

Государственная публичная научно-техническая библиотека
Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова

Серия "Экология"
Издается с 1989 г.
Выпуск 25

А.А. Каменская, Р.И. Ковалова, В.М. Лабецкий

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОИЗВОДСТВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ
РЕЗАНИЕМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ
НАНОСИМОГО УЩЕРБА**

Аналитический обзор

Новосибирск, 1992

ББК К63-642

Каменская А.А., Ковалова Р.И., Лабецкий В.М. Воздействие производств обработки металлов резанием машиностроительных предприятий на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН; Алт. политехн. ин-т. - Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 1992. - 102 с.

В обзоре описаны основные источники загрязнения окружающей среды от производств обработки металлов резанием и вредные компоненты, поступающие от них в биосферу. Приведены схемы систем очистки газовых, жидких и твердых выбросов. Описаны методы и средства контроля очистки, утилизации и переработки промышленных отходов.

Обзор предназначен для работников производств обработки металлов резанием, занимающимся разработкой экологических паспортов механообрабатывающих цехов.

Научный редактор к.х.н. В.В. Бордунов

Обзор подготовлен к печати: к.п.н. А.Н. Лебедевой,
к.п.н. О.Л. Лаврик,
к.х.н. Н.М. Поповой

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия масштабы преобразовательной деятельности человека неизмеримо возросли и достигли глобального уровня. В 103 городах нашей страны концентрация вредных веществ только в воздухе превышает в 10 и более раз предельно допустимую концентрацию.

Заметный вклад в экологическое неблагополучие промышленных центров вносят механообрабатывающие цехи многочисленных машиностроительных предприятий.

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением оксидов серы, азота, углерода, хлора, пыли, туманов, масел и эмульсий, которые выбрасываются через вентиляцию в атмосферу. Поскольку роль обработки деталей на металлорежущих станках в загрязнении атмосферы недостаточно изучена и считается относительно небольшой, то в литературе эта проблема мало освещена.

При механической обработке с применением смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), электролитов, а также очистки деталей моющими средствами, отработанные СОЖ, электролиты, моющие средства сбрасываются в сточные воды предприятия и являются основным загрязнителем воды, почвы.

На полигонах промышленных отходов машиностроительных предприятий скапливается большое количество стружки разных металлов, зачастую не очищенной от СОЖ, что является источником загрязнения почвы, воды, воздуха. Туда же вывозят неочищенные шламы, загрязняющие воду и воздух.

Таким образом, можно выделить следующие основные источники загрязнений окружающей среды при обработке деталей на металлорежущих станках:

- 1) выбросы в атмосферу (оксиды серы, азота, углерода, хлор, пыль, аэрозоли, пар);
- 2) твердые отходы (стружка, шламы);
- 3) сброс отработанных СОЖ, электролитов, моющих средств, содержащих нефтепродукты, взвеси, вредные химические элементы, растворимые соединения металлов.

Интенсификация режимов резания, применения различных средств на металлорежущих станках способствует увеличению разработок по методам снижения выбросов, улавливания и переработки всех отходов, организации мало- и безотходных производств металлообработки.

Настоящий обзор может служить исходным материалом для разработки экологического паспорта механообрабатывающих цехов промышленных предприятий.

В обзоре использованы следующие сокращения:

БПК - биологическая потребность в кислороде - количество кислорода, использованное в биохимических процессах окисления органических веществ, за исключением процессов нитрификации за определенное время 2,5,8,10,20 суток, мг O_2 / мг вещества.

ВПУ - вихревые пылеуловители

КЦМП - коагуляционно-центробежные мокрые пылеуловители

МС - моющие средства

ОС - окружающая среда

ПАВ - поверхностно-активные вещества

ПВХ - поливинилхлорид

ПГС - полимеры пространственно-глобулярной структуры

ПДК - предельно допустимая концентрация

ПСМ - пластичные смазочные материалы

СОЖ - смазочно-охлаждающая жидкость

СОТС - смазочно-охлаждающие технологические средства

ХПК - химическая потребность в кислороде - количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде, определяется бихроматным методом, мг O_2 / мг вещества

ЦРП - центробежные ротационные пылеуловители

Глава 1. СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Смазочно-охлаждающие технологические средства оказывают влияние на производительность и качество обработки материалов резанием, осуществляя охлаждающее, смазочное и моющее действия. Охлаждающее действие заключается в отводе тепла от детали и инструмента. Смазочное действие СОТС уменьшает силы трения и явления схватывания и адгезии на контактирующих поверхностях инструмента, детали и стружки. Моющее действие заключается в удалении (вымывании) с рабочей поверхности инструмента, детали и с деталей станка продуктов износа инструмента, мелкой стружки и других отходов обработки.

При обработке деталей на металлорежущих станках используют различные смазочно-охлаждающие жидкости для охлаждения инструментов, интенсификации процесса резания, улучшения качества обрабатываемых поверхностей, смывания стружки, шлама со станков. СОЖ должны обладать не только хорошими функциональными свойствами, но и комплексом эксплуатационных свойств. Для промывки и обезжиривания деталей применяют моющие средства.

Содержание веществ, загрязняющих ОС, в СОЖ, % [1, 5]:

Триэтанолламин 1,0	Натрия нитрит 0,3
Мылонафт 2,0	Натрия фосфат 1,5
Олеиновая кислота 0,5	Жидкое стекло 0,3
Кальцинированная сода 1,5	Хлор 0,5

Схема воздействия выбросов механических цехов на окружающую среду (**рис. 1.1**) показывает, что при применении различных СОТС главным поставщиком загрязнения являются отработанные СОЖ, электролиты, моющие средства и сточные воды. В результате работы очистных сооружений получается два вида отходов: твердая фаза (шламы) и нормативно-очищенная вода, в которой содержатся определенные токсиканты.

Современные СОЖ - это сложные многокомпонентные системы. Они должны быть: стабильны, бактериологически устойчивы, легко разлагаемы перед сбрасыванием в сточные воды, морозоустойчивы. Они должны: не оказывать корродирующего действия на изготавливаемые детали и оборудование, легко готовиться в условиях предприятий-потребителей, консервировать детали на межоперационный период, удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям.

Большое значение имеет не только состав, но и качество компонентов. Из-за физико-химических особенностей основной фазы СОЖ подразделяют на водные, масляные и специальные (основная фаза - животные, растительные и синтетические масла, органические жидкости) [1, 6].

1.1. Водные СОЖ

В зависимости от дисперсности компонентов водные СОЖ разделяются на следующие группы: растворы электролитов, синтетические, полусинтетические и эмульсии. Примерный

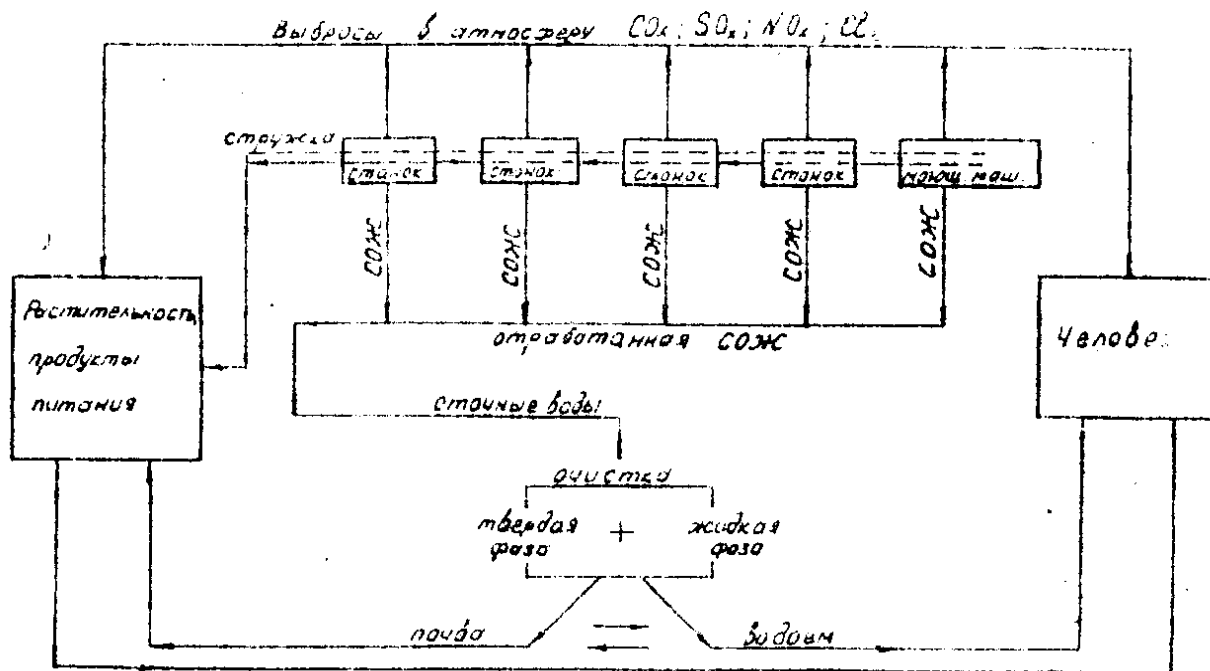


Рис. 1.1. Схема воздействия механических цехов на окружающую среду [1, б]

состав традиционно применяемых СОЖ на водной основе для шлифования, хонингования и суперфиниширования (%) [5]:

- 1 буры;
- 0,25 триэтаноламина 0,5-3 кальцинированной соды;
- 0,2-0,5 натрия нитрита 0,7-1 триэтаноламина;
- 0,25-0,3 натрия нитрита 2,5 тосол-ОИЗ;
- 0,1-0,5 уротропина 1-2,5 олинол-1;
- 0,05-0,5 кальцинированной соды 2 эмульсола Укринол-1;
- 0,6 кальцинированной соды 5 калия фосфорнокислого (7-водного);
- 0,2-0,3 кальцинированной соды;
- 0,5 гексаметафосфата натрия 0,25 эмульсола;
- 0,5 трифосфата натрия;
- 0,25 натрия нитрита

В качестве электролитов используют соли неорганических кислот: карбонат натрия (сода), хлориды калия, натрия, кальция, бария, магния; натрия нитрит, силикаты натрия; трифосфат натрия, буру, хроматы натрия, калия и др. Соли вводятся для снижения коррозионной агрессивности и улучшения функциональных свойств электролитов не более 2%.

Эмульсолы представляют собой концентраты и смеси и состоят из базовой масляной основы, эмульгатора, противоизносных, противозадирных и антифрикционных присадок, добавок, улучшающих эксплуатационные свойства эмульсии (ингибиторы коррозии, бактерициды, стабилизаторы и др.). Основой эмульсолов служат средневязкие минеральные масла нафтенного или смешанного основания. Доля масла в эмульсоле не превышает 85% [5-7]. Применяются эмульсолы: аквол-2,6; карбамол Э-1; укринол-1М; ВНИИНП-117-Т; ИХП-457; МХО-60; НГЛ-205; синтал-2,2у; ФМИ; Э-2(Б), Э-3(В); ЭГТ; ЭТ-2(2У) и др.

Аквол-10М - концентрат на гликолевой основе, содержит анионоактивные и неионогенные эмульгаторы и незначительное количество жировых присадок. Он предназначен для приготовления синтетических СОЖ широко применяется 2-5%-й раствор.

Аквол-II - концентрат на нефтяной основе, содержит значительное количество различных эмульгаторов, ингибиторов коррозии, 3-5%-й раствор используют при обработке алюминиевых сплавов. Содержание масла 10-15%.

Карбамол Э-1 - сбалансированная смесь эмульгатора с минеральным маслом; на основе разведенного в воде 3-5%-го раствора создают полусинтетические бессульфонатные и безнитритные СОЖ общего отраслевого применения на операциях лезвийной обработки.

Эмульсолы Э-2, Э-3 вырабатывают на основе смеси промышленных масел и их дистиллятов, масляного асидола, масляных щелочных отходов с добавлением едкого натра и отходов производства диэтиленгликоля (спирта этилового, этиленгликоля).

Эмульсол ЭТ-2 отличается от вышеописанных наличием таллового масла; применяют 3-5%-ю эмульсию при обработке резанием.

Эмульсол НГЛ-205 состоит из сульфированного масла АС-6 восточных нефтей, обработанного каустической содой с добавлением пассивирующих добавок. Эмульсии на его основе универсальны и могут использоваться при обработке конструкционных сталей и алюминиевых сплавов.

Эмульсол ЭМУС вырабатывается на основе нефтяных сульфонов, обладает по сравнению с эмульсолом НГЛ-205 большей стабильностью при хранении и перевозках, улучшенными смазочными и защитными свойствами.

Эмульсол СДМУ-2, в отличие от эмульсола НГЛ-205, содержит присадки высокодисперсного дисульфида молибдена и большее количество (до 20%) сульфонов натрия.

Эмульсол РЗ-СОЖ 8 представляет собой композицию из промышленного выщелочного масла, асидола масляного, таллового масла и полигликолей с добавками. Для улучшения смазочных свойств вводится технический йод (0,3%). Используют при обработке специфических материалов.

Эмульсол Укринол-IM - смесь минерального масла И-12А (75%) и универсальной эмульгирующей композиции ЭК-I (25%).

Композиция ЭК-I - смесь нефтяных сульфонов, экстракта трансформаторного дистиллята триэтанолamina, нитрита натрия и других продуктов. Эмульсолы такого типа предназначены для широкого круга операций.

Эмульсолы серии МХО - обычные эмульгирующие композиции, в которые дополнительно введены полимерные присадки поливинилхлорида (ПВХ). При обработке конструкционных сталей используются 3-10%-е эмульсии. Полимерсодержащие СОЖ МХО-60, 62, 64 состоят из водного раствора эмульсола ЭТ-2 (на основе таллового масла - 3-5%), аэросила (0,01-0,03%) и латекса поливинилхлорида (1,25-5%).

Эмульсии - грубодисперсные смеси нерастворимых фаз. Основной фазой является вода, а дисперсной - мельчайшие капельки масел. Эмульсии получают путем самопроизвольного или принудительного диспергирования в воде концентрата (эмульсола).

Наиболее часто в металлообработке применяют эмульсии следующих составов (%):

сода кальцинированная 0,3-0,35, нитрит натрия 0,2-0,25, эмульсол 4-5, остальное - вода (в летнее время как бактерицидные присадки добавляют фурациллин -0,0015-0,01); используется при обработке стали и чугуна;

сода кальцинированная 0,25-0,3, нитрит натрия 1,2-2, остальное - вода; используется при шлифовании сталей и чугунов;

мылонафт - 1, триэтанолamin - 1, эмульгатор ОП7 или ОП10 - 0,5, олеиновая кислота - 0,25, остальное - вода; используется при обработке алюминиевых сплавов.

Полусинтетические и синтетические СОЖ состоят из диспергирующих компонентов, которыми являются разнообразные водорастворимые органические продукты - поверхностно-активные вещества и эмульгаторы. В качестве эмульгаторов в составе эмульсолов распространение получили анионоактивные и неионогенные ПАВ, а также их смеси [1, 7]. Первые представлены калиевыми, натриевыми или триэтано-ламиновыми мылами нафтенных, жирных и сульфокислот, вторые - оксиэтилированными алкилфенолами, жирными спирта-

ми, эфирами жирных кислот и полиолов. Синтетические СОЖ помимо перечисленных компонентов ПАВ могут содержать в небольшом количестве различные добавки органического и неорганического происхождения, улучшающие технические характеристики жидкости (ингибиторы, бактерициды, антиизносные, противозадирные, противопенные присадки).

Синтетические СОЖ делятся на 2 типа: водные (1-10%) растворы олигомеров и ПАВ и водные (1-2%) растворы ингибиторов коррозии типа неорганических солей. По универсальности, продолжительности сохранения эксплуатационных свойств они превосходят эмульсии.

В перечисленных СОЖ применяют: Аквол-5, 10М, 11, 12, 14, 15 с концентрацией 1,5-15%; Карбамол С-1, 1-3%; НСК-5(5у), 7-10%; Олинол-1, 1-2,5%; Синхо-2(2М), 5-6,3%; Тосол-ИОЗ - 2,5%.

1.2. Масляные СОЖ

Масляные СОЖ состоят из минерального масла, являющегося основой (60-95%), к которому могут быть добавлены противотрибционные, противоизносные, противозадирные присадки, ингибиторы коррозии, антиоксиданты, противопенные, противотуманные присадки и др. По химическому составу минеральное масло представляет собой смесь высокомолекулярных углеводородов: нафтеновых, ароматических и парафиновых. Чаще всего, масляные СОЖ изготовлены на основе индустриальных масел (ГОСТ 20799 - 88) [2].

Синтетические масла обладают рядом ценных свойств, которые не характерны для нефтяных масел. Они негорючи, химически инертны и термически стабильны. Применяются ограниченно (из-за их дороговизны) в качестве присадок к водным и масляным СОЖ.

Масла животного и растительного происхождения используют как самостоятельные смазочные средства, так и в качестве добавок к другим СОЖ. Касторовое масло иногда применяют как самостоятельное смазочное средство на ответственных операциях. В рецепты многих современных СОЖ на водной и масляной основах для улучшения смазочных и смачивающих свойств включают растительные масла: рапсовое, кукурузное, сосновое, осерненное хлопковое, талловое.

К органическим жидкостям, используемым в СОЖ, относятся хлорсодержащие углеводороды, спирты (глицерин, гликоли), эфиры, альдегиды, алкилкарбоновые кислоты. В качестве жирозаменителей используют также асидол, представляющий собой нерастворимую в воде нафтеновую кислоту. К группе органических жидкостей следует отнести синтетическое парафиновое масло, скипидар и многие другие продукты [1].

На конечных операциях иногда применяют керосин, обладающий хорошей смывающей способностью, но при его использовании у рабочих могут развиваться дерматиты и экземы. Пары керосина также вредно влияют на здоровье людей. Опасен он и в пожарном отношении.

Жидкости на основе керосина либо содержащие высококонцентрированные присадки с хромом, фосфором и другими элементами не всегда удовлетворяют санитарно-гигиеническим и противопожарным нормам, поэтому использование их ограничено.

Масла индустриальные общего назначения (дистиллятные) из малосернистых и сернистых нефтей кислотно-щелочной или селективной очистки применяются в чистом виде как базовая основа для разведения специальных концентратов (МР-5у, МР-99) или стандартных присадок. Наиболее часто используют масляные СОЖ: ВИ-2,4; РЖ-8; ЛЗ-СОЖ1ПО; ИА-5; И-12А, 20-А, 40-А; МР-1, 1у,2,2у,3,4,5у,7,10, 99; ОСМ-1,2,3,4; сульфифрезол; укринол - и другие.

