

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

МАШИНОСТРОЕНИЯ
(ИНСТИТУТ)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»
20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Экологическая безопасность процессов и производств

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Исследование и разработка методов повышения экологической безопасности вторичной переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ)

Студент(ка)	<u>Ю.В. Салушкина</u>	<u>(личная подпись)</u>
Научный руководитель	<u>А.Н. Москалюк</u>	<u>(личная подпись)</u>
Консультант	<u>И.А. Живоглядова</u>	<u>(личная подпись)</u>

Руководитель программы к.т.н., профессор М.И. Фесина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« » 2017 г.

Допустить к защите
Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« » 20 г.

Тольятти 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	4
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
Глава 1 Анализ проблемы обращения с отходами полиэтилентерефталата.....	9
1.1 Производство полиэтилентерефталата	9
1.2. Современные технологии переработки ПЭТ.	13
1.3 Применение вторичного ПЭТ.....	16
1.4 Характеристика исследуемого производственного объекта	24
1.5 Описание технологического процесса вторичной переработки полиэтилентерефталата на ООО «ПОВТОР»	28
1.6 Цели и задачи	36
Глава 2 Анализ методов очистки промышленных сточных вод	37
2.1. Механические способы очистки сточных вод	37
2.1.1 Решетки	38
2.1.2 Песколовки	40
2.1.3 Отстойники	45
2.1.4 Гидроциклоны	49
2.1.5 Фильтры	49
2.2 Химические и физико-химические методы очистки сточных вод	62
2.2.1 Нейтрализация.....	63
2.2.2 Озонирование	64
2.3 Биологические методы очистки сточных вод	66
2.3.2 Биофильтр	67
2.3.3Аэротенки	72
2.3.4 Метантенки	75

Глава 3 Мероприятия повышения экологической безопасности линии переработки ПЭТ.....	79
3.1 Выбор технологической схемы очистки сточных вод.....	79
3.2 Предлагаемая модернизация линии переработки ПЭТ для очистки сточных вод и их возврата в технологический процесс	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	91

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Эвтрофикация— чрезмерное увеличение содержания биогенных элементов в водоемах, сопровождающееся повышением их продуктивности. Может быть результатом естественного старения водоема, поступления удобрений или загрязнения сточными (в том числе с полей) водами.

Сточные воды — воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека.

Очистка сточных вод —обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них определенных веществ.

Компаунд —термопластическая полимерная смола.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПЭТ – Полиэтилентерефталат (полиэтиленгликольтерефталат), термопластик, наиболее распространённый представитель класса полиэфиров.

ТКО – твёрдые коммунальные отходы.

ПП – полипропилен.

ПА – полиамид.

ПАВ – поверхностно–активные вещества, химические соединения, которые, концентрируясь на поверхности раздела термодинамических фаз, вызывают снижение поверхностного натяжения.

КМ – композиционные материалы.

рН – это мера активности (в случае разбавленных растворов отражает концентрацию) ионов водорода в растворе, количественно выражающая его кислотность, вычисляется как отрицательный (взятый с обратным знаком) десятичный логарифм активности водородных ионов, выраженной в молях на литр.

ВМР – вторичные материальные ресурсы.

БПК – биологическое потребление кислорода.

ХПК – химическое потребление кислорода, показатель содержания органических веществ в воде, выражается в миллиграммах кислорода (или другого окислителя в пересчёте на кислород), пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в литре (1 дм³) воды.

СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества.

ОС – очистные сооружения.

ЗВС – замкнутые системы водопотребления.

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования является процесс очистки воды после технологического процесса переработки ПЭТ–бутылок на предприятии ООО «ПОВТОР» для её вторичного использования.

Цель работы – исследование особенностей технологического процесса очистки ПЭТ – флексы раствором едкого натра на мусороперерабатывающем комплексе ООО «ПОВТОР» г.о. Тольятти и разработка рекомендаций по усовершенствованию процесса очистки технологической жидкости для её возврата в технологический процесс.

В процессе работы проводился обзор нормативной документации, документации предприятия, методов очистки сточных вод, вариантов установок по очистке сточных вод, зарубежного и отечественного опыта в организации системы обезвреживания сточных вод промышленных предприятий и их вторичного использования в технологическом цикле переработки ПЭТ.

Во время практики был проведен анализ существующих методов очистки сточных вод, технологического процесса переработки ПЭТ–тары, разработаны рекомендации по улучшению качественного состава сточных вод предприятия для их вторичного использования.

Твердые бытовые отходы (ТБО) занимают особенное место среди загрязняющих побочных продуктов в росте экономики. Десятилетиями они были в начале списка отходов, которые монотонно вырастали на душу населения, на каждую страну. Пока потребление растет, растут и объемы твердых отходов. В результате, во многих городах были введены меры, включая урегулирование и рыночную мотивацию, чтобы повысить качество переработки твердых бытовых отходов. Сбор и переработка различных видов отходов полимерных изделий является одним из наиболее приоритетных направлений переработки вторичных материальных ресурсов (ВМР). Основной объем ПЭТ отходов является результатом сбора бывших в

употреблении бутылок. Мировое производство пластмасс ежегодно возрастает на 5 – 6%. Наблюдается тенденция увеличения объёма потребления полимерных материалов, в особенности упаковки, что приводит к скоплению неразлагающихся отходов в виде изделий из пластмасс. Процесс разложения отходов данного вида занимает большой промежуток времени, а при разложении выделяет токсичные вещества. При этом процессе наблюдается загрязнение природных ресурсов, таких как: атмосфера, почва, грунтовые воды.

Рассматривая процесс переработки твёрдых коммунальных отходов (ТКО) стоит отметить, что ни одно предприятие не может обойтись без потребления воды. Повышение эффективности мер по охране окружающей среды связано, прежде всего, с широким внедрением ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологических процессов, уменьшением загрязнения воздушной среды и водоемов. Зачастую воды, использованные на различные технологические нужды, становятся не пригодными для дальнейшего использования, проблематичен их сброс в промышленную или хозяйственно–бытовую канализацию.

Сброс неочищенных сточных вод отрицательно сказывается на содержании в воде растворенного кислорода, ее pH, прозрачности, цветности и других свойствах. Сейчас муниципальные нормативы водоотведения по составу сточных вод обязательны для соблюдения всеми абонентами централизованных систем водоотведения одновременно с требованиями к составу и свойствам сточных вод, установленных Правилами ХВИБ[1]. Вопрос о возможностях повторного использования сточных вод достаточно актуален, прежде всего, с точки зрения решения экологических проблем.

В настоящее время, водосберегающие технологии рассматриваются как средство преодоления дефицита водных ресурсов как в определенных регионах в целом, так и в масштабах отдельных промышленных предприятий. Также, постоянно растущие платежи за подаваемую для бытовых и производственных целей воду способствуют поиску и реализации

мероприятий совершенствования технологического процесса очистки стоков предприятия и их возвращения во вторичное использование.

Глава 1 Анализ проблемы обращения с отходами полиэтилентерефталата

1.1 Производство полиэтилентерефталата

Полиэтилентерефталат (ПЭТ) – это линейный термопластичный полиэфир, который имеет широкое коммерческое применение в виде синтетического волокна, пленок и изделий, изготавливаемых экструзией или литьем под давлением. ПЭТ находит различные применения в виду возможности регулирования параметра его кристалличности и обширных физико-химических свойств. Основное применение связано с изготовлением бутылок для газированных напитков, поскольку ПЭТ обладает высокими барьерными свойствами. Более подробное понимание истории возникновения ПЭТ, а также его химических свойств, позволяет оценить этот пластик еще больше. Кроме того, существуют предприятия, которые перерабатывают этот тип пластика, что позволяет использовать его вторично.

Первые шаги в исследовании ПЭТ и его свойств были начаты в 40-х годах прошлого века, учеными Уинфилдом (J. R. Whinfield) и Диксоном (G. T. Dickson), которые совместно работали в фирме Calico Printers Association Ltd, основополагающие патенты разработки ПЭТ были впервые опубликованы в 1946 г.

На основании данных работ организации Imperial Chemical Industries Ltd(ICI) и E. I. DuPont de Nemours & Co разработали технологии получения ПЭТ и, в дальнейшем, представили процесс получения полиэфирного волокна из данного вида сырья. В промышленном масштабе ПЭТ начали выпускать в Англии в 1955 г. Компаниями ICI и DuPont были полностью выкуплены права на использование нового вида сырья. Также, эти организации занимались продажей лицензий на использование синтетического волокна, полученного из ПЭТ. Отечественные исследования в области получения ПЭТ начались в 1949 г. Под руководством академика В.В. Коршака. Полученный в ходе научных исследований продукт и

изготавливаемое из него волокно называли лавсан – сокращение названия места, где он был получен (Лаборатории Высокомолекулярных Соединений Академии Наук). В других странах этот же продукт выпускался под другими названиями: терилен, дакрон, тергал, тревира, теторон, текадури т. д.

ПЭТ получают по двухстадийной технологии. Первая стадия включает реакцию терефталевой кислоты и 1,4-этандиола при 150°C для получения димеров и тримеров с двумя гидроксильными концевыми группами. В ходе этого процесса удаляется вода. Вторая стадия – это нагрев этой смеси до 260°C, во время которого ПЭТ образуется в результате реакции поликонденсации с высокой степенью полимеризации.

ПЭТ отличается высокими физическими показателями, такими как высокая механическая прочность и её сохранение в диапазоне температур от 40 °C до +60 °C. Изделия, изготовленные из ПЭТ выдерживают температуры от –60 до 170 °C. При этом ПЭТ устойчив к различным деформациям, которые могут проводиться многократно, но разлагается под действием ультрафиолетового излучения. ПЭТ обладает высокой химической стойкостью к кислотам, щелочам, солям, спиртам, парафинам, минеральным маслам, бензину, жирам, эфиру. Имеет повышенную устойчивость к действию водяного пара. Растворим в ацетоне, бензоле, толуоле, этилацетате, четыреххлористом углероде, хлороформе, метиленхлориде, метилэтилкетоне и, следовательно, листы ПЭТ могут так же хорошо склеиваться, как оргстекло, полистирол и поликарбонат.

При температурах 290–310°C происходит термодеструкция ПЭТ. Деструкция происходит статически, вдоль полимерной цепи. В результате образуются летучие продукты такие как: терефталевая кислота, уксусный альдегид и монооксид углерода. Большое число различных углеводородов генерируется при температуре 900 °C. В основном летучие продукты состоят из диоксида углерода, монооксида углерода и метана. При добавлении при производстве ПЭТ различных добавок можно повысить термо-, сето-, огнестойкость, изменить цвет, фрикционные и другие свойства. Также

используют методы химического модифицирования различными дикарбоновыми кислотами и гликолями, которые вводят при синтезе ПЭТ в реакционную смесь.

Первоначально ПЭТ использовали для производства текстильного волокна, позже ПЭТ стали использовать в производстве упаковочной пленки, а в начале 70 – х годов была произведена первая ПЭТ бутылка. Компания "DuPont" стремилась изготовить тару, которая могла бы конкурировать со стеклом при производстве емкостей для розлива и хранения газированных и негазированных напитков. На сегодняшний день ПЭТ– гранулят, в основном, используется при изготовлении пищевой тары.

Важной особенностью полиэтилентерефталата (ПЭТ) является относительно легкая переработка его отходов. Высокая технологичность отходов ПЭТ и широкие возможности их использования сделали их самыми перерабатываемыми в мире. В 2013 г. выпуск первичного ПЭТ бутылочного назначения превысил 20 млн т. Вместе с тем известно, что повторное использование 1 т. ПЭТ экономит до 5 м³ объема полигона для захоронения отходов. В ряде стран цена на вторичный (рециклированный) ПЭТ достигает 70 – 80% от стоимости первичного полимера. Восстановленные материалы интересны для потребителей, которых волнуют проблемы окружающей среды. Некоторые компании получают преимущество, заявляя, что при изготовлении их продукции были использованы вторичные материалы. В совокупности с технологическими, экологическими и экономическими факторами объективно способствует росту сбора и переработки использованной ПЭТ–тары.

В разных странах уровень сбора вторичного ПЭТ и его переработки сильно различается. Если, например, в Китае и Японии объем сбора использованных ПЭТ– бутылок в 2014 г. составлял около 80 %, в странах Европейского Союза – в среднем более 50 %, то в Восточной Европе этот показатель – ниже 20 %. Европейский рынок ПЭТ–отходов в 2013 г. составил

около 1,5 млн т. В Северной Америке собирается более 1,3 млн т, в Китае – более 3,0 млн т.

Почти 90 тыс. т бутылок или 18% от всего потребления ПЭТ ежегодно восстанавливаются во всем мире. Согласно статистическим данным, в мире в 2014 г. было собрано ПЭТ–тары порядка 9,7 млн т [2]. Тогда за вычетом технологических потерь (1,9 млн т) масса годных к использованию отходов ПЭТ составит в 2014 г. около 7,8 млн т. Под технологическими потерями понимаются потери при сортировке (отделение побочных составляющих – пробок, этикеток, загрязнений и т.п.), измельчении, очистке (фильтрование, сушка, вакуумирование) и дополиконденсации.

Вместе с тем региональные различия в структуре распределения переработанных отходов ПЭТ по видам продукции весьма велики. В США вторичный ПЭТ используется при производстве половины объема всех ПЭТ–волокон, а в Западной Европе – самый высокий уровень (более 25 %) переработки вторичного ПЭТ в бутылки. В мире с конца прошлого столетия сформировался огромный и постоянно растущий рынок вторичного ПЭТ, подверженный существенному влиянию экологических и экономических факторов. Прогнозируется дальнейший рост объемов переработки вторичного ПЭТ до 13 млн т в 2018 г. Логика по отношению к вторичной переработке ПЭТ–тары и использованию продуктов ее переработки такая же, как и при переработке алюминиевой тары. В обоих случаях имеет место повторное использование материалов, на которые были затрачены ценное сырье и энергия.

Во многих странах принимаются программы по решению проблем, связанных с вторичной переработкой ПЭТ. Так, в США существует национальная программа по переработке ПЭТ–тары. Опыт Европы основывается больше на восстановлении и вовлечении во вторичную переработку упаковочных материалов [3]. В 1994 Европейский парламент принял Директиву Европейского Союза по упаковке и отходам от упаковки,

согласно которой в 2001 г. должно было повторно перерабатываться 25 % упаковки, а в 2005 г. 50-65 % [4].

1.2. Современные технологии переработки ПЭТ.

В настоящее время в странах СНГ утилизация использованных пластмасс, ПЭТ – тары, является экологической проблемой. В отличие от Европы, вторичная переработка ПЭТ – тары не поставлена на государственную основу. Сжигание является самым распространенным способом утилизации отходов потребления в Европе. Теплотворная способность 2 т пластиковых отходов упаковки эквивалентна теплотворной способности 1 т нефти (теплотворная способность ПЭТ – 22700 кДж/кг) [5]. Например, в некоторых странах Европейского Союза, существуют ТЭЦ работа которых основана на сжигании твердых бытовых отходов. Их морфологический состав разнообразен и включает в себя до 20% полимерной упаковки. По различным оценкам, на сегодня сжигается до 40% полимерных отходов. Минусом данной технологии утилизации ПЭТ является выделение большого количества канцерогенов, выделяющихся при сжигании.

Еще один способ переработки – пиролиз. Пиролиз, химическое разложение органических (углеродсодержащих) материалов за счет применения тепла. Пиролиз, который также является первым этапом газификации и горения, происходит в отсутствие или вблизи отсутствия кислорода и, следовательно, отличается от сгорания (горения), которое может протекать только при наличии достаточного количества кислорода. Скорость пиролиза увеличивается с температурой. В промышленных применениях применяемые температуры часто составляют 430 °С или выше, тогда как в небольших масштабах температура может быть значительно ниже. Пиролиз превращает органические материалы в их газообразные компоненты, твердый остаток углерода и золы и жидкость, называемую пиролизным маслом (или биомасляным маслом).

Пиролиз имеет два основных метода удаления загрязняющих веществ из вещества: разрушение и удаление. При разрушении органические

загрязняющие вещества подразделяются на соединения с более низкой молекулярной массой, тогда как в процессе удаления они не разрушаются, а отделяются от загрязненного материала. Пиролиз - полезный способ обработки органических материалов, которые «трескаются» или разлагаются в присутствии тепла. Хотя пиролиз не пригоден для удаления или разрушения неорганических материалов, таких как металлы, его можно использовать в тех способах, которые делают эти материалы инертными [6]. Несмотря на ряд недостатков, пиролиз, в отличие от сжигания, дает возможность получать промышленные продукты, используемые для дальнейшей переработки. Затраты на пиролиз не превышают затраты на сжигание отходов, но в настоящее время пиролиз убыточен.

Химическая рециркуляция – еще один распространенный метод переработки отходов потребления. Однако, затраты на оборудование в этом случае весьма высоки, поэтому для обеспечения рентабельности требуются большие товарообороты [7]. Другой распространенный способ химической переработки отходов ПЭТ – получение сравнительно недорогой ненасыщенной полиэфирной смолы. Для этого отходы ПЭТ подвергаются гликолизу и поликонденсации с добавлением ненасыщенных многоосновных кислот или их ангидридов с целью получения ненасыщенной полиэфирной смолы. Еще один вариант химический рециклинга ПЭТ – это сольволиз. При сольволизе ПЭТ подвергается деполимеризации при взаимодействии с химическими веществами, такими как, метанол (метанолиз с получением мономера диметилтерефталата); этиленгликоль (гликолиз с получением мономера бисгидроэтилтерефталата); кислоты (гидролиз с получением терефталевой кислоты) или щелочи (омыление) [8]. Методы сольволиза достаточно энергоемки, требуют высокотехнологичного оборудования и поэтому весьма дорогостоящи. Однако эти методы дают возможность использовать сырье более низкого качества, поскольку химические процессы позволяют производить дополнительную очистку. Данное направление предполагает, например, проведение процесса деполимеризации отходов

ПЭТ нейтральным гидролизом до терефталевой кислоты и этиленгликоля, снова идущих на синтез ПЭТ. Процесс является непрерывным. Это наиболее распространенный, экономичный и безопасный для окружающей среды способ переработки отходов ПЭТ [9].

Весьма распространенным способом химической переработки отходов полиэтилентерефталата является гликолиз и поликонденсация вторичного ПЭТ с добавлением ненасыщенных многоосновных кислот или их ангидридов с целью получения сравнительно недорогой ненасыщенной полиэфирной смолы. Процесс деполимеризации является относительно дорогим способом переработки вторичного ПЭТ поскольку предполагает значительные энергетические затраты или использование дорогих химических продуктов [10]. Продукты деструкции ПЭТ из устаревших отходов широко используют снова в синтезе ПЭТ, для получения пластификаторов, лаков, материалов для покрытий и др.

Физико–химические методы переработки отходов ПЭТ могут быть классифицированы следующим образом:

- деструкция отходов до получения мономеров или олигомеров, пригодных для получения волокна и плёнки;
- повторное расплавление отходов ПЭТ для получения вторичного гранулята, агломерата и изготовления из них различных изделий методами экструзии или литья под давлением;
- переосаждение из растворов с получением порошков для нанесения покрытий; получение композиционных материалов;
- химическая модификация для производства материалов с новыми свойствами [11].

