

УДК 655.557:655.7

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПИНСКОГО ФИЛИАЛА ОАО «САВУШКИН ПРОДУКТ»

Е. А. Урецкий¹, И. В. Николенко², В. В. Мороз³

¹ Компетентный внештатный представитель Корпорации Hoffland Enwironmental Inc. (USA), инженер-эколог, РУП «Белорусский государственный проектный институт», Витебск, Беларусь, e-mail: euretsky@yandex.by

² Д. т. н., профессор, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и санитарной техники, институт «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, e-mail: energia-09@mail.ru

³ К. т. н., доцент, заведующий кафедрой природообустройства, УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: vovavall@mail.ru

Реферат

Проведено обследование образующих сточные воды производств и существующей станции нейтрализации отработанных технологических растворов Пинского филиала ОАО «Савушкин продукт». По результатам обследований разработаны мероприятия по совершенствованию образующих сточные воды производств по направлению уменьшения потребления воды на технологические нужды и выноса токсичных ингредиентов со сточными водами, а также подобрано рекомендованное оборудование для эффективной очистки сточных вод. Подготовлено техническое задание для проектирования современных очистных сооружений обработки сточных вод молочного производства. Совместно с фирмой HYDROMATIC GmbH (Германия) разработана технология очистки сточных вод этого предприятия с высокоэффективным аппаратным оформлением. Данная компания предлагает предприятию проверенное и успешно функционирующее во многих странах мира сочетание способов физико-химической и биологической очистки производственных сточных вод, в котором используется современное высокоэффективное технологическое оборудование, материалы, а также передовые технологии в области физико-химической очистки, биологической очистки, доочистки сточных вод и системы автоматического контроля, позволяющие получать необходимое качество очищенной воды с минимальными эксплуатационными затратами.

В работе проведены исследования состава сточных вод производства молочной продукции с целью совершенствования использования в направлении уменьшения потребления питьевой воды на технологические нужды и выноса токсичных составляющих со сточными водами. При проведении исследований была осуществлена проверка полученных выводов, использованных для разработки технологий очистки различных видов сточных вод, внедрения высокоэффективного технологического оборудования и использования полученного при биологической обработке сточных вод биогаза для мини ТЭЦ.

Ключевые слова: молочные продукты, химические аппараты, фильтры, реагенты, осветлитель, осадок, биогаз.

DEVELOPMENT OF A RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR WASTEWATER TREATMENT OF A DAIRY PRODUCTS ENTERPRISE, ON THE EXAMPLE OF THE PINSK BRANCH OF SAVUSHKIN PRODUCT JSC

E. A. Urecky, I. V. Nikolenko, V. V. Moroz

Abstract

An inspection of wastewater-generating industries and the existing neutralization station for waste process solutions of the Pinsk branch of JSC Savushkin Product was conducted. Based on the inspection results, measures were developed to improve wastewater-generating industries in the direction of reducing water consumption for process needs and removing toxic ingredients with wastewater, and recommended equipment for effective wastewater treatment was selected. A technical assignment was prepared for the design of modern treatment facilities for dairy wastewater treatment. Together with HYDROMATIC GmbH (Germany), a wastewater treatment technology for this enterprise with highly effective hardware was developed. This company offers the enterprise a proven and successfully operating in many countries of the world combination of methods of physical-chemical and biological purification of industrial wastewater, which uses modern highly efficient technological equipment, materials, as well as advanced technologies in the field of physical-chemical purification, biological purification, additional purification of wastewater and automatic control systems, allowing to obtain the required quality of purified water with minimal operating costs. The work conducted studies of the composition of wastewater from the production of dairy products in order to improve the use in the direction of reducing the consumption of drinking water for technological needs and the removal of toxic components with wastewater. During the research, the obtained conclusions were verified, used to develop technologies for cleaning various types of wastewater, the introduction of highly efficient technological equipment and the use of biogas obtained during biological treatment of wastewater for mini-CHPs.

Keywords: dairy products, chemical apparatus, filters, reagents, clarifier, sediment, biogas.

Введение

Сточные воды предприятий молочной промышленности относятся к категории высококонцентрированных по органическим загрязнениям [1–5, 7]. Обычно предприятия располагаются на территории населенных пунктов, и сточные воды этих предприятий принимаются канализационными сетями системы водоотведения города (населенного пункта) в соответствии с п. 5.2 [22].

Состав и концентрация загрязнений в сточных водах такого рода предприятий зависят от особенностей технологического процесса производства и ассортимента выпускаемой продукции [6, 8–10].

Сточные воды, как правило, содержат большое количество органических загрязнений – белки, жиры, углеводы, а также загрязне-

ния от мытья тары оборудования и пола. Это обусловлено потерями и отходами сырья при производстве белковых продуктов (сыра, творога и др.). Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах предприятий молочной промышленности в данном случае в пять раз и более превышает допустимые значения.

В соответствии с существующими нормативами сточные воды перед выпуском в городскую систему водоотведения должны быть подвергнуты локальной (предварительной) очистке на территории предприятия.

Как правило, очистка сточных вод этих производств сводится к снижению концентрации взвешенных веществ и жиров. Этим достигается защита канализационных сетей от засорений и возможность извлечения из сточных вод для утилизации содержащихся

в них ценных веществ, например, жиров, белковых веществ, а также загрязнений, затрудняющих последующую биологическую очистку общего объема сточных вод предприятия и населенного пункта [14].

Острая необходимость в строительстве локальных очистных сооружений связана и с тем, что в настоящее время продвижение продукции на рынки дальнего зарубежья возможно только при выпуске продукции с благополучной экологической ситуацией на предприятии, эти требования оговаривают ИСО 9001 и ИСО 1401.