Ниже приведен состав некоторых масляных СОЖ:

Сульфифрезол представляет собой смесь нефтяных масел (И-12А, индустриального выщелоченного, цилиндрического-2, масляного асидола), зимних и летних нигролов. Эта смесь

активирована технической природной молотой серой (1,4%) и механическими примесями (0,04%). Сульфозфрезол применяют при обработке резанием и давлением.

МР-1у - минеральное масло, активированное комплексом присадок (природной серой, хлорпарафином, фосфорной присадкой) и загущенное полиизобутиленом, содержит серы 0,7-1,5%, хлора 1,0-1,6%. Используется взамен фульфофрезола и повышает стойкость резцов в 2 раза.

МР-1 - осерненное минеральное масло ИС-12: присадки ДФ-П,ХП470, серы - 2%, хлора 2,2%, фосфора 0,36%.

МР-5у - концентрат для приготовления масляных СОЖ путем разбавления в промышленных маслах общего назначения (И-5А, И-12А, И-20А, И-25А, веретенное АУ). Может применяться в неразбавленном состоянии. Представляет собой композицию высокоактивных противозадирных присадок (хлорсульфидированного жира, молотой серы до 1%) в промышленном масле (серы 1,5-3%, хлора 0,5-1,4%), используется при обработке легированных сталей.

Укринол-14 - средневязкая смесь минеральных масел, содержащая хлорные, хлорфосфорные (хлора 1,2-1,8%, фосфора 0,15-0,39%) и жировые присадки. Применяется при шлифовании инструментальных сталей.

ОСМ-1 - маловязкое, экономичное, легко фильтрующееся масло, представляющее собой узкую очищенную фракцию из "анастасиевской" нефти, слегка загущенную ПАВ. Основная область применения - замена керосина и керосиномаляных смесей на заключительных операциях абразивно-алмазной обработки.

ОСМ-5 - средневязкое минеральное масло, содержащее 10% хлорпарафина и небольшое количество полимерных загустителей (серы 1,5%, хлора 3,39%). Применяют на различных операциях механической обработки, является эффективным заменителем сульфозфрезола.

ЛЗ-СОЖ IPO - маловязкая смесь масел И-5А и И-8А, активированная серо- и хлорсодержащими присадками (сера 0,85%, хлор 0,3-0,5%). Используют на операциях глубокого сверления конструкционных сталей [1, 5, 6, 7].

1.3. Газообразные СОТС

Обработка материалов всегда осуществляется в воздушной среде, одновременно с которой можно использовать и другие среды. Таким образом, воздух является самостоятельным видом СОТС и, кроме того, часто основой для создания большой группы дисперсных газообразных сред - аэрозолей, подразделяемых на дым и туманы.

Индивидуальные газы представляют собой химические соединения, находящиеся в нормальных условиях (при комнатной температуре и атмосферном давлении) в газообразном состоянии. В качестве СОТС используют всего несколько газов: кислород, озон, двуокись углерода. Некоторые газы, например, хлор и хлористый водород, применяют для обработки СОЖ на различных технологических этапах (стерилизация, очистка сточных вод).

Пары сжиженных газов используют для интенсивного охлаждения зоны обработки. Практическое применение нашли пары двуокиси углерода, азота, кислорода, воздуха. Сжиженные газы используют не только как хладогенты, но и как пропелленты. Пропеллентами веществ в аэрозольной упаковке обычно являются фреоны, представляющие собой группу хлористых и фтористых производных насыщенных углеводородов (метана, этана, пропана). Фреоны обладают ценными свойствами: безопасны для человека, огне- и взрывобезопасны при рабочих температурах и не взаимодействуют с металлами.

1.4. Твердые и пластичные смазочные материалы

В качестве твердых смазочных материалов используют неорганические материалы (тальк, слюда, графит, дисульфиды молибдена, вольфрама и титана, нитрит бора и др.), твердые органические соединения (мыла, воски, парафин, твердые жиры), полимерные пленки и ткани (нейлон, полиэтилен, термопластичные и фторированные полимеры и др.), металлические пленочные покрытия (медь, латунь, свинец, олово, барий, цинк), перешедшие при низких температурах в твердое состояние жидкости и газы. Многие из них могут применяться не только как самостоятельное смазочное средство, но и как наполнитель или присадка к пластичным, жидким и газообразным СОТС.

Для изготовления смазочных брикетов, карандашей используют кристаллический графит марки ГС-I (ГОСТ 8295-73) [3]. Твердые мыла содержат 40-72% жирных кислот в виде солей, а также небольшое количество свободных карбонатов натрия и калия, свободной едкой щелочи. К воскам относятся жироподобные вещества растительного, животного или ископаемого происхождения. Для изготовления твердого смазочного материала применяют ископаемый горный воск - озокерит в сочетании с твердыми углеводородами. Композицию озокерита, парафина и церезина используют в качестве загущающего компонента пластичных смазочных материалов и мягчителя при изготовлении твердых смазочных карандашей.

Полимерные пленки, нанесенные на рабочую поверхность инструмента, способны снизить коэффициент трения, повысить износостойкость, предотвратить схватывание. Из выпускаемых промышленностью полимеров и пластмасс лучшими антифрикционными свойствами обладают фторопласт-3,4, полиамидные смолы АК-7, П-610, капрон, текстолиты.

Пластичные смазочные материалы - густые мажеобразные продукты, занимающие по консистенции промежуточное положение между твердыми и жидкими смазочными материалами. Смазочные материалы получают загущением минеральных и синтетических масел или их смесей с помощью различных загустителей, содержание которых 5-30%. Используют четыре вида загустителей: мыльные, углеводородные, неорганические и органические.

Мыльные загустители - это Na, Ca, Li, Al соли высших жирных кислот. ПСМ на кальциевых мылах называют солидолами, на натриевых - консталинами, применяются натриево-кальциевые, литиевые, алюминиевые мыла.

Углеводородные загустители представляют собой твердые углеводороды - парафины, церезины.

Неорганические загустители - специально обработанные глины различного происхождения: бентониты, силикагель.

Органические загустители - это различные пигменты (красители), производные мочевины, полимеры и др.

Кроме основы и загустителя, пластичные смазочные материалы содержат в небольшом количестве присадки, добавки, свободные щелочи и кислоты, диспергаторы и др.

1.5. Моющие средства

Выбор средств и технологии очистки деталей от загрязнений зависит от типа деталей, их формы, степени и характера загрязнений и от вида дальнейшей обработки после очистки. Основные материалы, применяемые для очистки: органические растворители, углеводороды (бензиновая фракция, изопарафины и галогенуглеводороды), эмульсии, фреон и различные водные составы.

Наиболее распространена для удаления загрязнений и примесей промывка деталей в горячих водных составах (экологически более чистых) с последующей сушкой в струях горячего и холодного воздуха.

1.6. Экологические аспекты производства и применения СОЖ, моющих средств

СОЖ и СОТС имеют очень сложный химический состав и могут воздействовать как различные загрязнители окружающей среды.

Экологическая эффективность применения СОЖ определяется тремя факторами: сроком службы, начальной стоимостью и затратами на утилизацию. Опыт работы показал, что выгоднее заниматься совершенствованием состава СОЖ, моющих средств, чем способами их нейтрализации и очистки.

Экологически приемлемое удаление отходов СОЖ стоит столько же, сколько сама исходная СОЖ. Поэтому во всех индустриально развитых странах интенсивно ведутся разработки долговечных СОЖ, оптимального химического состава, обеспечивающего простоту поддержания работоспособности, отсутствие загнивания, безвредность для биосферы. Разрабатываются средства текущего контроля за биоцидными свойствами СОЖ. Последние с биоцидными присадками (фенолы, триазины) заменяются биостойкими СОЖ, содержащими бор, что увеличивает срок их службы.

Синтетические СОЖ, несмотря на высокую начальную стоимость, более экономичны, чем другие типы СОЖ. Синтетическая СОЖ Pular chip ionic coolam (Англия) не содержит веществ, являющихся питательной средой для микроорганизмов, поэтому срок ее службы достигает 2 лет [8].

Фирмой Linil (Франция) создана гамма усовершенствованных СОЖ, в которые входят 35 чистых и 11 растворимых масел. Новые СОЖ отличаются повышенной бактерицидной стойкостью, антикоррозионными свойствами, низкой токсичностью, допускают значительное разбавление (до 2%). Эта гамма СОЖ эффективна при точении, зубонарезании и других видах обработки сталей, чугунов и алюминиевых сплавов [9].

В ФРГ внедрены СОЖ на основе растительного масла с противозадирными присадками. Масло отличается тем, что оно не загрязняет окружающую среду, не оказывает вредного воздействия на оператора и не оставляет трудноудаляемых осадков. СОЖ состоит из растительного масла с добавлением глицерина, сульфоната спирта жирного ряда, серы, аскорбиновой кислоты, индиго, обладает высокой противокоррозионной стойкостью [4].

Фирма Optima (ФРГ) разработала стабилизирующую присадку к СОЖ на базе комплексного соединения меди, а также создала так называемые совместные смазочные масла для смазки подвижных частей станков и СОЖ, которые не содержат бактерициды, фунгициды, нитриты и отравляющие вещества типа хлора. Важным фактором, определяющим долговечность СОЖ, является качество ее очистки. С целью повышения качества СОЖ эта фирма выпускает передвижные машины, которые периодически очищают СОЖ непосредственно возле каждого станка [13].

Фирмой Fuchs minevaloel werke GMBH совместно с крупными немецкими автомобильными фирмами и исследовательскими центрами созданы и опробованы масляные СОЖ, снижающие загрязненность воздуха на 70%. Несмотря на высокую стоимость новых масел, их эффективность достигается за счет снижения потерь на выгорание, испарение, сокращения расходов на очистку воздуха [10].

Фирма DLC-CHEMIE (ФРГ) выпускает СОЖ BOSOL, отвечающую современным требованиям с точек зрения безопасности для биосферы, увеличения производительности и надежности обработки. СОЖ растворима в воде, биологически разлагаема, не содержит минеральных масел, кремния, хлора, нитритов и других вредных веществ. Она антикоррозионна, но не обладает клейкостью, без запаха, не пачкает, не образует эмульсии с посторонними маслами, обладает высокой прозрачностью. Концентрация зависит от условий обработки. Используется при фрезеровании, сверлении, шлифовании, точении стали, цветных металлов, различных сплавов [11].

В соответствии с новыми правилами СОЖ, содержащие свыше 0,5% хлора, относятся к особо опасным веществам и требуют специальных мер предосторожности при их эксплуата-

ции и утилизации. Фирмы ФРГ предлагают СОЖ, содержащие не более 0,5% хлора, или вообще без него. Безхлорные СОЖ обеспечивают такую же производительность, как и хлорсодержащие [12].

1.7. Рекомендации по применению СОТС

Важнейшими эксплуатационными требованиями являются нетоксичность, антикоррозийность, стабильность, бактерицидность, гигиеничность.

Для операций обработки резанием СОТС выбирают из международного, государственного, отраслевого и фирменного ассортиментов [5, 6].

Рекомендации по применению СОЖ при обработке деталей из разных материалов на токарной, сверлильной, фрезерной, протяжной, зубообрабатывающей и других операциях приведены в табл. 1.1. Содержание некоторых наиболее распространенных СОЖ (%) даны в подразделах 1.1 - 1.3, а более полно - в литературных источниках [1, 5, 6].

В табл. 1.2 приведены рекомендации по замене дефицитных, токсичных и устаревших СОТС для лезвийной и абразивной обработок.

Таблица 1.1

Рекомендации по применению СОЖ при абразивной и специальной обработках деталей [1, 5, 6]

Способ обработки	Класс СОЖ	Применимые для обработки			
		конструкционных, углеродистых и легированных сталей	чугунов	алюминия, цветных металлов и сплавов	высоколегированных (труднообрабатываемых), инструментальных, жаропрочных и других сталей
1	2	3	4	5	6
Точение, растачивание	С	Аквол-10М; 11; 12; 14; Карбамол П-1	Аквол-10М	Аквол-11	Аквол-10М; Аквол-1
Сверление, зенкерование, развертывание	Э	НГЛ-205; Укринол-1; 1М; Карбамол Э-1	НГЛ-205	Укринол-1; Карбамол Э-1	НГЛ-205; Укринол-1; РЗ-СОЖ; Аквол-2
Фрезерование	М	Масло промышленное; МР-5у; МР-7; МР-99; ОСМ-1	ОСМ-2; ОСМ-3; МР-3; МР-4	Масло промышленное; сульфозфрезол; МР-2у; МР-4; ОСМ-3	Сульфозфрезол; МР-1у; МР-2у; МР-3; ЛЗ-СОЖ

1	2	3	4	5	6
Нарезание резьбы Зубообработка (зубофрезерование, зубодолбление, зубострогание, шевингование и др.)	С	Аквол-10М; 11; 14	Аквол-10М		
	Э	НГЛ-205; Укринол-1; 1М			Укринол-1; 1М; Аквол-2; Карбамол Э-1; НГЛ-205
	М	МР-1у; МР-2; МР-2у; МР-3; МР-4; МР-5у; МР-9; ОСМ-1; ОСМ-5; ЛЗ-СОЖ 1Т			МР-1у; МР-2; МР-2у; МР-3; ЛЗ-СОЖ 1Т; ЛЗ-СОЖ 1ПО
Обработка на токарных автоматах	М	МР-5у; МР-7; МР-8; МР-99; ОСМ-5			
Обработка на станках с ЧПУ и на технологических модулях гибких автоматизированных производств	С	Аквол-10М; 14; 1; Карбамол П-1			
	Э	НГЛ-205; ЭТ-2			
Протягивание	Э	Аквол-10М; 1; 2; 6; 14			
	М	МР-4; МР-5у; МР-6; МР-7; МР-99; ЛЗ-СОЖ 1СП; ЛЗ-СОЖ 2СО			
Плоское, круглое, внутреннее, бесцентровое, ленточное шлифование	С	Аквол-10М; 14; 1; 2			Аквол-14; 15; 1; 5; Карбамол С-1
	Э	НГЛ-205; ЭМУС; ИХП-45Э; Укринол-1; 1М; Аквемус; Карбамол Э-1; Синтал-2; МХО-60			Аквол-2; 6; ФМИ-3; НГЛ-205; РЗ-СОЖ 8; Укринол-1; 1М
	М	ОСМ-3; Масла промышленные			МР-10; Укринел-14; ЛЗ-СОЖ ПИО

Окончание табл. 1.1.

1	2	3	4	5	6
Притирка	М	СЭЛ-1		-	-
Резьбо- и зубошли- фование	М	МР-5у; МР-10; МР-99; ЛЗ-СОЖ ПИО; ЛЗ-СОЖ ЗСО			МР-10; Укринол-14; ЛЗ-СОЖ ПИО
Хонинго- вание		Масла промышленные; ВИ-2; ВИ-4; ОСМ-1; ОСМ-2			МР-3; МР-4; ОСМ-2; ЛЗ- СОЖ ПИО
Алмазное хонингование	С	Синхо-6	Синхо-2; 2М		
Суперфини- ширование	М	ВИ-2; ВИ-4; ОСМ-2	ВИ-2; ВИ-4; ОСМ-1		
Алмазное вы- глаживание	Э	Аквол-2; 6			
	М	МР-3; МР-4; ОСМ-3; ЛЗ- СОЖ ППО			
Раскатка (накатка), виброобра- ботка, дор- нование	С			Аквол-11; 12; 14; Кар- бамол Э-1	
	М	МР-1у; МР-2; МР-5у; МР-99		МР-3; МР-4	
Накатка резьб и зуб- чатых колес	М	МР-5у; МР-99; ЛЗ-СОЖ 1Т; ЛЗ-СОЖ ЗСО			

Примечание: С - синтетические, Э - эмульсии, М - масляные СОЖ

Таблица 1.2

Замена дефицитных, токсичных и устаревших СОТС
для лезвийной и абразивной обработок [1, 5, 6]

Заменяемые СОТС	Операция	Рекомендуемые СОТС
1	2	3
Сульфозфрезол	Обработка на токарных автоматах	MP-5y; MP-7; MP-8; MP-9; MP-99; OCM-5; ЛЗ-СОЖ 2 СИО
Керосин	Хонингование стали	Синхо-6; OCM-2
	Хонингование чугуна	Синхо-2; 2М; OCM-1
	Обработка алюминиевых сплавов	3-5%-й раствор Аквол-1; 5-10%-й Аквол-11; 3-10%-я эмульсия Карба- мол Э-1
Олифа, растительное масло	Нарезание наружной резьбы на деталях из высокопрочных сталей	ЛЗ-СОЖ 1Т
Олеиновая кислота	Нарезание мелко модульных зубчатых колес из труднообрабатываемых материалов	MP-6; ЛЗ-СОЖ 1Т; ЛЗ-СОЖ 2СО
	Сверление и нарезание резьб малого диаметра в деталях из коррозионно-стойких сталей	Карбонал; MP-4; MP-6; MP-99
Сало техническое	Сверление отверстий малого диаметра в деталях из конструкционных сталей, цветных металлов	Карбонал; Натронал-1М
Подсолнечное масло	Развертывание отверстий малого диаметра в различных сталях	
Пчелиный воск	Сверление отверстий малого диаметра в алюминиевых сплавах	
Минеральные и растительные масла	Резание высокопрочных материалов в тяжелых условиях	3-10%-й Аквол-2; 10-20%-й Аквол-2; 3-10%-й Аквол-6; 10-20%-й Аквол-6
Касторовое масло	Нарезание резьб в глухих отверстиях	Карбонал; Натронал-1М; MP-6; ЛЗ-СОЖ 1Т

1	2	3
Дизельное топливо, смеси керосина с олеиновой кислотой	Финишные операции абразивной обработки, резание деформируемых алюминиевых сплавов	МР-3; МР-4; ОСМ-1; ЛЗ-СОЖ 1ПО
Олеиновая кислота	Фрезерование жаропрочных сталей концевой фрезой	МР-5у; растворы МР-5у в промышленных маслах: 5-10%-е; 10-20%-е; 20-50%-е; 50-100%-е
Смеси сульфозфрезола с касторовым маслом и олеиновой кислотой	Фрезерование пазов елочного профиля в деталях из жаропрочных сталей	МР-99; растворы МР-99 в промышленных маслах: 5-10%-е; 10-20%-е; 20-50%-е; 50-100%-е; ЛЗ-СОЖ 1СП; МР-5у; растворы МР-5у в промышленных маслах: 5-10%-е; 10-20%-е; 20-50%-е; 50-100%-е

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердичевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки материалов: Справочник. - М.: Машиностроение, 1984. - 224 с.
2. ГОСТ 20799-88. Масла промышленные. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 6 с.
3. ГОСТ 8295-73. Графит для изготовления смазок, покрытий и электропроводящей резины. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1973. - 3 с.
4. Заявка 3728094, ФРГ, МКИ С 10 М 101/04, С 10 М 125/06. Schwindling Joachim. Umweltfreundliches EP - Schneidöl auf pflanzlicher Basis.
5. Смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием: Рекомендации по применению / Под ред. М.И. Клушина. - М.: НИИМАШ, 1979. - 96 с.
6. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. С.Г. Энтелеса, Э.М. Берлинера. - М.: Машиностроение, 1986. - 352 с.
7. Технологические свойства новых СОЖ для обработки резанием / Под ред. М.И. Клушина. - М.: Машиностроение, 1979. - 192 с.
8. Covelli David. Cost us value in coolant selection // Tool und Prod. - 1987. - Vol. 53, N 7. - P. 42-44.
9. Fluides dusinage //RFM. - 1988. - Mai. - P. 37-38.
10. Horner D. Die Le (low evaporating)- Technologie bei der Metallbearbeitung // Mineraloltechnik. - 1988. - N 7. - S. 5.
11. Umweltfreundlicher kuhlschmierstoff // Text.- prax. INT. - 1988. - N 43.9. - S. 988.
12. Umweltfreundliches schneidöl // Werkstatttechnik. - 1988. - N 78. - S. 487.
13. Wenig Abfall standzeit //Maschinenmarkt.- 1988. - Bd 94, N 35. - S. 70.