Каждая из предложенных технологий имеет свои преимущества. Не все вышеперечисленные методы можно применить к отходам пищевой тары изготовленной из ПЭТ. В средних и малых масштабах переработки данного вида отходов, данный процесс не является экономически целесообразным. В виду того, что данные вид отходов сильно загрязнен органическими и

минеральными примесями, удаление которых сопровождается большими затратами. Более безопасным и наиболее выгодным выходом является переработка использованной ПЭТ-тары. В Англии на сегодняшний день перерабатывается 70% ПЭТ-бутылок, в Германии – 80–85%, в Швеции – 90–95% (это самый высокий показатель в Европе). Принцип государственного регулирования переработки ПЭТ-тары состоит в том, что ее производители платят специальный налог, в который заложена стоимость будущей переработки. Из этих денег государство финансирует утилизацию. В Российской Федерации закон об упаковке и её утилизации пока не достаточно совершенен и не введен в действие.

Перед переработкой должна быть проделана подготовительная работа. ПЭТ – бутылки необходимо рассортировать по цветам, исключить попадание мусора и других видов пластика, например тары из полиэтилена высокой плотности или из полипропилена. Для удобства хранения и подачи на линию переработки, ПЭТ-сырье рекомендуется прессовать в кипы. Широко применяемым методом переработки отходов ПЭТ является механическое измельчение, которое можно применить к большинству изделий из данного вида сырья. Такая переработка позволяет получить порошкообразные материалы и хлопья для последующего литья под давлением. Характерно, что при измельчении физико – химические свойства полимера практически не изменяются.

1.3 Применение вторичного ПЭТ

Вторичный ПЭТ может быть использован для производства тары технического назначения, в качестве добавки в первичный материал при производстве, например, преформ, для сплавления с другими видами полимеров (производство компаундов), для производства строительных материалов, упаковочной ленты, волокон для текстильной промышленности и др. (рисунок 1).

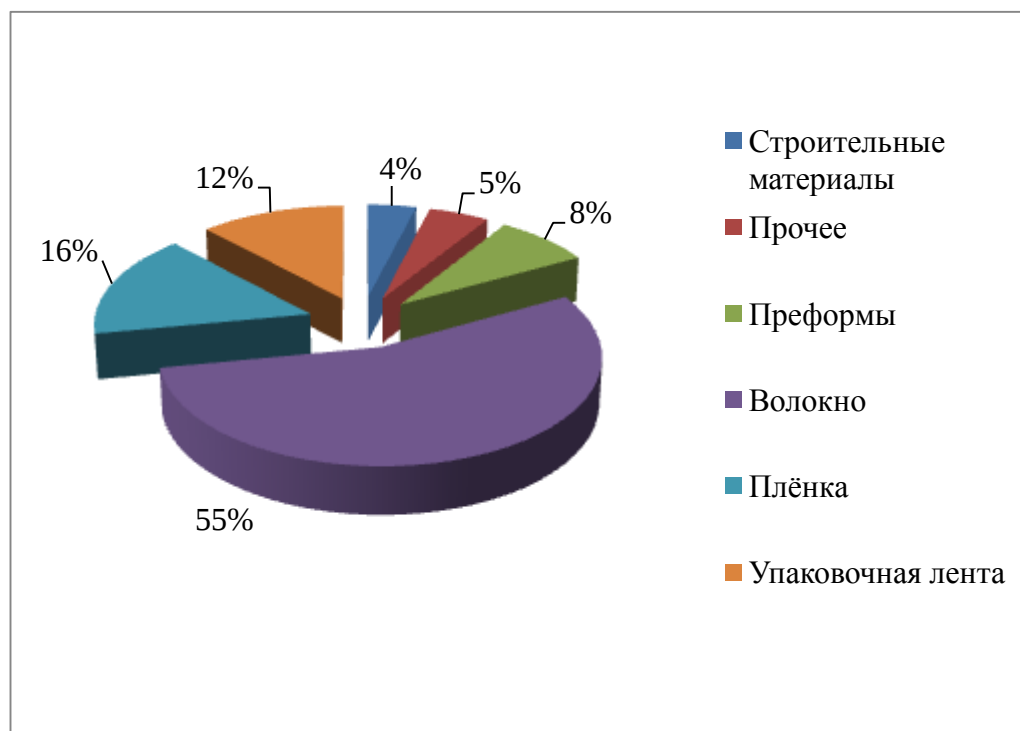


Рисунок 1 – Сферы использования вторичного ПЭТ

Выбор использования в качестве сырья восстановленных пластмасс легко объяснить. Вторичное сырье выгоднее в использовании. В настоящее время произошло усовершенствование стандартов качества, многие поставщики, занимающиеся изготовлением вторичных пластмасс могут предоставлять сырье отвечающее заданным спецификациям. Цена вторичного сырья ниже первичного на 20-25%. Потребители также могут получить преимущество, указывая, что их продукция изготовлена с применением вторичного сырья [12]. Оказывая, что организации небезразлична экологическая ситуация в области переработки отходов производства и потребления. Стоит отметить следующие плюсы:

- меньше отходов отправляется на захоронение на полигоны или сжигание;
- сокращается потребление энергии и добыча ресурсов для производства оригинальных пластмасс;
- сокращение выбросов и отходов, связанных с производством оригинальных материалов.

1) Волокна

Более 50 % вторичного ПЭТ используется для изготовления волокон, которые находят самое разнообразное применение. Из них изготавливаются геотекстильные полотна, автокомпоненты (ковры, обивка), ковровые покрытия для жилых и офисных помещений и др. Полученное синтетическое волокно также применяется при изготовлении наполнителей для спортивной одежды, мягких игрушек. В последние годы вторичный ПЭТ все активнее используется для изготовления щетины, состоящей из волокон диаметром 0,1 – 0,2 мм и находящей применение при производстве щеток различного назначения.

Объем этого рынка, как и его потенциал, представляется значительным, хотя кроме ПЭТ в данной индустрии используется и полипропилен (ПП), и реже полиамид (ПА). Из волокон меньшего диаметра получают искусственную шерсть (флис), используемую для производства трикотажных рубашек, свитеров. Такие ткани могут содержать до 100% вторичного материала. У ПЭТ-волокон есть ряд преимуществ перед другими синтетическими волокнами. Например, ПЭТ-волокна легче окрашиваются, чем ПА-волокна, а ковры, изготовленные из них, сохраняют цвет и не требуют специальной химической обработки, необходимой коврам на основе ПА-волокон. Нетканые полотна, изготовленные из ПЭТ-волокон по технологии melt-blown, применяются для производства звукопоглощающих материалов, геотекстиля, фильтрующих и абсорбирующих элементов, синтепона [13]. Именно низкая вязкость вторичного ПЭТ является необходимым свойством, которое обеспечивает легкость раздува и минимальную толщину волокон (15 мкм) при производстве нетканого материала.

На фоне мирового и китайского опыта вопрос о развитии в России производства волокон и нитей из ПЭТ стоит довольно остро. В 2007 г. в России было произведено около 25 тыс. т штапельного ПЭТ-волокна грубых титров, а импорт этой продукции в Россию составляет около 100 тыс. т в год

(из них почти половина – из Белоруссии). В настоящее время в России реализуются (или готовятся к реализации) ряд проектов по производству полиэфирных волокон (главным образом из ПЭТ). Так, холдинг «СИБУР» осуществляет инвестиционный проект по созданию производства кордных тканей и высокопрочных технических нитей общей мощностью 12 тыс. т, которое планировалось запустить в конце 2009 г., после чего потребности всех шинных заводов холдинга в корде должны быть полностью удовлетворены. Налажен выпуск штапельного волокна в ООО «Селена-Химволокно», где используют собственное сырье – очищенные ПЭТ – флексют использованных бутылок. Мощность производства – 5 тыс. т в год, линейная плотность волокна – от 33 до 87 текс. В Ивановской области разрабатывается программа расширения производства химических волокон на базе новых заводов (для выпуска прежде всего штапельного волокна).

Наиболее известными пред-приятиями, перерабатывающими вторичный ПЭТ в волокно, являются ОАО «Комитекс» (Республика Коми), ЗАО «РБ-Групп» (г. Гусь-Хрустальный, Владимирская обл.), ООО «Детская одежда» (на базе ООО «Камешковская прядильно-ткацкая фабрика», Владимирская обл.).

2) Упаковочная лента

Рынок упаковочной ленты – постоянно растущий сегмент рынка упаковки в целом. Лента имеет широкое применение и повсеместно используется во всем мире для упаковки, закрепления и транспортировки самых различных грузов – металлопроката, лесо и пиломатериалов (досок, фанеры, ДСП, бруса и др.), строительных материалов и изделий (кирпича, черепицы, малых пенобетонных блоков и т. п.), позволяя при этом сохранять товарный вид транспортируемого груза. Упаковочные ПЭТ-ленты практически на 85 – 90 % производятся из вторичного ПЭТ. В 2007 г. производство упаковочной ленты лишь на треть удовлетворяло потребности рынка России. В 2008 г., несмотря на мощности, создаваемые новыми производителями упаковочной ПЭТ-ленты, существовал ее дефицит порядка

19%. Таким образом, потребность в упаковочной ленте превышала предложение. Финансовый кризис сбалансировал ее спрос и предложение, однако в посткризисный период, если не появятся дополнительные производственные мощности, диспропорция может восстановиться. Аналитиками упаковочного рынка объем потребления упаковочной ПЭТ-ленты к 2011 г. (без учета кризисных явлений) прогнозировался на уровне 21 тыс. т (в 2008 г. – порядка 8 – 10 тыс. т). По мнению экспертов ООО «Инфолайн», указанная емкость этого рынка вполне реальна, однако с учетом финансово-экономического кризиса и его последствий достижения такого уровня потребления можно ожидать лишь к 2014 – 2015 гг. (рис. 2). При этом рост спроса на упаковочную ПЭТ-ленту в 2010 – 2011 гг. ожидается на уровне 5 – 8 %, в 2012 – 2013 гг. – на уровне 12–18%, в 2014–2015 гг. – на уровне 30 – 35 %. На первом этапе рост будет обусловлен тенденцией вытеснения с рынка стальной ленты, так как ПЭТ-лента обладает рядом преимуществ. В дальнейшем спрос будет увеличиваться благодаря восстановлению основных потребляющих отраслей – деревообрабатывающей, металлургической и строительной. Рост рынка упаковочной ПЭТ-ленты связан с ее более высокими техническими характеристиками по сравнению с лентами из других материалов:

- прочность ПЭТ-ленты сопоставима с прочностью стальной ленты и составляет 450 – 600 Н/мм ширины (у стальных нагартованных лент – от 450 до 750 Н/мм);
- стоимость упаковки грузов с помощью ПЭТ-ленты на 20 – 30 % ниже, чем с помощью стальной;
- ПЭТ-лента устойчива к атмосферным осадкам, не пачкает груз (стальная ржавеет);
- ПЭТ-лента в 7 раз легче стальных упаковочных лент и не имеет острых краев, что снижает травмоопасность при работе с ней;

- благодаря эластичности ПЭТ-лента не повреждает груз, благодаря чему отпадает необходимость в использовании прокладочных уголков между упаковываемым материалом и лентой;

- ПЭТ-лента обладает значительной величиной относительного упругого удлинения (8 – 12 %), благодаря чему при погрузочно-разгрузочных работах она может растягиваться (в случае деформации пакета), а затем, при снятии нагрузки, она возвращается в начальное положение, в то время как стальные ленты рвутся (этого можно избежать, если брать более прочные стальные ленты, что, однако, значительно увеличит затраты на упаковку);

- ПЭТ-лента выдерживает достаточно высокие температуры. Так, при сушке пиломатериалов в сушильных камерах упаковочные ленты, имеющие меньшее относительное упругое удлинение, провисают на пакете, и это приводит к необходимости их подтягивать или полностью переупаковывать пакет. В то же время ПЭТ-ленты продолжают плотно и прочно обтягивать пакет, что экономит время и упаковочные материалы;

- ПЭТ-лента нечувствительна к УФ-излучению (в отличие, например, от ПП-ленты);

- по сравнению с полипропиленовыми ПЭТ-ленты более морозостойки и выдерживают температуру до минус 45°C, что позволяет их использовать в условиях низких температур и в северных районах. Наиболее заметными игроками данного сегмента рынка вторичного ПЭТ являются ОАО «Косулинский абразивный завод» (Свердловская обл.), ООО «КАННЕТ» (г. Тверь), ООО «Максипласт» (г. Голицыно, Московская обл.).

3) Преформы

Преформы, при производстве которых использовалось вторичное сырье, не отличаются высоким качеством. Физико-химические свойства такого сырья не позволяет изготавливать тары большого объема. Уровень риска возникновения брака при выдуве очень высок. Несмотря на эти недостатки, существует ряд предприятий, которые успешно изготавливают тару для технических жидкостей из вторичного ПЭТ сырья. Таким образом,

рынок технических преформ может быть полностью обеспечен вторичным ПЭТ. Получить вторичный ПЭТ высокого качества, имеющий практически такие же свойства, как и первичный ПЭТ, позволяет технология химического рециклинга bottle-to-bottle («бутылка в бутылку»), разработанная немецкой компанией Buehler AG и объединяющая различные методы в целях производства материала, который можно снова использовать для изготовления пищевой упаковки и бутылок для напитков.

За рубежом широкое распространение получает так называемая многослойная технология рециклинга, по которой вторичный ПЭТ размещается между двумя слоями первичного полимера. Многослойные бутылки могут содержать до 50 % масс вторичного ПЭТ, причем отдельные емкости могут включать более высокие количества вторичного материала (преформы, получаемые по традиционной технологии, содержат лишь 5–8% масс вторичного ПЭТ). Единственное предприятие в России, где освоена эта технология является – ООО «Пларус».

4) Строительные изделия

Специалисты Московского государственного института стали и сплавов и Центра научных исследований и инноваций «Технологии экологически чистых новых композиционных материалов» разработали в 2007 г. технологию производства черепицы, труб, дорожного покрытия и электроизоляторов из использованных ПЭТ-бутылок, одноразовых стаканчиков, битого кирпича и золы. Немаловажным для реализации этой разработки оказалось то, что ПЭТ не гниет, не корродирует и практически не окисляется. Предлагаемая технология отличается от других технологий экономичностью. Если для переработки отслуживших изделий из ПЭТ в другие изделия вторичный материал приходится дробить, отмывать, обезжировать и т. д., то для применения в качестве строительного материала ПЭТ-бутылку достаточно измельчить и сразу пускать в производство. Свойства и назначение будущего композиционного материала во многом определяет наполнитель. Если взять битый кирпич – получится черепица для

крыш, если опилки – то материал, похожий на древесно-стружечные плиты, но в отличие от них совершенно безопасный для здоровья. Если же в качестве наполнителя использовать золу, имеющуюся в избытке в виде побочного продукта функционирования ТЭЦ, то можно получить изолирующие материалы, по свойствам не уступающие традиционным, но более дешевые. В качестве наполнителя можно также использовать песок, битое стекло, мраморную крошку. Для получения готового изделия исходные компоненты (вторичный ПЭТ с наполнителями и минеральными красителями, если они нужны) тщательно перемешивают и нагревают вплоть до размягчения ПЭТ, но не до его плавления. Затем из полученной массы штампуют готовые детали – прочные, твердые, износостойкие, с низкой гигроскопичностью и тепло и электропроводностью. Свойства полученных изделий зависят от состава исходной смеси, температуры и давления прессования.

ПЭТ - отходы в качестве связующего совместно с минеральными наполнителями (золой, песком) нашли применение в производстве полимербетона. Полимербетон долговечен, легок, быстро отвердевает и образует прочное сцепление с бетонной поверхностью. Его можно быстро наносить и восстанавливать, благодаря чему он нашел применение в качестве защитного слоя полов в производственных помещениях. Полимербетон применяется также для ремонта бетона из портландцемента. Поверхностный слой из полимербетона толщиной 10 – 25 мм защищает основной бетонный слой от износа и воздействия атмосферных факторов. Железобетонные строительные конструкции покрытые полимербетоном отличаются эстетичным видом. Полимербетон широко применяется для дренажа кислотных стоков, подземных сводов, соединительных боксов канализационных труб. Стоимость полимербетона из вторичного ПЭТ сопоставима со стоимостью бетона из портландцемента, в то время как традиционный полимербетон на основе реактопластов дороже его в 10 – 20 раз.

4) Прочие материалы

Интересным примером использования вторичного ПЭТ является получение на его основе стеклонаполненных композиционных материалов (КМ), единственным производителем которых в России является ООО «ИТОС-Компаунд» (Курская обл.). ПЭТ-КМ производятся на том же оборудовании, что и гранулированный ПЭТ, полученный из хлопьев. Изначально ПЭТ обладает высокими механическими и хорошими диэлектрическими свойствами, низким коэффициентом трения (даже у стеклонаполненных композиций), имеет высокую химическую стойкость ко многим реагентам, поэтому он является вполне пригодным связующим КМ как общепромышленного, так и инженерно-технического назначения. При производстве стеклонаполненных ПЭТ в качестве наполнителя используется рубленое стекловолокно. Помимо этого в композицию вводятся различные добавки для улучшения отдельных характеристик КМ, а для получения негорючих композиций – антипирены различных классов. Предполагается, что разработанные КМ найдут применение в электротехнике, автомобилестроении, а также в других отраслях, где требуются инженерно-технические полимеры с высокими физико-механическими и электрическими свойствами. Стеклонаполненный ПЭТ со специальными добавками, полученный из ПЭТ- бутылок, успешно прошел испытания при производстве деталей электротехники в ОАО «Корневский завод низковольтной аппаратуры». К другим применениям вторичного ПЭТ относятся также декоративные литевые изделия, изготавливаемые из смеси ПЭТ (40 % масс.) и ПЭВП (60 % масс.), автомобильные компоненты, электротехнические изделия и различная фурнитура, изготавливаемые литьем под давлением; абразивные круги для шлифования и полирования (после добавления в ПЭТ стекловолокон), порошки для нанесения покрытий и др. [14].

1.4 Характеристика исследуемого производственного объекта

Наименование производства: Общество с ограниченной ответственностью «Поволжские вторичные ресурсы» (ООО «ПОВТОР»).

Год ввода в эксплуатацию: апрель 2009 года.

Основной профиль хозяйственной деятельности – это оказание услуг предприятиям города Тольятти и Самарской области по сбору, сортировке, использованию, обезвреживанию, транспортировке и хранению твердых бытовых и промышленных отходов 1–5 класса опасности.

ТКО классифицируют по источникам образования, по морфологическому составу, по степени опасности, по направлениям переработки и т.д. Юридической основой для классификации ТКО служит Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО), который классифицирует отходы по происхождению, агрегатному состоянию и степени опасности. В ФККО используется термин "Твердые коммунальные отходы" код раздела 910 000 00 00 00 0.

Твёрдые коммунальные отходы представляют собой сложную гетерогенную смесь. По морфологическому признаку ТКО в настоящее время состоит из следующих компонентов: бумага (газеты, журналы, упаковочные материалы), пластмассы, пищевые и растительные отходы, различные металлы (цветные и чёрные), стеклобой, текстиль, древесина, кожа, резина, смёт.

ООО «ПОВТОР» осуществляет прием и селективный отбор компонентов, подлежащих вторичному использованию, из твердых коммунальных отходов и других отходов с утильными фракциями, принимаемых от жилой застройки, коммерческих и промышленных организаций.

ООО «ПОВТОР» осуществляет деятельность по обращению с отходами:

- принимаемых на сортировку, переработку или обезвреживание от жилого фонда и коммерческих организаций;
- образующихся в результате производственной деятельности самого предприятия.

ООО «ПОВТОР» обращает в свою собственность вторичные материальные ресурсы (ВМР), образующиеся после сортировки принимаемых отходов и пригодных к вторичному использованию на собственном предприятии или в сторонних организациях. Режим работы: 365 дней в году, 1 смену в 11 часов (в случае необходимости, возможен круглосуточный режим работы).

