в Киле, Германия.

На рис. 52 изображен ограничитель потока. Диапазоны пропускной способности приведены на рис. 53.

**Рис. 52** Ограничитель потока



**Рис. 53** Диапазоны пропускной способности ограничителей потока

Конструкция *	Пропускная способность, л/час
Фиксированное значение	1250-35000
Регулируемая	300-45000

\* Выбранный ограничитель потока должен соответствовать диапазону производительности конкретного сепаратора. Выберите сепаратор по вышеприведенному диапазону пропускной способности.

## 7.4 Емкость для твердой фракции

В зависимости от условий процесса может появиться необходимость сбора твердой фракции, выгружаемой из сепаратора. В этом случае смесь твердых частиц с водой собирается в специальной емкости для последующей переработки.

В самом простом варианте емкость используется для сбора смеси твердых частиц с водой. Фланцевый насос закачивает эту смесь с определенной периодичностью в бак нейтрализатора. Соответствующие типоразмеры для различных значений пропускной способности перечислены в таблице на рис. 54.

**Рис. 54** Типоразмеры/емкости коллекторов для твердой фракции

Тип	Объем заполнения в литрах	Подходит для сепараторов
Типоразмер 1	макс. 70	MSD 30-MSD 70
Типоразмер 2	макс. 150	MSD 90-MSD 500

**Рис. 55** Очистка и обезжиривание сыворотки



## 7.5 Разгрузочная воронка

В некоторых случаях необходимо переместить твердые вещества, выгруженные из сепаратора, с производственного участка на более низкий уровень. Для этой цели сепаратор может оборудоваться разгрузочной воронкой. Таким образом, удаляемые твердые вещества могут перемещаться через пол, например, в находящийся внизу бак.

## 7.6 Винтовой домкрат

Монтаж и техническое обслуживание сепараторов невозможны без подходящего подъемника. Винтовой домкрат размещается в непосредственной близости от сепараторов. Его достоинство состоит в экономии времени, необходимого для работ по монтажу и демонтажу, и повышении эксплуатационной безопасности.

**Рис. 56** Линия переработки молока с очистителями и сепараторами-сливкоотделителями



Рис. 57 Саморазгружающийся молочный сепаратор, тип MSD 300-01-777



Рис. 58 Сепараторы-сливкоотделители



## 8 Библиография

- 1 Леманн, Ханно Р. Факторы, влияющие на сепарацию цельного молока DMZ 24/25 1993
- 2 Публикации по технологии сельскохозяйственного производства
- 3 Леманн, Ханно Р. Влияние механического воздействия на сепарируемость молока, исходя из содержания свободных жиров и свободных жирных кислот
- 4 Леманн, Ханно Р. Центрифугирование; Процесс сепарации в пищевой промышленности  
Пищевая промышленность, 10 & 11 1992
- 5 Леманн, Ханно Р.,  
Цеттър Карл-Хайнц Технологические линии для производства сыворотки  
Научно-техническая документация No. 6  
Третье издание, исправленное, 1998  
Вестфалия Сепаратор АГ
- 6 Леманн, Ханно Р.,  
Долле Эрнст,  
Уфус Арнольд Технологические линии для получения молочного жира  
Научно-техническая документация No. 9  
Первое издание, 1988  
Вестфалия Сепаратор АГ
- 7 Лактоза Для семинара по молочным продуктам, Сентрико,  
США 2/1993
- 8 Леманн, Ханно Р.,  
Ханшманн В Нормализация по жиру и другим компонентам молока  
Научно-техническая документация  
Вестфалия Сепаратор АГ

Технология  
производства  
напитков



Технологии  
для экологии

Технология  
переработки  
молока



Флот

Переработка  
масел и жиров



Энергетика

Химические  
вещества  
Фармацевтика  
Биотехнология



Нефтепромыслы

Добыча  
нефти и газа



Промышленность

Технология  
получения  
крахмала



Техника

Промышленная  
биотехнология



Центрифуги,  
восстановленные  
в заводских условиях



Присутствие  
в мире



**Westfalia Separator  
Food Tec GmbH**

Take the Best – Separate the Rest

A company of mg technologies group

Westfalia Separator Food Tec GmbH · Werner-Habig-Straße 1 · D-59302 Oelde (F.R. Germany)

Tel.: +49 (0) 25 22/77-0 · Fax: +49 (0) 25 22/77-2089

Internet: [www.westfalia-separator.food-tec.com](http://www.westfalia-separator.food-tec.com) · E-Mail: [foodtec@gea-westfalia.de](mailto:foodtec@gea-westfalia.de)

**105094, Москва, Россия, Семеновский вал, д. 6, стр. 1.**

Тел.: +7 095 787 20 05 Факс: +7 095 787 2008; E-mail: [secretary.wsmoscow@gea.ru](mailto:secretary.wsmoscow@gea.ru)

**191123, С-Петербург, Россия, Шпалерная, д. 36, оф. 313**

Тел.: +7 812 272 47 71. Факс: +7 812 272 47 71; E-mail: [alexeev.wsspb@gea.ru](mailto:alexeev.wsspb@gea.ru)

**630099, Новосибирск, Россия, ул. Ленина, 21, оф. 706.**

Тел.: +7 3832 23 46 82. Факс: +7 3832 23 56 81; E-mail: [ws@online.nsk.su](mailto:ws@online.nsk.su)

**01135, Киев, Украина, ул. Павловская, 29.**

Тел.: +38 044 461 93 55. Факс: +38 044 461 93 60; E-mail: [wsua@westfalia.kiev.ua](mailto:wsua@westfalia.kiev.ua)

**Ташкент, Узбекистан, ул. Пушкинская, д.65.**

Тел.: +99 8712 41 89 41; +99 871 186 02 01 Факс: +99 8712 41 89 41