Глава 2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВЫБРОСАМИ ЦЕХОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

2.1. Источники и состав загрязнения атмосферного воздуха

Источники загрязнения атмосферы могут быть естественными (природными) и искусственными (антропогенными).

Воздействие природных загрязнителей атмосферы на биосферу соответствует тем или иным биологическим законам, регулируется кругооборотом веществ в природе и проявляется периодически.

Основным источником искусственного загрязнения атмосферы являются промышленные, транспортные и бытовые выбросы.

Загрязнители условно делят на химические и механические. Химические загрязнители - различные газообразные вещества, способные взаимодействовать в химических реакциях.

Механические загрязнители - пыль, сажа, зола. В **табл. 2.1** приведено количество паров воды, туманов масел и эмульсии, выделяющихся за 1 ч, при работе станков в расчете на 1 кВт мощности установленных на станках электродвигателей [8].

В **табл. 2.2** приведены данные о выделении вредных веществ при обработке деталей на металлорежущих станках с применением СОЖ и предельно допустимые концентрации (ПДК) их в воздухе [5].

В процессах шлифования и полирования выделяется большое количество тонкодисперсной пыли. Пыл, образующаяся в процессе абразивной обработки, на 30-40% состоит из материала абразивного круга, на 60-70% - из материала обрабатываемой детали. Количество пыли зависит от размеров и твердости обрабатываемого материала, диаметра и окружной скорости круга, а также от величины подачи изделия.

При зачистке и шлифовании изделий выделяется более 50 г/ч пыли со станка. При заточке инструмента пыль имеет фракционный состав, приведенный в **табл. 2.3** [8].

Т а б л и ц а 2.1

Выделение паров воды, масляного тумана, тумана эмульсии
на 1 кВт мощности электродвигателей станков, г [8]

Оборудование	Пары воды	Масляный туман	Туман эмульсии
Металлорежущие станки при масляном охлаждении	-	0,2	-
Металлорежущие станки при эмульсионном охлаждении	150	-	0,0063
Шлифовальные станки при охлаждении эмульсией и содовым раствором	150	-	0,165
Шлифовальные станки при охлаждении маслом	-	30	-

Т а б л и ц а 2.2

Выделение вредных веществ и их ПДК в воздухе, мг/м³ [5]

Группа СОЖ, моющее средство	Выделяемые вещества	ПДК	
Водорастворимые	Сероводород	0,008	
	Хлористый водород	0,05	
Эмульсионные	Сероводород	0,008	
	Хлористый водород	0,05	
	Соединения трехвалентного хрома	0,0015	
	Альдегиды		
	Высшие спирты		
	Жирные эфиры		
	Акролеины		
	Меркаптан		
Синтетические	Спирты жирного ряда		
На масляной основе	Сероводород	0,008	
	Хлористый водород	0,05	
	Натрия нитрат		
	Триэтаноламин		
	Соединения трехвалентного хрома	0,0015	
	Высшие спирты		
	Жирные эфиры		
	Акролеины		
	Меркаптан		
Формальдегид			
Ацетон	Пары	0,2	
Бензин (в пересчете на С):	Пары		
		сланцевый	0,05
		нефтяной малосернистый	1,5
Пыль нетоксичная		0,15	

Т а б л и ц а 2.3

Размеры частиц и фракционный состав пыли [8]

Размер частиц, мкм	0-5	5-10	10-20	20-40	40-60	60
Фракционный состав, %	13	12,1	22,8	22,9	21,8	7,4

Пары и уманы могут конденсироваться и осаждаться на поверхностях. В некоторых случаях сконденсировавшиеся пары ртути при повышении температуры вновь могут испаряться, превращаясь в аэрозоль. Это приводит к дополнительному загрязнению воздушной среды.

Дисперсный состав пылей и туманов определяет их проникающую способность в организм человека, устойчивость пылевых выбросов в атмосфере и является решающим фактором при выборе средств и способов защиты атмосферы от них. Особую опасность для человека представляют токсичные тонкодисперсные пыли с размером частиц 0,5-10 мкм, поступающие в атмосферу с вентиляционными выбросами и легко проникающие в органы дыхания. Характерные размеры частиц некоторых видов твердых и жидких загрязнителей атмосферы приведены в **табл. 2.4** [8].

Газовое загрязнение атмосферы происходит за счет выделения большого количества оксидов углерода, азота, серы, сероводорода, хлористого водорода, альдегидов, углеводородов и других веществ.

Некоторые вредные вещества, находящиеся в воздухе рабочей зоны, наносят вред человеку не только с вдыхаемым воздухом, но и вследствие соприкосновения с кожным покровом (через кожу).

Вредные для организма вещества подразделяются на 4 класса: 1 - чрезвычайно опасные; 2 - высокоопасные; 3 - умеренно опасные; 4 - малоопасные.

Сведения о ПДК для различных вредных веществ, загрязняющих воздушную среду, содержатся в СН 245-71 / 18 /. ПДК установлены для более чем 750 вредных веществ, загрязняющих воздух. Данные о ПДК для воздуха рабочей зоны имеются также в ГОСТ 12.1.005.88 [1].

В **табл. 2.5** приведены данные о ПДК в воздухе рабочей зоны некоторых аэрозолей, преимущественно фиброгенного действия.

Т а б л и ц а 2.4

Размеры частиц некоторых видов твердых и жидких загрязнителей атмосферы [8]

Загрязнитель	Размер частиц, мкм
Масляный туман	0,03 - 1,0
Промышленная пыль	0,01 - 4000
Возгоны	1,0 - 5,0

Т а б л и ц а 2.5

ПДК некоторых аэрозолей в воздухе рабочей зоны [3, 5, 8]

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Алюминий и его сплавы (в пересчете на Al)	2	4
Железа оксид с примесью оксидов марганца до 3%	6	4
Известняк	6	4
Кремнийсодержащие пыли (в зависимости от состава)	1	3 - 4
Силикаты и силикатсодержащие пыли:		
асбестоцемент	6	4
Тальк, слюда-флагонит и мусковит	4	4
Стекловолоконное и минеральное волокно	4	4
Цемент, глина, оливан, фостерит	6	4
Пыль растительного и животного происхождения	6	4

В тех случаях, когда в воздухе одновременно находятся несколько вредных веществ, ПДК следует устанавливать с учетом того, что некоторые из них взаимно усиливают действие: ацетон и фенол; ацетальдегид и винилацетат; валериановая, капроновая и масляная кислоты; озон, диоксид азота и формальдегид; сернистый газ и фенол; сернистый газ и диоксид азота; сернистый газ и фтористый водород; сернистый газ и аэрозоль сернистой кислоты; сероводород и динил; сернистый газ и серо-водород; изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола; фурфурол, метанол и этанол; циклогексан и бензол; сильные минеральные кислоты (серная, соляная, азотная), этилен, пропилен, бутилен и 1-пентен; уксусная кислота и уксусный ангидрид; ацетон и ацетофенон; бензол и ацетофенон; серный и сернистый ангидрид; аммиак и оксиды азота [5, 8].

При присутствии в воздухе нескольких веществ, обладающих совместным действием, сумма их концентраций не должна превышать:

$$C/\text{ПДК} + C_1/\text{ПДК}_1 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1,$$

где $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ - фактическая концентрация вредных веществ;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2 \dots \text{ПДК}_n$ - соответственно ПДК, которые установлены для изолированного присутствия.

Нормы ПДК вредных веществ в рабочей зоне являются максимально разовыми, не зависят от времени воздействия на человека.

2.2. Способы уменьшения загрязнения воздушной среды цехами механической обработки

Существует ряд эффективных мероприятий по охране атмосферного воздуха от загрязнения промышленными выбросами механообрабатывающих цехов, которые могут быть объединены в следующие группы:

1. Конструктивно-технологические мероприятия, исключающие выделение опасных веществ в самом источнике их образования.
2. Устранение или уменьшение попадания выбросов в атмосферу с помощью очистных сооружений.
3. Предотвращение загрязнения атмосферы путем рационального размещения источников вредных выбросов и расширения площади зеленых насаждений.
4. Контроль за состоянием воздушной среды специальными органами, производственными подразделениями, общественностью.

К конструктивно-технологическим мероприятиям относятся: разработка и применение СОТС с наименьшим уровнем примесей, выделяемых в атмосферу; замена не утилизируемых отходов на утилизируемые; применение пассивных методов защиты окружающей среды; создание безотходных и малоотходных технологий, ликвидирующих или уменьшающих количество вредных выбросов в атмосферу.

Внедрение новой безотходной и малоотходной технологии на действующих предприятиях не всегда возможно, поэтому на данном этапе основным средством защиты воздуха от вредных выбросов является создание очистных сооружений с использованием различных методов очистки (биологических, механических, химических, электрических, комплексных). Все механообрабатывающее оборудование, моечные машины и устройства в местах выделения вредных веществ должны быть оснащены отсосами и зонтами, которые должны проектироваться одновременно с разработкой технологического оборудования и являться его неотъемлемой и органической частью. В показатели, характеризующие металлорежущие станки и другое оборудование механообрабатывающих цехов, наряду с производительностью,

энергоемкостью, трудоемкостью должен включаться показатель, характеризующий санитарные качества.

Для технологического оборудования, обслуживающего процессы с выделением особо токсичных веществ, необходимы отдельные помещения с применением дистанционного управления или герметизация его.

Наиболее эффективное мероприятие, уменьшающее загрязнение воздушной среды, - очистка технологических и вентиляционных выбросов.

Меры защиты от загрязнения воздуха пылями и туманами предусматривают применение пыле- и туманоулавливающих аппаратов и систем.

Пылеулавливающее оборудование можно разделить на четыре группы: сухие и мокрые пылеуловители, электрофильтры и фильтры. Пылеуловители различных типов, в том числе и электрофильтры, применяют при повышенных концентрациях примесей в воздухе. Фильтры используются для тонкой очистки воздуха с концентрациями примесей менее 100 мг/м^3 . Если требуется тонкая очистка воздуха при высоких начальных концентрациях примесей, то ее ведут в системе последовательно соединенных пылеуловителей и фильтров.

Процесс очистки газов от твердых и капельных примесей в различных аппаратах характеризуется рядом параметров, в том числе общей эффективностью очистки [8, 12]:

$$\eta = (C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}) / C_{\text{вх}},$$

где $C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{вых}}$ - массовые концентрации примесей в газе до и после пылеуловителя (фильтра).

2.2.1. Сухие и мокрые пылеуловители

К сухим пылеуловителям относятся все аппараты, в которых отделение частиц примесей от воздушного потока происходит механическим путем за счет сил гравитации, инерции и др. Конструктивно их делят на циклоны, пылеуловители и пылеотделители.

Широкое применение для сухой очистки газов, воздуха от пыли получили циклоны различных типов. Практические задачи по очистке газов, воздуха от пыли с успехом решаются цилиндрическими циклонами (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24), коническими циклонами (СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М и СДК-ЦН-33) и циклонами НИИОГАЗа. Одной из конструктивных разновидностей циклонов являются прямоточные циклоны, предназначенные для очистки газового потока от крупнозернистой пыли. Для очистки больших объемов газов применяются батарейные циклоны, состоящие из большого числа параллельно установленных циклонных элементов, в которых очищаемая газопылевая смесь проходит последовательно из одного циклона в другой.

Ротационные пылеуловители представляют собой машины центробежного действия, которые одновременно с перемещением воздуха очищают его от относительно крупных фракций пыли (5-8 мкм). Они компактны, для их размещения не требуется дополнительных площадей.

Эти машины обеспечивают достаточно высокую эффективность очистки воздуха при улавливании сравнительно крупных частиц пыли (свыше 20-40 мкм).

Более перспективными пылеотделителями ротационного типа, предназначенными для очистки воздуха от частиц размером 5-8 мкм, являются центробежные ротационные пылеотделители. Габаритные размеры ЦРП меньше циклонов в 3-4 раза, удельные энергозатраты на очистку 1000 м^3 воздуха на 20-40% ниже чем у циклонов при прочих равных условиях. Однако широкого распространения пылеуловители ротационного действия не получили из-за относительной сложности конструкции и эксплуатации.

Вихревые пылеуловители - это также аппараты центробежного действия. ВПУ обладают высокой эффективностью очистки газа, воздуха от тончайших фракций (3-5 мкм), что по-

зволяет им в отдельных случаях конкурировать с фильтрами. В США, ФРГ разработано несколько ВПУ с пропускной способностью от 20 до 315000 м³/г. Существует две конструктивные разновидности вихревых пылеуловителей: соплового и лопаточного типа.

Известны конструкции радиальных пылеуловителей с отделением твердых частиц (25-30 мкм) за счет совместного действия гравитационных и инерционных сил. Эффективность очистки - 0,65-0,85.

Мокрые пылеуловители для мокрой очистки газов характеризуются высокой эффективностью очистки от мелкодисперсных пылей с размером частиц $\geq 0,3-1,0$ мкм, но обладают рядом недостатков: образование во время очистки шлама, что требует специальных систем для его переработки; вынос влаги в атмосферу; необходимость создания оборотных систем подачи воды в пылеуловитель.

Аппараты мокрой очистки работают по принципу осаждения частиц пыли либо на поверхность капель жидкости, либо на поверхность пленки жидкости. Осаждение частиц пыли на жидкость происходит под действием сил инерции и броуновского движения.

Конструктивно мокрые пылеуловители разделяют на скрубберы Вентури, форсуночные и центробежные, аппараты ударноинерционного типа, барботажнопенные, коагуляционно-центробежные пылеуловители и др.

Наибольшее применение нашли скрубберы Вентури, в которых происходит процесс осаждения пыли на капли жидкости. Они обеспечивают эффективность очистки аэрозолей 0,96-0,98 и более со средним размером частиц 1-2 мкм при начальной концентрации примесей до 100 г/м³.

Форсуночные скрубберы улавливают пыль осаждением частиц на каплях жидкости. Общая эффективность очистки невелика, составляет 0,6-0,7. Улавливаются частицы размером 10 мкм.

В аппаратах центробежного типа частицы пыли отбрасываются на пленку жидкости двумя центробежными силами, возникающими при вращении газового потока в аппарате. Эффективность очистки - 0,65-0,8.

Аппараты ударно-инерционного типа работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность жидкости. Взвешенные в газе частицы за счет сил инерции попадают на поверхность жидкости. Хорошо улавливаются частицы размером более 20 мкм. Основное преимущество этих аппаратов - малый расход воды.

К мокрым пылеуловителям относятся барботажно-пенные пылеуловители с провальной и переливной решетками. В таких аппаратах газ на очистку поступает под решетку, проходит через отверстия в решетке и, барботируя через слой жидкости и пены, очищается от частиц пыли за счет их осаждения на внутренние поверхности газовых пузырей. Современные барботажно-пенные аппараты обеспечивают эффективность очистки газа от мелкодисперсной пыли около 0,95-0,96.

Одним из удачных конструктивных решений совместной компоновки скруббера Вентури и каплеуловителя может служить КЦМП. Эффективность очистки от пыли при размере 1-10 мкм соответственно 0,7-0,99. Очистка газов от туманов при размере частиц до 0,3 мкм достигает 0,999.

Обработка на металлорежущих станках изделий из твердых сплавов и других материалов, содержащих кобальт, хромат цинка, никель, бериллий и другие, сопровождается образованием пыли, мелкой стружки, которые необходимо отвести от рабочего места, а также исключить попадание их в атмосферу. Фирма Nilfisk (ФРГ) создала устройство, состоящее из отсасывающего агрегата, сборных резервуаров емкостью 69 л. Оно легко встраивается в станки и удаляет пыль.

При затачивании режущего инструмента возникает абразивная пыль и пыль материалов, компонентов твердых сплавов и легированных инструментальных сталей. В США предложено устройство для отсоса от станков и очистки воздуха от пыли [10], которое состоит из

крыльчатки с герметическим кожухом, камеры с трубой в нижней части и ящика для сбора шлама.

В Швейцарии [17] создан высокопроизводительный пылесосный агрегат модели Maxvac для удаления пыли от металлорежущих станков. Агрегат способен пропустить через свои очистные устройства 1140 м³/ч загрязненного воздуха.

2.2.2. Фильтры и туманоуловители

В последние годы появились новые высокоэффективные способы очистки газов, аэрозолей, дыма.

Очистка от аэрозолей осуществляется применением электрофильтров, методов фильтрации через различные пористые материалы, гравитационной или инерционной сепарации, способами мокрой очистки.

Электрическая очистка - один из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли и тумана. Этот процесс основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего разряда, передаче заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на осадительных и коронирующих электродах. К коронирующим и осадительным электродам фильтров подводят постоянный ток высокого напряжения. Осадительные электроды присоединяют к положительному полюсу выпрямителей и заземляют, а коронирующие - изолируют от земли и присоединяют к отрицательному полюсу. Очищаемый поток газов проходит через пространство между электродами: основная масса взвешенных частиц, заряжающихся под действием коронарного разряда, оседает на осадительных электродах. Она удаляется в бункер встряхиванием, жидкая фаза загрязнений стекает. Коэффициент очистки до 99%.

Для повышения эффективности пылеулавливания перед пылеуловителем газовый поток обрабатывается ультразвуком, создаваемым вращающимися или стационарными сиренами. Конструкцию электрофильтров определяют: условия работы; состав и свойства очищаемых газов воздуха; концентрация и свойства взвешенных частиц; параметры газового потока; требуемая эффективность очистки и т.д.

