

УДК 637.1/.3

Системы регенерации моющих растворов на молокоперерабатывающих предприятиях

Н.В.ГОРЯЧИЙ,
канд. биол. наук **Т.А.КРАВЦОВА,**
Н.А.ЧИКОВ
ЗАО НПО «Элевар»

Получение максимальной прибыли – цель каждого коммерческого предприятия. Анализ конкурентной среды, постоянный поиск новых технических и технологических решений – шаги, на которые идут предприятия для того, чтобы снизить себестоимость и предложить рынку высокомаржинальную продукцию.

Факторами, оказывающими самое непосредственное влияние на себестоимость выпускаемой продукции являются расходы воды и энергии всех видов, количество стоков, потребление моющих средств. Очевидно, что на физически устаревшем оборудовании при изношенных инженерных системах невозможно получить рентабельный продукт, поэтому любая реконструкция и модернизация производства должны включать в себя полный пересмотр этих составляющих.

Одна из таких составляющих – системы мойки оборудования (СИП-станции). Они являются одновременно потребителями всех ресурсов предприятия – чистой воды, тепла, электрической энергии, а также источниками образования основных производственных стоков предприятия и потребителями моющих компонентов.

Молокоперерабатывающая отрасль является крупным потребителем воды: на производство 1 л молока ее затрачивается не менее 3,5 л. Величина технологических потерь молока при переработке составляет 0,5–4 % принятого на переработку объема в зависимости от уровня оснащенности предприятия и выпускаемого ассортиментного ряда [1].

Сточные воды молочных заводов представляют собой сложную коллоидную и физико-химическую систему, которая формируется из остатков молока и молочных продуктов при ополаскивании оборудования и отработанных

моющих растворов. Сбросы отработанных моющих веществ предприятия различны: для современного завода, перерабатывающего 1500 т/сут молока они достигают 3,5 т/сут щелочи, 1 т азотной кислоты и до 1 т дезинфицирующих сред [2]. На заводе мощностью 100 т/сут расход щелочи за год составляет 120 т [3].

Минимизация затрат на мойку оборудования является объектом внимания ведущих игроков молокоперерабатывающего рынка. Решение данного вопроса традиционно проводилось в двух направлениях: сохранение концентрации моющего вещества в циркуляционном контуре, т.е. избежание или минимизация разбавления моющего раствора; регенерация моющего раствора для его повторного использования.

Работы по повышению концентрации моющего раствора после его частичного разбавления в контуре мойки проводились путем концентрирования растворов на полимерных мем-

бранах [1]. Но с интегрированием в технологические линии дуплексных систем механической очистки эта проблема была частично снята. Вопрос регенерации моющих сред остался актуальным и по сегодняшний день.

На молочных предприятиях потребление щелочных моющих растворов преобладает над кислотными [2]. Кроме этого часто в качестве кислотных растворов используются растворы с комплексными моющими добавками, которые характерны для какого-то конкретного участка, и оборот такого раствора на производстве относительно невелик. Поэтому системы регенерации моющих растворов в основном ориентированы на регенерацию однокомпонентного раствора щелочи.

Технически многократное использование моющих растворов может быть реализовано с помощью нескольких вариантов организации процесса, которые схематично показаны на рис. 1.

Использование сепаратора (рис. 1, В) для регенерации моющего раствора

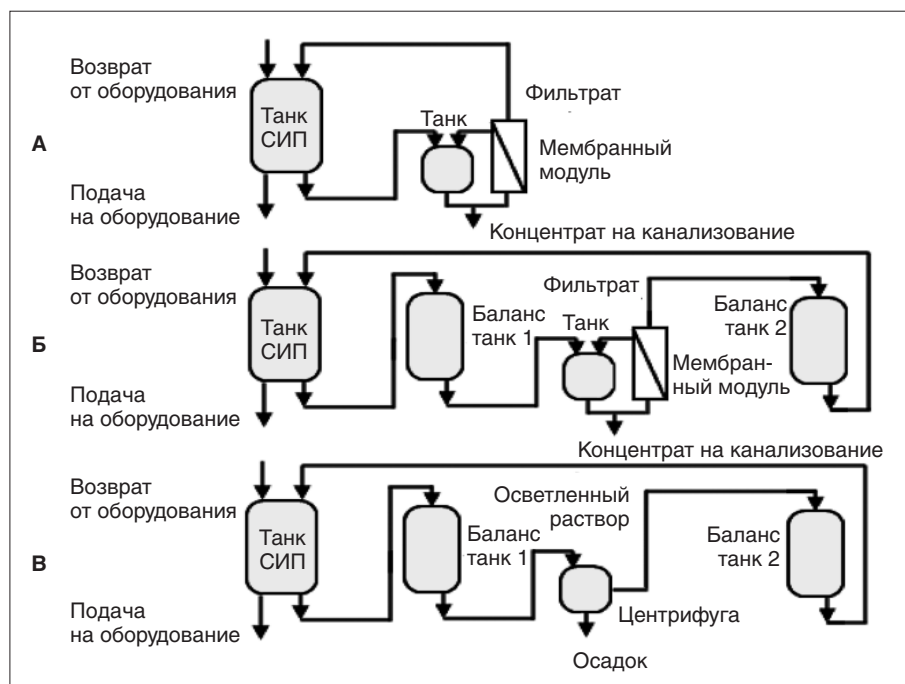


Рис. 1. Схема участка регенерации моющего раствора станции СИП [4]