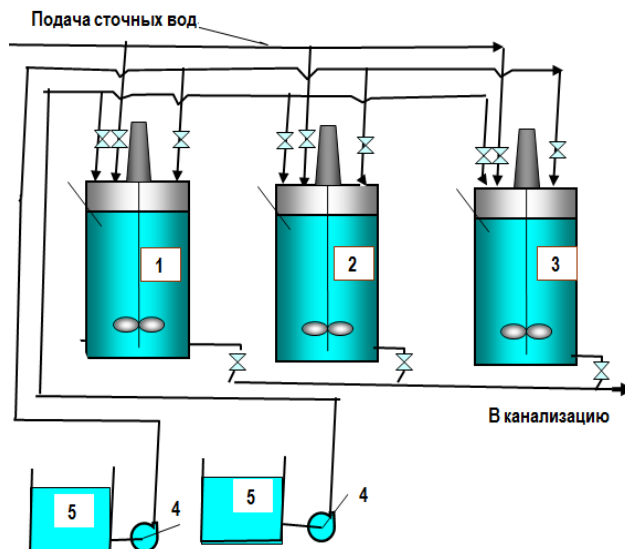
Разработка технологии очистки сточных вод производств молочных продуктов

Общее водопотребление на ОАО «Савушкин продукт» в г. Пинске за последние годы составило 267840 м³/год. Объединенный хозяйственно-питьевой и производственный водопровод предприятия присоединен к городскому водопроводу.

Наружные сети водопровода включают систему трубопроводов и установку для обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением. Установка для обеззараживания воды смонтирована в помещении главного производственного корпуса. На отдельных участках системы водоснабжения эксплуатируются локальные установки – фильтры для обезжелезивания воды, установленные в производственном цехе, фильтры натрий-катионитового умягчения воды.

Оборотные системы водоснабжения на предприятии предназначены для водяного охлаждения оборудования, для охлаждения компрессоров, охлаждения оборудования сушильного цеха. Обратная система включает в свой состав две градирни и насосную станцию. Подпитка системы осуществляется из хозяйственно-питьевого водопровода. Вода из градирни в случае её ремонта сбрасывается в систему дождевой канализации предприятия.

На предприятии существует отдельная система канализации, состоящая из сетей дождевой канализации, хозяйственно-бытовой и производственной канализации. Локальных очистных сооружений промышленных сточных вод на предприятии нет. Имеет место только станция нейтрализации отработанных щелочных и кислотных моечных растворов перед сбросом их в городскую хозяйственно-бытовую канализацию, приведенная на рисунке 1.



- 1 – емкость для нейтрализации V = 6 м³; 2 – емкость для нейтрализации V = 6 м³; 3 – емкость для нейтрализации V = 10 м³;
4 – насосы для дозирования концентрированных реагентов;
5 – емкость для концентрированных реагентов

Рисунок 1 – Упрощенная схема станции нейтрализации концентрированных отработанных растворов, оборудования и технологических трубопроводов

В процессе обследования производств, образующих сточные воды, проведенного совместно с химико-технологической лабораторией предприятия, установлено, что на предприятии имеет место превышение показателей загрязняющих веществ на выпусках в городскую хозяйственно-бытовую канализацию установленных для г. Пинска (таблица 1).

Таблица 1 – Средние значения состава сточных вод Пинского филиала ОАО «Савушкин продукт» и ПДК для сброса сточных вод на выпуск в городскую хозяйственно-бытовую канализацию для г. Пинска

Наименование показателей	Ед. изм.	Результаты исследований				ПДК, установленные для сброса сточных вод в х/б канализацию для г. Пинска
		1	2	3	4	
Взвешенные вещества	мг/дм ³		151			до 500
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	860	550	800	390	до 400
pH		7,6	7,5	11,9	9,7	6,5-8,5
ХПК	мгО ₂ /дм ³			1638		до 1000
Жиры	мг/дм ³			49		до 50
Сухой остаток	мг/дм ³	1666	999	3428	999	до 1000
Хлориды	мг/дм ³		99			до 300
Сульфаты	мг/дм ³		66			до 100
Фосфаты	мг/дм ³	11,5	6,1	47,2	8,9	до 4,5
Азот аммонийный	мг N/дм ³		4,7			до 35
СПАВ (анион.)	мг/дм ³		0,7			до 2
Железо	мг/дм ³		2,3			до 3
Нефтепродукты	мг/дм ³		1,0			до 1,0

По данным таблицы 1, необходимо осуществить очистку производственных сточных вод для последующего сброса в городскую канализационную сеть до действующих в настоящее время в г. Пинске нормативных показателей [23].

В случае пересмотра действующих в настоящее время в г. Пинске ПДК, требования к очистке сточных вод на выпуске в городскую хозяйственно-бытовую канализацию могут быть изменены. Наименование участков и объемы сбросов сточных вод основного производства приведены на рисунке 2.

В результате проведенных исследований сформировано техническое задание к плану мероприятий по очистке производственных сточных вод филиала ОАО «Савушкин продукт» в г. Пинске:

1. Для принятия экологически безопасных и технико-экономических обоснованных решений по совершенствованию системы водоотведения и очистки производственных сточных вод филиала ОАО «Савушкин продукт» необходимо руководствоваться действующими нормативными документами, установленными конкретно для г. Пинска.