В промышленности используется несколько типовых конструкций сухих и мокрых электрофильтров для очистки технологических выбросов.

Сухие электрофильтры типа УГ (унифицированные горизонтальные) рекомендуются для тонкой очистки газов от пыли, мокрый электрофильтр типа С - для тонкой очистки воздуха от масляных туманов [5, 7].

Для очистки вентиляционных выбросов и рециркуляционного воздуха от различных пылей, а также приточного атмосферного воздуха с малой концентрацией загрязнений применяют двухзонные электрофильтры типа ФЭ, РИОН и др. Поток воздуха в таком фильтре проходит последовательно ионизационную зону, зону осаждения и противоуносный пористый фильтр. Накопленная пыль периодически смывается водой. Эффективность пылеулавливания до 0,95 [5, 7].

Фильтры широко используют в промышленности для тонкой очистки вентиляционного воздуха от примесей, а также для промышленной и санитарной очистки газовых выбросов.

Процесс фильтрования состоит в задержании частиц примесей на пористых перегородках при движении дисперсных сред через них. В фильтр поступают загрязненные газы, воздух, которые очищаются при прохождении фильтроэлемента. Частицы примесей оседают на верхней части пористой перегородки и задерживаются в порах. Они образуют на поверхности перегородки слой и становятся для вновь поступающих частиц частью перегородки фильтра, увеличивая эффективность очистки фильтра и перепад давления на фильтроэлементе. Осаждение частиц на поверхность пор фильтроэлемента происходит в результате совокупного действия эффекта касания, а также процессов диффузионного, инерционного и гравитационного осаждения частиц.

Фильтры классифицируют по типу перегородки, конструкции, назначению, тонкости очистки и др.

По типу перегородки различают фильтры: с зернистыми слоями (неподвижные свободно насыпанные зернистые материалы, псевдосжиженные слои); с гибкими пористыми перегородками (ткани, войлоки, волокнистые маты, губчатая резина, пенополиуретан и др.); с полужидкостными пористыми перегородками (вязанные сетки, прессованные спирали и стружки и др.); с жесткими пористыми перегородками (пористая керамика, пористые металлы и др.). Выбор типа фильтрующих материалов зависит от требуемой тонкости очистки, химического состава загрязнителей и условий эксплуатации фильтра.

По конструктивному признаку воздушные фильтры делят на ячеювые (рамочные и каркасные), рулонные, рукавные.

Широкое применение получили фильтры ФП и ФПП академика Петрянова с фильтрующим элементом из ультратонких перхлорвиниловых волокон. На них достигается высокая эффективность очистки аэрозолей от примесей (до 0,99).

Для очистки воздуха в системах вентиляции обычно используют ячеювые фильтры, представляющие собой рамку или каркас с фильтрующими элементами, выполненными из набора металлических сеток, винипластовых и др. Недостаток ячеювых фильтров - ограниченный срок службы из-за быстрого засорения фильтрующего элемента и образования слоя осадка на его входной части, что требует частой смены фильтрующих элементов. Этот недостаток частично устраняется при использовании рулонных фильтров, которые нашли применение для очистки воздуха с концентрацией примесей не более 10 мг/м³. Для уменьшения габаритов рулонных фильтров и увеличения их производительности применяют компактные фильтры, в которых фильтрующая ткань зигзагообразно поступает через направляющие рамки от подающего к приемному барабану.

Для сухой очистки газовых выбросов от примесей применяются тканевые рукавные фильтры. Рукава изготавливают из тканей и войлоков.

Для очистки воздуха от туманов кислот, щелочей, масел, СОЖ и других жидкостей используют волокнистые фильтры - туманоуловители. Принцип их действия основан на осаждении капель на поверхности пор с последующим стеканием жидкости под действием сил тяжести. Туманоуловители делят на низкоскоростные, в которых преобладает механизм диффузионного осаждения капель, и высокоскоростные, где осаждение происходит, главным образом, под воздействием инерционных сил.

Волокнистые низкоскоростные туманоуловители обеспечивают очень высокую эффективность очистки (до 0,999) газа от частиц размером менее 3 мкм и полностью улавливают частицы большего размера.

Высокоскоростные туманоуловители имеют меньшие габариты и обеспечивают эффективность очистки газа от тумана с частицами менее 3 мкм, равную 0,9-0,98. В качестве фильтрующей набивки в них используют войлоки из полипропиленовых волокон, которые успешно работают в среде разбавленных и концентрированных минеральных кислот и щелочей.

В конструкциях туманоуловителей применяют брызгоуловители, которые позволяют увеличивать скорость фильтрации.

В Великобритании предложена конструкция ребристого фильтра, в котором фильтровальный элемент имеет различные размеры фильтрующих ячеек. Фильтровальный элемент состоит из дисков в форме усеченного конуса с прорезями для прохода фильтруемого газа. Размер фильтрующих ячеек изменяется от 0,5 до 3000 мкм. Диски изготавливают из коррозионно стойких металлов и сплавов.

Предложена [11] конструкция, технология и оборудование для производства кольцевых фильтров из листового фильтрующего материала, предназначенных для очистки воздуха и масел от инородных включений.

Фирма Остар (Турин, Италия) производит системы очистки жидкостей и газов от механических загрязнений. Фирма изготавливает различные установки, фильтры, циклонные сепараторы, центробежные фильтры производительностью 90 л/мин для масла [19].

В СССР предложено устройство для очистки газов, аэрозолей при обработке деталей на металлорежущих станках [9].

Для очистки воздуха от масляного и эмульсионного тумана в металлообрабатывающих цехах фирмой UAS (Австрия) предлагается использовать 2-ступенчатую систему электростатических воздушных фильтров Smoghog. В фильтрах происходит ионизация частиц размером до 0,01 мм, которые находятся в протекающем через фильтр воздушном потоке, с последующим их охлаждением [16].

СПКИ Министерства автотракторного и сельскохозяйственного машиностроения (г. Одесса) разработана и внедрена в механическом цехе Тернопольского комбайнового завода им. XXV съезда КПСС система удаления и очистки вентиляционных выбросов от 13 зуборезных станков модели 5к328, работающих с масляной СОЖ [15].

Станки (рис. 2.1) оснащены отсосами 5, закрепленными на суппорте с помощью кронштейнов, что особенно удобно при вертикальном перемещении режущего инструмента. Для очищения удаляемого от станка воздуха от масляного аэрозоля используют аппараты МТ-1, соединенные с местными отсосами станков гибкими воздуховодами 1, не влияющими на перемещение режущего инструмента.

Очищаемый воздух поступает в аппарат очистки снизу, проходит через пластинчатый коагулятор 2, где отделяется капельная жидкость, а затем последовательно через три фильтровальные кассеты 3, в которых в качестве фильтроэлемента использованы прямоугольные пакеты из капроновой щетины, установленные на направляющих под углом 15° к задней стенке корпуса. В последней выполнен карман для отвода уловленного масла. Корпус снабжен герметичной дверцей 4 для выемки кассет коагулятора (раз в полгода их промывают горячей водой с добавлением щелока в моечной машине). Уловленное масло периодически сливается в поддон станка.

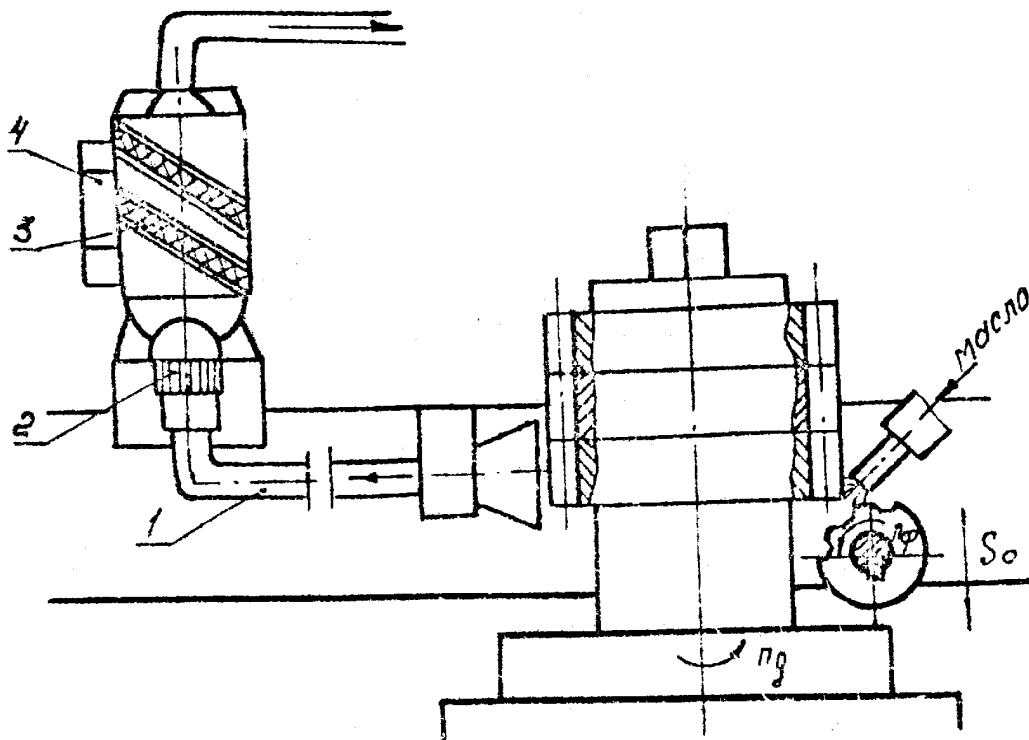


Рис. 2.1. Схема установки очистки вентиляционных выбросов станка

Эффективность очистки воздуха с помощью аппарата МТ-1 составляет 75% при начальной концентрации 50 мг/м^3 и гидравлическом сопротивлении местного отсоса аппарата 630 Па.

Эксплуатация системы показала, что она работает надежно, отложений масла в воздуховодах не наблюдалось, улучшены санитарно-гигиенические условия труда, снижены выбросы масляного аэрозоля в атмосферу, сократился расход масляной СОЖ.

На заводе тракторных деталей и нормалей (г. Волгоград) внедрена подобная установка с аппаратами МТ-22 (рис. 2.2) [6].

На рис. 2.2 представлена схема маслоотделителя масляного аэрозоля. Воздух, загрязненный аэрозолем масла, вводится в направлении "а", проходит через кассеты с капроновой щетиной 1 и каплеотделителями с маслосборниками под ними 2. Очищенный воздух выходит в атмосферу в направлении "б".

2.2.3. Очистка выбросов механических цехов от газо- и парообразных примесей

Процессы очистки технологических и вентиляционных выбросов механических цехов от газо- и парообразных примесей характеризуются тем, что газы, выбрасываемые в атмосферу, обычно содержат переменные и очень низкие концентрации газо- и парообразных примесей и большое количество пыли, что требует предварительной их подготовки.

Методы очистки от газообразных примесей по характеру протекания физико-химических процессов делятся на четыре группы: промывка выбросов жидкостями, растворяющими примеси (метод абсорбции); промывка выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически (метод хемосорбции); поглощение газообразных примесей твердыми активными веществами (метод адсорбции); поглощение примесей путем применения каталитического превращения.

Метод абсорбции заключается в разделении газовой смеси на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов этой смеси поглотителем (абсорбентом). Физическая сущность процесса абсорбции объясняется так называемой пленочной теорией, согласно которой при соприкосновении жидких и газообразных веществ на поверхности раздела обеих фаз образуются жидкостная и газовая пленки. Растворимый в жидкости компонент газовой смеси проникает путем диффузии сначала через газовую пленку, а затем сквозь жидкостную и поступает во внутренние слои абсорбента. Для осуществления диффузии необходимо, чтобы концентрация растворяемого компонента в газовой смеси превосходила его равновесную концентрацию над жидкостью. Чем менее насыщен раствор, тем больше поглощение.

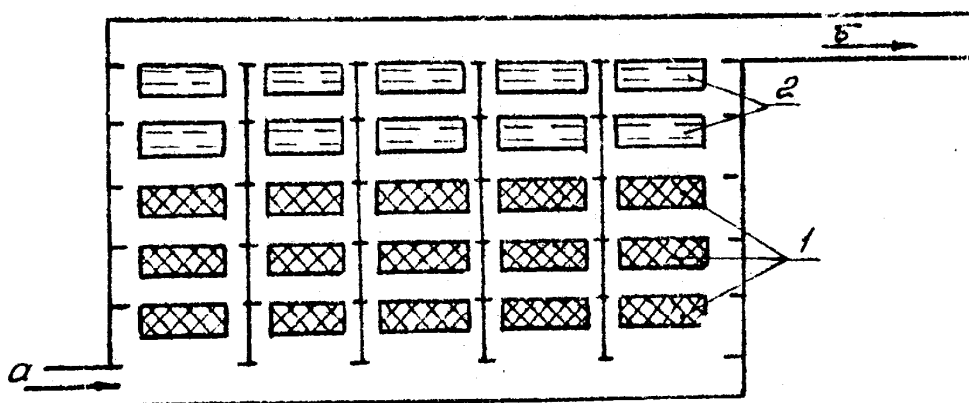


Рис. 2.2. Схема маслоотделителя:

1 - кассеты с капроновой щетиной; 2 - каплеотделители с маслосборниками под ними; а - вход воздуха, загрязненного аэрозолем; б - выход очищенного воздуха

При выборе абсорбента необходимо учитывать растворимость в нем извлекаемого компонента в зависимости от температуры и давления. Для удаления из выбросов аммиака, хлористого или фтористого водорода целесообразно применять в качестве абсорбента воду, так как их растворимость составляет сотни граммов на 1 кг воды. При поглощении же из газов сернистого ангидрида или хлора расход воды будет значительным, так как их растворимость составляет сотые доли грамма на 1 кг воды. В некоторых случаях вместо воды применяют водные растворы кислот или вязкие масла.

Применение метода абсорбции, как правило, связано с использованием схем, включающих узлы абсорбции и десорбции. Десорбция растворенного газа (регенерация растворителя) проводится либо снижением общего давления (или парциального давления) примеси, либо повышением температуры или использованием обоих приемов.

В зависимости от конкретных задач применяются абсорберы различных конструкций: пленочные, насадочные, трубчатые и др. Наиболее распространены скрубберы, башни с колпачковыми тарелками или перфорированными пластинами с большим количеством мелких отверстий (диаметром до 6 мм). В качестве абсорберов могут использоваться мокрые скрубберы Вентури, центробежные скрубберы.

Средняя движущая сила абсорбции при противотоке, когда газ и жидкость движутся навстречу друг другу, имеет большее значение, чем при прямотоке, когда газ и жидкость движутся в одну сторону. При противотоке требуется аппаратура меньшего размера. Прямоток особенно неэффективен для плохо растворимых газов.

Метод хемосорбции основан на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием малолетучих или малорастворимых химических соединений. Большинство реакций, протекающих в процессе хемосорбции, являются экзотермическими и обратимыми, поэтому при повышении температуры раствора образующееся химическое соединение разлагается с выделением исходных элементов.

Поглотительная способность хемосорбента зависит от константы равновесия химической реакции и почти не зависит от давления. Поэтому хемосорбция более выгодна при небольшой концентрации вредных ингредиентов в отходящих газах.

Примером хемосорбции может служить очистка мышьяковощелочным, этаноламиновым и другими растворами.

Методы абсорбции и хемосорбции, применяемые для очистки газовой смеси, называются мокрыми методами. Их преимущество заключается в возможности эффективной очистки большого количества газов и осуществления непрерывных технологических процессов. Основным недостатком мокрых методов состоит в том, что перед очисткой и после ее осуществления резко падает температура газов, что приводит к снижению эффективности рассеивания остаточных газов в атмосфере.

Метод адсорбции основан на физических свойствах некоторых твердых тел с ультрамикроскопической структурой селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты из газовой смеси. В пористых телах с капиллярной структурой поверхностное поглощение дополняется капиллярной конденсацией.

Наиболее широко в качестве адсорбента используют активированный уголь для очистки газов от органических паров, удаления неприятных запахов и газообразных примесей, содержащихся в незначительных количествах в промышленных выбросах механических цехов, а также летучих растворителей и ряда других газов.

В качестве адсорбентов применяют простые и комплексные оксиды: активированный глинозем, силикагель, активированный оксид алюминия, синтетические цеолиты или молекулярные сита. Они обладают большей селективной способностью, чем активированные угли, однако не могут использоваться для очистки очень влажных газов.

Некоторые адсорбенты иногда пропитываются соответствующими реактивами, повышающими эффективность адсорбции, так как на поверхности адсорбента происходит хемосорбция. В качестве таких реактивов могут быть использованы растворы, которые за счет

химических реакций превращают вредную примесь в безвредную. Одним из основных параметров при выборе адсорбента является адсорбционная способность по извлекаемому компоненту. Адсорбционная способность или масса вещества, поглощенная единицей массы адсорбента в произвольный момент времени, зависит от концентрации адсорбируемого вещества у поверхности адсорбента, общей площади этой поверхности, физических, химических и электрических свойств адсорбируемого вещества и адсорбента, температурных условий и присутствия других примесей.

Конструктивно адсорберы выполняют в виде вертикальных, горизонтальных либо кольцевых емкостей, заполненных пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа. Выбор конструкции определяется скоростью газовой смеси, размером частиц адсорбента, требуемой степенью очистки и рядом других факторов. Вертикальные адсорберы находят применение при небольших объемах очищаемого газа; горизонтальные и кольцевые - при высокой производительности, достигающей десятков и сотен тысяч кубических метров в час.

Фильтрация газа происходит через неподвижный (адсорберы периодического действия) или движущийся слой адсорбента. Наиболее распространены адсорберы периодического действия, в которых период контактирования очищаемого газа с твердым адсорбентом чередуется с периодом регенерации адсорбента. Установки периодического действия (с неподвижным слоем адсорбента) отличаются конструктивной простотой, но имеют низкие допускаемые скорости газового потока. Процесс очистки в таких аппаратах носит периодический характер. Отработанный, потерявший активность поглотитель периодически заменяют или регенерируют. Существенный недостаток таких аппаратов - большие энергозатраты, связанные с преодолением гидравлического сопротивления слоя адсорбера.

Движение адсорбера в плотном слое под действием силы тяжести или в восходящем потоке очищаемого воздуха обеспечивает непрерывность работы установки. Такие методы позволяют более полно и эффективно использовать сорбент, процесс десорбции, упростить эксплуатацию оборудования. Недостатком являются значительные потери адсорбента за счет взаимного столкновения частиц и истирания о стенки аппарата. При проектировании адсорбера используют следующие исходные данные: объемный расход очищаемого газа Q ($\text{м}^3/\text{с}$); концентрация удаляемой примеси C ($\text{мг}/\text{м}^3$); давление отходящих газов p (Па). В результате расчета определяют требуемую массу адсорбента, конструктивные размеры, гидравлическое сопротивление аппарата и время защитного действия адсорбера.