Таблица 1

Показатель	Свежий моющий раствор	Концентрат грязевой	Фильтрат
pH	12,4	12,0–12,4	12,0–12,4
СВ, масс. %	1,0	1,0–2,0	0,9–1,0
Электропроводность, мСм/см	18	15	15–20
ХПК, мг O ₂ /л	2650	3000–10000	1500–2000
Жесткость, мг Са/л		5–30	Менее 4
Поверхностное натяжение, мН/м	40	30–40	30–40
Содержание жира, %	0	0,3–1,2	0,05
Содержание азота, г/л	0	Менее 3	0,1
Содержание лактозы, г/л	0	2,0–3,0	0,1
Взвешенные вещества, г/л	0	6	0,1

оборачивается высокими капитальными и эксплуатационными затратами, но основным недостатком данного метода является то, что удаляются только нерастворенные загрязнения (например, скоагулированный белок), а растворимые загрязнения остаются в растворе.

Для регенерации растворов используются мембранные фильтрационные системы, которые интегрируются непосредственно к танку моющего раствора (рис. 1, А) или выносятся из контура СИП-станции, дооснащаются двумя балансировочными танками для приемки отработанного моющего раствора и сбора очищенного (рис. 1, Б). Затраты на последний вариант выше, чем на предыдущий, но, как правило, производственная практика идет по варианту, указанному на рис. 1, Б. Это связано с тем, что система регенерации моющего раствора сама останавливается на мойку, и на действующем производстве затруднительно интегрировать установку в действующую станцию СИП, работающую по собственному алгоритму без установки балансировочных танков.

К восстановленному моему раствору предъявляется главное требование – сохранение его моющей способности. В процессе мойки оборудования в моющий раствор попадают все компоненты, которые остались на поверхности оборудования: белок в нативном или скоагулированном виде, жир, лактоза и соли молока, компоненты, привнесенные при производстве кисломолочных продуктов. Удалив из отработанного моющего раствора отмытые загрязнения, его можно восстановить. Стадию восстановления (регенерации) моющих растворов проводят на селективно проницаемых химически и термически устойчивых полимерных и/или керамических мембранах.

В табл. 1 показаны физико-химические показатели исходного чистого и восстановленного моющего раствора, а также концентрата, содержащего все примеси, которые были отмыты с внутренней поверхности оборудования [2].

Поверхностное натяжение (σ) – один из главных факторов для оценки качества восстановленного раствора. В случае регенерации однокомпонентного раствора щелочи эта величина зависит от ХПК и определяется по следующим соотношениям [2]:

для значений $0 < \text{ХПК} < 4$ г/л

$$\sigma = 39,1 - 6,5 \ln[\text{ХПК}],$$

для значений $\text{ХПК} > 4$ г/л $\sigma = 30,0$.

Показано, что многократная регенерация щелочного раствора не ухудшает его моющей характеристики.

Эффективная по качеству фильтрации и длительности фильтрации работа установки возможна при корректно выбранной мембране и стадии подготовки раствора, подаваемого на фильтрационную установку. Выбранная мембрана должна обеспечить эффективную очистку раствора, а режим фильтрации – длительность фильтрационного цикла. Анализ частиц, которые находятся в отработанном моющем растворе, показывает, что это достаточно крупные частицы (десятки микрон) разнообразной природы. На рис. 2 показаны микрофотографии частиц и резуль-

таты покомпонентного спектрального анализа этих частиц.

В качестве предфильтра для мембранных систем используется стрейнер-фильтрация номиналом в 5 мкм. Использование керамической фильтрации в тангенциальном режиме в качестве предварительной подготовки раствора сдерживается относительно высокими капитальными затратами [5]. Частицы нерастворимых загрязнений на поверхности мембраны имеют характерный геометрический размер в несколько десятков микрон, что говорит об их укрупнении в процессе фильтрации. Как видно из данных спектрального анализа, природа нерастворимых загрязнений многообразна: это силикаты, карбонаты, углерод, частицы металла. Такой широкий по химической природе спектр взвешенных частиц сужает использование химически стойких полимерных мембран (но не исключает) и ориентирует потребителя на абразивостойкие керамические мембраны.