Мусоросортировочный комплекс по классификации санитарной опасности относится к 4 классу. Нормативная санитарно–защитная зона, принятая в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 "Санитарно–защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" (с изменениями от 10.04.08 г.) [15], составляет 100 м.

Сортировка ТКО предполагает извлечение из смешанных отходов, компонентов, пригодных к вторичному использованию. Компоненты, не пригодные к вторичному использованию (балласт), вывозятся автотранспортом предприятия на специальные полигоны Самарской области.

Основная функция обслуживающего персонала – ручная сортировка на конвейере и контроль над технологическим процессом и работой механизмов.

Конструкция и условия эксплуатации специализированного транспорта исключают возможность аварийных ситуаций, потерь и загрязнения окружающей среды по пути следования. Мусоровозы, используемые для доставки отходов, снабжены системами автоматической выгрузки отходов. Конструкция кузова и спецоборудования мусоровозов обеспечивает его полное опорожнение от отходов.

Учет прибывающих мусоровозов с ТКО осуществляется при въезде на территорию комплекса путем регистрации и контроля транспортных средств по параметрам: марка, технические характеристики (емкость кузова), вид, государственный номер, объем и вес доставляемых отходов.

Взвешивание автотранспорта производится на весах автомобильных электронных с весовой платформой из металлоконструкций и терминала

весового. Результаты взвешивания заносятся в журнал с указанием государственного номера автотранспорта, время прибытия, объем кузова, вес нетто.

Разгрузка ТКО, прошедших регистрацию и взвешивание, осуществляется в приемном отделении станции на бетонированной площадке. Для маневрирования мусоровозного автотранспорта, а также большегрузного транспорта, вывозящего вторсырье и рассортированные отходы, на территории предусмотрены площадки и проезды с твердым покрытием.

Кроме того, на станцию поступают отходы (картона, бумаги и полиэтиленовой упаковки), предварительно отсортированных, что позволяет ООО «ПОВТОР» направлять эти отходы непосредственно в зону пакетирования, минуя стадию сортировки на конвейере.

Приемное отделение комплекса расположено на открытом воздухе под навесом и непосредственно примыкает к зданию производственного корпуса. Оно представляет собой бетонированную площадку, в центре которой находятся три заглубленных конвейера, подающие отходы на три сортировочных линии, расположенные в закрытом помещении. Также на этой площадке установлены бункера для складирования крупногабаритных компонентов ТКО, извлекаемых на этапе предварительной сортировки.

С помощью трактора отходы перемещают так, чтобы слой получился равномерным, высотой не более 1 м, расположенный вдоль площадок загрузки подающих конвейеров. Из поступающего на конвейер слоя ТКО, вручную отсортировывают следующие фракции:

- крупногабаритные отходы (строительные отходы, бытовая техника);
- древесные отходы;
- емкости, загрязненные лакокрасочными материалами или остатками нефтепродуктов.

Отобранные фракции складывают отдельно, на площадке рядом с зоной предварительной сортировки. С площадки отходы вывозятся на специализированные полигоны. После завершения предварительной сортировки слой отходов сдвигается с помощью трактора на подающий конвейер. По конвейеру отходы подаются в динамический сепаратор. Сепаратор включает в себя разрыватель пакетов, обеспечивающий извлечение их содержимого, преимущественно органических остатков, и подачу его «россыпью» для эффективного извлечения на сепараторе.

В процессе сепарирования отходы разделяются на два потока, представленные нижним и верхним продуктами. Подрешетный продукт представлен мелкими фракциями отходов менее 60 мм, содержащими в основном органические (пищевые) остатки, смет и др.

Извлеченные ВМР прессуют в кипы на туннельном прессе, для удобства складирования и перемещения.

1.5 Описание технологического процесса вторичной переработки полиэтилентерефталата на ООО «ПОВТОР»

На предприятии ООО «ПОВТОР» реализуется механическая переработка тары из полиэтилентерефталата. В производственном цехе установлена линия по переработке ПЭТ-бутылок, которая предназначена для измельчения ПЭТ-бутылок во флексы, дальнейшего их отмывания и отделения от посторонних включений, таких как металл, органика, крышка и этикетка. Благодаря использованию в технологическом процессе ванн с горячим раствором гидроксида натрия NaOH, ПЭТ - флексы эффективно отмываются от клея и других загрязнений.

Количество технологических стадий: 7 стадий

- сортировка;
- прессование;
- дробление;
- мойка;

- флотация;
- сушка;
- фасовка.

Схема линии переработки ПЭТ представлена на рисунке 2.

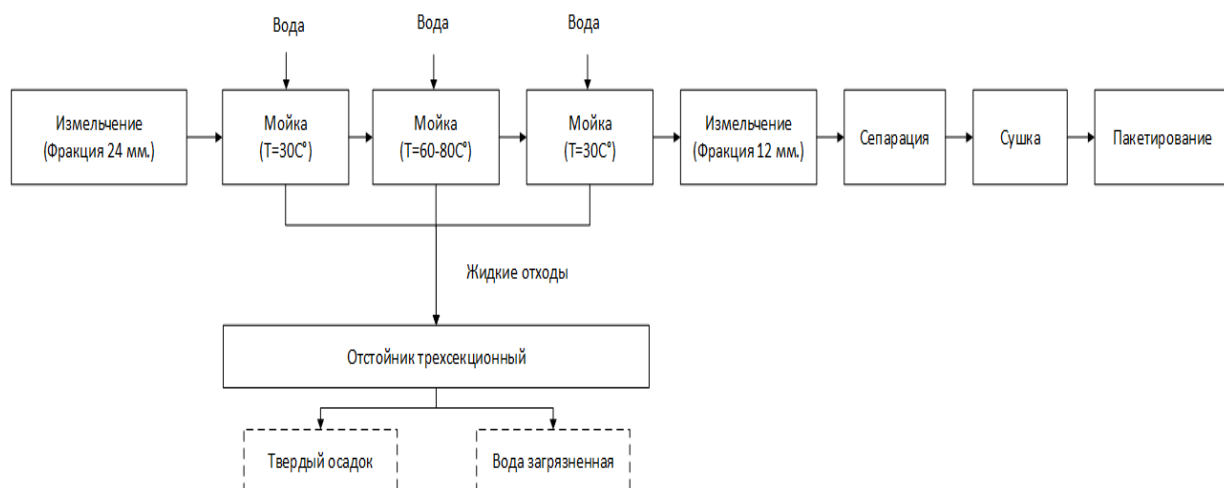


Рисунок 2 – Схема линии переработки ПЭТ

ПЭТ - бутылки поступают на предприятие в составе ТКО. Выгрузка мусоровозов осуществляется на бетонированную площадку, в центре которой находятся три заглубленных конвейера, подающих отходы на три сортировочные линии, на которых вручную отбирают ПЭТ бутылки, пригодные для дальнейшей переработки. Отбираемые ПЭТ бутылки сбрасывают в приемные ячейки, расположенные у каждого рабочего места. Сортировку производят отдельно по цветовому признаку: белая, голубая, зеленая и коричневая тара.

В процессе сортировки не отбирают:

- Белые бутылки (загрязняют фильеры, при производстве полиэфирного волокна);
- Бутылки из под масла (загрязняют оборудование маслом).

Все отобранные в процессе ручной сортировки ПЭТ бутылки поступают на пресс, где формируются тюки массой до 150 кг (рисунок 3).



Рисунок 3 – Сортированные ПЭТ - бутылки

Спрессованное сырье попадает на загрузочную площадку линии переработки ПЭТ в виде тюка, закрепленного металлической проволокой. Работник болторезом перерезает проволоку, разбивает лопатой тюк и равномерно загружает ПЭТ - бутылки на подающий транспортер (рисунок 4), который загружает их в дробилку № 1.



Рисунок 4 – Выгрузка сырья на подающий транспортер

В процессе дробления происходит измельчение целой бутылки на частицы размером 4-6 см, которые по шнековому конвейеру поступают в горизонтальную мойку (рисунок 5), где происходит отмывание флексы от загрязнений, таких как пыль, песок и т.д.



Рисунок 5 – Горизонтальная мойка

Далее флексы поступают в двухшнековую мойку (рисунок 6), где происходит процесс флотации. В результате данного процесса из ПЭТ - бутылок удаляются этикетки и крышки. ПЭТ – флексы по дну транспортируются шнеком через всю ванну, а пробка, кольца, полиэтиленовые и полипропиленовые этикетки и другие частицы с удельной плотностью менее единицы, всплывают на поверхность.



Рисунок 6 – Двухшнековая мойка

Удаление пробкосодержащей смеси происходит работником вручную, дуршлагом с поверхности воды и совком с фильтрующей сетки, в ведро. По мере его заполнения, пробкосодержащую смесь перемещают в Биг-Бэг.

Перемещаясь по шнековому конвейеру, флексы поступают в горячую мойку ($T=80-100^{\circ}\text{C}$), куда добавляют едкий натр для отделения клея и этикеток от флекс. В тоже время на данном этапе происходит отделение

оставшихся загрязнителей и обеззараживание. Затем флексы поступают на многостадийную мойку, включающую в себя, последовательно расположенные горизонтальную мойку и три двухшнековые флотационные ванны. Многостадийная мойка необходима для эффективной промывки флексы от едкого натра, удаления остатков клея и этикетки, извлечения из общей массы флексы металлов, при помощи магнитов (рисунок 7).



Рисунок 7 – Магниты для извлечения металлов

Очищенные флексы поступают в дробилку № 2, для измельчения на более маленькие частицы, размером 0,4-1,4 см. Затем флексы поступают в центрифугу для удаления воды, до содержания не более 4%. Пневмотранспорт перемещает флексы из центрифуги в сушильный бункер, где они высушиваются горячим воздухом.

После процесса сушки, флексы упаковываются в Биг-Бэг, который находится под бункером сушиллки (рисунок 8).



Рисунок 8 – Загрузка готового продукта в Биг-Бэг

В зависимости от вида перерабатываемого сырья, готовят разный щелочной раствор. Требования к приготовлению щелочного раствора в зависимости от перерабатываемого сырья представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Приготовление рабочего раствора гидроксида натрия NaOH в зависимости от перерабатываемого сырья.

Наименование сырья	Необходимый pH рабочего раствора NaOH	Количество NaOH, пошедшее на разовую загрузку в одну мойку
1	2	3
ПЭТ-бутылка темная	9-10	50 кг
ПЭТ-бутылка светлая	10-12	125 кг

В течении рабочей смены дробильщик проводит корректировку раствора в установленном порядке:

- открыть верхние крышки горячих моек;
- при наличии в горячих мойках ПЭТ- флексы, осуществить выгрузку материала, довести уровень воды до метки;

- добавить в каждую мойку 25кг гидроксида натрия, производить перемешивание не менее 20 минут, до полного растворения;
- замерить pH рабочего раствора, при pH , соответствующим нормам технологического процесса, занести данные в «Технологический журнал линии переработки ПЭТ»;
- при pH меньше нормы, произвести дополнительное перемешивание рабочего раствора в течение 10 минут и еще раз замерить pH, при pH меньше нормы, поставить в известность начальника смены и инженера-технолога;
- по указанию начальника смены или инженера-технолога, провести корректировку раствора до соответствующего норме pH;
- закрыть верхние крышки горячих моек;
- при помощи лакмусовой бумаги замерить pH в отобранной из отстойника пробы, занести данные в «Технологический журнал линии переработки ПЭТ».

Все работы с каустической содой работник должен производить в средствах индивидуальной защиты (СИЗ) для работ с щелочами. В течении рабочей смены, дробильщик должен контролировать технологический режим линии по существующим нормам, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Нормы технологического режима работы линии переработки ПЭТ

Контролируемый параметр	Норма	Частота контроля	Способ контроля
1	2	3	4
pH	ПЭТ темн. 9-10 ПЭТ светл. 10-12	8:00; 14:00; 20:00; 02:00	Лакмусовая бумага
Температура в горячих мойках	70-90°C	8:00; 14:00; 20:00; 02:00	Визуально на дисплее парогенератора

Продолжение Таблицы 2

1	2	3	4
Температура в сушке	105 -115	Каждый час	Визуально на дисплее сушки

Величина pH определяется количественным соотношением в воде ионов H^+ и OH^- , образующихся при диссоциации воды. Если ионы OH^- в воде преобладают - то есть $pH > 7$, то вода будет иметь щелочную реакцию, а при повышенном содержании ионов H^+ - $pH < 7$ - кислотную. В дистиллированной воде эти ионы будут уравнивать друг друга и pH будет приблизительно равен 7. При растворении в воде различных химических веществ, как природных, так и антропогенных, этот баланс нарушается, что приводит к изменению уровня pH.

В зависимости от уровня pH воды можно условно разделить на несколько групп:

- сильнокислые воды < 3
- кислые воды 3 - 5
- слабокислые воды 5 - 6.5
- нейтральные воды 6.5 - 7.5
- слабощелочные воды 7.5 - 8.5
- щелочные воды 8.5 - 9.5
- сильнощелочные воды > 9.5

Одной из проблем предприятия является качество сточных вод, после переработки ПЭТ-продукции. Необходимо снизить риск возникновения превышения нормативных показателей загрязняющих веществ в сточных водах предприятия. Но необходимо учитывать, что уменьшая концентрацию едкого натра в водном растворе, для снижения pH показателя, мы получаем брак флексы по параметру «Загрязненность». Предприятию необходимо решить вопрос качества сточных вод, без ущерба для качества выпускаемой продукции и сократить расход воды на линии переработки ПЭТ путем

внедрения установки очистки сточной воды для её возврата в технологический процесс.

1.6 Цели и задачи

Целью магистерской работы является исследование особенностей технологического процесса очистки ПЭТ - флексы раствором едкого натра на мусороперерабатывающем комплексе ООО «ПОВТОР» г.о. Тольятти и разработка рекомендаций по усовершенствованию процесса очистки технологической жидкости для ее повторного использования в технологическом процессе переработки ПЭТ-бутылок.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) Систематизировать и провести критический анализ литературных данных по методам очистки сточных вод промышленных предприятий;
- 2) Рассмотреть и сравнить предлагаемые варианты установок для очистки сточных промышленных вод;
- 4) Разработать мероприятия повышения качества сточных вод для их возврата в технологический процесс переработки ПЭТ.

Глава 2 Анализ методов очистки промышленных сточных вод

Проблема очистки промышленных стоков и подготовки воды для технических и хозяйственно-питьевых целей с каждым годом приобретает все большее значение. Сложности очистки связаны с чрезвычайным разнообразием примесей в стоках, состав и количество которых постоянно изменяется вследствие появления новых производств и изменения существующих технологий. Современные технические возможности позволяют довести уровень очистки до качества питьевой воды, но стоимостные параметры такого рода систем очистки сточных вод делают их применение экономически малоэффективным, в основном, целесообразно рассматривать вторичное использование сточных вод для технических целей.

При очистке промышленных сточных вод, в основном, применяют методы осаждения, коагуляции, флотации, фильтрования, нейтрализации. Перспективными являются методы, использующие процессы мембранной технологии, электрокоагуляцию, озонирование, биологическую очистку.

На сегодняшний день разработано множество способов очистки производственных стоков. Отличия между этими способами лежат в технологических параметрах и в основе природы этих процессов. Можно выделить три основных способов очистки сточных вод: механические, химико-физические и биологические.

2.1. Механические способы очистки сточных вод

Самым простым, по технологии, методом очистки сточных вод – является их отстаивание. Для более качественной очистки используются следующие типы сооружений:

- решётки;
- песколовки;
- первичные отстойники;
- гидроциклоны;
- фильтры.

2.1.1 Решетки

Сточные воды содержат в себе крупные фракции различных видов отходов таких как: остатки пищи, бумага, санитарно-гигиенические отходы, упаковочные материалы, полимерные и волокнистые материалы. В процессе перемещения сточных вод по водоотводящим сетям, крупные фракции отходов адсорбируют на своей поверхности жиры и органические соединения. Адгезионный слой, возникающий на поверхности отходов, способствует налипанию на них значительного количества песка, шлаков и других минеральных частиц.

В результате, формируются многокомпонентные органоминеральные составляющие отбросов крупных размеров, осредненная плотность которых близка к плотности воды, что облегчает последующий пронос песка через песколовки на крупноразмерных загрязнениях, проскакивающих через решетки. Песок, переносимый крупными органическими загрязнениями через песколовку, выпадает в первичные осадительные резервуары, что затрудняет выпуск осажденного осадка, перенос его через илопроводы и выгрузку ферментированного осадка из метантенков. В то же время, легкие фракции отходов, всплывают и проходят через отстойники, что осложняет работу сооружений дочистки. В следствии чего, загрязнения могут попадать с очищенными водами в воды канализации. В ходе исследований, было выявлено, что уменьшая минимальную ширину прозоров до значений 1,5 – 2,0 мм, приводит к 15-20-кратному возрастанию эффективности очистки сточных вод, по сравнению с решетками, где прозоры составляют не менее 16 мм. Принимая во внимание то факт, что проходя сквозь решетки с прозорами 1,5-2,0 мм, почти весь объем загрязнений крупными фракциями остается на сооружении, снятую с них массу отходов можно принимать за их полной содержание в сточных водах. О содержании крупноразмерных загрязнений в сточных водах судят косвенным методом по количеству отбросов, задержанных на решетках с различной шириной прозоров.

В зависимости от объема отходов, содержащихся в сточных водах предусмотрены различные методы очистки решеток. При объеме отходов более $0,1 \text{ м}^3$ в сутки, предполагается механизированная очистка решеток, при меньшем объеме отходов допускается установка решеток с ручной очисткой. При обосновании отбросы с решеток допускается собирать в контейнеры с герметически закрывающимися крышками и вывозить в места обработки твердых бытовых и промышленных отходов. В основном, решетки устанавливаются в начале системы водоочистки сточных вод предприятия. Они устанавливаются в уширенных каналах, следом за которыми располагают песколовки.

Для обеспечения жесткости, во многих конструкциях решетки представляют собой стальные стержни различного сечения, которые располагают параллельно относительно друг друга и закрепляют в раме. Очищение стержней от загрязнений осуществляется механическими граблями, которые располагают до или после самих стержней. Решетки производят с шириной прозоров от 1 до 50 мм и рабочей шириной в диапазоне от 338 до 1200 мм. Для определения необходимого размера решеток учитывается возможность обеспечения в прозорах скорости движения сточной воды V_p равной 0,8 - 1,0 м/с при максимальном притоке на очистные сооружения. При скорости более 1,0 м/с уловленные загрязнения продавливаются через решетки. При скорости менее 0,8 м/с в уширенной части канала перед решеткой начинают выпадать в осадок крупные фракции песка и возникает необходимость их удаления.

Эффективная очистка стоков от диспергированных примесей достигается как за счет улучшения конструкций решеток, так и совершенствованием технологической схемы очистки. Решетки очистки от грубых примесей рекомендуется располагать перед основными мелкопрозорчатыми решетками. Такая мера исключает возможность аварийного проскока загрязнений крупных фракций. Следом за решетками устанавливают песколовки,

предназначенные для выделения песка, камней, которые перемещаются в придонной части течения сточных вод.

Комплексное использование решеток и песколовок для очистки от грубых примесей крупных фракций, позволяет создать благоприятные условия для расположения за ними мелкопрозорных решеток, для извлечения мелких фракций песка. Такое расположение очистных установок, обеспечит оптимальные условия удаления осадка из первичных отстойников.