Каталитический метод основан на превращении токсичных компонентов промышленных выбросов в безвредные или менее вредные для окружающей среды путем введения в систему дополнительных веществ, называемых катализаторами. В основе каталитических методов лежит взаимодействие удаляемых веществ с одним из компонентов, присутствующих в очищаемом газе, или со специально добавляемым в смесь веществом на твердых катализаторах. Действие катализаторов проявляется в промежуточном (поверхностном) химическом взаимодействии катализатора с реагирующими соединениями, в результате которого образуются промежуточные вещества и регенерированный катализатор.

Методы подбора катализаторов отличаются большим разнообразием, но все они в основном базируются на эмпирических и полуэмпирических способах. Об активности катализаторов судят по количеству продукта, получаемого с единицы объема катализатора, или по скорости каталитических процессов, при которых обеспечивается требуемая степень превращения.

В большинстве случаев катализаторами служат металлы или их соединения (платина и металлы платиновой группы, оксиды меди, марганца и т.д.)

Объем катализаторной массы определяется, исходя из максимальной скорости обезвреживания газа, которая, в свою очередь, зависит от природы и концентрации вредных веществ в отходящем газе, температуры и давления каталитического процесса и активности катализатора. Допустимая скорость обезвреживания находится в пределах $2000-60000 \text{ м}^3 \text{ га}$

за на 1 м³ катализаторной массы в час. На катализаторах, разработанных НИИОГАЗ (г. Дзержинск), при скорости обезвреживания 30000-60000 м³ обезвреживаемого газа на 1 м³ катализаторной массы в час и температуре 350-420°С практически полностью окисляются примеси этилена, пропилена, бутана, пропана, ацетальдегида, спиртов (метилового, этилового, пропилового, аллилового и др.), ацетона, этилацетона, бензола, толуола, ксилола, оксида углерода и т.д.

Существенно влияет на скорость и эффективность каталитического процесса температура очищаемого газа. Для каждой реакции, протекающей в потоке газа, характерна минимальная температура начала реакции, ниже которой катализатор не проявляет активности. Температура начала реакции зависит от природы и концентрации улавливаемых вредных примесей, скорости потока и типа катализатора. С повышением температуры эффективность каталитического процесса увеличивается. Следует иметь в виду, что для каждого катализатора существует предельный температурный уровень, выше которого происходит снижение активности и разрушение катализатора.

Для поддержания необходимой температуры очищаемый газ подогревается вспомогательной горелкой или в межтрубном пространстве теплообменника-рекуператора.

Термический метод заключается в нейтрализации вредных примесей, содержащихся в вентиляционных и других выбросах механических цехов, высокотемпературным дожиганием (термической нейтрализацией). Для этого (реакции окисления) поддерживается высокая температура очищаемого газа при достаточном количестве кислорода. Выбор схемы дожигания зависит от температуры и количества выбросов, а также от содержания в них вредных примесей, кислорода и других компонентов. Если отходящие выбросные газы имеют высокую температуру, процесс дожигания происходит в камере с подмешиванием свежего воздуха.

Если температура выбросов недостаточна для протекания окислительных процессов, то в потоке отходящих газов сжигают природный или какой-либо другой высококалорийный газ. Простейшим устройством для огневого обезвреживания технологических и вентиляционных выбросов является горелка для сжигания природного газа.

Системы огневого обезвреживания обеспечивают эффективность очистки 90-99%, если время пребывания вредных компонентов в высокотемпературной зоне не менее 0,5 с и температура обезвреживаемых газов, содержащих углеводороды, не менее 500-650°С, а содержащих оксиды углерода - 660-750°С.

2.3. Рассеивание выбросов в атмосфере

Применение высокоэффективных систем газоочистки позволяет в значительной мере уменьшить производственные выбросы в воздушный бассейн. Однако полностью уловить пыле- и газообразные примеси в отходящих газах практически невозможно.

Для того, чтобы концентрация вредного вещества в слое атмосферы не превышала ПДКр, пылегазовые выбросы рассеивают через высотные трубы.

Распространение в атмосфере отходящих газов подчиняется законам турбулентной диффузии. На процесс рассеивания газов существенно влияет состояние атмосферы, роза ветров, топографические условия, физические свойства газов, высота трубы, диаметр устья и др. Горизонтальное перемещение газовой смеси определяется, в основном, скоростью ветра, а вертикальное распределением температур в этом направлении. Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания выбросов машиностроительных предприятий в атмосфере и определения приземных концентраций вредных веществ, является СН 369-74 [14]. В основу методики расчета положено то, что величина наибольшей концентрации каждого вредного вещества в приземном слое атмосферы не должна превышать ПДК данного вредного вещества в атмосферном воздухе [14]. Важное место в системе охраны атмосферного воздуха

занимают планировочные мероприятия, которые позволяют при постоянстве выбросов существенно снизить воздействие загрязнения окружающей среды на человека. Машиностроительное предприятие должно быть расположено на ровном возвышенном месте, хорошо продуваемом ветрами. Площадь расположения предприятия должна быть выше площади жилой застройки. Иначе преимущество высоких труб для рассеивания производственных выбросов практически сводится к нулю. Взаимное расположение пром-площадок и населенных пунктов определяется по средней розе ветров теплого периода года [8, 14].

Взаимное расположение цехов должно быть таким, чтобы при направлении ветров в сторону жилых кварталов их выбросы не объединялись.

Предприятия, являющиеся источниками выделения в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ, следует отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами. Машиностроительные предприятия по степени воздействия на окружающую среду в основном относятся к четвертому и пятому классам с величинами санитарно-защитных зон 50-100 м. Территория санитарно-защитной зоны должна быть благоустроена и озеленена.

2.4. Методы контроля и приборы для измерения

Соблюдение ПДК вредных веществ в воздухе населенных мест требует систематического контроля за фактическим их содержанием в выбросах механообрабатывающих цехов и машиностроительного предприятия. Такой контроль позволит оценить эффективность пылеочистного оборудования, предусмотреть необходимую степень очистки и совершенствовать технологию производства для снижения концентрации вредных веществ в производственных выбросах. Интервал возможных концентраций загрязнений может изменяться в очень широких пределах (10^{-8} - 155 мг/м^3). Это исключает возможность создания универсального метода измерения концентраций атмосферных загрязнений и объясняет дифференцированный подход к способам их измерения.

2.4.1. Контроль концентрации пыли

При анализе запыленности воздуха чаще используют методы, основанные на предварительном осаждении пыли. К недостаткам их следует отнести циклический характер измерения, высокую трудоемкость и низкую чувствительность. Применяют гравитационный, радиоизотопный, оптические и электрические методы.

Гравитационный метод заключается в выделении из пылегазового потока частиц пыли и определении их массы. Концентрацию пыли рассчитывают по формуле:

$$C = m / Q, \tau$$

где m - масса пробы пыли, мг; Q - объемный расход воздуха через пробоотборник, $\text{м}^3/\text{с}$; t - время отбора пробы, с [8].

Гравитационный метод является стандартным в СССР, Англии, Франции, Бельгии и др. Преимущества его заключаются в получении массовой концентрации пыли и отсутствии влияния ее химического и дисперсного состава на результаты измерений. Недостатком является большая трудоемкость анализа.

Радиоизотопный метод измерения концентрации пыли основан на свойстве радиоактивного излучения (β -излучения) поглощаться частицами пыли. Массу накопленной пыли определяют по степени ослабления радиоактивного излучения при прохождении его через слой пыли. Результаты измерения концентрации пыли зависят в некоторой степени от ее химического и дисперсного состава. Однако методика измерения по точности и чувствительности

не уступает гравитационному методу и при создании автоматических систем контроля атмосферного воздуха может его заменить.

Оптические методы основаны на использовании зависимости физических свойств (оптической плотности, степени поглощения или рассеивания световых лучей) пылевого осадка или запыленного потока газа от концентрации пыли.

Метод, основанный на явлении поглощения света при прохождении его через пылегазовую среду, называется абсорбционным. Он позволяет измерять концентрацию пыли в атмосферном воздухе без предварительного отбора пробы. Изменение интенсивности рассеянного света является функцией размеров частиц. Это явление положено в основу создания приборов, определяющих счетную концентрацию частиц и дисперсный состав анализируемой пыли.

Пьезоэлектрический метод является перспективным при измерении концентрации пыли. Возможны два его варианта. В основе первого лежит измерение изменений частоты колебаний пьезокристалла при осаждении на его поверхности пыли, при этом измеряется массовая концентрация пыли. В основе второго метода лежит счет электрических импульсов, возникающих при соударении частиц пыли с пьезокристаллом. Он может быть использован для счета частиц пыли.

Электрические методы измерения концентрации пыли (индукционный, контактно-электрический, емкостный и др.) используются при создании пылемеров, измеряющих концентрации аэрозолей в пылевоздушной среде. На точность измерения влияет влажность, природа пыли и изменение ее дисперсного состава во времени, поэтому широкого применения эти пылемеры не получили.

2.4.2. Контроль концентраций газо- и парообразных выбросов

Анализ газового состава атмосферного воздуха производится с помощью газоанализаторов, позволяющих осуществлять мгновенный и непрерывный контроль содержания в нем вредных примесей. Широко применяют универсальные газоанализаторы упрощенного типа (УГ-2, ГХ-2 и др.), основанные на линейно-колориметрическом методе анализа. При просасывании воздуха через индикаторные трубки, заполненные твердым поглотителем, изменяется окраска индикаторного порошка. Длина окрашенного слоя пропорциональна концентрации исследуемого вещества, которая измеряется по шкале в миллиграммах на литр. Универсальный газовый анализатор УГ-2 позволяет определить концентрацию 16 различных газов и паров с погрешностью измерения $\pm 10\%$.

Методы контроля газовых примесей бывают оптические, электро- и термохимические, хроматографические, лазерные. Оптические методы основаны на избирательном поглощении газами лучистой энергии в инфракрасной, ультрафиолетовой или видимой областях спектра. Оптико-акустические газоанализаторы, работающие в инфракрасной области, используют для определения оксидов углерода, метана. Приборы, в которых лучистая энергия поглощается газами в ультрафиолетовой области спектра, применяют для обнаружения в воздухе паров ртути, карбонила никеля, озона и некоторых других газов.

Созданы фотоколориметрические газоанализаторы, действие которых основано на поглощении лучистой энергии в видимой области спектра растворами или индикаторными лентами, изменяющими свою окраску при взаимодействии с определенным газовым компонентом. Различают жидкостные и ленточные фотоколориметры. В жидкостных фотоколориметрах концентрация анализируемого компонента воздуха определяется по изменению светопоглощения раствора. Действие ленточных фотоколориметров основано на фотометрировании индикаторной ленты, предварительно обработанной раствором, селективным по отношению к определяемому вредному компоненту. Чувствительность ленточных фотоколориметров выше, чем жидкостных. Получили распространение газоанализаторы, использующие не поглощение, а эмиссию излучения анализируемой газовой примеси. Сущность их

состоит в регистрации интенсивности люминесценции, возникающей при переходе из состояния оптического возбуждения в равновесное состояние исследуемых молекул (озона, оксидов азота, серы и т.д.). Применяются три типа люминесцентных газоанализаторов, которые различаются по виду возбуждения: хемилюминесценция (возбуждение молекул в результате химической реакции), оптически возбуждаемая люминесценция (флуоресценция) и люминесценция в пламени (пламенно-фотометрическая).

Электрические газоанализаторы подразделяются на кондукто- и кулонометрические. В основу действия кондуктометрических приборов положено поглощение анализируемого компонента газовой смеси соответствующим раствором и измерение его электропроводности. Такие газоанализаторы широко применяют для определения концентрации сероводорода, сернистого ангидрида, аммиака, оксидов углерода. В кулонометрических газоанализаторах электрохимическая реакция протекает в ячейке между анализируемым газом и электролитом, в результате которой во внешней цепи появляется электродвижущая сила, пропорциональная концентрации определяемого компонента воздуха. Этими приборами можно измерять содержание в атмосфере сернистого ангидрида, сероводорода, диоксида азота, озона, фтористого и хлористого водорода и др.

Хроматографические методы анализа основаны на разделении воздушной смеси сорбционными методами в динамических условиях. Разделение происходит в результате поглощения газовых компонентов на активных центрах адсорбции. С помощью хроматографических методов можно проводить качественный и количественный анализ органических и неорганических примесей воздуха с пределами обнаружения до 10^{-12} - 10^{-9} % [8]. Этот метод успешно используется для определения диоксида серы, сероводорода, меркаптанов, следов металлов в атмосфере (селена, теллура, ртути, мышьяка и др.).

Лазерные методы основаны на учете рассеивания излучения лазера частицами аэрозолей и молекулами газов. Рассеянная энергия попадает на приемную антенну локатора. Регистрируя и расшифровывая взаимодействие лазерных импульсов с атмосферными слоями, можно извлечь информацию о давлении, плотности, температуре, концентрации различных газовых ингредиентов атмосферы. Цикл контрольных измерений можно полностью автоматизировать с передачей результатов в вычислительный центр. Наиболее распространенные модели приборов для измерения концентраций пыли и газообразных примесей в атмосферном воздухе приведены в табл. 2.6 [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 75с.
2. Заявка 2201902 Великобритания, МКИ4 В 01 D 29/46. Edge filters/ Allison Welliam; Parkman Group Professional Services LTD. - N 8703055; Заявл. 11.02.82; Оpubл. 14.09.88.
3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды.- Л.: Гидрометеоздат, 1984. - 560 с.
4. Капинос П.И., Панасенко Н.А. Охрана природы.- Киев: Выща шкила, 1989. - 255 с.
5. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды. - М.: Стройиздат, 1988. - 237 с.
6. Ограничить факторы воздействия на окружающую среду / Белов А.И., Иванова Н.В., Постоева Е.Д., Постоев И.И. // Машиностроитель. - 1986. - N 2. - С. 18.
7. Одум Ю. Основы экологии: Пер. с англ. - М.: Мир, 1975.- 326 с.
8. Охрана окружающей среды / Под ред. С.В. Белова. - М.: Высшая школа, 1983. - 269 с.

Наиболее распространенные приборы для измерения концентрации пыли и газообразных примесей в воздухе [8]

Прибор	Метод	Определяемое вещество	Концентрация, мг/м ³	Погрешность измерения, %
ППА	Гравитационный (фильтрация)	Аэрозоль	выше 1,0	±20
ПРИЗ	Радиоизотопный (β-излучения)	1-500	±15	
ФЭКП	Фотометрический (ленточный)	0-4000	±20	
ФЭН-90	Нефелометрический		0-300	±5,0
АЗ-5	Регистрация рассеянного света	1-300	±20	
КДМ-1	Пьезоэлектрический		0-100	±8,
ОА-5501	Оптико-акустический	СО; СН ₄ ; СО ₂	0-4000	±5,0
ФЛ-5601	Фотоколориметрический	SO ₂ ; NH ₃ ; NO _x ; H ₂ S	0-20	±10
"Атмосфера"	Электрохимический	О ₃ ; SO ₂ ; H ₂ S	0-15000	
КУ-3	Кондуктометрический	СО; СО ₂ ; пары бензина	0-500	±5,0
8440	Хемилюминесцентный	NO _x	0-5	±3,
ГПИ-А	Пламенно-ионизационный	Углеводороды	0-5	±1,0

9. Пат. 410369 СССР, МКИ 0 46/30. Устройство для очистки газов / Штульман. Н.С. Оpubл. РЖ Технология и оборудование механосборочного производства (вып. св. тома 1989 г.).

10. Пат. 4659329 Япония, В 31 В 1/51, 493/433. Method for making axial-flow filters and apparatus therefor. /Ito Vuuji, Shibata Tadahiko, Sakai Masahiko, Ota Vukio, Kondo Nachiko, Matuvama Harukazu. - N 29710; НКИ В1D.

11. Пат. 4665656 США, МКИ В 24 В 7/00, В 9/00, НКИ 51172 R. Filter apparatus for abrasive tool / Vang Tai-Нer. - N 910278. Заявл. 17.09.86; Оpubл. 19.05.87.

12. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. - М.: Стройиздат, 1981. - 296 с.

13. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. - М.: Стройиздат, 1972. - 97 с.

14. СН 369-74. Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. - М.: Стройиздат, 1975. - 41 с.

15. Федорова А.И., Рагус Д.В. Очистка вентиляционных выбросов // Машиностроитель. - 1986. - N 6. - С. 26.

16. Elektrostatische kuffilter nach Peuney setren sich durch // Unsere Umwelt. - s.a. - Bd 17, N 71. - S. 24 - 25.

17. Hochliistungssauger //Schweiz. Maschinenmarkt.- 1988.- Bd 88, N 40. - S. 41.

18. Staube und Spame gefahrden Mensch und Maschine // Maschine. - 1988. - Bd 42, N 7 - 8. - S. 39 - 40.

19. Swarf handling sistems //Ital. mach and Equip. - 1988.- Bd 20, N 106. - S. 38.

Глава 3. СТОКИ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ И ПУТИ ЗАЩИТЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

3.1. Источники формирования, состав и токсичность сточных вод механических цехов

Загрязняющие вещества от металлообрабатывающих производств могут поступать в стоки при сливе отработанных СОЖ, моечных растворов, при очистке стружки от СОЖ в отделениях ее переработки, утечке масел из гидросистем станков, промывке механизмов станков, смене масел и т.п. Сточные воды металлообрабатывающих производств содержат смеси смазочно-охлаждающих эмульсий и растворов, моечные растворы, примеси масел и нефтепродуктов (например, керосин), твердые частицы (металлические, абразивные и др.), продукты разложения СОЖ и бактерии. Доминирующую роль в формировании состава стоков занимают СОЖ и, в первую очередь, водомасляные эмульсии.

Концентрированные стоки отработанных эмульсий в большинстве случаев представляют собой 3-4%-е растворы эмульсолов, в состав которых входят индустриальное масло, масляный асидол, этиленгликоль, щелочь, кальцинированная сода, нитрат натрия, ПАВ и другие вещества. Обычно отработанные эмульсии имеют показатель активной реакции pH 9-10,5, химическую потребность в кислороде (ХПК) 9-50 г/л, содержат 10-16 г/л эмульгированных масел [2] и до 20 г/л твердых частиц [6].

В стоки могут поступать СОЖ разных групп. В основном это электролиты и синтетические СОЖ. Отработанные масляные СОЖ могут попадать в сточные воды в очень небольших количествах после мойки деталей и в некоторых случаях при переработке стружки, так как их применяют значительно реже и, кроме того, стараются регенерировать и возвращать в производство или утилизировать.