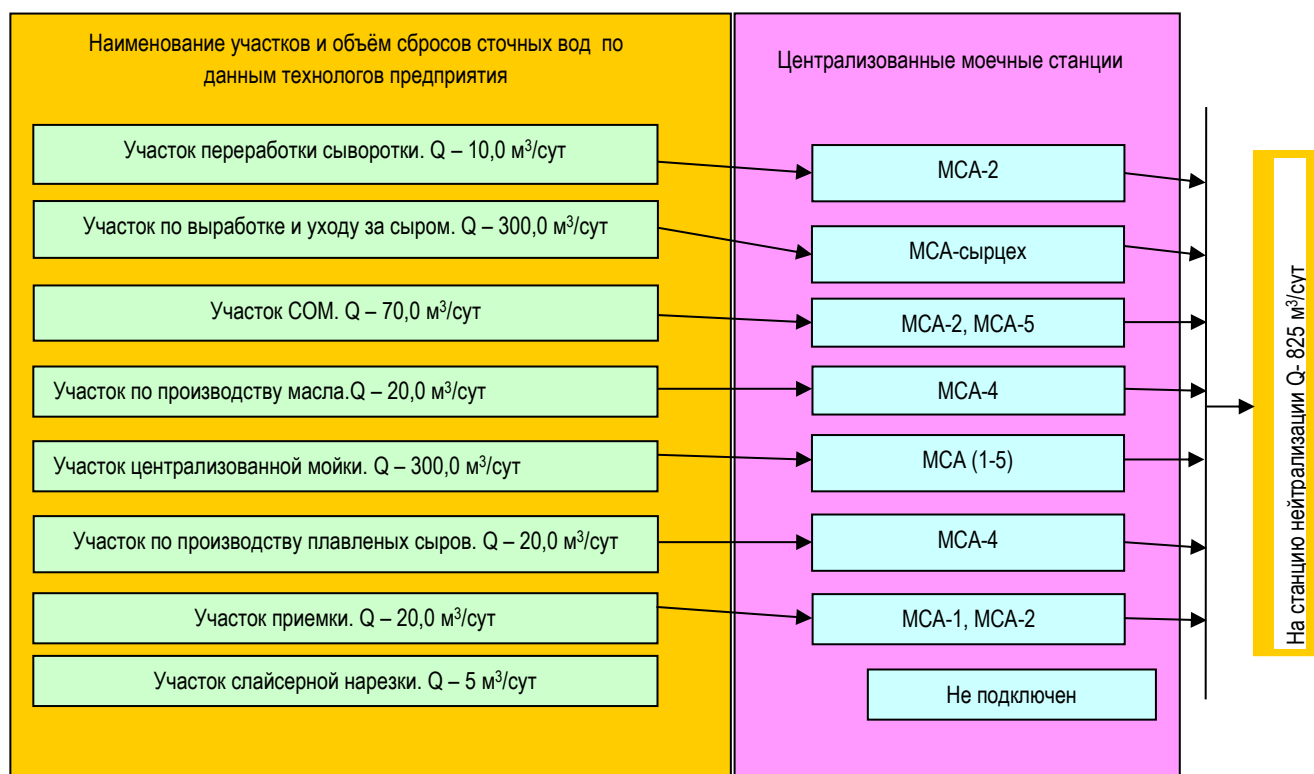


Рисунок 2 – Наименование участков и объёмы сбросов сточных вод основного производства

2. Годовое количество производственных сточных вод, формирующихся на предприятии и сбрасываемых в городскую канализацию, по данным энергетической и экологической служб определено равным:

- суммарному расходу производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод: 267840 м³/год; при этом в месяц максимальный расход составляет 26207 м³/мес и-минимальный – 21421 м³/мес;
- в т. ч. расходу производственных сточных вод основного производства, подлежащих очистке на локальных очистных сооружениях, по данным технологов – $Q_{\text{сут}} = 825 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Работа основного производства осуществляется в три смены. Средний расход воды в одну смену $Q_{\text{смену}} = 275 \text{ м}^3/\text{сут}$;

- сточные воды хозяйственно-бытовые и вспомогательного производства – 72082 м³/год.

3. В качестве расчетной для определения производительности локальных очистных сооружений должна быть принята величина расхода, отвечающая максимальному часовому притоку производственных сточных вод с коэффициентом неравномерности в соответствии с требованиями [22].

4. Для уточнения технологических параметров очистных сооружений в процессе рабочего проектирования на предприятии необходима организация постоянного учета объёмов водопотребления, объёмов сброса сточных вод и их состава. По основным показателям качества сбрасываемых сточных вод необходим периодический отбор проб для накопления статистических данных.

5. Эффективность локальных очистных сооружений необходимо принять с учетом допустимых концентраций, в соответствии с условиями приёма производственных сточных вод в городскую хозяйственно-бытовую канализацию г. Пинска.

6. Проектом необходимо предусмотреть автоматизацию работы очистных сооружений, необходимую для стабильного поддержания на определенном уровне основных технологических параметров, величины pH, дозы реагентов и расходов сточных вод.

Необходимо предусмотреть возможность местного (ручного) и дистанционного управления насосными агрегатами, их автоматическое включение или отключение при достижении соответствующего уровня воды в месте забора, автоматическое включение резервного агрегата при аварийном отключении основного.

Компания HYDROMATIC GmbH может предложить предприятию проверенное и успешно функционирующее во многих странах мира сочетание способов физико-химической и биологической очистки производственных сточных вод, в котором используется современное высокоэффективное технологическое оборудование, материалы, а также передовые технологии в области физико-химической очистки, биологической очистки, доочистки сточных вод и системы автоматического контроля, позволяющие не только получать качество очищенной воды на уровне ПДК, но и добиваться этих результатов с минимальными эксплуатационными затратами [12, 17].

Совместно со специалистами фирмы HYDROMATIC GmbH было подготовлено технико-коммерческое предложение на выполнение проектных, строительно-монтажных, пусконаладочных работ, а также обучение обслуживающего и ремонтного персонала очистных сооружений производственных сточных вод.