2.1.2 Песколовки

В сточных водах промышленных предприятий содержится значительное количество нерастворенных минеральных, органических примесей. При совместном выделении минеральных и органических примесей в отстойниках затрудняется удаление осадка и уменьшается его текучесть. Осадок, содержащий песок, плохо транспортируется по трубопроводам, особенно самотечным. При попадании песка в последующие очистные сооружения, возникают затруднения в их работе. Поэтому при проектировании технологических схем водоочистки сточных вод песколовки ставят в их начале. Основное предназначение песколовок – это выделение нерастворенных минеральных примесей из сточных вод, а принцип работы данных установок основан на воздействии гравитационных сил. По направлению движения воды песколовки можно разделить на горизонтальные, вертикальные и с вращательным движением жидкости; последние в зависимости от способа создания винтового движения подразделяются на тангенциальные и аэрируемые.

Горизонтальные песколовки (рисунок 9) представляют собой удлиненные в плане сооружения с прямоугольным поперечным сечением. Элементами песколовок являются: входная часть песколовки, представляющая собой канал, ширина которого равна ширине самой песколовки; выходная часть, представляющая собой канал, ширина которого сужена от ширины песколовки до ширины отводящего канала; бункер для

сбора осадка, обычно располагаемый в начале песколовки под днищем. Возможно устройство бункера и над песколовкой.

Взвешенные частицы находящиеся в сточных водах при их движении перемещаются вместе с потоком и в то же время, под действием силы тяжести, двигаются вниз. Скорость движения частиц вниз, зависит от их размера и плотности. Турбулентность потока прямо пропорционально зависит от скорости движения вод. С увеличением скорости потока воды, увеличивается его турбулентность и пульсационная скорость движения. При высокой скорости движения воды крупные фракции загрязнений будут выноситься ее потоком, чем медленнее течение, тем более мелкие и легкие частицы будут выпадать в осадок.

Песколовки имеют следующее оборудование: механизм для перемещения осадка в бункер, гидроэлеваторы и насосы для удаления осадка из песколовки и транспорта его к месту обезвоживания или другой обработки. Для стабилизации скорости потока в песколовке при измерении расхода поступающих в нее сточных вод на отводном канале в песколовках устраиваются водосливы.

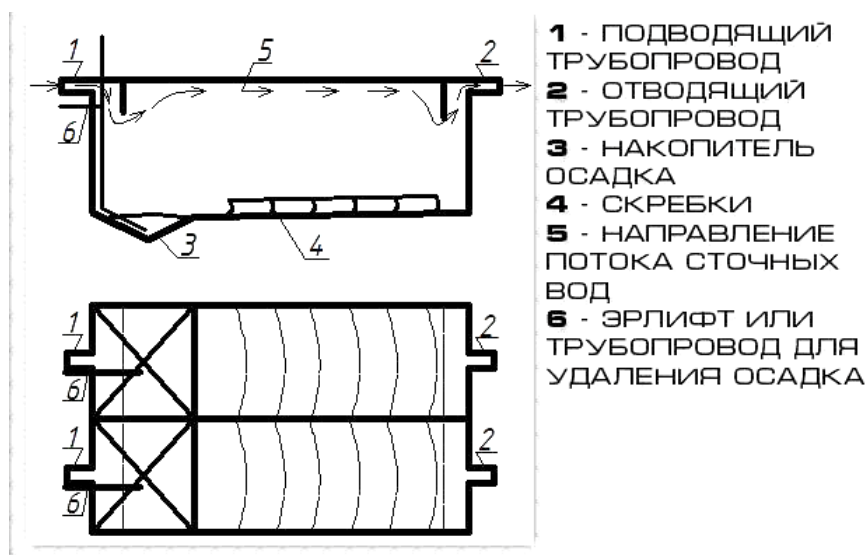


Рисунок 9 – Схема горизонтальной песколовки

Механизмы применяются двух типов: цепные или тележечные. Цепные механизмы состоят из двух бесконечных цепей, расположенных по краям песколовки, с закрепленными на них скребками. Скребки, расположенные у днища песколовки, перемещаются в сторону бункера, перемещая при этом осадок. Цепи и скребки над песколовкой перемещаются в ее конец. Механизмы тележечного типа состоят из тележки, перемещаемой над песколовкой по двум рельсам или монорельсу вперед и назад, на которой подвешивается скребок. При возвратном движении скребок поднимается.

Для перемещения осадка в бункеры также используют гидромеханические системы. По днищу сооружения очистки располагают трубопроводы со spryskami, сориентированными в сторону бункеров для сбора осадка. В этом случае бункеры выполняются в виде круглых тангенциальных песколовков. В поперечном сечении проточная часть песколовки в верхней части прямоугольную форму, а в основании - треугольную со щелью внизу. Весь улавливаемый осадок проваливается через щель в осадочную часть, имеющую коническую форму. Для выгрузки осадка достаточно установки гидроэлеватора, который хорошо отмывает песок от органических примесей.

Вертикальные песколовки имеют цилиндрическую форму, а подвод воды по касательной с двух сторон в основании. Конусная часть служит для сбора выпавшего осадка. Сбор и отвод воды осуществляется кольцевым лотком. При вертикальном движении воды вверх песок осаждается вниз. Следовательно, скорость восходящего потока жидкости должна быть меньше гидравлической крупности песчинок улавливаемого песка, т.е. $V < U_0$. Вертикальные песколовки удобны для накопления больших объемов осадка. Их целесообразно применять в полураздельных системах и на станциях очистки поверхностных вод. Вертикальные песколовки, в основном, признаны неэффективными и применяются в исключительных случаях.

Тангенциальные песколовки (рисунок 10) предназначены для гравитационного улавливания из сточных вод грубодисперсных примесей

гидравлической крупностью 18-24 мм/спод действием гравитационных и центробежных сил. Тангенциальные песколовки имеют круглую форму в плане и касательный подвод воды к ним и обеспечивают в песколовках вращательное движение, которое способствует поддержанию в потоке органических примесей. На скорость вращательного движения воды негативно влияют резкие скачки расхода сточных вод, в том числе, увеличивается продолжительность их отстаивания. Небольшая скорость вращательного движения не препятствует выпадению песка в осадок. При проектировании и установке водоочистных сооружений стоит уделить особое внимание узлам по вводу и сбору сточных вод. Неровность стенок и сопряжений в установке очистки, может привести к резкому возмущению потока во время пусковых работ. Для уменьшения возможного риска рекомендуется установка поворотной перегородки на входе в песколовку, которая обеспечит постоянство скорости входа жидкости.



Рисунок 10 – Схема тангенциальной песколовки

При требуемом гидравлическом режиме в аэрируемых песколовках время отмывки песка должно соответствовать времени осаждения песчинок. В плане, аэрируемые песколовки имеют удлиненную форму. Поперечное сечение бывает нескольких видов: полигональное, прямоугольное или близкое к эллиптическому. Путем установки диафрагм из резины внутри фланцевых соединений, регулируется расход воздуха по стоякам. Эта мера

обеспечивает равномерность аэрации. Устройство полупогруженных поперечных перегородок, с целью приближения к вытеснительному режиму, снижает продольный перенос. Важнейшими составляющими песколовок являются: входная и выходная части, бункер для сброса осадка и песковой лоток, который расположен вдоль одной из продольных стенок сооружения.

Днище песколовки в поперечном сечении имеет уклон в сторону лотка. Аэратор, выполненный из дырчатых труб, располагается вдоль одной из стенок песколовки на $2/3$ от общей гидравлической глубины. По днищу пескового лотка, песколовка оборудуется гидромеханической системой удаления осадка, состоящую из смывного трубопровода со sprays. Особенность аэрируемых песколовок заключается в том, что поток очищаемой воды непрерывно аэрируется. Если расположить аэратор над песковым лотком вдоль из одной стенок сооружения, то поток приобретет вращательное движение и начнет перемещение у днища от одной стенки к другой и к песковому лотку. Вращательное движение обеспечивает и концентрацию осадка в песковом лотке, расположенном с одной стороны сооружения. При интенсивности аэрации $3-5 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ч})$ скорость движения воды на периферии потока равна около $0,3 \text{ м/с}$. Максимальная скорость его на периферии потока равна сумме двух векторов скоростей поступательного и вращательного движений и лишь незначительно превышает скорость вращательного движения - $0,3 \text{ м/с}$, так как она значительно больше поступательной. Максимальная скорость винтового движения почти не изменится даже при значительном изменении расхода и поступательной скорости. Потому как вращательная скорость всегда превышает скорость поступательного движения и практически не изменяется. Это обеспечивает поддержание в потоке во взвешенном состоянии органических включений. Аэрируемые песколовки одновременно могут использоваться для улавливания всплывающих загрязнений.

Несмотря на огромное разнообразие применяемых конструкций различных типов песколовок, проблема полного выделения частиц песка

остаётся неразрешимой. Во многих случаях, это объясняется неудовлетворительной работой решеток, и, также, проникновением частиц песка на крупных фракциях органических примесей через песколовки. Происходит это из-за принятого расчета задержания частиц песка крупностью не менее 0,2 – 0,25 мм. В современных исследованиях, оптимальной скоростью горизонтального движения сточной воды, принято считать значение около 0,3 м/с. Время пребывания в песколовке около 30-60 сек. Результатом следования данным рекомендациям является неизбежное выпадение песка с органическими примесями в отстойниках.

2.1.3 Отстойники

Самым простым, экономичным и менее энергозатратным методом очистки сточных вод от грубодисперсных примесей с плотностью меньше плотности воды, считается отстаивание. Соответствие параметров осветления сточных вод в первичных отстойниках проектному технологическому режиму зависит от свойств взвешенных веществ, в том числе промышленного происхождения, структуры потоков жидкости в отстойных сооружениях режима выгрузки осадка и ряда других, менее значительных причин. В зависимости от происхождения и физических свойств, частицы загрязнений всплывают на поверхность сооружения или под действием силы тяжести оседают на его дно. Относительная простота данного типа установок, объясняет их широкое применение в очистке сточных вод. Отстойники можно разделить на несколько типов: первичные, вторичные и третичные. Подразделение обуславливается их расположением в технологической схеме очистки сточных вод и их назначении.

В технологической схеме очистки сточных вод первичные отстойники располагаются следом за песколовками, они предназначены, чтобы выделять взвешенные вещества из потока сточной воды –это при эффекте осветления 40-60% приводит к снижению величины БПК в осветленной сточной воде на 20-40% от начального значения. Чтобы избежать увеличения избытка активного ила в аэротенках и биопленках в биофильтрах, остаточная

концентрация взвешенных твердых частиц в очищенных сточных водах после первичных отстойников не должна превышать 100-150 мг / л. В зависимости от начальной концентрации взвешенных веществ в сточных водах, 200-500 мг / л, это определяет выбор наиболее эффективной технологии первичного осветления и требуемой продолжительности осаждения.

В плане горизонтальные отстойники – это прямоугольные резервуары, разделенные внутри на несколько секций продольными перегородками. Поток, распределяемый с помощью лотка с впускными отверстиями, движется по ширине установки, в направлении водослива сборного канала к противоположному торцу отстойника. Осадок оседает по всей длине отстойника и с помощью скребков перемещается в приемки для ила, которые располагаются на входе сооружения. Из приемков осадок выгружается в самотечный трубопровод и далее поступает на перекачивающую насосную станцию. Эффективность осветления также зависит от способа и режима выгрузки осадка. Чрезмерно долгое хранение осадка приводит к тому, что начинается процесс гниения, он насыщается газами и всплывает на поверхность воды. Характерным признаком брожения является интенсивное всплывание пузырьков газа; более точные показатели определяют измерением рН осадка, количества летучих жирных кислот. Всплывающие нефтемасляные и жировые вещества собираются в конце сооружения в жиросборный лоток, из которого также самотеком отводятся на перекачку.

Достоинствами горизонтальных отстойников являются их относительно высокий коэффициент использования объема и достигаемый эффект осветления воды по взвешенным веществам – 50-60%, возможность их компактного расположения и сочленения с аэротенками. В типовых проектах возможно объединять аэротенки и горизонтальные отстойники в секции, если использовать при проектировании отстойников ширину 6 и 9 м стеновых панелей.

Недостатком горизонтальных отстойников является низкая надежность работы используемых в них механизмов для сгребания осадка тележечного или цепного типа, особенно в зимний период. Кроме того, горизонтальные отстойники как прямоугольные сооружения при прочих равных условиях имеют более высокий (на 30-40%) расход железобетона на единицу строительного объема, чем радиальные отстойники. В практике проектирования горизонтальные первичные отстойники используются на очистных сооружениях пропускной способностью 15-100 тыс. м³/сут.

Вертикальные отстойники представляют собой круглые в плане резервуары с коническим днищем, в которых поток осветляемой воды движется в вертикальном направлении. Вертикальные отстойники могут отличаться конструкцией впускных и выпускных устройств, от чего зависят коэффициент использования объема отстойника и соответственно его производительность. Наиболее распространенный тип впускного устройства – центральная труба с раструбом и отражательным щитом. В зависимости от типа впускного устройства вертикальные отстойники подразделяются на следующие:

- с центральным впуском воды;
- с нисходяще-восходящим движением воды;
- с периферийным впуском воды.

В вертикальных отстойниках с центральным впуском сточная вода подводится лотком к центральной раструбной трубе, опускаясь по которой вниз, осветляемая вода отражается от конусного отражательного щита и поступает в зону осветления. Распределительное устройство обычных вертикальных отстойников с центральной трубой и отражательным щитом недостаточно гидродинамически совершенно. Возникает препятствие для осаждения взвешенных частиц, в виде потока жидкости выходящей из зазора между центральной трубой и отражательным щитом. Этот поток выносит вверх, вдоль стенок сооружения к сборным лоткам довольно большое количество взвешенных частиц, которые не успели осесть. При

проектировании вертикальных отстойников, уделяется особое внимание для решения задачи по устранению отрицательного влияния данного фактора на качество очистки сточных вод.

В восходящем потоке осветляемой воды происходит флокуляция частиц взвеси, и образующиеся агломерации взвеси, гидравлическая крупность которых превосходит скорость восходящего вертикального потока выпадают в осадок. Более мелкая взвесь, выносится с восходящим потоком воды. Осветленная вода собирается периферийным сборным лотком, высота гребня водослива которого определяет уровень воды в отстойнике. Плавающие вещества жировой композиции собираются в центре отстойника с помощью кольцевого лотка, из которого они отводятся в самотечную иловую сеть по трубопроводу.

Выпадающий осадок накапливается в иловой конусной части отстойника, из которой удаляется под гидростатическим напором 1,5-2,0 м через иловую трубу в самотечную иловую сеть. Объем иловой части рассчитывается на двухсуточный объем образующегося осадка. Влажность выгружаемого осадка составляет 95%.

К достоинствам вертикальных первичных отстойников можно отнести простоту их конструкции и удобство в эксплуатации; к недостаткам - большую глубину сооружений, что ограничивает их максимальный диаметр - 9 м, а также невысокую эффективность осветления воды, обычно не превышающую 40% по снятию взвешенных веществ.

Обобщенный метод технологического расчета первичных отстойников предполагает собой выбор типа и необходимого количества очистных сооружений, которые позволяют добиться требуемого эффекта осветления. Тип отстойника выбирается с учетом принятой технологической схемы очистки сточных вод и обработки их осадка, производительности сооружений, очередности строительства, числа эксплуатируемых единиц, конфигурации и рельефа площадки, геологических условий, уровня грунтовых вод. Число отстойников принимается: первичных - не менее

двух, вторичных - не менее трех при условии, что все отстойники являются рабочими. При минимальном числе их расчетный объем необходимо увеличивать в 1,2-1,3 раза.

2.1.4 Гидроциклоны

В открытых и напорных гидроциклонах отделение различных примесей происходит под воздействием центростремительных и центробежных сил. Открытые гидроциклоны применяют для выделения из суспензий частиц диаметром более 1×10^{-5} см при очистке грубодисперсных примесей. Применяют конструкции гидроциклонов без внутренних устройств, с диафрагмой и многоярусные.

Модифицированный гидроциклон с конической диафрагмой и внутренним цилиндром устраняет накопление взвешенных частиц под диафрагмой и их периодический вынос с осветленной водой. Исходную суспензию подают тангенциально в нижнюю часть зоны, ограниченную внутренним цилиндром. Восходящий поток у верхней кромки цилиндра разделяется на основной поток, движущийся по спирали к центральному отверстию в диафрагме, и дополнительный, поступающий в зазор между стенками гидроциклона и цилиндра. В дополнительном потоке транспортируются выделившиеся в восходящем потоке взвешенные частицы.

В многоярусном гидроциклоне, состоящем из конической и цилиндрической частей, рабочий объем разделен коническими диафрагмами на отдельные ярусы, работающие независимо друг от друга. В основе работы такого аппарата лежит принцип тонкослойного отстаивания. Их характеристики благодаря высокой эффективности и компактности позволяют использовать гидроциклоны вместо отстойников, центробежных сепараторов, центрифуг, фильтров или в сочетании с ними.

2.1.5 Фильтры

Сегодня фильтровальное оборудование получило широкое применение в системах очистки бытовых и производственных стоков при очистке воды и

водоподготовке в оборотной системе водоснабжения промышленных предприятий.

Во всех фильтровальных процессах принимают участие две основных группы:

- установки с неподвижной фильтрующей перегородкой;
- установки с зернистым, то есть несвязным фильтрующим слоем.

Фильтры первой группы служат своего рода уловителями каких-либо полезных элементов, содержащихся в сточных водах предприятия. Так же они могут использоваться для получения осадков небольшой влажности.

Установки второй группы - фильтры с зернистым, то есть несвязным фильтрующим слоем, применяются на производстве для очистки достаточно большого количества сточных вод. Кроме того, они нередко используются в системе водоснабжения промышленных предприятий.

В системах очистки стоков на предприятиях среди фильтрующего оборудования с неподвижной фильтрующей перегородкой используются:

1) барабанные вакуум-фильтры с исходящим полотном

Барабанный вакуум-фильтр представляет собой вращающийся цилиндрический перфорированный барабан, покрытый металлической сеткой с прилегающей к ней фильтровальной тканью. При проектировании данных аппаратов на прочность следует рассчитывать все основные компоненты: парное соединение цапф с торцевой стенкой (барабан с цапфами для проведения расчетов рассматривают как балку на двух опорах); торцевая стенка барабана (расчетная схема стенки выглядит как круглая пластина с расположенными радиально ребрами жесткости, в центре пластины цапфа передает сосредоточенный момент, а наружный контур торцевой стенки принят для расчетов как защемленный); обод барабана цилиндрической формы, подвергающийся воздействию гидростатического давления со стороны суспензии; усилие от механизма сбора осадка и изгибающий момент, возникающий благодаря силе тяжести самого

барабана. Барабанный вакуум-фильтр (рисунок 11) представляет собой вращающийся цилиндрический перфорированный барабан, покрытый металлической сеткой с прилегающей к ней фильтровальной тканью.

Расчет фильтров для суспензий производится в два этапа. Сначала необходимо определить общую поверхность фильтрации и в зависимости от него выбирают число фильтров, а также их типоразмер. Следующий этап заключается в уточнение производительности выбранного фильтрата, а также количества фильтров.