Стоки отработанных моющих растворов в основном содержат до 0,2% эмульсола, минеральное масло, соду, остатки пластифицированных смазок (графит, дисульфид молибдена и др.) и взвешенные вещества и имеют pH 10-11,5, ХПК г/л. Содержание эмульгированного масла до 7 г/л [2].

Трудность очистки сточных вод, содержащих СОЖ и моечные растворы, заключается в том, что масло в них находится в виде взвешенных частиц (капель) различной дисперсности. Наиболее тонко диспергированы частицы масла в стоках СОЖ, процентное распределение которых по размерам капель представлено в табл. 3.1 [2].

Т а б л и ц а 3.1

Содержание частиц масла в стоках СОЖ в зависимости от их дисперсности, % [2]

Размеры частиц масла, мкм	до 10	10-20	20-60	60-100	100-150	150-300
Содержание, %	6	7	13	23	35	16

Если учесть, что содержание масла в концентрированных стоках эмульсий 10-16 г/л, то из табл. 3.1 следует, что концентрация в этих стоках 6% наиболее мелких и трудноудаляемых частиц (тонкодисперсных и коллоидных) представляет собой значительную величину 600-960 мг/л, в десятки тысяч раз превышающую ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения.

Особую проблему вызывают ПАВ и другие специальные органические и минеральные добавки (ингибиторы коррозии, стабилизаторы, бактерициды, противозадирные и т.д.) в составе технологических жидкостей. В результате их взаимодействия может происходить образование сложных химических соединений и структур. При попадании в водоемы не все из них эффективно разлагаются естественным путем и, следовательно, могут стать причиной длительного заражения водоемов (табл. 3.2) [8].

Токсическое действие ПАВ оказывают на теплокровных животных при концентрациях в воде 850-10300 мг/л [4], рыб в концентрациях 10 мг/л, личинок пресноводных рыб - 3-4 мг/л, дафний - 0,4 мг/л [4].

После масел и ПАВ наибольшую долю в общем объеме химических веществ в стоках СОЖ составляют следующие органические и минеральные загрязнения, % [6]:

Мылонафт	2
Кальцинированная сода	1,5
Трифосфат натрия	1,5
Триэтанолламин	1
Олеиновая кислота	0,5
Нитрит натрия	0,3
Жидкое стекло	0,3
Другие вещества (по отдельности)	0,3

Токсическое действие мылонафта и триэтанолламина аналогично действию ПАВ. Из остальных приведенных веществ наиболее токсичен нитрит натрия, смертельная концентрация которого для животных составляет 90-330 мг/л, рыб - 7,5-17 мг/л, дафний - 28 мг/л. Токсическая концентрация фосфатов для рыб - 3,6 мг/л [3].

Т а б л и ц а 3.2

Распад и время разрушения некоторых ПАВ при сбросе их в водоем, % [8]

ПАВ	Количество неразрушенного вещества, %	Пребывание в водоеме, дней
Первичный алкилсульфат нормального строения	0	1-3
Первичный алкилсульфонат нормального строения	0	3
Разветвленный первичный алкилсульфат	0	14
п-Н-алкилбензолсульфонат	0	7
О-Н-алкилбензолсульфонат	0	9-11
п-разветвленный алкилбензолсульфонат	0	5-11
ω -циклогексил-гексилсульфат	0	7
ω -циклогексил-гексилбензолсульфонат	0	11
Разветвленный п-алкилбензолсульфонат	70	39
Разветвленный алкилциклогексилсульфат	90	59
Сильноразветвленный алкилсульфат	100	56
Сильноразветвленный алкилбензолсульфонат	97	23
β -метилалкилсульфонат	100	18

3.2. Способы предотвращения загрязнения водоемов стоками металлообрабатывающих производств

Наиболее приемлемыми путями снижения вредного воздействия загрязненных стоков металлообрабатывающих производств на окружающую водную среду можно считать очистку сточных вод, устранение или уменьшение общего количества сбросов отработанных технологических жидкостей за счет их регенерации, повторное использование очищенных вод в замкнутых системах водооборота на предприятиях.

В мировой практике известно много методов очистки сточных вод разнообразных составов, однако универсальных способов очистки не существует. В связи с чем считается целесообразным применение локальных установок, перерабатывающих стоки сильно отличающихся по составу жидкостей. Стоки машиностроительных предприятий подразделяют на пять групп [6]: 1. С механическими примесями, в том числе и с гидроксидами металлов; 2. С нефтепродуктами и эмульсиями, стабилизированными ионогенными эмульгаторами; 3. С летучими нефтепродуктами; 4. С моющими растворами и эмульсиями, стабилизированными неионогенными эмульгаторами; 5. С растворенными токсичными соединениями органического и минерального происхождения (ионы металлов, фенолы, цианиды, сульфаты, сульфиды и т.д.).

На **рис. 3.1** [2, 6-8] показан порядок прохождения сточных вод через очистные сооружения. Каждый вид стоков, обозначенный в соответствии с номером группы, направляется на локальные очистные сооружения 6-10. В локальных сооружениях производится предварительная и основная очистка наиболее приемлемым для каждого вида стоков методом. После основной очистки сточные воды направляются в усреднитель 11 для их разбавления и далее в общезаводские очистные сооружения 12. После общезаводских сооружений очищенные сточные воды сбрасывают в канализацию или, пропустив через очистные сооружения дополнительной (глубокой) очистки 14, направляют для повторного использования или сбрасывают в водоем. При некоторых видах эффективной локальной очистки сточные воды могут сразу направлять на повторное использование. В общезаводской схеме предусмотрен участок для обработки осадка сточных вод. Кроме того, существуют участки для утилизации нефтепродуктов и масел. Обработанный осадок может утилизироваться, уничтожаться или складироваться.

В литературе в качестве альтернативы методам очистки сточных вод встречаются сведения об идеях закачки вредных стоков через скважины в недра земли или глубины морей, захоронения жидких отходов в штольнях подземных выработок [1, 5]. Однако приемлемость таких решений зависит от места расположения предприятия и вызывает определенные сомнения в виду недостаточной изученности последствий их широкой реализации для окружающей среды.

Значительного сокращения объемов сброса загрязненных сточных вод можно добиться созданием систем очистки и регенерации отработанных технологических жидкостей с целью повторного их использования. Восстановление и многократное использование СОЖ помимо экологической дает большую экономическую выгоду за счет снижения расхода ценных материалов. О расходах можно судить по данным зарубежной информации, согласно которой замена СОЖ, например, на машиностроительных предприятиях ФРГ, обходится 500-1500 марок на кубометр [11].

Восстановление СОЖ может осуществляться частично или полностью. Частичное восстановление СОЖ происходит путем удаления из нее загрязнений в процессе эксплуатации в индивидуальных системах станков или в централизованных цеховых системах. Известны цеховые системы, позволяющие использовать СОЖ в течение 4-8 недель и более [7, 9, 10, 12] с сохранением необходимых эксплуатационных свойств. После потери эксплуатационных свойств отработанная жидкость идет на станцию регенерации для более тщательной очистки, стерилизации и полного восстановления структуры и концентрации состава.

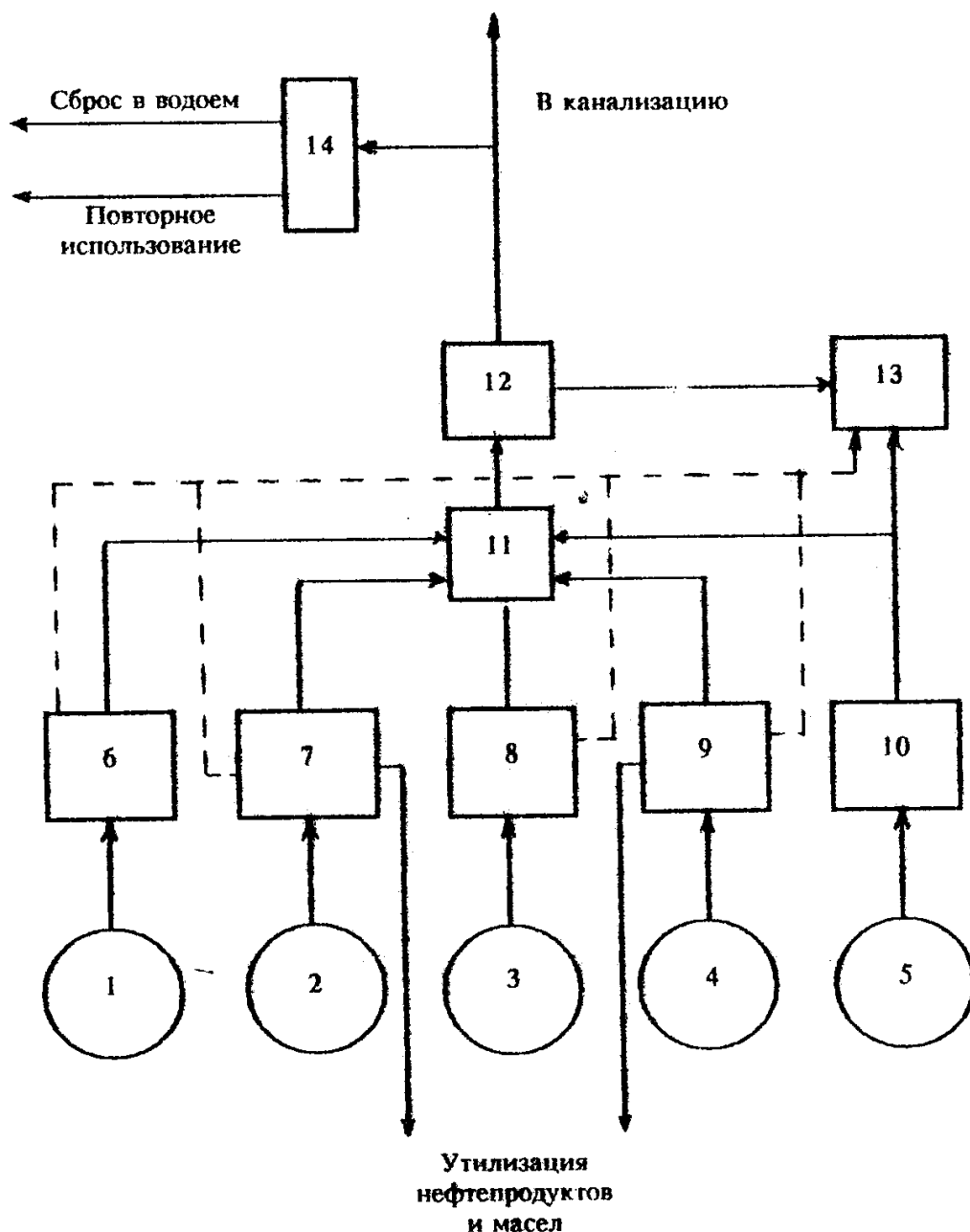


Рис. 3.1. Схема прохождения сточных вод через очистные сооружения

Немалые резервы экологизации производства заложены в решении вопросов очистки стружки от СОЖ и переработки собранной жидкости.

Очистка СОЖ отличается от очистки стоков тем, что в первом случае производится отделение от жидкости инородных примесей и продуктов ее разложения с сохранением основных составляющих компонентов. Очистка же сточных вод предназначена для полного удаления из воды всех веществ. Поэтому вопросы очистки сточных вод, содержащих технологические жидкости, и очистки восстанавливаемых технологических жидкостей целесообразно рассматривать отдельно.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.С. 1247352 СССР, МКИ С 02 Г 9/00. Способ очистки сточных вод / И.К. Юшкин, П.И. Калашников, Б.Н. Федоров и др. - N 3629605/23-26, Заявл. 21.07.83, /Б.И. - 1986. - N 28.
2. Алферова Л.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов / Под общ. ред. С.В. Яковлева. - М.: Стройиздат, 1984. - 272 с.
3. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах: Справочник. - Л.: Химия, 1979. - 160 с.
4. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в сточных водах: Справочник.- 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1982. - 216 с.
5. Заявка DE 3243594 A1 ФРГ, МКИ А62 D 3/00
6. Охрана окружающей среды: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.С. Белова.- М.: Высшая школа, 1983. - 264 с.
7. Полянсков Ю.В., Булыжев Е.М., Рябов Г.К. Многоступенчатая централизованная система очистки СОЖ: ИЛ N 86-16.Ульяновск: ЦНТИ, 1986. - 4 с.
8. Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях / В.М. Макаров, Ю.П. Беличенко, В.С. Галустов и др. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
9. Худобин Л.В., Рябов Г.К. Применение флотационной сепарации для очистки СОЖ от шлифовального шлама // Вестн. машиностроения. - 1988. - N 6. - С. 54-56.
10. Knobloch Helmut. Kuhlsmierstoffe zentral oder dezentral reinigen // Werkstatt und Betr. - 1989. - Bd 122, N 6. - S. 472-474.
11. Lee Hyosong, Siren Sven. Lastuamisnesteiden havittaminen turha kustannus // Конепажамие. - 1988. - Т. 41, N 5. - С. 44-46.
12. Lennarts Rudiger, Gorsch Hans. Kuhlsmierstoffe aufbereiten sichert wirtschaftliches Bearbeiten und entlastet die Umwelt // Maschinenmarkt. - 1989. - Bd 95, N 36. - S. 146-148, 150-151.

Глава 4. ОЧИСТКА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СОЖ

4.1. Способы и устройства очистки СОЖ

Вопросы защиты окружающей среды от загрязнений и рационального использования потенциального сырья из отработанных СОЖ взаимосвязаны: нельзя просто сбрасывать в канализацию отработанные СОЖ, их надо утилизировать или, по крайней мере, обезвредить.

СОЖ очищают от твердых и коллоидных примесей в процессе эксплуатации. К коллоидным примесям относятся погибшие микроорганизмы, продукты деструкции компонентов СОЖ (смолистые отложения в маслах, крупные частицы масла в эмульсиях и синтетических СОЖ), масла, проникающие через неплотности в гидравлических и смазочных системах станка.

Замена водных рабочих растворов в циркуляционных системах СОЖ должна производиться не реже раза в месяц, а в летний период - раз в две недели, для масляных СОЖ - раз в три месяца. Генеральная очистка систем охлаждения станков - для водных СОЖ не реже раза в месяц.

Ухудшение технологических и санитарно-гигиенических свойств эмульсионных и масляных СОЖ является и результатом жизнедеятельности микроорганизмов [13].

Широкое применение нашли два метода ограничения размножения бактерий в СОЖ:

добавка дезинфицирующего раствора (1%-й гипохлорид натрия), циркуляция эмульсии в течение 6-8 ч, слив эмульсии в специальные емкости, механическая чистка системы, промывка водой с добавкой 2-2,5%-го раствора кальцинированной соды и 1,2-1,5%-го перекиси водорода, слив воды, подача свежей эмульсии;

слив отработанной эмульсии в специальные емкости, промывка системы водой в течение 1-2 ч, добавление бактерицидных присадок (формалин - 0,05-0,1%, фурациллин - 0,001%, вазелин - 0,05%, гексахлорофен - 0,001-0,01%).

Выбор способа очистки и конструкции очистителя зависит от характера загрязняющих примесей и требований к качеству очистки, состава и свойств очищаемой СОЖ, систем использования СОЖ (централизованная, индивидуальная), производительности очистки и др. [7, 8].

Классификация способов очистки СОЖ и используемых очистителей:

Фильтрация	- Фильтры
Гравитационный	- Отстойники
Центробежный	- Гидроциклоны, центрифуги, центробежные сепараторы
Магнитный	- Магнитные сепараторы, патроны и уловители
Флотационный	- Флотаторы

4.1.1. Фильтрация СОЖ

По степени очистки фильтры можно условно разделить на фильтры грубой и тонкой очистки. Фильтры грубой очистки позволяют отделять частицы загрязнений размером 60 мкм. Крупные частицы стружки отделяются с помощью решеток и сеток, устанавливаемых на

сливе. Более мелкие частицы отфильтровываются приемными сетчатыми, пластинчатыми, насыпными фильтрами [7, 27].

Для водных и масляных СОЖ рекомендуются следующие фильтры, установленные в станках и централизованных системах слива: приемный сетчатый, щелевой, ленточные вакуум-фильтры, дисковые и барабанные вакуум-фильтры, намывные. Для водных СОЖ: фильтр-транспортёр, фильтр-пресс, листовой фильтр, ленточные вакуум-фильтры.

В Ульяновском политехническом институте для очистки углеводородных СОЖ на операциях резбоблизования разработаны гранулирующие сетчатые фильтры [3, 18].

В США запатентовано устройство для очистки СОЖ [20], которое имеет бак с двумя секциями для загрязненной и для чистой СОЖ. Скребок-конвейер расположен на дне первой секции и служит для удаления осадка. СОЖ из первой секции подается насосом в фильтр, расположенный над второй секцией. Фильтр представляет собой ленточный конвейер с фильтровальной бумагой, подаваемой на ленту при ее движении. Отходы, осаждающиеся на фильтровальной бумаге, отводятся во внешнее разгрузочное устройство. Для повышения эффективности очистки СОЖ из второй секции его прокачивают через второй аналогичный фильтр.

Для очистки водных и масляных СОЖ применяют нетиповые насыпные фильтры, устанавливаемые на сливе. Фильтрующим элементом в таких фильтрах является одно- или многослойная загрузка из различных зернистых материалов. Фильтр с направлением потока сверху вниз представляет собой металлический ящик, в который СОЖ стекает из корыта станка. Фильтрующая зернистая загрузка расположена на проволочной сетке или на поддерживающем гравийном слое. Имеется дренажная трубка для отвода очищенной жидкости. Регенерацию насыпной загрузки осуществляют пропуском СОЖ или промывной воды противотоком [7].

Фильтры тонкой очистки, отделяющие от СОЖ частицы загрязнений менее 60 мкм, по структуре фильтрующей перегородки подразделяются на две группы: фильтры с цельной эластичной пористой перегородкой (фильтровальные ткани или бумага); с намывными слоями из пылевидных материалов (диатомита, вспученного перлита, асбеста, бумажной или целлюлозной массы, синтетических полимерных волокон и др.).

По способу создания перепада давления по обе стороны фильтрующей перегородки фильтры тонкой очистки можно разделить на сливные (перепад создается давлением столба жидкости на сливе), напорные (перепад создается напором жидкостного насоса), фильтр-прессы (перепад создается внешним избыточным давлением) и вакуум-фильтры.

Сливные фильтры применяются для очистки водных СОЖ в индивидуальных и групповых системах.

Установка фильтрации масляных СОЖ модели УФМ-10000 предназначена для централизованной тонкой очистки вязких и СОЖ финишных операций от механических загрязнений. Фильтрация осуществляется через флекструбки с применением фильтровального порошка или через щелевую сетку в автоматическом режиме.