Проектируемые очистные сооружения, как показала практика успешного внедрения подобных технических решений фирмы HYDROMATIC GmbH в ближнем и дальнем зарубежье, должны обеспечить гарантированную очистку сточных вод по всем показателям, при этом обеспечивая высокую стабильность их концентрации в очищенной воде, независимо от возмущающих негативных факторов.

В соответствии с заданием, на проектируемые очистные сооружения поступают производственные сточные воды и кислая сыrovотка. Общая производительность очистных сооружений составляет 1350 м³/сут.

К очистным сооружениям, с точки зрения инженерного подхода, предъявляются высокие требования, а также и к применяемым материалам технологического оборудования. Технологическое емкостное оборудование изготавливается из стали, марки не ниже AISI 304 (стандарт Германии). Технологические трубопроводы из стали этой же марки, либо высокомолекулярного полиэтилена.

Механическая очистка

Сточные воды от производственных цехов и административно-бытового корпуса поступают на существующую КНС, откуда насосами подаются на барабанную решетку Rotomat (рисунок 3). Барабанное сито Rotomat с прозорами 1,0 мм предназначено для задержания твердых отходов, взвешенных веществ размерами более 1,0 мм.

Механически очищенные сточные воды поступают в резервуар – усреднитель. В резервуаре-усреднителе сточные воды усредняются по расходу и концентрации. Усредненные сточные воды равномерно подаются погружными насосами на физико-химическую очистку.



Рисунок 3 – Барабанная решётка механической очистки с интегрированным прессом марки Rotomat

Физико-химическая очистка

Физико-химическая очистка сточных вод включает в себя специализированное технологическое оборудование и оборудование по приготовлению, дозированию реагентов (флокулянт, коагулянт, известковое молоко) с целью повышения эффективности очистки сточных вод. В задачи реагентного хозяйства входит корректирование pH, приготовление рабочих растворов вводимых реагентов, подача реагента в очищаемые сточные воды [19, 20].

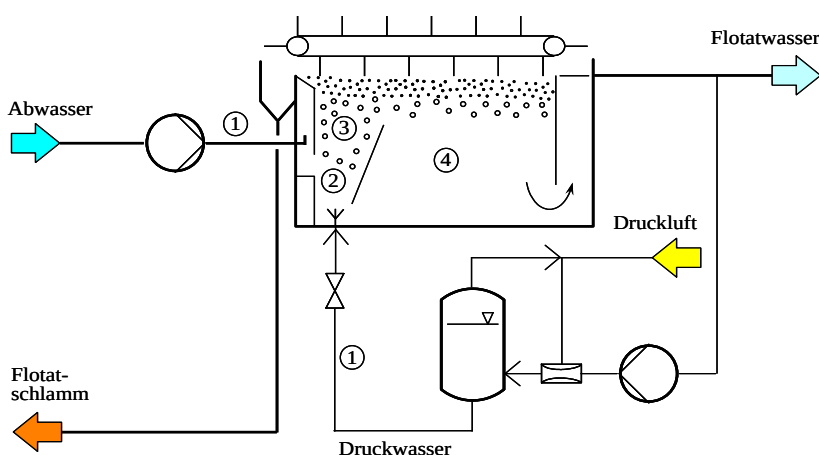
В флотационной установке, показанной на рисунке 4, осуществляется:

- глубокое насыщение чистой или сточной воды воздухом;
- формирование оптимального спектра воздушных пузырьков;
- отложение газовых пузырьков на твёрдых частицах.

Форму и размеры флотатора принимают с учетом необходимости удаления из воды гидрофобных загрязнений: масел, нефтепродуктов, некоторых эмульгированных жидкостей, полимеров.

Кроме этого, флотатор и флотацию в целом предлагается применить для удаления взвешенных веществ, в том числе в тонкодисперсном состоянии ПАВ, и ряда других загрязнений. Образующаяся пена механически удаляется в шламособорник и откуда насосом перекачивается в шламонакопитель. В обобщённой форме достоинства предлагаемого высокоэффективного способа очистки сводятся к следующему:

- низкие инвестиционные и эксплуатационные затраты;
- малая потребная производственная площадь;
- отсутствие проблем с плавающим шламом;
- активное отделение шлама в условиях переменной производственной ситуации;
- высокая концентрация шлама;
- отсутствие потребности в дополнительном загущении шлама.



Abwasser – сточная вода; Flotwasser – вода после флотации; Flotat-schlamm – флотационный шлам; Druckluft – сжатый воздух; Druckwasser – вода, насыщенная воздухом; 1 – насос; 2 – смесь сжатого воздуха и сточной жидкости; 3 – флотационная камера, 4 – слой очищенной воды

Рисунок 4 – Схема напорной флотации с насыщением оборотной воды воздухом

Сточные воды, очищенные на флотаторе, химический состав которых близок к хозяйственно-бытовым сточным водам [1, 2], направляются на ступень биологической очистки.

Биологическая очистка

Блок биологической очистки представлен следующими сооружениями: денитрификатор, аэротенк-нитрификатор двухступенчатый, вторичный отстойник.

В денитрификаторе происходит удаление нитратов, так же сюда вводится коагулянт (сернистый алюминий) для реагентного удаления фосфора до норм ПДК. Узел приготовления и дозирования раствора реагентов представляет собой растворный бак, оборудованный пропеллерной мешалкой, насосом-дозатором и системой автоматики. Узел компактно располагается рядом с денитрификатором.