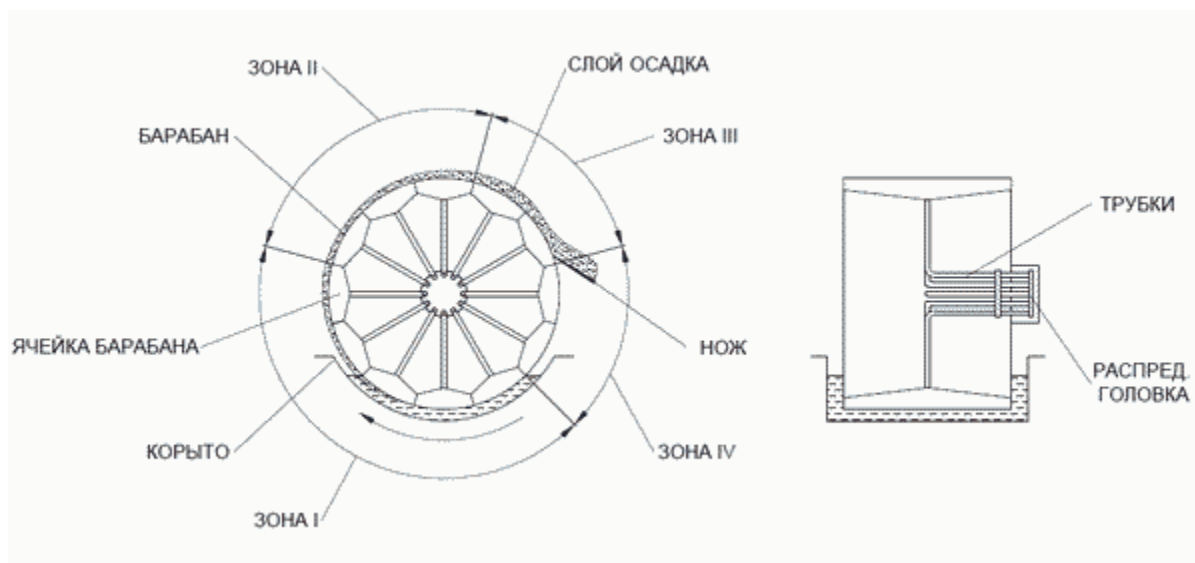


Рисунок 11 – Схема барабанного вакуум-фильтра

Зона I является зоной фильтрования, а также подсушки осадка. В этой зоне ячейки соединяются с линией вакуума. Под действием перепада давления фильтрат проходит через фильтровальную ткань, перфорацию барабана и сетку в середину ячейки. После этого фильтрат по трубе выводится из аппарата. При этом на наружной поверхности ткани происходит формирование осадка. Когда ячейки выходят из суспензии, осадок частично подсушивается.

Зона II – зона, в которой проходит промывка осадка и его сушка. В этой зоне ячейки соединяются с линией вакуума. Устройство подает промывную жидкость, проходящую через осадок, а после этого по трубам

выводится из аппарата. В тех местах, где жидкость не поступает, осадок высушивается.

Зона III является зоной съема осадка. В этой зоне ячейки соединяются с линией сжатого воздуха для разрыхления осадка и облегчения его удаления. После этого при помощи ножа осадок снимается с поверхности ткани.

Зона IV – зона, в которой происходит регенерация фильтровальной перегородки при помощи продувки сжатым воздухом, что освобождает ее от твердых частиц, которые остались на перегородке после предыдущих стадий.

После окончания всех этапов цикл повторяется. На всех участках фильтра операции происходят последовательно, но участки работают вне зависимости друг от друга. Таким образом, процесс фильтрации протекает непрерывно. В процессе вращения барабана ячейки проходят мертвые зоны, где они отсоединены от источника вакуума и сжатого газа.

В корыте для суспензии происходит процесс осаждения твердых частиц под действием силы тяжести. При этом процесс происходит в направлении противоположном направлению движения фильтрата. Из-за этого возникает необходимость перемешивать суспензии мешалкой.

2) дисковые фильтры;

Фильтрация в дисковых фильтрах (рисунок 12) осуществляется с использованием пористой перегородки. Во время процесса с одной стороны перегородки накапливается слой твердых частиц (осадок), а с другой - фильтрованная жидкость (фильтрат), проходящая сквозь перегородку. Для фильтрации необходимо, чтобы давление суспензии было выше, чем давление по другую сторону перегородки. Такие условия создаются за счет массы суспензии, путем ее нагнетания с помощью насосов, давлением газа, созданием вакуума с другой стороны перегородки.

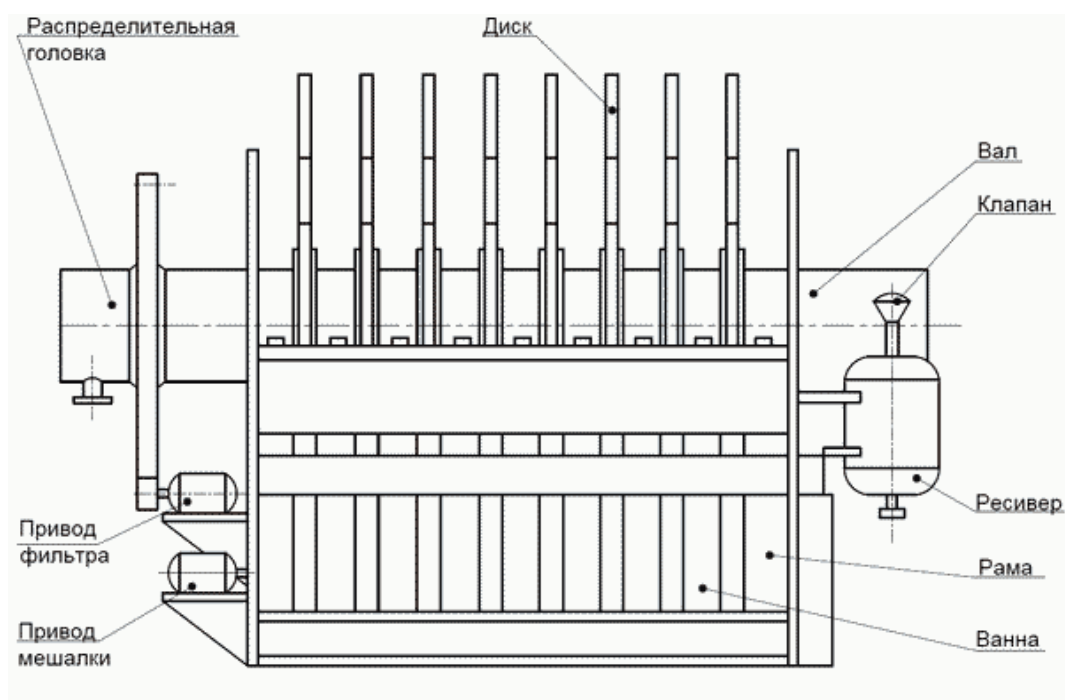


Рисунок 12 – Схема дискового фильтра

В таком устройстве на пустотелом валу находятся диски, состоящие из секторов (как правило, изготовленных из алюминия) и обтянутые фильтрующей тканью. Вал с дисками вращается со скоростью не более 3 об/мин в резервуаре, куда подается суспензия для фильтрации. Когда внутри дисков вакуумным насосом, присоединенным к фильтру также как в случае барабанного вакуум-фильтра, создается разрежение, то жидкость проходит сквозь ткань внутрь дисков.

На фильтрующей поверхности каждого диска остается осадок, который прилипает к ней в виде лепешек. Толщина таких лепешек зависит в первую очередь от свойства осадка.

Смена циклов работы в дисковом вакуум-фильтре происходит точно так же, как и в барабанном фильтре.

Дисковые вакуум-фильтры представляют собой фильтровальное оборудование с вращающимися дисками (или барабанами), главной задачей которого является разделение суспензий с примерно одинаковыми по размеру частицами твердой фазы с умеренной скоростью их осаждения.

Фильтры вакуумные дисковые используют, главным образом, в случае образования при вакуум-фильтровании за короткий промежуток времени (не более 3-х минут) слоя осадка, толщиной не менее 8 миллиметров. При этом самые крупные частицы твердой фазы, которых допускается минимум 20 процентов от ее общего количества, должны иметь скорость осаждения не более 18 миллиметров в секунду.

Суспензия, которую собираются подвергать разделению в дисковом вакуум-фильтре, должна быть абсолютно безопасной, а ее жидкая фаза в вакуумной среде не должна кристаллизоваться. К вакуумному фильтрованию не допускается легколетучая, огне- и взрывоопасная, а также ядосодержащая суспензия. Осадок, образующийся на фильтровальном оборудовании, в дальнейшем не промывается. При просушке допускается лишь незначительное его растрескивание. Дисковые вакуум-фильтры сегодня используют, в основном, в таких отраслях промышленности, как угольная, рудная и металлургическая.

3) ленточные вакуумные фильтры;

Данный тип фильтров (рисунок 13) представляет собой аппарат непрерывного действия, работающий под вакуумом. В вакуум-фильтре движение фильтрата и направление действия силы тяжести совпадают.

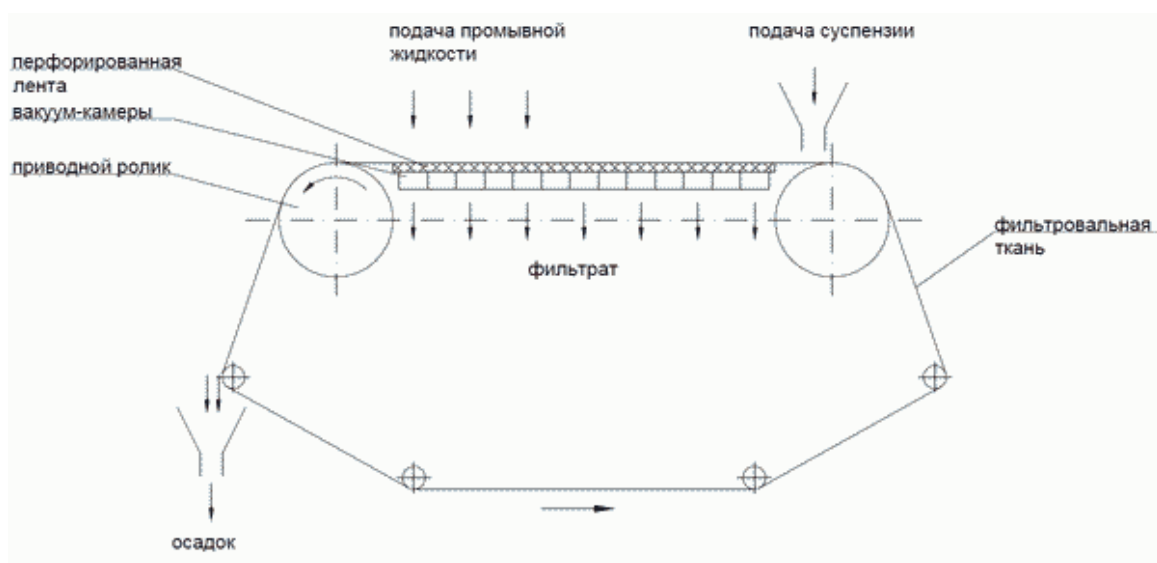


Рисунок 13 –Схема ленточного вакуумного фильтра

Перфорированная резиновая лента перемещается с помощью приводного и натяжного барабана по замкнутому контуру. Ткань, являющаяся фильтровальной перегородкой, прижимается к ленте при помощи роликов. Суспензия подается из лотка на фильтрующую ткань. Фильтрат под действием разности давлений перемещается в вакуум - камеры, расположенные под лентой, а после этого выводится из аппарата. Осадок, образующийся на фильтровальной ткани, промывается жидкостью, подающейся из форсунок. Жидкость для промывки отсасывается в другие вакуум-камеры, после чего также отводится из аппарата.

Осадок подсушивается с помощью вакуума. Далее он отделяется от ткани при перегибе ленты через валик, и далее сбрасывается в бункер. Фильтрованная ткань регенерируется на обратном пути между роликами. Регенерация заключается в очистке при помощи механических щеток, промывке жидкостью и пропаривании.

Достоинствами ленточных вакуум-фильтров являются простота устройства, отсутствие распределительной головки, возможность обезвоживания осадка и благоприятные условия промывки. Благодаря тому, что осадок легко снимается и возможна регенерация ткани, ленточные фильтры могут применяться для работы с трудно фильтруемыми суспензиями.

4) листовые (пластинчатые) фильтры;

Листовой (пластинчатый) фильтр представляет собой герметичный сосуд с расположенными внутри корпуса фильтровальными листами. Фильтр работает под давлением и применяется для очистки тонкодисперсных суспензий с долей твёрдой фазы до 0.8%. Фильтрация с намывным слоем позволяет осветлять суспензии концентрацией твёрдой фазы до 0,05%. При доле твердых частиц в суспензии порядка 1-5% листовые фильтры работают в режиме отделения осадка с его последующей промывкой и осушкой.

Группа листовых фильтров включает в себя девять видов, отличающихся геометрической формой пластин, их расположением внутри корпуса, конструкцией самого корпуса, методом выгрузки осадка и т. п.

Листовые фильтры эффективно используются для разделения вязких, летучих, окисляющихся, а также токсичных суспензий. Часто в конструкции листовых фильтров применяют гидравлический смыв осадка («мокрую разгрузку») или вибрацию фильтрующих листов («сухой» способ разгрузки).

Из всех типов листовых фильтров наиболее перспективна конструкция с вертикальным расположением корпуса. Такие фильтры занимают наименьшее пространство при сохранении высоких показателей фильтрующей способности.

Листовые фильтры используются для фильтрации жидкостей, которые содержат малое количество твердых веществ. Фильтрующие элементы листового фильтра – это тканевые мешки, полностью погруженные в жидкость. При этом фильтрующаяся жидкость отсасывается изнутри, чтобы осадок оказался на мешке снаружи.

Для предотвращения сближения стенок мешка в процессе отсасывания, его надевают на специальную раму, имеющую волнистую или сетчатую поверхность. Таким образом, в фильтре образуется постоянный свободный объем, который необходим, чтобы фильтруемая жидкость перемещалась к выпускным отверстиям.

Листовые фильтры имеют развитую рабочую поверхность. В таких устройствах процесс фильтрации происходит, как правило, под вакуумом. В некоторых случаях используется небольшое избыточное давление, не превышающее 1 атм.

Листовой фильтр (рисунок 14) состоит из множества фильтрующих элементов, укрепленных на одной раме, и одного блока, поднимающего и перемещающегося с помощью тельфера или мостового крана для отвода фильтрата предназначены штуцеры, присутствующие на каждой раме и соединенные с общим коллектором. Пакет рам помещен в закрытый

цилиндрический сосуд. Суспензия подается в сосуд под давлением и поступает в полости рам, где разделяется на фильтрат и твердую фазу. Фильтрат отводится по коллектору, после чего струя сжатого воздуха или воды подается в камеры для отделения осадка. Для вывода осадка используется нижний штуцер сосуда. Площадь рабочей поверхности листовых фильтров составляет до 150 м².

Данный тип фильтров производится из следующих материалов:

- углеродистая сталь;
- сталь, с высоким уровнем стойкости к коррозии;
- титан.

Процесс фильтрования осуществляется при помощи ткани, либо намывного слоя вспомогательного вещества, которое участвует в процессе фильтрации. Осадок удаляется жидкостью, подающейся под давлением через сопла системы смыва. Осадок выводится посредством клапана, расположенного в днище. Отдельный элемент фильтра представляет собой трубчатую раму, обтянутую тканью и имеющую отверстия на боковой поверхности. Жидкость проходит внутрь рамы и отводится по трубке к коллектору, к которому подсоединен вакуум насос.

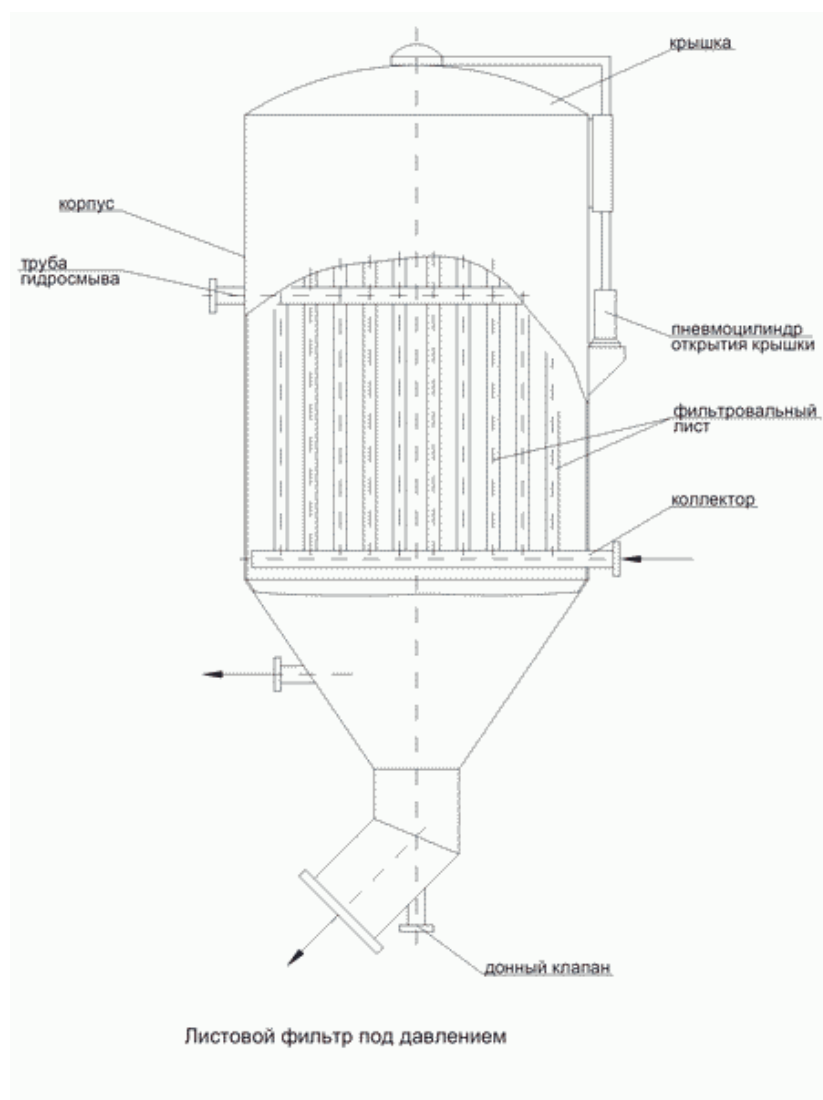


Рисунок 14 – Схема листового фильтра

5) фильтры-прессы

Фильтр-прессы представляют собой группу агрегатов для отделения (фильтрации) твёрдой фазы суспензий. Характерной чертой работы подобных агрегатов является их периодическое действие (цикл работы разделён на отдельные фазы), а также внешняя принудительная подача фильтрата под сравнительно большим давлением (до 2-6 МПа). Общее название фильтров данного типа происходит от конструкции механизма уплотнения рабочих камер, сходного с таковым для механических прессов или гидропрессов.

Фильтр-прессы широко применяют для фильтрации суспензий со сравнительно небольшой долей твёрдой фазы. В зависимости от типа конструкции различают рамные и камерные, а также автоматические камерные пресс-фильтр со сходным принципом работы. Под действием внешнего насоса фильтруемая взвесь поступает во внутренние полости рам/камер фильтра. При этом жидкая фаза проходит сквозь фильтрующие перегородки и по дренажным каналам сливается в поддон или замкнутый коллектор (в первом случае говорят об «открытом отводе фильтрата», во втором – о «замкнутом отводе фильтрата»). Выгрузка образующегося осадка может осуществляться вручную (стряхиванием, смывом водой или съёмом лопатой) или автоматически. В последнем случае фильтр не требует ручного управления и функционирует по строго заданному программному циклу.