Напорные фильтры широко используются для тонкой очистки различных технических жидкостей и устанавливаются в напорных линиях систем. Очистку масляных СОЖ в индивидуальных или групповых системах можно проводить на стандартных напорных фильтрах типа Ф7М, которые обеспечивают тонкость очистки 10-40 мкм, производительность 25-320 л/мин [7].

Для очистки рабочего масла от различных видов загрязнений запатентован напорный фильтр [21], который состоит из корпуса, стакана и фильтрующего элемента, закрепляемого с помощью пружины, упирающейся в дно стакана. В корпусе помещены впускная и выпускная камеры, разделенные перегородкой, в которой установлен перепускной клапан. Впускная камера имеет резьбовое отверстие для соединения с датчиком засорения.

Разновидность напорных фильтров - намывные фильтры - предназначены для тонкой очистки масляных СОЖ в групповых и централизованных системах. Широкое распростра-

нение получили намывные фильтры фирмы "Национал стандарт" (Франция). Это цилиндрический сосуд с конической нижней частью, в котором в специальной обойме закреплены цилиндрические перфорированные трубки, являющиеся фильтрующими элементами. Кроме фильтрующего есть устройство для удаления шламового осадка, мешалка для смешивания загрязнений СОЖ с фильтрующим порошком, система трубопроводов и приборы автоматики.

Приведены [24] результаты исследований возможности интенсификации процесса очистки СОЖ при абразивной обработке в намывных фильтрах наложением на загрязненную жидкость магнитного поля.

Комплекс очистки СОЖ в централизованных системах, используемый некоторыми фирмами ФРГ [12], предусматривает сетчатый фильтр, задерживающий крупные частицы. Далее СОЖ поступает в патронный намывной фильтр, а шлам - на ленточный фильтр-пресс, отжата от шлама жидкость вновь направляется в намывной фильтр. Комплекс обеспечивает улавливание частиц размером 0,5-10 мкм и работает автоматически.

Фильтр-прессы применяют для тонкой очистки СОЖ в централизованных системах. Для очистки водных СОЖ используют автоматические полосовые ленточные фильтры фирмы "Сак" (ФРГ). Отечественным аналогом является полосовой фильтр ФП-4 [7, 27].

Вакуум-фильтры применяют для очистки маловязких масел и некоторых водных СОЖ в групповых и централизованных системах. Степень очистки жидкости от загрязнений в вакуум-фильтрах не превышает 80%, но удельная производительность очистки наиболее высокая.

Производительность листовых и намывных фильтров в 1,2 - 1,5 раза, а фильтр-прессов в 1,5 - 2,5 раза ниже. Конструктивных разновидностей вакуум-фильтров много, но наиболее распространены барабанные, дисковые и ленточные фильтры [7].

Установка фильтрации эмульсии при шлифовании модели УФЭШ-3000 предназначена для централизованной тонкой очистки водных СОЖ механообработки от механических загрязнений и посторонних масел. Установка имеет гидровакуумный фильтр, подпиточный бак, насосную станцию, системы аэрации, маслоудаления и автоматики.

На автомобильных заводах Японии функционируют автоматизированные линии по очистке СОЖ и обезвоживанию водно-масляных эмульсий ультрафильтрацией UF [26, 36] в непрерывном цикле, по сравнению с традиционными установками применение UF-линий позволяет повысить концентрацию СОЖ в 20 раз и довести концентрат по масляной составляющей до 15-20%.

В производственных условиях СОЖ загрязняется маслом гидросистемы, стружкой и другими посторонними веществами. При индивидуальной системе охлаждения фирма "Henkel" (ФРГ) предложила передвижную установку для индивидуального обслуживания отдельных станков на мелких предприятиях [34]. Установка передвигается от станка к станку и быстро очищает СОЖ от постороннего масла и твердых частиц центрифугированием без остановки процесса обработки. Одновременно сокращается число бактерий в СОЖ.

Журнал "Техника" приводит обзор методов очистки СОЖ [30]. Рассматриваются основные виды СОЖ, используемые в металлообработке. Описываются типы установок для очистки СОЖ после их использования: отстойники, магнитные сепараторы, гравитационные, вакуумные и повышенного давления ленточные сепараторы, гидроциклоны, центрифуги и т.п. Приводятся средства автоматизации, применяемые при очистке СОЖ, для удаления ила, осветления масляных эмульсий, ультрафильтрации и др. Анализируются факторы, влияющие на выбор установок и оборудования для очистки отработанных СОЖ.

В статье [37] рассмотрена крупная централизованная система охлаждения на моторостроительном заводе ФРГ, которая обслуживает станки по обработке чугуна. Она содержит до 700 м³ СОЖ и обеспечивает тонкодисперсность (менее 0,1 мкм) масляно-водной эмульсии, легкость обслуживания без постоянного добавления биоцидов, среднее содержание минерального масла, смазывающие присадки (но без хлора), эффективную защиту от коррозии и др. К факторам, сокращающим срок службы СОЖ, относятся микробиологическое воздей-

ствии, изменение концентрации, попадание грязи, стружки и постороннего масла. Мероприятия по улучшению свойств и продлению срока службы СОЖ: добавление химически активных присадок, соответствующая обработка базовой воды, автоматическое добавление воды при изменении концентрации СОЖ, непрерывное удаление постороннего масла и твердых частиц методом центрифугирования.

4.1.2. Гравитационная очистка

Гравитационная очистка основана на явлении осаждения твердых посторонних частиц в поле сил тяжести. Осаждение осуществляется в аппаратах периодического или непрерывного действия - отстойниках.

Защищена авторским свидетельством [2] конструкция бака-отстойника, который имеет резервуар с перегородками, камеры приема исходной жидкости с узлом сбора масла и отвода очищенной СОЖ.

Запатентованная установка [19] производит фильтрование СОЖ. Она состоит из гравитационного отстойника для удаления крупных частиц, магнитного сепаратора для задержки средних и малых частиц, насоса, подающего СОЖ из магнитного сепаратора в фильтр тонкой очистки.

4.1.3. Центробежная очистка

Центробежной очисткой называют разделение твердых и жидких фаз суспензий в поле центробежных сил. Центробежная очистка осуществляется в аппаратах двух типов: гидроциклонах и центрифугах [7,8].

Гидроциклоны применяются для очистки водных СОЖ при шлифовании.

Центрифуги подразделяют на осадительные и фильтрующие. Очистку СОЖ проводят в осадительных центрифугах с тарельчатым ротором, называемых иногда тарельчатыми сепараторами. Тарельчатые сепараторы могут разделять жидкость на три фракции, что очень важно при очистке водных СОЖ. В этом случае из жидкости удаляются не только твердые загрязнения, но и посторонние масла, бактерии, коллоидные примеси. В работе [1] описана центрифуга для отделения твердых частиц от жидкости при очистке СОЖ. Центрифуга смонтирована на основании, имеет резервуар для сбора жидкой фазы с выходами для шлама и СОЖ. Внутри резервуара установлен барабан, состоящий из непроницаемой цилиндрической, конической и фильтровальной частей. В конструкцию центрифуги входит насос, гидравлический распределитель, вибромотор для подачи СОЖ. В процессе работы центрифуги дно совершает пульсирующие колебания, смещаясь вдоль оси барабана. Изобретение направлено на уменьшение площади фильтровальной части барабана и упрощение операций монтажа при очистке и ремонте центрифуги.

Итальянская фирма предлагает системы очистки СОЖ, снабженные высокоскоростными центрифугами [38]. В статье указаны основные причины, вызывающие разложение СОЖ на составляющие ускорением движения частиц СОЖ. Приведены примеры промышленного применения высокоскоростного центрифугирования в системе централизованной очистки СОЖ в цехе, располагающем 52 металлорежущими станками и замкнутой системой рециркуляции СОЖ объемом 20654 дм³. Годовые затраты на очистку СОЖ традиционными методами составляли 154686 дол., после внедрения новой системы - 20329 дол.; срок окупаемости капитальных затрат составил 4 месяца. Для эксплуатации линии механической обработки корпусных деталей из алюминиевого сплава фирмы "Lamb" система рециркуляции с высокоскоростной центрифугой для централизованной очистки 82250 л СОЖ была установлена в 1984 г., что позволило вместо полной замены СОЖ через каждые 4-6 месяцев увеличить ее работоспособность (до 3 лет и более) при ежедневном добавлении 100 л (вместо 400-600 л при старой системе очистки). Экономия составила более 100 тыс. долл. в год.

4.1.4. Магнитная очистка

Магнитная очистка жидкостей заключается в притяжении ферромагнитных загрязняющих частиц к постоянным магнитам. Магнитные очистители применяют в основном как средства предварительной очистки СОЖ. Имеются следующие магнитные очистители: магнитные сепараторы, уловители, патроны и фильтры [7].

4.1.5. Комплексы очистки СОЖ

Наибольшую технико-экономическую эффективность обеспечивает многоступенчатая очистка СОЖ, для осуществления которой очистители разных типов соединяют в комплексы. Выбор структуры комплекса очистки СОЖ зависит от вида операции, свойств обрабатываемого материала, требований к качеству очистки. С увеличением дефицитности нефтепродуктов и повышением требований к уровню экологической безопасности и безотходности производства роль очистки как средства экономии СОЖ будет возрастать. В связи с чем норма очистки СОЖ должна устанавливаться для конкретной производственной ситуации в результате технико-экономического анализа с учетом затрат на приобретение СОЖ, регенерацию и обезвреживание отработанных жидкостей, очистку и т.д.

Опыт зарубежных фирм показывает, что во всех случаях экономически целесообразно, чтобы при степени очистки не менее 95% степень тонкости окончательной очистки СОЖ не превышала 10 мкм.

В литературе [17] описана установка для очистки СОЖ, применяемая при обработке металлов резанием в машиностроительных цехах. Приведена схема установки, графики, иллюстрирующие ее работу. Предложенная схема позволяет механизировать процесс очистки, улавливания и сбора частиц ценных металлов и сплавов.

На предприятии VEB (ГДР) для очистки шлифовальных эмульсий использовали ленточные фильтровальные установки, состоящие из верхней и нижней камер, разделенных ситом [41]. На торце установки имеется откидная крышка для слежения за процессом очистки. Фильтровальный материал устанавливается на сите. Вначале отделяются крупные включения, которые затем выполняют роль фильтровального вещества и задерживают более мелкие частицы. Прибор контроля при достижении установленной величины давления подает сигнал на регенерацию. По окончании процесса очистки в верхней камере находится остаточное количество воды, которая с помощью сжатого воздуха удаляется, затем открывается крышка и сухие фильтровальные вещества удаляются.

Из трех типов загрязнителей (взвешенных частиц, чужеродных масел и бактерий) наибольший вред приносят чужеродные масла [32]. Простейший способ отделения масел от эмульсии - отстой в эмульсионном баке, при котором масла всплывают на поверхность и откачиваются. Недостатком способа является то, что в течение времени отстаивания бак должен быть неподвижен. В действительности в баке имеются турбулентные потоки, препятствующие отделению жидкостей. В ламельном (пластинчатом) сепараторе очистка эмульсии происходит таким же образом, что и в неподвижном баке.

Фирма "Vivexab Tumba" (Швеция) изготавливает ламельные сепараторы для машиностроительных предприятий, предназначенные для отделения чужеродных масел. В 1985/1986 г. фирма "System 3R Mechanics" установила автоматизированную систему очистки эмульсий с ламельным сепаратором Vivex. Эмульсия системы после пуска не заменялась. Для больших машиностроительных предприятий разработан передвижной сепаратор для очистки СОЖ. При его использовании приблизительно за 2 ч можно очистить до 100 л загрязненной эмульсии.

Универсальные и многоцелевые станки должны оснащаться взаимозаменяемыми легкокомпонруемыми (гибкими) комплексами, собираемыми по модульному принципу. На станках с программным управлением различные очистители должны также по программе включать-

ся в комплекс и отключаться. Рекомендуемые варианты комплексов последовательной очистки СОЖ для распространенных производственных условий приведены в табл. 4.1.

Фирма "HKS Maschinenbau" (ФРГ) представляет принципы, методы и средства для очистки СОЖ, а также их практическое применение на шлифовальных станках в условиях высокоскоростной технологии. Среди устройств для очистки СОЖ описываются гидроциклоны, электромагнитные сепараторы, различные ленточные фильтры, центрифуги и т.д. [28].

В промышленности Италии ежегодно применяется до 200 тыс. т СОЖ на основе масел для металлообработки [40]. В указанной статье даны рекомендации по очистке и повторному использованию отработанных масел при незначительных затратах на дополнительную обработку. Содержание масел определяли после обработки 5%-м раствором серной кислоты при температуре 80-85°C в течение 1 ч и последующего разделения фаз на центрифуге. Приведен химический состав масляной и водной фаз, полученных по описанному методу очистки СОЖ от загрязнения.

Автономная установка для очистки и подачи СОЖ запатентована в США [6]. Она применяется в тех случаях, когда нецелесообразно иметь станки со встроенной системой охлаждения. Установка смонтирована на тележке с двумя отделениями, в одном из них установлены два центробежных насоса. Один насос всасывает СОЖ из отдельно стоящего резервуара и подает ее по гибкому шлангу к станку, а второй - отсасывает из поддона станка отработанную СОЖ и прогоняет ее через второй отсек тележки, где размещаются несколько фильтров для грубой и тонкой очистки отработанной СОЖ, и затем подает очищенную СОЖ во второй отсек резервуара. В состав фильтров входит бактериальный фильтр, поддон в отсеке с фильтрами может выниматься для удаления шлама.

Таблица 4.1

Комплексы очистки СОЖ [7]

Характеристика операций	Тип СОЖ	Варианты комплексов	Качество очистки СОЖ тонкость, мкм	степень, %
1. Варианты комплексов очистки СОЖ в индивидуальных системах				
Лезвийная обработка ферромагнитных материалов на станках классов точности II, II	Водные	МС-магнитный сепаратор БО - бак-отстойник ПСФ - приемный сетчатый фильтр СФ - сетчатый фильтр	20-40	80-85
	Масляные	МС - БО - ПСФ - ЦФ (ЦФ - целевой фильтр или КМФ - комбинированный магнитный фильтр)		
Шлифование на станках классов точности II, II, В	Водные	МС - БО - ПСФ - ГЦ (ГЦ - гидроциклон)	10-15	95-98
		МС - ФТ - БО - ПСФ (ФТ - фильтр-транспортер)		
2. Варианты комплексов очистки СОЖ в централизованных системах				
Группа станков для лезвийной обработки классов точности II, II	Водные	ФТ - БО - ПСФ БМС - ФО - ПСФ (БМС - блок магнитных сепараторов, ФО - фильтр-отстойник)	20-40	90-95
		БМС - БО - ПСФ - ФП (ФП - фильтр-пресс)		
Группа станков для абразивной обработки классов точности II, II	Водные	БМС - БО - ПСФ - ФП (ФП - фильтр-пресс)	10-15	95-97
	Масляные	БМС - БО - ПСФ - ВФ (ВФ - вакуумный фильтр)		

Большое внимание уделяется малоотходным и безотходным технологическим процессам, поэтому отработанную СОЖ сначала следует разложить на компоненты, а затем часть из них вернуть в системы для повторного использования. Эмпирически установлено, что для обеспечения требуемого качества разделения СОЖ на концентрат и водную фазу достаточно ввести 1-3% CaOCl_2 , полученную смесь тщательно перемешать (воздухом или механической мешалкой), затем либо профильтровать (а водную фазу подогреть в течение 10 мин при температуре 100°C), либо пропустить через флотатор. Полученную водную фазу можно повторно использовать при приготовлении новых СОЖ, реализуя тем самым принцип малоотходной технологии [14, 22].

4.2. Регенерация СОЖ

4.2.1. Регенерация масел и эмульсолов

Регенерация масел на машиностроительных заводах проводится в целях как повторного использования их в качестве СОЖ, так и последующего применения для собственных нужд по другому назначению. Регенерировать отработанные масла можно централизованно путем передачи масел на сборные пункты объединения "Вторнефтепродукт" [7, 27].

Регенерацию масел осуществляют физическими, химическими и комбинированными методами. Физические методы заключаются в восстановлении отработанных масел отстаем, фильтрацией, центрифугированием, химические - в обработке масляных СОЖ специальными реагентами с целью удаления кислот, смолистых соединений, влаги и др. Комбинированные методы совмещают физическую и химическую обработку отработанных масел. Очистка масел от механических примесей отстаиванием в специальных отстойниках является первым обязательным этапом всех технологических схем регенерации. Наиболее эффективна очистка центрифугированием на тарельчатых сепараторах (СЦ-1,5; СЦ-3; СЦС-3; СМ1-3000) производительностью 1,5 - 3 м³/ч. Степень очистки от воды в этих сепараторах достигает 0,2 - 0,25%. При содержании механических примесей до 0,3% используют два цикла сепарации для снижения загрязнения до 0,06%. Для регенерации масла в цеховых условиях можно использовать передвижную маслоочистительную установку ПСМ-1-3000, выпускаемую турбомеханическим заводом (г. Полтава). Она смонтирована на подвижной тележке, оснащена сепаратором с производительностью 3000 л/ч, электроподогревателем с вакуум-бачком, фильтр-прессом, сдвоенным насосом.

Коагуляция дополняет механическую очистку. В качестве коагулянтов применяют жидкое стекло, фосфат натрия, хлориды цинка и алюминия, сернокислый калий и др. Коагулянт составляет 2-5% от общей массы СОЖ. При введении коагулянтов масло перемешивают и подогревают до $90-95^\circ\text{C}$. Если масло в процессе эксплуатации и старения претерпело сильные химические изменения, то отделение воды и примесей недостаточно для восстановления его работоспособности. В этом случае наряду с отстаиванием или сепарацией приходится использовать физикохимические методы регенерации. Из них применяют следующие: адсорбцию - удаление асфальтосмолистых веществ, кислых и сернистых соединений, просушку масел (на цеолитах); контактно-кислотную очистку - удаление ненасыщенных и асфальтосмолистых соединений; щелочную очистку - нейтрализацию масел после сернокислотной очистки, нейтрализацию кислых продуктов старения масел.

Завод "Реготмас" (г. Москва) серийно изготавливает несколько видов установок для регенерации промышленных масел (УРМ-100; УР-1000; УРИМ-45 и др.) [27].

Гидроочистка - высокопроизводительный малоотходный метод, широко практикуется в последнее время за рубежом для регенерации сложнoleгированных масел, из которых удаляют сернистые, азотистые, окисные и другие соединения.

Ультрафильтрация - сравнительно новый и перспективный метод удаления из масел коллоидных примесей путем фильтрования через полимерные мембраны под давлением 0,2-0,6 МПа в присутствии растворителя.