Кроме того, в основе биологической очистки сточных вод лежит SB-технология [13], которая позволяет получить ряд преимуществ перед «классической» технологией очистки активным илом:

- очистка сточных вод без использования активного ила;

- стабильная очистка при пониженных температурах сточных вод (до +4 °C);
- стабильная окислительная мощность по нагрузке;
- сохранение окислительной способности при отсутствии электропитания в течение 24 часов;
- идеальный вариант для объектов с межсезонными перерывами в работе.

Суть SB-технологии заключается в уникальном по своим свойствам SB-бионосителе. При относительно малых размерах отдельно взятого SB-бионосителя он имеет значительно развитую поверхность. Так, удельная поверхность 1 м³ SB-бионосителя составляет от 700 до 800 м², на поверхности которого расселяются микроорганизмы. SB-бионоситель свободно плавает в объеме аэротенка, создавая единый взвешенно-вихревой объем. Плотность его равна плотности воды, поэтому он не оседает на дно аэротенка при отключении подачи воздуха. Эта особенность позволяет существенно расширить рамки технологических режимов очистки сточных вод.

Одним из существенных преимуществ SB-бионосителя является постоянная толщина биопленки, образующейся на его поверхности, при этом созданы условия крайне низкого образования избыточной (отработанной) биопленки – до 4 грамм по сухому веществу на 1 м³ очищенной воды.

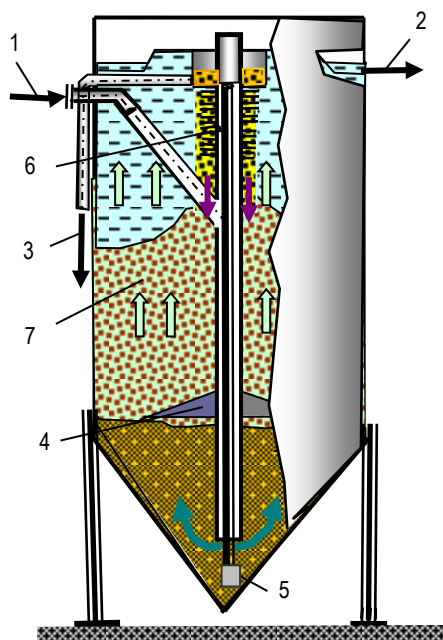
Количество SB-бионосителя рассчитывается исходя из максимальной концентрации загрязнений поступающих сточных вод. Процесс очистки контролируется системой автоматики посредством измерения основных химических показателей на входе и выходе очистных сооружений. Тем самым обеспечивается стабильная очистка сточной воды при изменении концентраций загрязнений или расхода сточных вод.

SB-бионоситель постоянно находится в каждой отдельной технологической емкости: денитрификаторе, азротенке-нитрификаторе первой и второй ступени. При этом исключена возможность его перемещения вместе с потоком сточных вод благодаря специальным устройствам – сеткам. Согласно утверждению специалистов фирмы HYDROMATIC GmbH, в результате этого можно добиться высокой качественной характеристики биопленки, характерной для каждой ступени очистки в каждой технологической емкости.

Дифференцирование видового состава микроорганизмов биопленки позволяет достигать максимально высокого качества очистки сточных вод при минимальных затратах сохранения концентраций микроорганизмов, характерных для каждой ступени биологической очистки. Отработанная биопленка оседает во вторичном отстойнике, откуда насосом перекачивается в шламонакопитель. Биологически очищенная сточная вода самотеком поступает на песчаный самопромывающийся фильтр.

Доочистка сточных вод

Биологически очищенная сточная вода проходит доочистку на самопромывающемся фильтре песчаном динамическом ДСТ, который показан на рисунке 5.



1 – подвод воды на фильтрацию; 2 – отвод отфильтрованной воды; 3 – отвод промывной воды; 4 – распределитель; 5 – основание насоса-эрлифта; 6 – промыватель песка; 7 – фильтрующий слой

Рисунок 5 – Фильтр песчаный динамический марки ДСТ

Динамический песчаный фильтр представляет собой емкость цилиндрической формы с коническим основанием. В центре фильтра располагается осевой трубопровод подачи воды на фильтрацию, внутри которого установлен эрлифт с пескопромывателем. Эрлифт соединен с трубопроводом отвода промывной воды. В качестве фильтрующей загрузки используется песок.

Биологически очищенная вода поступает сверху по подводящему трубопроводу и направляется вниз по осевому трубопроводу на кольцевой конический распределитель и далее под псевдо-сжиженный слой песчаной загрузки. Фильтрация воды осуществляется снизу вверх и далее отфильтрованная вода через перелив по отводящему трубопроводу поступает на блок обеззараживания.

Одновременно с фильтрацией воды из конической части фильтра эрлифтом грязный песок откачивается на промыватель песка, где происходит очищение песка от загрязнений. От промывателя песок отводится обратно в фильтр, а промывная вода направляется в шламонакопитель. Объем промывной воды не превышает 8 % от производительности фильтра.

Песчаный фильтр имеет очень низкое гидравлическое сопротивление (достаточно величины избыточного напора перед ним – 1 м), что является существенным показателем его экономичности.

Фильтр работает в автоматическом режиме, не требуя постоянного вмешательства обслуживающего персонала. Замену внутренних конструктивных частей фильтра (эрлифта) вследствие естественного износа требуется производить один раз в течение 8–10 лет. Отключение и вывод из работы фильтра при выполнении операции по замене эрлифта не требуется.