Площадь поверхности фильтрации может составлять от 2 до 800 м². Входное давление суспензии – до 2 МПа. Рамы и плиты изготавливаются из чугуна, стали или стали с антикоррозионным покрытием. В конструкции фильтров также используются сплавы алюминия, титана, применяются изделия из резины и пластмассы.

Фильтр-прессы характеризуются большой поверхностью фильтрования на единицу площади, значительным показателем перепада давления (т.е. мощной движущей силой), отсутствием движущихся частей, а также возможностью контроля работы отдельных плит.

Распространённым фильтром периодического действия является фильтр-пресс. Он представляет собой систему из плит и рам, между которыми расположен фильтрующий материал - «салфетка». Рамы и плиты устанавливаются вертикально в один ряд и боковыми лапами опираются на рельсы станины. Плиты имеют гладкую поверхность по краю и рифленую в средней части. Желобки в нижней части плиты имеют выход в канал для отвода фильтрата. В верхней части плит расположены отверстия: центральное – для подачи суспензии и два по краям – для подачи промывной жидкости. Такие же отверстия есть на рамах. Пакет из рам и плит стягивается

между двумя поддерживающими плитами – одна из них неподвижная, другая перемещается на роликах. При сборе пакета отверстия плит совмещаются с отверстиями рам и образуют сквозные каналы, куда подаются жидкости и воздух. Рамы между плитами образуют камеры для осадка. Края «салфеток» выполняют роль уплотняющих прокладок.

В фильтровальные камеры по сквозным каналам подается суспензия под давлением, в процессе чего фильтрат проходит через салфетки, стекает по желобкам в каналы и собирается в емкость. Осадок остается внутри камеры. После того, как камеры будут заполнены твердым содержимым, подачу суспензии останавливают и подают жидкость для промывки. При этом каждый второй сливной канал закрывается, и промывная жидкость проходит через обе салфетки и осадок между ними. На следующем этапе камеры продуваются воздухом или горячим паром. В завершении плиты и рамы отодвигают и удаляют слой осадка. После этого цикл фильтрования повторяется.

При необходимости стальные, чугунные или керамические плиты и рамы оснащают специальными каналами, по которым подаются теплоносители или хладагенты. Рабочая поверхность фильтр-прессов может достигать 140 м², давление 1,5 МПа.

б) автоматизированный фильтр-пресс

В производственных целях широко используются автоматизированные фильтр-прессы (рисунок 15). Пакет такого фильтр-пресса состоит из фильтровальных плит, каждую из них сверху покрывает перфорированный лист. Между листом и поверхностью плиты остается свободное пространство для фильтрата. Между плитами и рамами установлены гидроизоляционные диафрагмы. Плиты и рамы стягиваются между двумя поддерживающими плитами и образуют камеры, в которых происходит процесс разделения суспензии. В качестве фильтровальной перегородки используется длинное

полотно, проходящее между плитами и натягивающееся с помощью гидравлического устройства.

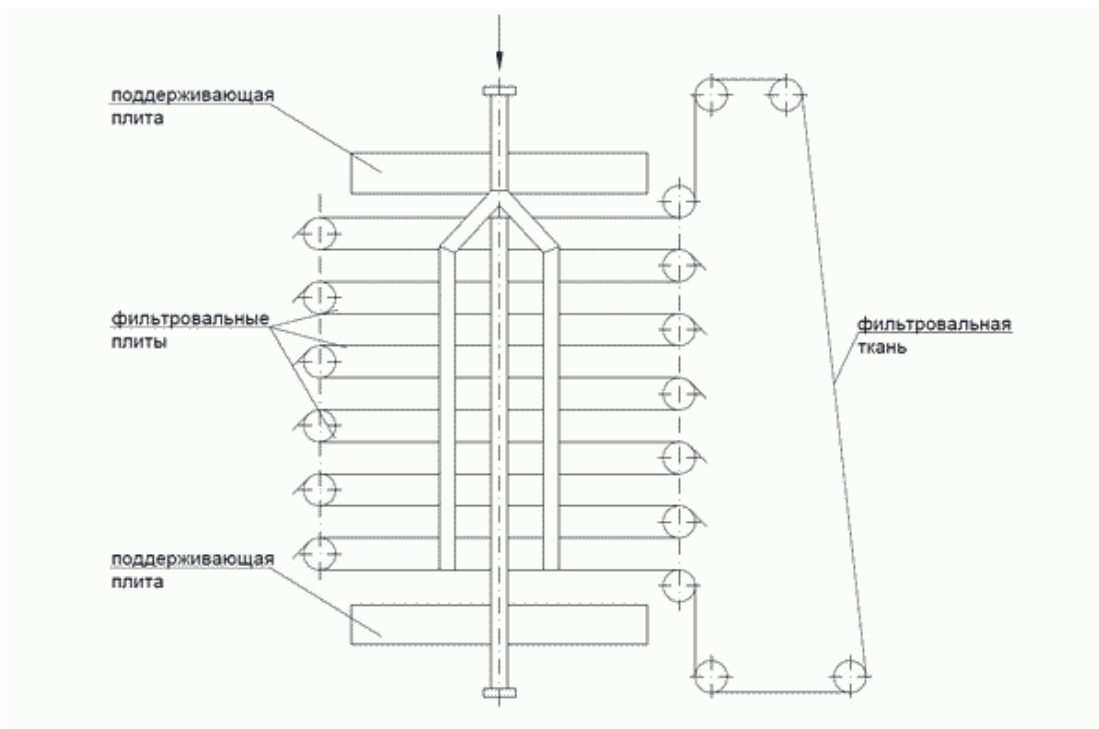


Рисунок 15 – Схема автоматизированного фильтр-пресса

При сборке пакета имеющиеся отверстия в плитах совмещаются и образуют сквозные каналы. По ним подается суспензия, затем жидкость для промывки и воздух для продувки. Также предусмотрены каналы для отвода фильтрата, жидкости и воздуха. После разделения суспензии, промывки и просушки твердой фазы, в пространство между диафрагмой и плитой подается вода под давлением для отжима осадка. Затем плиты раздвигаются, и с фильтровального полотна счищается осадочный слой. Пласты осадка сбрасываются на конвейер, идущий по обе стороны пакета.

Основными достоинствами данного типа фильтр-прессов являются: автоматизация процесса, компактные размеры, отжим осадка и минимальные временные затраты на раздвигание плит, выгрузку осадка и сборку пакета (длительность операции не более нескольких минут).

7) рамный фильтр-пресс

Для фильтрования существует достаточно много фильтров, различных по конструкции, габаритам и особенностям работы. Одним из наиболее распространенных устройств в химической промышленности является рамный фильтр-пресс.

Рамный фильтр-пресс (рисунок 16) состоит из пакета прямоугольных пластин и рам, расположенных поочередно в один ряд и подвешенных к опоре. Пластины имеют рифленую поверхность и обтянуты фильтровальной тканью. Суспензия под давлением проходит по каналам в полость рамы и разделяется фильтровальной перегородкой. На поверхности ткани остаются твердые частицы, а жидкость проходит через перегородку и отводится по желобам плиты в емкость для сбора фильтрата. После завершения процесса фильтрования образовавшийся на ткани осадок удаляется. Для этого рамы и пластины разъединяются, а слой твердых частиц сбрасывается под тяжестью собственного веса или счищается ножом. Затем пластины закрываются, и цикл фильтрования повторяется [16].

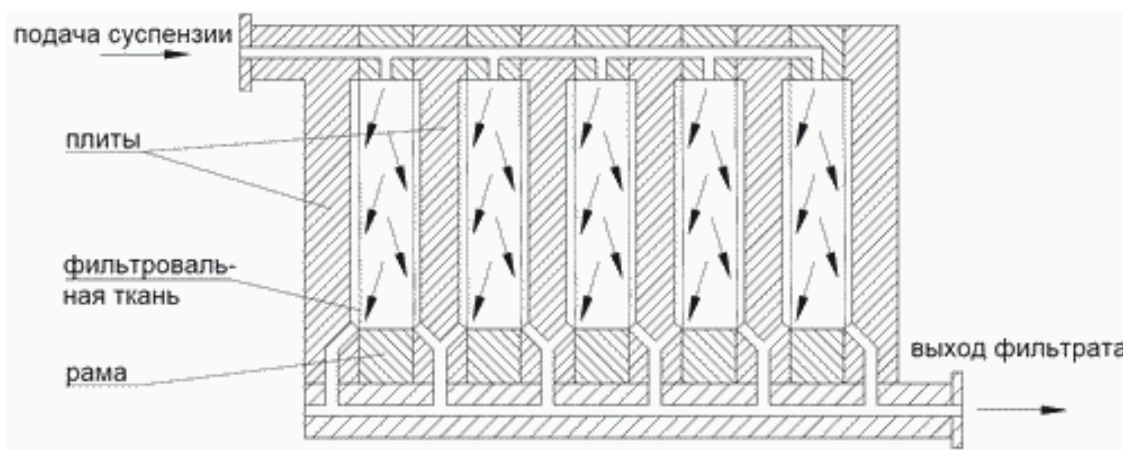


Рисунок 16 – Схема рамного фильтр-пресса

2.2 Химические и физико-химические методы очистки сточных вод

К химическим методам очистки сточных вод относят нейтрализацию, окисление и восстановление. В связи с высокой стоимостью реагентов все перечисленные методы достаточно затратны. К окислительным методам также относится электрохимическая обработка. Химическая очистка может

применяться как самостоятельный метод перед спуском сточных вод в водоем (или подачу сточных вод в систему оборотного водоснабжения).

Химическую очистку проводят иногда как предварительную перед биологической очисткой или после нее как метод доочистки сточных вод. Химическая обработка находит применение и как метод глубокой очистки производственных сточных вод с целью их дезинфекции, обесцвечивания или извлечения из них различных компонентов. Предпочтение химическим методам отдается при локальной очистке производственных сточных вод.

2.2.1 Нейтрализация

Чтобы очистить сточные воды от кислот и щелочей используется нейтрализация. Реакция нейтрализации представляет собой реакцию кислоты и основания с образованием воды и соли и объединяет комбинацию ионов H^+ и ионов OH^- для получения воды. Нейтрализация сильной кислоты и сильного основания имеет $pH = 7$. Нейтрализация сильной кислоты и слабого основания будет иметь $pH < 7$ и, наоборот, результирующий $pH > 7$.

Когда раствор нейтрализуется, это означает, что соли образуются из равных масс кислоты и основания. Необходимым количеством кислоты является количество, которое даст один моль протонов (H^+) и количество основания. Из-за солей они образуются из реакций нейтрализации с эквивалентными концентрациями масс кислот и оснований: N частей кислоты всегда нейтрализуют N частей основания.

Для очистки кислых и щелочных сточных вод используют процесс нейтрализации с применением таких реагентов, как оксиды кальция, гидроксиды натрия, калия и кальция, а также карбонаты кальция, магния и натрия.

Массовый расход реагентов, кг/ч для нейтрализации сточных вод определяют по формуле (1)

$$G = k_3 Q_p C \times a \times 100 \div B \quad (1)$$

где k_3 – коэффициент запаса; Q_p – расход реагента, $\text{м}^3/\text{ч}$; C – концентрация кислоты или щелочи, $\text{кг}/\text{м}^3$; a – удельный расход реагента, $\text{кг}/\text{кг}$; B – количество активной части в товарном продукте, %.

Теоретический расход реагентов составляет 0,4–2,5 $\text{кг}/\text{кг}$. Время взаимодействия сточных вод и реагента превышает 5 мин, для кислых стоков с ионами металлов – 30 мин. Объем осадка, образующегося при нейтрализации сточной воды можно найти по формуле (2)

$$V_{\text{ос}} = \frac{100M}{100 - W_{\text{вл}}} \quad (2)$$

где $W_{\text{вл}}$ – влажность осадка, %[17].

Кроме традиционных окислителей, таких, как хлор и хлорсодержащие вещества, пиролизит, кислород воздуха в последние годы применяют озон.

2.2.2 Озонирование

Глубокую очистку воды можно производить с помощью озонирования, чаще всего озонирование позволяет заменить коагуляцию, адсорбцию и быстрое фильтрование на определенных этапах очистки сточных вод. А если сочетать озонирование с другими способами, то и биохимическую очистку. Наибольшую эффективность озонирование приобретает при очистке воды от нефтепродуктов и синтетических поверхностно-активных веществ.

Озонолиз является органической реакцией, где ненасыщенные связи алкенов, алкинов или азосоединений расщепляются озоном. Алкены и алкины образуют органические соединения, в которых множественная углерод-углеродная связь была заменена карбонильной группой, тогда как азосоединения образуют нитрозамины. Результат реакции зависит от типа окисляемой множественной связи и условий обработки.

Озон – превосходное дезинфицирующее средство с превосходной способностью убивать вирусы и биологические загрязняющие вещества, обнаруженные в воде. Это также очень мощный окислитель, который может окислять металлы в воде, такие как марганец, железо и сера, помогая в их фильтрации и удалении из воды. Из кислорода он возвращается к чистому

кислороду и бесследно исчезает после его использования. Озон является естественным веществом и используется для очистки воды.

В наше время для генерации озона используется несколько методов: змеевики, инжекторные и роторные аппараты, напорные трубопроводы. Благодаря инжекторным и роторным аппаратам можно достичь наибольшей эффективности использования озона и очистки вод, так как они дают равномерное смешение фаз и быстроту реакции. При озонировании можно также использовать змеевик. Воду подают через змеевик с помощью насоса, в змеевик вводится озонозовоздушная смесь с помощью инжектора. Для того, чтобы освободить воду из змеевика от пузырьков воздуха, она проходит в трубу воздухоотделения, где переливается через верхнюю кромку. Относительно барботажных аппаратов змеевик имеет в два раза большую скорость окисления. Эффективность использования озона в змеевиках достигает 80-90%. Чтобы повысить эффективность барботажных реакторов применяются керамические и металлокермические трубы с размером пор 100 мкм. Озонирование применяется после дезинфекции, флотации, флокуляции и фильтрации для доочистки стоков.

Для того, чтобы деминерализировать сточные воды используется электродиализ и диализ. Электродиализ представляет собой мембранный процесс, во время которого ионы переносятся через полупроницаемую мембрану под действием электрического потенциала. Катионселективные мембраны представляют собой полиэлектролиты с отрицательно заряженным веществом, которое отвергает отрицательно заряженные ионы и позволяет протекать положительно заряженным ионам. Помещая несколько мембран в ряд, которые попеременно позволяют протекать положительно или отрицательно заряженным ионам, ионы могут быть удалены из сточных вод.

Иногда перед проведением электродиализа необходима предварительная обработка. Необходимо удалить суспендированные твердые вещества диаметром более 10 мкм, иначе они закроют поры мембраны. Существуют также вещества, способные нейтрализовать мембрану, такую

как крупные органические анионы, коллоиды, оксиды железа и оксид марганца. Они нарушают избирательный эффект мембраны. Методы предварительной обработки, которые помогают предотвратить эти эффекты, - это фильтрация активного углерода (для органического вещества), флокуляция (для коллоидов) и фильтрация.

2.3 Биологические методы очистки сточных вод

Биологическая очистка сточных вод производится с помощью трех основных взаимосвязанных процессов: синтез протоплазмы клеток, окисление органических загрязнений и окисление продуктов метаболизма клеток. При использовании перечисленных процессов необходимо участие ферментов. Происходящее при этом аэробное окисление содержащегося в органических веществах углерода до CO_2 и водорода до H_2O характеризуется расходом кислорода, то есть биологическим потреблением кислорода (рисунок 17).



Рисунок 17 - Схема биологической очистки сточных вод (по
Большакову Н. Ю.)

Глубину разложения примесей характеризует биохимический показатель, который равен отношению БПК к ХПК. В отличие от БПК под ХПК понимают объем кислорода, теоретически необходимый для полного

превращения органических веществ в CO_2 , H_2O , а если они содержат азот и серу, то в соль аммония и серную кислоту. Вещества окисляются также с помощью молекулярного кислорода, который в них содержится.

В общем случае все используемые в биоочистке микроорганизмы можно разделить на две большие группы, определяющие характер проведения процесса: аэробные и анаэробные. Аэробные организмы потребляют кислород в процессе питания, необходимый им для окисления веществ. В свою очередь анаэробные организмы не нуждаются в кислороде. Для процесса очистки использование микроорганизмов того или иного типа определяет характер проведения процесса и необходимое для его осуществления оборудование.

Биологическая очистка сточных вод может проводиться в следующих условиях:

- биологические пруды;
- биофильтры;
- аэротенки (окситенки);
- метантенки.

2.3.2 Биофильтр

По СанПиН 4630-88 указания по проведению санитарного надзора за работой биологических прудов, биологические пруды рассматриваются как: «сооружения, в которых очистка сточных вод происходит в условиях, близких к естественному течению биохимических процессов, обеспечивающих самоочищение водоемов» [19]. Массовый рост зеленых водорослей способствует самоочищению сточных вод в прудах. В процессе жизнедеятельности они выделяют кислород и ускоряют распад органических веществ. В совокупности с аэрацией, скорости потока воды – очищение сточных вод уменьшается до 3-5 суток. Очистные биологические пруды известны также под названием «Лагуны», «Стабилизационные пруды», «Простые пруды», «Пруды доочистки». Различают биологические пруды трех типов:

- пруды для биологической очистки предварительно отстаиваемых вод;
- пруды, как буферные установки для доочистки предварительно биологически очищенных сточных вод;
- рыбные пруды.

Биологические пруды бывают контактные и проточные. Проточные также разделяют на одно - и многоступенчатые.

Биофильтр представляет собой сооружение, в котором очистка воды осуществляется путем фильтрации через слой загрузочного материала, покрытого слоем аэробных микроорганизмов, который также называется биопленкой. Для обеспечения достаточного количества кислорода, необходимого организмам для биоразложения загрязнителей, предусматривается воздухораспределительная система. Однако аэрация может осуществляться и естественным путем.

Итак, биофильтр – это специальный резервуар, который обеспечивает фильтрацию сточных вод посредством специального загрузочного материала, покрытого биологической пленкой, состоящей из колоний различных микроорганизмов.

Следует отметить, что непрерывная вентиляция атмосферного воздуха через загрузку фильтра возможно за счет разницы в температурах между сточными водами и воздухом. Именно так обеспечивается тот уровень концентрации кислорода, который необходим для жизнедеятельности микроорганизмов. Одной из важнейших составных частей биофильтра можно считать загрузочный материал. По его типу все биофильтры для очистки сточных вод можно разделить на:

- 1) фильтры с объемной нагрузкой (для них характерно широкое использование щебня прочных горных пород, гальки, шлака и керамзита);
- 2) фильтры с плоскостной нагрузкой (в данном случае необходимо применения пластмасс, которые способны выдерживать температуру 6-30 градусов по Цельсию, и при этом не потерять свою прочность).

Также биофильтры можно классифицировать на:

1) двухступенчатые, которые могут обеспечить высокую степень очистки сточных труб в том случае, когда увеличить высоту устройства невозможно;

2) биофильтры с капельным типом фильтрации. Хотя они и обладают низкой производительностью, но именно данный вид может обеспечить полную очистку вод.

Для всех биофильтров, независимо от их конструкций, характерно наличие следующих составных частей:

1) фильтрующая нагрузка, которая также является телом фильтра. Она состоит из щебня, керамзита, гравия, шлака и пластика. Обычно она помещается в специальном резервуаре, стенки которого как водопроницаемы, так и водонепроницаемы;

2) водораспределительное устройство, которое обеспечивает равномерность орошения сточными водами поверхности загрузки биологического фильтра;

3) дренажное устройство, с помощью которого происходит удаление сточной воды;

4) воздухораспределительное устройство, которое обеспечивает бесперебойное попадание в систему биофильтра потоков воздуха, с участием которого происходит окислительный процесс.