Для работы установок по регенерации моющих растворов характерен выход по восстановленному раствору на уровне 75–90 % [2, 4, 6], т.е. потребление щелочи, воды для приготовления свежего раствора и объем вод для канализования снижается в 3–10 раз. Экономическая эффективность рабо-



Рис. 2. Микрофотографии чистой (новой) мембраны и частиц на ее поверхности после фильтрации отработанного моющего раствора [2]

Таблица 2

Статья затрат	Работа СИП-станции		Разница между вариантами 1 и 2)	Стоимость ресурса, евро	Экономия, евро/год
	при однократном использовании моющего раствора (вариант 1)	при регенерации моющего раствора (вариант 2)			
Вода, м ³	4586	1147	+3439	0,22	757
Приобретение моющего deterгента, м ³	93,6	23,4	+70,2	912	64022
Сточные воды, м ³	4680	1170	+3510	0,53	1860
СО ₂ для нейтрализации, кг	60000	15000	+45000	0,15	6750
Электроэнергия для работы мембранной установки, кВт		11500	-11500	0,015	-172
Пар, т	350	159	+191	15	2865
Трудозатраты, ч		1040	-1040	17	-17680
Обслуживание установки		6125	-6125		-6125
Замена мембран		5480	-5480		-5480
Амортизация		73000	-73000		-6930
Итого					39867

ты подобных установок на сегодняшний день уже очевидна.

Рассмотрим показатели работы установки на производстве йогурта на заводе в Испании. Потребляемый объем свежего моющего раствора – 4680 м³/год. В табл. 2 приведены основные затраты производства на мойку оборудования с системой регенерации моющего раствора и без такой системы [5]. В расчетах приводятся данные для установки фильтрации отработанного моющего раствора площадью фильтрации 40 м², капитальные затраты на установку – 73 тыс. евро, срок службы полимерной мембраны – 1 год, срок амортизации – 10 лет, выход очищенного раствора – 75 %.

Функционирование такой установки оправдывает капитальные затраты. Срок окупаемости составляет менее 2 лет, что является приемлемым показателем для современного молочного предприятия. Описанная технология и оборудование для России на сегодняшний день являются новыми и нераспространенными. Внедрение такой технологии может быть при комплексной реконструкции и расширении действующих производств. Вступление России в ВТО открывает ее рынок для импортных производителей, поэтому достичь успеха смогут только те компании, которые внедряют новые энерго-, ресурсосберегающие технологии, позволяющие сократить издержки и повысить эффективность производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Elina Räsänen, Marianne Nyström, Janne Sahlstein, Olli Tossavainen.** Purification and regeneration of diluted caustic and acidic washing solutions by membrane filtration *Desalination* 149 (2002) 185–190.
- Pablo Fernández, Francisco A. Riera, Ricardo Álvarez, Silvia Álvarez.** Nanofiltration regeneration of contaminated single-phase detergents used in the dairy industry. *J of Food Engineering* 97 (2010) 319–328.
- Genevieve Gesan-Guizou, Evelyne Boyaval, Georges Daufin.** Nanofiltration for the recovery of caustic cleaning-in-place solutions: robustness towards large variations of composition *Desalination* 149 (2002) 127–129.
- G. Gesan-Guizou, N. Alvarez, D. Jacob, G. Daufin.** Cleaning-in-place coupled with membrane regeneration for re-using caustic soda solutions. *Separation and Purification Technology* 54 (2007) 329–339.
- Eun Kyung Choe, Eun Jong Son, Beom Soo Lee, Sung Hoon Jeong, Hyun Cheol Shin, Jang Seong Choi.** NF process for the recovery of caustic soda and concentration of disodium terephthalate from alkaline wastewater from polyester fabrics. *Desalination* 186 (2005) 29–37.
- Кравцова Т.А., Горячий Н.В., Титов А.Ю., Кондратьева Т.В.** Инновационные технологии: экономим средства и сохраняем окружающую среду // *Переработка молока*. 2012. №7. С. 36–37.



Международная промышленная академия, имеющая 43-летний опыт работы в сфере дополнительного профессионального образования, приглашает руководителей и специалистов предприятий отрасли на обучение по следующим программам:

11–15 февраля

● повышение квалификации «Все о налогах на 2013 год»

18–22 февраля

● повышение квалификации «Новое в законодательстве и нормативной базе по вопросам промышленной безопасности и охраны труда. Разработка технологических регламентов на опасных производственных объектах хранения и переработки растительного сырья»

30 марта – 6 апреля

● повышение квалификации «Налогообложение юридических лиц в 2013 году» (выездной семинар в Испании)

15–16 апреля

● Международная конференция «Продовольственная безопасность России в условиях работы в ВТО. Первый опыт»

22–26 апреля

● повышение квалификации «Транспортная логистика при перемещении грузов промышленных и сельскохозяйственных предприятий»

Более подробная информация на сайте www.grainfood.ru

**ПОДПИСКА
НА I ПОЛУГОДИЕ 2013 г.**

**«Молочная
промышленность»**

Индекс 70573

(в каталоге «Роспечать»).

Стоимость одного номера журнала – 550 руб.

**«Сыроделие
и маслоделие»**

Индекс 47348

(в каталоге «Роспечать»).

Стоимость одного номера журнала – 350 руб.