Обеззараживание

Обеззараживание является последней ступенью очистки сточных вод. Обеззараживание очищенной воды осуществляется на бактерицидной установке с ультрафиолетовым излучением. Ультрафиолетовое облучение, в отличие от окислительных технологий, не изменяет химического состава воды, не влияет на вкус и запах воды, а действует только на бактериальную флору и бактериальные споры. Бактерицидное облучение действует почти мгновенно и, следовательно, вода, прошедшая через установку, может сразу же поступать непосредственно в систему оборотного водоснабжения или в водоем. Эффект обеззараживания основан на воздействии ультрафиолетовых лучей с длиной волны от 200 до 300 нм на белковые коллоиды и ферменты протоплазмы белковых клеток.

УФ-установки обеспечивают 100 % обеззараживание сточных вод. Предусматриваются два рабочих, одна резервная УФ-установки. Вода поступает на УФ-установки под остаточным давлением после динамического песчаного фильтра. Установки оборудованы системой автоматики, позволяющей контролировать следующие параметры: интенсивность излучения, контроль работы каждой УФ-лампы, защиту от «сухой» работы и от перегрева.

Обработка осадка

Образующийся в результате очистки сточных вод осадок, отработанная пена от флотатора, а также стабилизированный осадок от биогазовой установки подаются в шламонакопитель, откуда уплотненный шлам подвергается обезвоживанию в камерном фильтр-прессе типа KF.

Шламонакопитель оборудован мешалкой, насосами и датчиком уровня. В шламонакопителе происходит предварительное уплотнение биопленки за счёт ее осаждения при неработающем смесителе. Отстоявшаяся осветленная вода периодически отводится из верхней зоны резервуара в голову ЛОС, а загущенный шлам накапливается в его нижней части. Резервный объем шламонакопителя рассчитывают с учетом того, чтобы накапливающийся за одну неделю объем шлама обезвоживался фильтр-прессом примерно в течение от 6 до 8 часов, т. е. за одну рабочую смену. Перед откачиванием шлама он подвергается интенсивному перемешиванию пропеллерным смесителем.

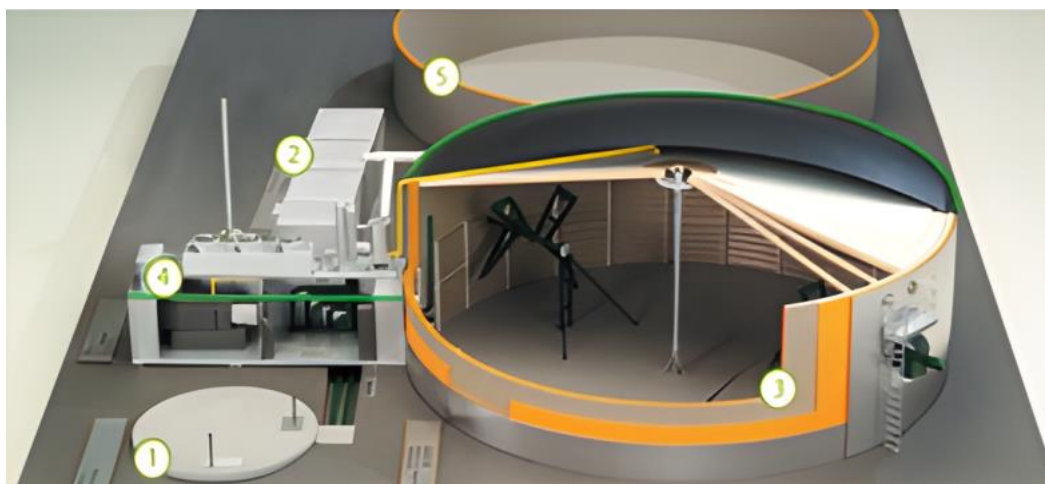
Откачивание загущенного шлама в пресс из шламонакопителя осуществляется мембранным насосом (Тарфло). Во всасывающем трубопроводе насоса установлен расходомер (GEMU) и статический смеситель для подмешивания флокулянта в поток шлама. Подготовка коагулирующего раствора происходит в полимерной станции. Дозирование подготовленного в полимерной станции раствора обеспечивает насос-дозатор.

Концепция построения биогазовой установки предусматривает замкнутый безотходный производственный цикл. В её состав входит биореактор (ферментер), газонакопитель, усреднитель, газгольдер

и факел для сжигания избыточного биогаза [13]. Усреднитель имеет насос для перекачки жидких органических отходов в биореактор станции, мешалку для гомогенизации отходов. Установки оборудования комплектуются биогазовым турбинным генератором. Мини ТЭЦ состоит из двух газопоршневых установок, работающих параллельно. Во время проведения профилактических работ второй двигатель обеспечивает необходимую мощность для производства достаточного количества тепла и электроэнергии. Это повышает надёжность и независимость работы системы.

Биогазовая установка, показанная на рисунке 6, состоит из накопителя-усреднителя, блока гидролиза, реактора производства биогаза, электрогазового генератора с автоматикой, установленного в контейнере, накопителя переработанного шлама, факела для сжигания избыточного биогаза, газгольдера.

Дополнительная обработка биомассы не предусмотрена. Вопрос о переработке дополнительной биомассы технически может быть решен в ходе выполнения проектных работ. Это связано с тем, что необходима дополнительная информация о применяемой биомассе.



1 – накопитель-усреднитель, 2 – блок гидролиза, 3 – реактор производства биогаза, 4 – электрогазовый генератор, 5 – накопитель шлама
Рисунок 6 – Биогазовая установка

Камерный фильтр-пресс со станцией приготовления полимера (рисунок 7) предназначены для обезвоживания осадка с образованием кека. Камерный фильтр-пресс имеет большую фильтрующую поверхность, которая позволяет быстро и эффективно разделять фильтрат и кек, обеспечивая обезвоживание кека на 65–70 % [1, 2, 13].