Также несколько слов необходимо сказать и о биопленке, которая способствует разложению органических веществ для их дальнейшего использования в качестве дополнительного источника энергии и питания. Омертвевшая биопленка в процессе дальнейшей эксплуатации биофильтра отслаивается, смывается протекающей сточной водой и в дальнейшем выносится из оборудования для очистки сточных вод.

Для того, чтобы обеспечить загрузку биофильтра, к использованию рекомендуются материалы, характеризующиеся высокой пористостью, малой плотностью и высокой удельной поверхностью. К ним, в первую очередь, относятся щебень, шлак, керамзит, гравий, металл и различные пластиковые

сетки, которые обычно скручивают в специальные рулоны. Также следует отметить, что функции биопленки идентичны функциям активного ила: она успешно адсорбирует и перерабатывает биологические вещества, находящиеся в сточных водах. После того, как сточные вода прошли свою первичную механическую очистку в отстойнике, где удаляются тяжелые фракции загрязняющих веществ, они попадают в секцию биологической очистки. Она осуществляется следующим образом: загрязненная вода при прохождении через фильтрующую нагрузку оставляет на ней все примеси, которые не смогли образовать осадок на уровне первичного отстойника. Также на ней остаются различные коллоидные и растворенные органические вещества, которые сорбируются биологической пленкой.

После колонии микроорганизмов, питающиеся органическими веществами, получают новый источник энергии для продолжения своей жизнедеятельности. Микроорганизмы используют часть органических веществ для увеличения своей численности. Одновременно происходит и очистка сточных вод, и рост численности микроорганизмов. Для осуществления данного биохимического процесса, кислород поступает в загрузку через естественную и искусственную вентиляцию фильтра.

На эффективность очистки сточных вод с помощью биофильтра оказывают влияние следующие факторы:

- Биологическая потребность в кислороде (БПК) сточной воды, которая проходит процесс очищения;
- Природа загрязнения веществ;
- Скорость окислительных реакций;
- Интенсивность дыхания микроорганизмов;
- Толщина используемой биопленки;
- Состав веществ, обитающих в биопленке;
- Температура сточных вод, которые проходят через биофильтр.

1) Капельные биофильтры - данный вид биофильтров характеризуется тем, что сточная вода подается в виде капель или струй. Для обеспечения

вентиляции воздуха предусмотрены открытая крыша фильтра для очистки сточных вод и дренаж. Такой вид биофильтров характеризуется низкой нагрузкой по воде.

Принцип работы капельных биофильтров следующий: после прохождения сточной воды через первичный отстойник, она осветляется и поступает в распределительное устройство, из которого она периодически напускается на поверхность биофильтра. Вода, профильтрованная при помощи биофильтра, попадает в дренаж, откуда вытекает к специальным отводным лоткам, расположенным за пределами устройства. После этого вода попадает во вторичные отстойники, где происходит отделение выносимой пленки от уже очищенной воды.

Следует отметить, что если сделать нагрузку на поверхность биофильтра выше допустимой, то поверхность биофильтров данного вида быстро заиливается, что приводит к ухудшению их работы. Также капельные биофильтры чаще всего проектируются круглой или прямоугольной формы, со сплошными стенками и двойным дном. Верхнее дно изготавливается в виде колосниковой решетки, а нижнее является сплошным. Расстояние между доньями равно 0,6 метров, что дает возможность специалистам периодически проводить осмотр устройства.

2) Высоконагружаемые биофильтры (аэрофильтры).

Главное отличие данного вида биофильтров от капельных в первую очередь состоит в повышенной окислительной мощности. Она в первую очередь обусловлена лучшим обменом воздуха и неспособностью загрузки заиливаться. Это достигается с помощью использования специального загрузочного материала с показателем крупности, равным 40-70 мм, а также увеличением высоты работы загрузки и ее гидравлики.

Материалом загрузки чаще всего выступают антрацит, песок, сланец, пемза, обычных диаметр частиц которых колеблется от 4 до 8 миллиметров. По направлению потока сточной воды, которая подверглась обработке, биофильтры делятся на восходящие и нисходящие. Фильтрация сточных

вод достигается за счет рециркуляции допустимой смеси поступающей и циркулируемой сточной воды, которая подается в биофильтр.

Плоскостная загрузка в биофильтрах используется для обеспечения пропускной способности биофильтров, пористость которой увеличивается до 70-90 %. Следует отметить, что биофильтр с плоскостной загрузкой чаще всего устанавливают в помещении. Также многие специалисты уже давно установили, что качество очищенной воды с помощью биофильтра данного типа практически приравнивается к качеству очищенной сточной воды, которая была достигнута с помощью специальных установок, которые обеспечивают полное биологическое окисление с активным илом.

У данного метода есть один недостаток: фильтрация сточных вод происходит по причине необходимости 20-кратной рециркуляции. Это объясняется тем, что снабжение кислородом осуществляется по причине насыщением жидкости в период орошения загрузки биофильтра. Следует отметить, что биофильтры с плоскостной нагрузкой обладают большой производительностью и эффективностью, чем другие виды биофильтров [20].

2.3.3 Аэротенки

Аэробный способ – для очистки воды применяются бактерии, жизнедеятельность которых возможна только при неограниченном доступе кислорода. Аэробный способ очистки бытовых и промышленных вод дополнительно делится на категории, которые определяются типом используемых резервуаров, где выполняется обработка стоков. Это могут быть: биофильтры, биологические пруды, поля фильтрации, либо аэротенки. В целом, непосредственно на саму сущность метода очистки, вид резервуара не оказывает никакого влияния – все они имеют идентичный способ минерализации загрязняющих веществ. Основным биологическим веществом для аэробной очистки является «активный ил», который иногда называют биопленкой.

На каждом предприятии, в зависимости от состава сточных вод, структура активного ила будет разной. Сам по себе активный ил существует

в виде хлопьев темно-коричневого цвета, размер которых не превышает пары сотен микрометров. Среднестатистический ил на 30% состоит из твердых неорганических частиц, а на 70% из живых микроорганизмов, которые в процессе жизнедеятельности используют твердые частицы как среду обитания. Основную часть бактерий в активном иле составляют организмы семейства *Pseudomonas*, однако разный состав стоков будет определять преобладающую группу микроорганизмов. Главной характеристикой активного ила, которая предопределяет его очистные способности, является возможность бактерий использовать органические загрязнители как средство питания. Такие бактерии поглощают внутрь своей клетки загрязняющие вещества, которые там подвергаются изменению биохимической структуры. В целом, полная аэробная биологическая очистка бытовых и промышленных стоков, при выполнении всех технологических требований, способна обеспечить удаление около 90 процентов всех окисляемых загрязнений содержащихся в воде.

На сегодняшний день технология аэробной очистки требует искусственного ускорения процесса, так как его естественное протекание требует больших временных затрат. Конструкции применяемых аэротенков подразделяются по способу подачи сточных вод и их потоку на три основных типа: вытеснители с «поршневым» потоком сточных вод, смесители с рассредоточенной или центральной подачей и выпуском сточных вод и аэротенки промежуточного типа. К вытеснителям относятся одно-, двух- и т.д. коридорные аэротенки, в которых коридоры отделены друг от друга продольными направляющими перегородками, не достигающими до одной из торцевых стен. На рисунке 19 представлена схема его работы.

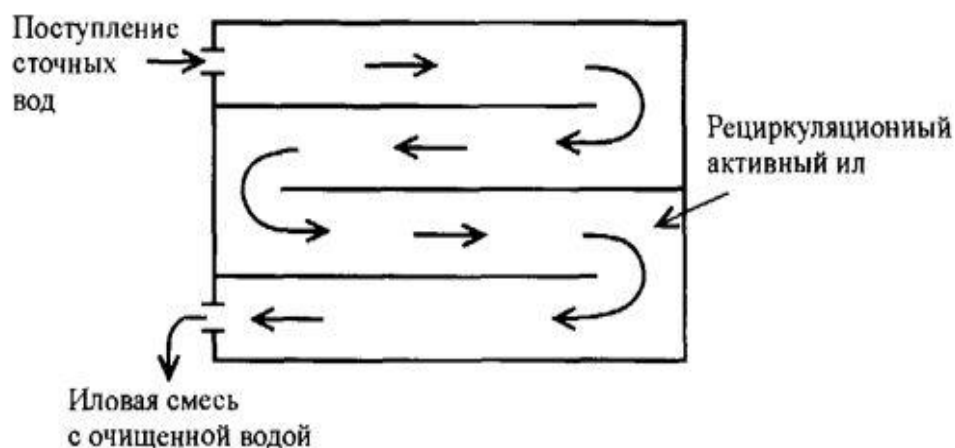


Рисунок 19 - Схема движения сточных вод в четырехкоридорном аэротенке-вытеснителе

В торцах аэротенка расположены каналы для впуска и отведения сточных вод. Условие полного вытеснения их потока зависит от геометрических размеров установки. В аэротэнках-вытеснителях происходит скорости очистки вдоль резервуара аэротэнка и уменьшается концентрация загрязняющих веществ. В начале резервуара установки окислительный процесс протекает быстрее, в конце содержание субстрата уменьшается и реакция окисления происходит медленнее [21].

В аэротенках-смесителях обеспечивается полное и быстрое смешение сточных вод с массой активного ила, в установившемся режиме они работают с равномерными скоростями процесса очистки. Недостатком использования данных установок, является высокая вероятность развития вспухания активного ила.

В аэротенках коридорного типа, подача потока сточных вод осуществляется по всей длине резервуара, впуск активного ила происходит в его начале. Данный тип установки относится к аэротенкам промежуточного типа. По виду применяемой аэрации, аэротенки подразделяются на: аэротенки с механической или пневматической аэрацией.

Аэрация обеспечивает кислород для бактерий для восстановления и стабилизации сточных вод [22]. Кислород необходим бактериями, чтобы

происходила биодegradация. Подаваемый кислород используется бактериями в сточных водах для разрушения органических веществ, содержащих углерод, с образованием двуокиси углерода и воды. Без наличия достаточного количества кислорода бактерии не могут биодegradировать входящие в состав сточных вод органические вещества в короткие сроки. В отсутствие растворенного кислорода деградация должна происходить в септических условиях.

2.3.4 Метантенки

Анаэробный способ – использование микроорганизмов, которые не нуждаются в кислороде. Анаэробный способ очистки подразумевает превращение органических загрязнителей после протекания всех реакций в форму биогаза – метана, который используется в дальнейших технологических процессах для сжигания [23]. Микроорганизмам, для преобразования загрязнителя в метан, необходимо выполнить 4 этапа разложения: Трансформация органических веществ в мономерные соединения. Мономеры в процессе ферментативного распада переходят в форму короткоцепочечных кислот. Кислоты окисляются в уксусную кислоту. Далее, происходит образование метана, совместно с которым выделяется углекислый газ. Состав биогаза, который будет выделяться, и концентрация в нём метана, зависит от состава загрязнений стоков.

Анаэробный способ очистки является основным методом биологической обработки воды в химической и пищевой промышленности, а также бытовых системах фильтрации сточных вод. Такие биофильтры не теряют эффективность при повышении концентрации загрязняющих веществ в жидкости, кроме того, теряет актуальность вопрос утилизации излишнего количества активного ила. Немаловажным преимуществом анаэробного метода является уменьшение расходов на оборудование, и сопутствующих эксплуатационных расходов, так как для протекания анаэробной очистки не нужна искусственная аэрация воды [24]. В целом, эффективность

биологической очистки сточных вод бытовых и промышленных предприятий зависит от следующих факторов:

- сточная вода не должна содержать какие-либо агрессивные токсичные вещества (они могут стать причиной гибели микроорганизмов);
- поддержание оптимального температурного режима;
- соблюдение граничной допустимой концентрации загрязнения стоков, важно учитывать нагрузку на ил, по количеству веществ-загрязнителей;
- время протекания реакции;
- необходимый уровень аэрации;
- особенности конструкции очистного сооружения.

Метантенки – это сооружения для анаэробной стабилизации осадков сточных вод, применяются на городских, промышленных и локальных очистных сооружениях [25]. На рисунке 20 представлена схема метантенка, где 1 – резервуар метантенка, 2 – газовый колпак, 3 – камера выгрузки осадка, 4 – инжекторная, 5 – трубопроводы выгрузки осадка, 6 – выпуск сброженного осадка, 7 – трубопровод загрузки осадка. Чаще всего в метантенках сбрасывается осадок первичных отстойников или активный ил, или их смесь. Положительным эффектом строительства таких сооружений является получение метаносодержащего газа, который можно использовать для отопления помещений очистных сооружений или в качестве топлива для газобаллонных машин [26]. На крупных станциях очистки сточной воды устраивают газгольдеры – сооружения для регулирования давления газовой сети и для накопления метаносодержащего газа.

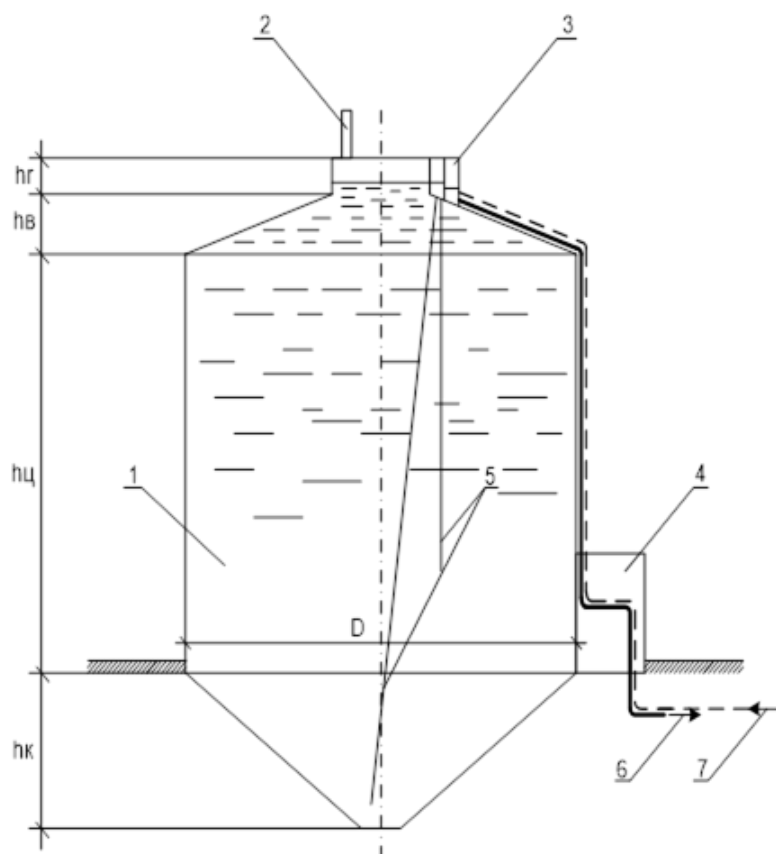


Рисунок 20 – Схема метантенка

Метановое сбраживание – это процесс распада органических соединений до простых веществ, в результате которого выделяется газ. Жиры и белки в основном разлагаются с высоким выделением метана, а углеводы — с выделением углекислого газа. Смесь этих газов – это биогаз. Процесс разложения происходит в результате жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов [27].

Возможно три режима работы метантенков:

- психрофильный – при температуре до 20°C
- мезофильный – при температуре 33°C ;
- термофильный – при температуре $t = 53^{\circ}\text{C}$.

Выбор температуры определяется условиями работы метантенка: технико-экономическими, санитарно-гигиеническими, природоохранными с учетом обеспечения полного цикла сбраживания. Следует также обратить внимание на химический состав осадка и его объем [28].

Стоит учитывать, что любой способ биологической обработки является лишь одним из этапов, необходимых для полной очистки промышленных сточных вод. Для того чтобы стоки могли повторно участвовать в технологических процессах либо безопасно утилизироваться, им нужно пройти как минимум 3 стадии очистки: механическую, биологическую и обеззараживание.

Глава 3 Мероприятия повышения экологической безопасности линии переработки ПЭТ

3.1 Выбор технологической схемы очистки сточных вод

Выбор оптимальных технологических схем очистки воды – достаточно сложная задача, что обусловлено многообразием находящихся в воде примесей и высоким требованиями, предъявленными к качеству очистки воды. Выбор схемы отведения и очистки сточных вод, а также конструкции очистных сооружений определяются качественной и количественной характеристиками сточных вод, условиями отведения, учитываются требования действующего законодательства о сбросе сточных вод (ПДС, ПДК) и осуществляется на основании оценки технической возможности реализации того или иного варианта и сравнения технико-экономических показателей [29]. Также, при вторичном использовании сточных вод в производстве, учитываются требования к конкретным технологическим процессам [30].

Замкнутые системы водоиспользования имеют экономическое преимущество перед другими системами. В случае замкнутой системы, обеспечивается максимальное использование очищенных сточных вод в технологических процессах и уменьшается их сброс в канализацию на дальнейшие очистные сооружения. При внедрении оборотных систем водоиспользования на предприятии совершенствование технологических процессов и внедрение мероприятий по очистке сточных вод, обеспечивают сокращение потребления технической воды.

После проведенного анализа существующих методов и установок для очистки сточных вод, необходимо выделить наиболее эффективные для конкретного предприятия и наименее затратные.

На сегодняшний день, единственным рациональным решением проблемы потребления воды в промышленности являются замкнутые системы водопотребления (ЗВС). Применение замкнутых водооборотных

систем при проектировании предприятий позволяет размещать эти объекты в районах с ограниченными водными ресурсами, но обладающими благоприятными экономико-географическими условиями. Такое инженерно-экологическое направление является наиболее прогрессивным и перспективным, позволяя одновременно решать проблемы водообеспечения и охраны окружающей среды.

Рассматривать проектирование замкнутой системы водообеспечения на предприятии целесообразно, если затраты на очистку воды и рекуперацию веществ ниже суммарных затрат на водоподготовку и очистку сточной воды до нормативных показателей, позволяющих сбрасывать её в канализационные стоки [31]. Замкнутые системы водного хозяйства следует вводить на вновь строящихся, действующих и подлежащих реконструкции предприятиях. В последнем случае внедрение замкнутых систем идёт поэтапно, с постоянным увеличением оборотного водоснабжения по мере усовершенствования технологии [32].

В целом малоотходное производство с оборотным водоснабжением можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 21.