Рисунок 7 – Камерный фильтр-пресс со станцией приготовления полимера

Автоматизация, управление и технологический контроль процесса очистки выполняются приборами, установленными в шкафу управления технологическим оборудованием фирмы «Siemens – Hydromatic». Управление осуществляется по средствам системы SPS и системы визуализации через персональный компьютер [21].

Заключение

1. Проведенные детальные исследования состава сточных вод производств молочной продукции позволят усовершенствовать стокообразующее производство предприятия в направлении уменьшения потребления питьевой воды на технологические нужды и выноса токсичных ингредиентов со сточными водами.

2. На основании этих исследований и обследования образующих сточные воды производств подготовлено авторами статьи совместно с фирмой HYDROMATIC GmbH техническое задание для проектирования эффективных современных очистных сооружений обработки сточных вод молочного производства.

Список цитированных источников

1. Degremont. Технический справочник по обработке воды : в 2 т. : пер. с фр. / Л. Андриамирадо [и др.] ; редкол.: М. И. Алексеев [и др.]. – 2-е изд. – СПб. : Новый журнал, 2007. – Т. 2. – 1696 с.
2. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы : пер. с англ. / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван. – М. : Мир, 2004. – 480 с.
3. Дятлова, Т. В. Очистка сточных вод молокозаводов / Т. В. Дятлова, С. Г. Певнев, Т. Г. Федоровская. – СПб. : Водоснабжение и санитарная техника, 2008. – 201 с.
4. Сухарев, Ю. И. Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности: обзорная информации / Ю. И. Сухарев. – Челябинск : Южно-Урал. гос. ун-т, 1998. – 44 с.
5. Мачигин, В. С. Очистка сточных вод предприятий масло-жировой промышленности / В. С. Мачигин, Л. П. Щербаков // Масло-жировая промышленность. – 1992. – № 1. – С. 30.
6. Литманова, Н. Л. Совершенствование технологии локальной очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.23.04 / Литманова Наталья Леонидовна. – Санкт-Петербург, 2007. – 17 с.
7. Надысев, В. С. Очистка сточных вод масло-жировой промышленности / В. С. Надысев. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 183 с.
8. Биологическая очистка сточных вод предприятий молочной промышленности в мембранном биореакторе (часть 1) / С. В. Степанов, О. С. Солкина, К. М. Морозова [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 12. – С. 28–34.
9. Исследование биологической очистки сточных вод молокозаводов на модельном стоке / С. В. Степанов, О. С. Солкина, К. М. Морозова [и др.] // Технологии очистки воды "Техновод-2016": материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 210–215.

10. Новый справочник химика и технолога : Процессы и аппараты химических технологий / Г. М. Островский, Р. Ш. Абиев, В. М. Барабаш [и др.] ; под общ. ред. Р. Ш. Абиева. – СПб. : НПО Профессионал, 2004. – 837 с.
11. Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1989. – 448 с.
12. Урецкий, Е. А. Оптимизация существующих и разработка новых ресурсосберегающих технологий в водном хозяйстве предприятий приборо- и машиностроения : монография / Е. А. Урецкий, Е. С. Гогина, В. В. Мороз. – М. : Изд-во АСВ, 2022. – 624 с.
13. Голубева, Л. В. Проектирование предприятий молочной отрасли с основами промышленного строительства: учеб. пособие / Л. В. Голубева. – СПб. : ГИОРД, 2010. – 288 с.
14. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности / С. М. Шифрин, Г. В. Иванов, Б. Г. Мишуков, Ю. А. Фефанов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 272 с.
15. Каца, В. М. Вода и сточные воды в пищевой промышленности / В. М. Каца. – М. : Издательство «Пищевая промышленность», 1992. – 384 с.
16. Сточные воды предприятий мясной и молочной промышленности / Н. М. Марлевич [и др.]. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 2003. – 272 с.
17. Comprehensive Review of Water Management and Wastewater Treatment in Food Processing Industries in the Framework of Water-Food-Environment Nexus / H. Asgharnejad, E. Khorshidi Nazloo, M. Madani Larjani [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2021. – Vol. 20. – P. 4779–4815. – DOI: 10.1111/1541-4337.12782.
18. Горбатова, К. К. Биохимия молока и молочных продуктов: учеб. / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова ; под общ. ред. К. К. Горбатовой. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2010. – 336 с.
19. Данилович, Д. А. Современные решения по очистке сточных вод / Д. А. Данилович, А. А. Максимова // Молочная промышленность. – 2011. – № 8. – С. 73–77.
20. Емельянов, В. В. Биохимия: учеб. пособие / В. В. Емельянов, Н. Е. Максимова, Н. Н. Мочульская. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 132 с.
21. Космин, А. С. Автоматизация водоочистных сооружений / А. С. Космин // Молочная промышленность. – 2014. – № 2. – С. 54–55.
22. Канализация. Наружные сети и сооружения : Строительные нормы 4.01.02-2019 : постановление Министерства архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 31 окт. 2019 г. № 59 : с изм. и доп. от 27 марта 2024 г. № 20 // Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.
23. Правила пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах : утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь 30.09.2016 № 788. – Минск : Экономэнерго, 2016. – 27 с.
6. Litmanova, N. L. Sovershenstvovanie tekhnologii lokal'noj ochistki stochnyh vod molokopererabatyvayushchih predpriyatij: avtoref. diss. kand. tekhn. nauk: 05.23.04 / Litmanova Nataliya Leonidovna. – Sankt-Peterburg, 2007. – 17 s.
7. Nadysev, V. S. Ochistka stochnyh vod maslo-zhirovoy promyshlennosti / V. S. Nadysev. – M. : Pishchevaya promyshlennost', 1976. – 183 s.
8. Biologicheskaya ochistka stochnyh vod predpriyatij molochnoj promyshlennosti v membrannom bioreaktore (chast' 1) / S. V. Stepanov, O. S. Solkina, K. M. Morozova [i dr.] // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. – 2016. – № 12. – S. 28–34.
9. Issledovanie biologicheskoy ochistki stochnyh vod molokozavodov na model'nom stoke / S. V. Stepanov, O. S. Solkina, K. M. Morozova [i dr.] // Tekhnologii ochistki vody "Tekhnovod-2016": materialy IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – 2016. – S. 210–215.
10. Novyj spravochnik himika i tekhnologa : Processy i apparaty himicheskij tekhnologii / G. M. Ostrovskij, R. SH. Abiev, V. M. Barabash [i dr.] ; pod obshch. red. R. SH. Abieva. – SPb. : NPO Professional, 2004. – 837 s.
11. Lu'e, YU. YU. Spravochnik po analiticheskoy himii / YU. YU. Lu'e. – 6-e izd., pererab. i dop. – M. : Himiya, 1989. – 448 s.
12. Ureckij, E. A. Optimizaciya sushchestvuyushchih i razrabotka novyh resursosberegayushchih tekhnologii v vodnom hozyajstve predpriyatij priboro- i mashinostroeniya : monografiya / E. A. Ureckij, E. S. Gogina, V. V. Moroz. – M. : Izd-vo ASV, 2022. – 624 s.
13. Golubeva, L. V. Proektirovanie predpriyatij molochnoj otrasli s osnovami promstroitel'stva: ucheb. posobie / L. V. Golubeva. – SPb. : GIORД, 2010. – 288 s.
14. Ochistka stochnyh vod predpriyatij myasnoj i molochnoj promyshlennosti / S. M. SHifrin, G. V. Ivanov, B. G. Mishukov, YU. A. Feofanov. – M. : Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1981. – 272 s.
15. Kaca, V. M. Voda i stochnye vody v pishchevoj promyshlennosti / V. M. Kaca. – M. : Izdatel'stvo «Pishchevaya promyshlennost'», 1992. – 384 s.
16. Stochnye vody predpriyatij myasnoj i molochnoj pro-myshlennosti / N. M. Marlevich [i dr.]. – M. : Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 2003. – 272 s.
17. Comprehensive Review of Water Management and Wastewater Treatment in Food Processing Industries in the Framework of Water-Food-Environment Nexus / H. Asgharnejad, E. Khorshidi Nazloo, M. Madani Larjani [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2021. – Vol. 20. – P. 4779–4815. – DOI: 10.1111/1541-4337.12782.
18. Gorbatova, K. K. Biohimiya moloka i molochnyh produktov: ucheb. / K. K. Gorbatova, P. I. Gun'kova ; pod obshch. red. K. K. Gorbatovoj. – 4-e izd., pererab. i dop. – SPb. : GIORД, 2010. – 336 s.
19. Danilovich, D. A. Sovremennye resheniya po ochistke stochnyh vod / D. A. Danilovich, A. A. Maksimova // Molochnaya promyshlennost'. – 2011. – № 8. – S. 73–77.
20. Emel'yanov, V. V. Biohimiya: ucheb. posobie / V. V. Emel'yanov, N. E. Maksimova, N. N. Mochul'skaya. – Ekaterinburg : Izd-vo Ural. un-ta, 2016. – 132 s.
21. Kosmin, A. S. Avtomatizaciya vodoochistnyh sooruzhenij / A. S. Kosmin // Molochnaya promyshlennost'. – 2014. – № 2. – S. 54–55.
22. Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya : Stroitel'nye normy 4.01.02-2019 : postanovlenie Ministerstva arhitektury i stroitel'stva Resp. Belarus', 31 okt. 2019 g. № 59 : s izm. i dop. ot 27 marta 2024 g. № 20 // Biznes-Info / ООО «Professional'nye pravovye sistemy». – Minsk, 2024.
23. Pravila pol'zovaniya centralizovannymi sistemami vodosnabzheniya, vodootvedeniya (kanalizacii) v naselennyh punktah : utverzhdeno postanovleniem Soveta Ministrov Res-publiki Belarus' 30.09.2016 № 788. – Minsk : Ekonomenergo, 2016. – 27 s.

References

1. Degremont. Tekhnicheskij spravochnik po obrabotke vody : v 2 t. : per. s fr. / L. Andriamirado [i dr.] ; redkol.: M. I. Alekseev [i dr.]. – 2-e izd. – SPb. : Novyj zhurnal, 2007. – T. 2. – 1696 s.
2. Ochistka stochnyh vod. Biologicheskie i himicheskije pro-cessy : per. s angl. / M. Hence, P. Armoes, J. Lya-Kur-YAnsen, E. Arvan. – M. : Mir, 2004. – 480 s.
3. Dyatlova, T. V. Ochistka stochnyh vod molokozavodov / T. V. Dyatlova, S. G. Pevnev, T. G. Fedorovskaya. – SPb. : Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika, 2008. – 201 s.
4. Suharev, YU. I. Ochistka stochnyh vod predpriyatij molochnoj promyshlennosti: obzornaya informacii / YU. I. Suharev. – Chelyabinsk : YUzhno-Ural. gos. un-t, 1998. – 44 s.
5. Machigin, V. S. Ochistka stochnyh vod predpriyatij maslo-zhirovoy promyshlennosti / V. S. Machigin, L. P. SHCHerbakov // Maslo-zhirovaya promyshlennost'. – 1992. – № 1. – S. 30.

Материал поступил 18.05.2025, одобрен 09.07.2025, принят к публикации 10.07.2025