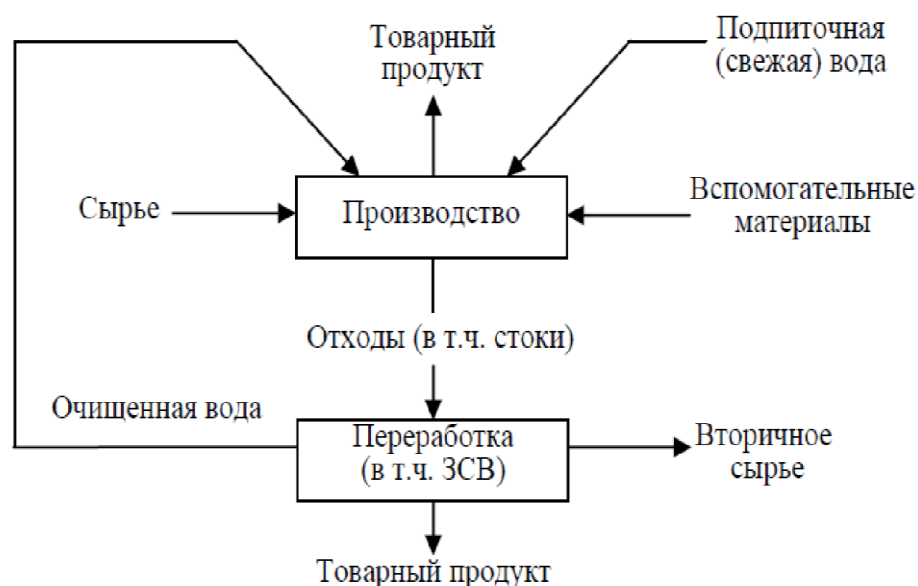


Рисунок 21 - Схема безотходного производства товарного продукта

Чтобы спроектировать и реализовать замкнутую систему водопользования для промышленных предприятий, необходимо учитывать следующие принципы создания таких систем.

1. К качеству используемой в технологическом процессе и отводимой из него воды, должны предъявляться научно обоснованные требования. Также водоснабжение и канализация, при введении на предприятии единой системы водного хозяйства, которая включает в себя водоснабжение и водоотведение с очисткой сточных вод, должны рассматриваться в совокупности. Как для подготовки вторичного применения очищенных сточных вод.

2. При проектировании замкнутых систем водообеспечения, следует учитывать основные принципы малоотходного производства. Малоотходное производство направлено на максимальное извлечение полезных компонентов и доведение вторичного сырья до товарного продукта при минимальных энергетических и материальных затратах.

3. При разработке локальных способов очистки, потоки сточных вод следует разделять по их физико-химическим свойствам. Необходимо разделение по видовому, фазовому и концентрационному признакам.

4. При эксплуатации замкнутой системы водообеспечения следует объединить цехи водоподготовки и локальной очистки сточных вод предприятия. Максимально использовать очищенные сточные воды производства и ливневые стоки для обеспечения технологического процесса. Свежую воду использовать для особых целей и восполнения воды в системах производственных линий [33].

5. Восстановлению, необходимо подвергать все локальные потоки сточных вод, образующихся в ходе технологического процесса. В то же время, необходимо создавать локальные замкнутые системы водоснабжения, которые являются основным звеном замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий [34].

На предприятии, для обеспечения высоких технико-экономических показателей, при создании замкнутых систем водоснабжения должны прорабатываться следующие задачи:

- максимально использовать воздушное охлаждение систем вместо водяного;
- многократное (каскадное) использование очищенных сточных вод в технологическом процессе, с целью получения наименьшего объема загрязнённых сточных вод;
- регенерация отработанных щелочей, кислот и солевых технологических растворов с использованием извлекаемых продуктов в качестве вторичного сырья;
- сокращение потерь и утилизация теплоты используемых вод в технологических процессах, а так же растворах, путем теплообмена между их горячими и холодными потоками или получением энергетического или технологического пара;
- Обеспечение оптимального экономичного режима работы достигается за счет внедрения стабилизационной системы обработки воды, из-за снижения количества подпиточных и продувочных вод. Также использование данной системы предотвращает образование минеральных отложений и биообрастания, ингибирование процессов коррозии.

Проектирование замкнутых систем водоиспользования стоит осуществлять в несколько стадий. На каждом этапе разработки увеличивать долю воды, используемую в системе. Первым шагом при создании таких систем является предъявление к качеству оборотной воды научно-обоснованных требований. Во многих случаях, отсутствует необходимость использования питьевой воды. Для обеспечения санитарно-гигиенической и токсикологической безопасности на предприятиях целесообразно проводить комплексные исследования для разработки оптимальных схем очистки оборотных вод.

Исследование существующих методов и установок очистки сточных вод, показывает, что создание экономически рациональных замкнутых систем водного хозяйства на предприятиях является достаточно трудной, но вполне разрешимой задачей. Разнообразие физико-химического состава сточных вод, наличие в них примесей различного происхождения и их взаимодействия между собой, создают сложности в выборе универсального метода их очистки и схемы замкнутой системы. Создание таких систем на предприятиях зависит от особенностей технологии, технической оснащённости, требований к качеству получаемой продукции и используемой воды и т.д.

При создании замкнутых систем водного хозяйства проектирование систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий должно проводиться одновременно с проектированием основного производства [35].

3.2 Предлагаемая модернизация линии переработки ПЭТ для очистки сточных вод и их возврата в технологический процесс

На сегодняшний день, на исследуемом объекте существует лишь механическая очистка воды в отстойниках. Воду, согласно графику, откачивают илососами и везут на очистные сооружения для её дальнейшей очистки. Рассмотрев основные сооружения и устройства, используемые на станциях очистки, можно составить принципиальную схему их взаимодействия.

После операции промывки флексы в горячих мойках, стоки поступают в водосборник, откуда затем направляются на станцию очистки. Там первичное удаление примесей осуществляется посредством процеживающих решеток. В поступающей на очистные сооружения сточной воде находится множество нерастворённых неорганических примесей. При совместном осаждении неорганических и органических примесей в отстойниках становится затруднительно удалять осадок, за счет снижения его вязкости.

Осадок можно разделить на тяжелую и лёгкую фракции, и происходит накопление песка в отстойниках. Это приводит к сложностям в эксплуатации

следующего оборудования очистного комплекса в моменты загрязнения его песком. Для этого в схеме очистных сооружений (ОС) за решетками предусматриваются специальные устройства - песколовки. Их функция – это выделение тяжелых неорганических веществ – песка, шлака, боя стекла. Под воздействием гравитационных сил, песок и прочие загрязняющие вещества, в них осаждаются. Оставшиеся на них отходы переходят в шламосборник, а прошедшая обработку и лишенная крупных частиц вода с помощью насосов продолжает свое движение и поступает в секцию отстаивания, в начале которой она очищается песколовкой, а затем и отстаивается необходимое время. Следующий этап на пути потока – осветлитель. В него также отправляют сток с гидрокрекинга, выступающий в роли коагулянта. После осветления вода проходит на заключительный этап механической очистки – пресс-фильтр. Именно на нем из нее извлекаются частицы с наименьшим диаметром. Весь шлак отправляется в специальную емкость для его передачи на дальнейшую переработку. Далее насосом, очищенная вода подается во флотационную ванну №1 для ее повторного использования.

При анализе информации из периодической литературы, был так же отмечен метод очистки воды флотацией. Метод флотации имеет следующие неоспоримые достоинства: непрерывность процесса, широкий диапазон применения, небольшие капитальные и эксплуатационные затраты, простое аппаратное оснащение, селективность выделения примесей, большую скорость (по сравнению с отстаиванием), высокую степень очистки (95-98%) и возможность рекуперации удаляемых веществ.

Флотация основана на способности пузырьков газа, введенных в обрабатываемую воду, закрепляться на взвешенных частицах и подниматься вместе с ними на поверхность, осветляя воду. Процесс может происходить как с добавлением реагентов, так и без него.

В зависимости от способа получения в воде пузырьков существуют следующие способы флотационной очистки:

1) флотация пузырьками, образующимися путём механического дробления воздуха (механическими турбинами-импеллерами, форсунками, с помощью пористых пластин и каскадными методами);

2) флотация пузырьками, образующимися из перенасыщенных растворов воздуха в воде (вакуумная, напорная):

3) электрофлотация.

В процессе многолетней эксплуатации перечисленных технологий и конструкций флотаторов был определён ряд их недостатков, снижающих глубину извлечения взвешенных частиц. Основными из них являются следующие:

- неравномерность насыщения воздушными пузырьками загрязнённой воды в объёме флотатора;
- неоптимальный спектр диаметров воздушных пузырьков;
- турбулентные процессы на поверхности воды, разрушающие слой флотопены;
- забивание (зарастание) относительно небольших проходных сечений воздухоформирующих устройств (аэрирующие сопла, коллекторы и т.п.).

После детального анализа причин неустойчивой и ненадёжной работы используемых на очистных сооружениях флотаторов, авторами были проведены исследования, направленные на поиск новой конструкции устройства, которая сформирует оптимальный спектр флотационных пузырьков при ещё больших размерах проходных отверстий аэрирующих сопел (для предотвращения забивания) и соответственно при больших расходах воды. Также выяснилось, что необходима замена конструкций аэрирующих коллекторов, обеспечивающих последовательную раздачу водовоздушной смеси от начала до конца коллектора.

Разработанное в результате нестандартное оборудование представляет собой единую конструкцию – флотореактор в состав которого входят эжектор, камера подпора, дросселирующая шайба и выходное

распределительное устройство. С помощью эжектора в поток очищаемой воды подсасывается требуемое количество воздуха, контролируемое регулятором. Конструкция эжектора позволяет получать на его выходе мелкие пузырьки воздуха размерами от нескольких микрометров до 1 мм даже при проходном сечении сопла эжектора около 30 мм. При этом производительность такого сопла составляет около 50 м³/ч. Это позволяет практически исключить засорение эжекторов при их эксплуатации.

Дросселирующей шайбой в камере подпора создаётся давление, необходимое для формирования мелких флотационных пузырьков. С помощью выходного распределительного устройства формируется поток очищаемой воды, насыщенной мелкими флотационными пузырьками. Веерообразная конфигурация выходных труб распределительного устройства обеспечивает спокойное, практически без возмущения на поверхности воды во флотаторе вытекание очищаемой воды в непосредственной близости от поверхности. Большие проходные отверстия и небольшая длина выходных труб, а также их параллельная работа исключают засорение этих труб в процессе работы.

При использовании такого флотатора повышается производительность очистной установки. Производительность флотореактора может быть от 1 до 50 м³/ч. Возможна параллельная работа нескольких флотореакторов.

Разработанная модель предназначена для флотационной очистки сильнозагрязнённых промышленных стоков предприятий нефтехимии, масложировых производств, предприятий, обслуживающих железно-дорожный транспорт, прачечных и т.д., для очистки от жиров, масел, взвешенных веществ, нефтепродуктов, органических примесей, поверхностно-активных веществ (ПАВ) и других загрязнений.

В новых флотаторах реализована прямоточная схема флотации, флотационные пузырьки формируются непосредственно в потоке очищаемой воды.

Флотаторы, основанные на технических разработках [37 - 40], отличаются повышенной степенью очистки (по сравнению с одноступенчатыми схемами), более надёжной работой. Конструкция флотаторов позволяет использовать химические реагенты (коагулянты, флокулянты), что значительно увеличивает степень очистки воды.

В заключение необходимо отметить, что длительная эксплуатация флотореакторов на различных промышленных объектах выявила целый ряд их преимуществ по сравнению с традиционными схемами очистки сточных вод, а именно повышенную степень очистки (Таблица 5)

Таблица 5– Показатели эффективности очистки

Показатели	Допустимые концентрации загрязнений сточной воды на входе, мг/л	Эффективность очистки, %, не менее
1	2	3
Взвешенные вещества	5 000	90
Нефтепродукты	1 000	96
Жиры	5 000	90
ХПК	5 000	60
БПК	2 500	60
ПАВ	300	60

- равномерное насыщение рабочего объема флотатора мелкодисперсными воздушными пузырьками, что способствует более полному извлечению на поверхность веществ, предназначенных для удаления из очищаемой воды;

- ламинарное истечение рабочей среды, которое способствует формированию на поверхности устойчивого (сплошного) слоя флотопены (конструктивная особенность флотореактора);

- высокую надёжность работы, которая обеспечена отсутствием «зарастания» относительно небольших проходных сечений воздухоформирующих устройств (аэрирующие сопла и т.п.).

По физико-химическим показателям воды, нейтрализованные и очищенные от взвешенных частиц в данном флотаторе, пригодны для возвращения в технологический оборот.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из важнейших задач, для обеспечения защиты водных ресурсов от истощения и загрязнения, является их очистка и рациональное использование. Во всем мире, в том числе и в России широко осуществляются мероприятия по охране окружающей среды, в частности по очистке производственных сточных вод.

Многоразовое использование очищенных сточных вод в технологических процессах производства, то есть переход предприятия на бессточные циклы водоснабжения, является одним основных направлений по охране и рациональном использовании водных ресурсов. Замкнутые циклы промышленного водоснабжения дадут возможность полностью ликвидировать сбрасываемые сточных вод в поверхностные водоемы, а свежую воду использовать для пополнения безвозвратных потерь.

В химической промышленности намечено более широкое внедрение малоотходных и безотходных технологических процессов, дающих наибольший экологический эффект. Большое внимание уделяется повышению эффективности очистки производственных сточных вод.

Среди физико-химических методов очистки, особо эффективным признан метод очистки сточных вод с помощью флотаторов с добавлением реагентов. Данный метод, при его внедрении на производство, имеет большое влияние на увеличение водооборота. Использование реагентного метода очистки производственных сточных вод не зависит от токсичности присутствующих примесей, что по сравнению со способом биохимической очистки имеет существенное значение.

После модернизации существующей системы водоочистки на линии переработки ПЭТ, будут достигнуты следующие результаты:

- 1) обеспечение двухступенчатой очистки стоков;
- 2) обеспечение высокого качества очистки сточных вод;
- 3) возврат очищенных стоков линии в технологический процесс.

Также стоит отметить незначительное потребление энергии (по сравнению с другими установками) и минимальные площади необходимые для расположения системы водоочистки в производственном помещении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Постановление Правительства РФ от 29 июля 2013 г. N 644 "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации"
- 2 AmericanPlasticsCouncil [Электронныйресурс] // Режим доступа: http://www.plasticsresource.com/recycling_rate_study/index.html(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.англ.
- 3 Вторичная переработка ПЭТ [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://e-plastic.ru/main/articles/r11/pr02>(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.
- 4 Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 94/62/ЕС от 20 декабря 1994 г. «Об упаковке и отходах от упаковки» [Текст] /Режим доступа: <http://law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1375109>(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус
- 5 Feedstock recycling of waste polymeric material [Text] / Guido Grause, AlfonsBuekens, J Mater Cycles Waste Manag (2011) 13:265–282, DOI 10.1007/s10163-011- 0031-z
- 6 Д.Брукс, Дж.Джайлз. Производство упаковки из ПЭТ [Текст] /пер.с англ. Под ред. О.Ю.Сабсая – СПб.: Профессия, 2006. – 368 с.
- 7 Wasting Time? Recycling Incentives in Urban Taiwan and Japan [Text] / Yen-Lien Kuo Charles Perrings, Environ Resource Econ (2010) 47:423–437
- 8 Evaluation of material recycling for plastics: environmental aspectscellulosics[Text] / Reiji Noda, Masanori Komatsu, Eriko Sumi, TadaoKasakura, Mater Cycles Waste Manag (2001) 3:118–125
- 9 Japan vows to make a recycling-based society [Text] / Masaki Hosomi; DOI:10.1002/bbb.1368,2012

- 10 Material cycles in Asia: especially the recycling loop between Japan and China [Text] / Atsushi Terazono, Aya Yoshida, Jianxin Yang , J Mater Cycles Waste Manag (2004) 6:82–96, DOI 10.1007/s10163-004- 0115-0
- 11 Масленников А. Вторая жизнь[Текст] /Деловой журнал упаковочной индустрии, PakkoGraff– №8 – 2004г,Режим доступа: <http://www.pakkograff.ru/>(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.
- 12 Ф. ЛаМантиа. Вторичная переработка пластмасс [Текст] /перевод с англ. (Handbook of Plastic Recycling) подред. Г.Е. Заикова–ISBN: 5-93913-116-6 – 2006г. –400 с.
- 13 Trends in waste plastics and recycling [Text] / TadaoKasakura, Reiji Noda, Kenichi Hashiudo, J Mater Cycles Waste Manag (1999) 1:33–37
- 14 Н. А. Петов. Применение вторичного полиэтилентерефталата [Текст] /Полимерные материалы 2010 – № 4 – 5с.Режим доступа:<http://www.polymerbranch.com/>(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.
- 15 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 "Санитарно–защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" (с изменениями от 10.04.08 г.)
- 16 [Электронныйресурс] // Режимдоступа:<http://www.oil-filters.ru>
- 17 С.В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, В. И. Калицун. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] / М.:Стройиздат– 1996г.– 56 с.
- 18 Т.А. Карюхина, И.Н. Чурбанова. Контроль качества воды [Текст] /–М: Стройиздат–1986г. – 32с.
- 19 СанПиН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения» [Текст] / Министерство здравоохранения СССР-М.: -1988г.
- 20 Комплексное использование и охрана водных ресурсов [Текст] / Под редакцией О.А. Юшманова – М.: Агропромиздат–1985 г.–141 с.

- 21 К. А. Кутковский. Виды сточных вод и основные методы анализа загрязнителей [Текст] / Молодой ученый. – 2013. – №9. – 119-122 с.
- 22 Н.Н. Зиятдинов. Системный подход к повышению эффективности биологической очистки промышленных сточных вод [Текст] / Казань – 2001г. – 39с.
- 23 А.А. Алферова. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов [Текст] / М.: Стройиздат. – 2008г. – №14. – 25-26 с.
- 24 А.И. Жуков. Методы очистки производственных сточных вод [Текст] / М.: Стройиздат. – 2008г. – 114с.
- 25 Д.Н. Смирнов. Очистка сточных вод в процессах обработки. Водохозяйственный комплекс России: понятие, состояние, проблемы [Текст] / Водные ресурсы, – 2010г. – №5 – 617-632с.
- 26 Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков [Текст] / Учебное пособие – М.: Высшая школа – 2003г. – 344 с.
- 27 В.Г. Калыгин. Промышленная экология [Текст] / Учебное пособие для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр "Академия" – 2004г. – 432с.
- 28 М.П. Соколов. Очистка сточных вод. [Текст] / Учебное пособие, Наб. Челны: КамПИ – 2005г. – 197 с.
- 29 Э.А. Арустамов, И.В. Леванова, Н.В. Баркалова. Экологические основы природопользования [Текст] / М. – 2000 г. – 26 с.
- 30 Человек, технологии, окружающая среда [Текст] / Хотунцев Ю.Л. – М.: Устойчивый мир, – 2001 г. – 51 с.
- 31 В.Г. Еремин, В.Г. Сафонов. Экологические основы природопользования. [Текст] / М. – 2002. – 109 с
- 32 К.М. Петров. Общая экология: Взаимодействие общества и природы [Текст] / Учебное пособие для вузов 2-е изд., стер. – СПб: Химия, 1998г. – 64 с.

- 33 Экологические проблемы современности [Текст] / Повякало А.Д., Шангарев И.Р. – М.: Квота, 2001- 32 с
- 34 Ю.В. Новиков. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособие.-2- 32 переизд., испр. и доп. [Текст] / Новиков Ю.В. - М.: Фаир-Пресс, 2010.-560с.
- 35 Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России [Текст] / Протасов В.Ф. - М.: Финансы и статистика, 2009.-672с.
- 36 Подосенова Е.В. Технические средства защиты окружающей среды. [Текст] / Подосенова Е.В. - М.: Машиностроение, 2010.-144с
- 37 Патент № 2294417. Булгаков Б.Б. и др. Способ и устройство для сбора нефтепродуктов с водной поверхности. Зарег. 27.02.2007.
- 38 Патент № 2293598. Булгаков Б.Б. и др. Газожидкостной смеситель. Зарег. 20.02.2007.
- 39 Патент № 2270174. Булгаков А.Б. и др. Аэратор. Зарег. 20.02.2006.
- 40 Патент № 2229926. Булгаков А.Б. и др. Двухкамерный струйный аэратор. Зарег. 10.06.2004.