Селективная очистка является универсальным методом извлечения из масел многих продуктов путем их обработки избирательными растворителями (фурфуролом, нитробензолом, фенолом и др.).

Регенерация чистых промышленных масел и сульфофрезолола заключается в отстаивании и центрифугировании с последующей контактно-кислотной и щелочной очисткой.

4.2.2. Регенерация эмульсий

Выделяют две схемы регенерации эмульсий. По первой - использованная эмульсия сливается из системы подачи СОЖ к металлорежущим станкам и подвергается регенерации. При этом возможно как восстановление рабочих свойств эмульсий, так и разрушение ее с целью извлечения масла, используемого в дальнейшем как эмульсол или утилизируемого другим путем [27].

Вторая, более прогрессивная схема - регенерация эмульсии в замкнутых оборотных системах, когда одна и та же ее порция непрерывно циркулирует по системе снабжения станков СОЖ и по мере необходимости производится восстановление ее рабочих свойств. При замкнутом оборотном цикле использования и регенерации эмульсий резко сокращается количество сточных вод и расход эмульсий.

Предложена [23] установка для регенерации отработанных эмульсий посредством колонных электрокоагуляторов, которые наиболее перспективны для удаления из системы загрязняющих веществ с последующим добавлением в очищенную жидкость недостающего количества эмульсола. Это позволяет создать систему многократного оборотного водопользования.

Схема регенерации отработанной эмульсии Укринол-1 представлена на рис. 4.1 [23, 27].

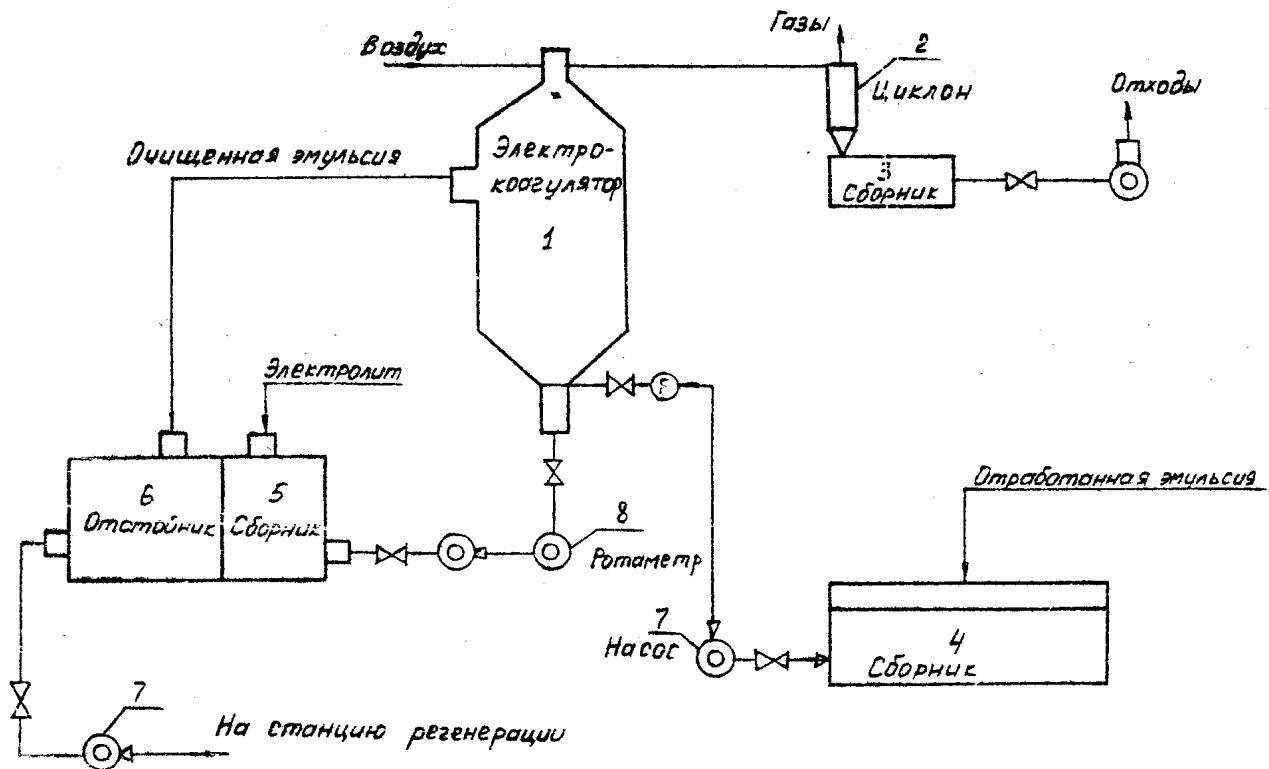


Рис. 4.1. Технологическая схема регенерации отработанной эмульсии "Укринол-1" с использованием колонных электрокоагуляторов

Установка состоит из четырех колонных электрокоагуляторов 1, работающих параллельно. Отработанная СОЖ из емкостей насосами подается в коллекторы. Одновременно в электродные блоки насосами подается чистая техническая вода (электролит) из отстойника 6, разделенного вертикальной перегородкой на две части. Процесс очистки длительно эксплуатируемой СОЖ осуществляется в электрокоагуляторах путем ее смешивания с восходящим потоком электролита, предварительно насыщенного гидроксидом металла растворимых электродов. Из-за коалесценции капелек эмульгированного масла и коагуляции ме ханических примесей с последующей флотацией шлама на поверхности жидкости, она очищается, подается в отстойник и отделение приготовления свежей эмульсии. В нее вводят эмульсол Укринол-1 для получения заданной концентрации эмульсии СОЖ (3-5%).

4.3. Обезвреживание и утилизация отработанных СОЖ

Известны следующие способы обезвреживания эмульсий: термические, физико-химические и биологические. Ни один из них не может обеспечить требуемую степень утилизации и очистки отработанных СОЖ, поэтому применяют комплексную очистку СОЖ [25].

4.3.1. Обезвреживание эмульсий

Обезвреживание эмульсий проводят при ее разделении на составляющие фазы различными способами или их комбинацией. Седиментационные способы основаны на разделении эмульсий отстаиванием, в процессе которого посторонние масла и крупные частицы эмульсола всплывают на поверхность. Время отстаивания 6-24 ч.

Механические способы основаны на разделении фаз эмульсий в центробежных силовых полях (чаще всего в центрифугах). Механическое разделение применяют как способ отделения грубо- и тонкодисперсных масляных примесей и утилизации осадка [7].

Реагентные способы заключаются в разрушении структуры эмульсий химическими продуктами - деэмульгаторами. В качестве последних используют растворы кислот (соляной, серной) и неорганические соли (хлориды кальция, магния, хлорное железо). Обработку реагентом проводят при нагревании эмульсии до 70-80°C и интенсивном перемешивании. Недостатки реагентных способов разрушения эмульсий: кислая реакция очищенной воды из-за введения в эмульсию кислот и необходимость в проведении ее нейтрализации щелочью, загрязнение масляной фазы и осадка продуктами взаимодействия кислоты с компонентами эмульсии и затруднение вследствие этого их утилизации; необходимость применения аппаратуры и трубопроводов из кислотостойких материалов и др. Недостатки эти столь существенны, что в последние годы практикуют введение в эмульсию только ограниченного количества реагентов в целях применения других способов разрушения.

Коагуляционные способы предполагают введение специальных веществ (коагулянтов), обеспечивающих перевод частиц масла и коллоидных примесей в осадок. В качестве коагулянтов используют сульфат и гидроксид алюминия, хлорное железо. Водную фазу после обработки коагулянтами из-за повышенной кислотности нейтрализуют (растворами соды, извести, щелочи). После коагуляционной обработки эмульсия разделяется на водную фазу и всплывшую наверх липкую массу (смесь хлопьев коагулянта, металлических мыл и масла), практически не пригодную для дальнейшей утилизации.

В работе [15] дана сравнительная оценка широко применяемого реагентного способа очистки СОЖ (см. табл. 4.2) и электрохимического способа. Установлена возможность утилизации синтетических СОЖ после очистки с целью дальнейшей их эксплуатации. Это основано на сохранении первоначальной исходной рецептуры СОЖ. Реагентный способ приводит к разрушению структуры исходной СОЖ. При электрообработке отмечено повышение рН в некотором интервале, что особенно важно для защиты СОЖ от микробиологического разрушения бактериальной и грибковой микрофлорой.

Химический способ разложения отработанных эмульсий [25]

Способ	Обрабатываемая эмульсия, реагенты	Основное оборудование
Реагентный	Эмульсии РЗ-СОЖ 8, ИХП-45 Э, ЭГТ, ЭТ-2 Реагенты: серная кислота; кальцинированная сода (20%-й раствор)	Приемная емкость, нефтеловушка, реактор подкисления с механическим перемешиванием, флотатор, маслоловушка, нейтрализатор с механическим перемешиванием, расходный бак серной кислоты с дозатором

Технологические операции:

- 1 - отработанная эмульсия собирается в подземный сборник;
- 2 - из сборника эмульсия насосом подается в нефтеловушку;
- 3 - из нефтеловушки поступает в реактор подкисления, где обрабатывается поступающей из дозатора серной кислотой (9,2 кг на 1 м³ эмульсии) до pH 2-3;
- 4 - эмульсия насосом подается на флотатор;
- 5 - образовавшаяся пена (масло и ПАВ) удаляется скребками и самотеком поступает в маслоловушку, а оттуда - на регенерацию;
- 6 - водная фаза из флотатора поступает в нейтрализатор, где обрабатывается 20%-м раствором кальцинированной соды (12 кг на 1 м³ эмульсии) до pH 5-6;
- 7 - из нейтрализатора сточная вода поступает в горизонтальный отстойник. Содержание органических веществ в воде 100-150 мг/л. Водная фаза разбавляется водой и сливается в канализацию.

Флотационный способ пригоден для выделения масел из слабоконцентрированных эмульсий. Введение во флотируемую эмульсию ПАВ собирателей (жирных спиртов, полиэтиленполиамины и др.), размером до 1 мкм, более перспективно.

Электрохимические способы (электрокоагуляция, электрофлотация) заключаются в электролизе эмульсии с применением стальных или алюминиевых анодов. Переходящие в раствор ионы железа или алюминия превращаются в гидроокиси, сорбирующие на своей поверхности частички масла. Степень разделения масляных и водных фаз 80-95%. Преимущества способов - универсальность, простота обслуживания установок, возможность автоматизации, образование плотного малозагрязненного осадка. Способы пригодны для очистки эмульсионных стоков и для утилизации отдельного масла [16, 17, 18].

Сорбционные способы. Сорбентами являются активированные угли, гидрофильные глины, силикагели и др. В последние годы предложено "обезмасливать" эмульсии дешевыми природными энергетическими некоксуемыми углями, применяемыми для сжигания в котельных заводах. Некоторые сорта углей обладают высокой пористостью и обеспечивают получение из сильно загрязненной эмульсии технически чистой воды, пригодной для повторного использования или сбрасывания в водоемы. Замена синтетических сорбентов природными углями снижает стоимость очистки стоков в 20-30 раз. Для очистки 10-15 м³ отработанных эмульсий требуется около 100 кг углей. Преимущество способа - попутная утилизация масляной фазы эмульсии, которая при оседании в порах углей значительно увеличивает их топливную калорийность. Очистку эмульсий можно проводить в обычных напорных или каркасно-насыпных фильтрах [22, 23].

Мембранные способы основаны на разделении эмульсий фильтрованием через полупроницаемые мембраны, пропускающие воду и задерживающие растворенные и эмульгирован-

ные частицы. Известны три метода мембранного разделения - ультрафильтрация, обратный осмос (гиперфильтрация) и микрофильтрация. Они имеют много общего (материал мембраны, конструкция установок, схема разделения), а отличаются пористостью мембран и механизмом процесса. Мембраны изготавливают из ацетатцеллюлозы и других полимерных материалов. В последнее время мембраны изготавливают в виде полимерных трубок диаметром 50-200 мкм, которые выдерживают высокое давление и не требуют поддерживающих дренажных устройств. Основными преимуществами мембранного разделения эмульсий являются компактность, низкая стоимость установок, высокие производительность и качество разделения фаз, малая энергоемкость. После разделения воду можно использовать для технических, и хозяйственно-бытовых нужд [17, 22, 23].

По зарубежным данным, благодаря вторичному использованию отделенного масла, эксплуатационные расходы на больших ультрафильт-рационных установках сводятся к нулю. Недостаток мембранных методов - необходимость в тонкой очистке эмульсии от механических примесей. Важнейшие преимущества мембранного разделения делают его наиболее прогрессивным для обезвреживания большого количества эмульсии.

Ультрафильтрация - процесс фильтрования водных растворов органических веществ и коллоидных растворов через крупнопористые полупроницаемые мембраны. Исследования по очистке отработанных эмульсий этими способами ведутся на отечественных полупроницаемых мембранах МГА-95 и УАМ-500 [14].

Применение обратно-осмотических мембран для разделения отработанных эмульсионных СОЖ предпочтительней ультрафильтрационных, так как поры последних в процессе эксплуатации могут забиваться органическими соединениями, что при рабочем давлении резко снижает производительность установки.

Термические способы - упаривание, дистилляция, вымораживание и другие, позволяют разделить эмульсию на практически чистую воду (конденсат) и сгущенный масляный осадок, пригодный для утилизации. Эти способы получили наибольшее распространение. Отработанная масляная эмульсия в установках огневого способа обезвреживания контактирует с продуктами сгорания газообразного или жидкого топлива. В результате сгорания в атмосферу попадают CO и CO₂, SO₂ и пары воды. Поэтому возникает необходимость в периодическом контроле продуктов сгорания, особенно сернистого ангидрида SO₂. ПДК SO₂ в воздухе не должна превышать 0,5 мг/м³. При сгорании отработанных СОЖ в топках котлов испарившаяся из эмульсии вода повышает содержание водяного пара в продуктах сгорания и снижает температуру их точки росы. Упаренная вода конденсируется в водяном холодильнике-конденсаторе и используется повторно. Сконцентрированная масляная фаза может стать высококалорийной добавкой к топливу. Недостатки - высокая энергоемкость и возможность разрушения масляной фазы при нагревании [25].

4.3.2. Обезвреживание синтетических СОЖ

Обезвреживание отработанных синтетических СОЖ осуществляется в целях получения технически чистых сточных и оборотных вод. Некоторые способы обезвреживания позволяют попутно извлекать и утилизировать компоненты СОЖ, которые по химическим свойствам можно разделить на органические и неорганические. Способы обезвреживания синтетических СОЖ подробно описаны в источнике [7].

4.3.3. Обезвреживание масел

Основным способом обезвреживания масляных СОЖ, не подлежащих регенерации и утилизации, является их сжигание в топках заводских котлов. В нашей стране распространен простой и эффективный турбобарботажный способ сжигания масел на установках "Вихрь", позволяющих бездымно сжигать продукты, содержащие до 65% воды. Установки выпускают

стационарные ("Вихрь-2", производительностью 3 т/ч) и малогабаритные передвижные ("Вихрь-1", производительностью 2 т/ч) [7].

4.3.4. Биологические способы очистки

Отработанные СОЖ содержат загрязнения органического и механического происхождения, токсичные для микроорганизмов активного ила, из-за чего могут поступать на биологические сооружения только при значительном разбавлении чистой водой. Так, эмульсионную отработанную СОЖ Укринол-1 можно подвергать биохимической очистке только после разбавления в 200 раз, полусинтетическую Аквол-11 - в 500, синтетические Укринол-12 - в 2000, Аквол-10 - в 200 раз. Биологические способы очистки следует рассматривать как доочистку водной фазы, полученной в результате переработки эмульсий механическими или физико-химическими способами [5].

4.3.5. Утилизация отработанных СОЖ

Утилизация отработанных СОЖ, не подлежащих регенерации, является важнейшим этапом малоотходной и безотходной технологии машиностроительного производства. Утилизация может осуществляться как на предприятии-потребителе СОЖ, так и путем передачи отработанных жидкостей другим организациям [7, 8]. Способы утилизации и реализации их представлены в табл. 4.3 [7, 8].

Т а б л и ц а 4.3

Утилизация и реализация отработанных жидкостей [7, 8]

Продукт	Способ утилизации	Реализация способа
Масло (эмульсоны)	Топливо в заводских котлах	Добавление в жидкие топлива; Очистка от механических примесей, обезвоживание, смешивание с чистыми маслами
	Закалочные среды	
	Технологические смазочные материалы, используемые при литье и обработке давлением	
Эмульсии и синтетические СОЖ	Основы для изготовления грунтовок, красок, мастик, полирующих составов и консервантов металла	Очистка от механических примесей, обезвоживание, введение добавок
	Изготовление моющих растворов	Очистка от механических примесей, введение ПАВ
Шлам после тонкой очистки СОЖ	Компоненты абразивных паст	Промывка, гранулометрическая, сортировка, добавление загустителя и пластификатора
	Изготовление деталей методами порошковой металлургии	Промывка, гранулометрическая сортировка, добавление металлических порошков (шихты), прессование и спекание

Отработанные масла можно добавлять к битумам, использовать как сырье для обмасливания металлургических порошков в сталелитейном производстве, в процессе производства керамзита и др.

4.3.6. Обеззараживание воды

Обеззараживание проводится для предотвращения заражения СОЖ присутствующими в технической воде микроорганизмами. Основные методы обеззараживания: окисление газами - хлорирование и озонирование; реагентный - растворение в воде бактерицидов; радиационный - облучение электромагнитными волнами и заряженными частицами; электрический - обработка электрическими полями (токами); электрохимический - использование обеззараживающего действия продуктов электролиза воды; ультразвуковой - озвучивание тонкого слоя воды; мембранный - отфильтровывание микроорганизмов [7, 16].

Хлорирование воды производят жидким (газообразным) хлором или раствором хлорной извести. Хлорирование обладает рядом существенных недостатков: токсичность хлора требует особых мер предосторожности при его хранении и дозировании. Хлор действует только на вегетативные виды бактерий. Спорообразующие бактерии, часто поражающие синтетические СОЖ, при обычно применяемых дозах хлора не погибают [27].

Озонирование воды свободно от перечисленных выше недостатков. Озон нетоксичен. Обладает сильным бактерицидным действием: озонирование вызывает мгновенную гибель бактерий. Его действие на споровые бактерии в 300-600 раз сильнее, чем хлора. Расход озона невелик: доза для обработки воды составляет 0,6-3,5 мг/л в зависимости от качественных показателей исходной воды. Для процесса необходим специальный генератор (озонатор), в котором под действием электрического разряда из кислорода воздуха вырабатывается озон. Экономически целесообразным методом обеззараживания является обработка воды ультрафиолетовыми лучами. Максимальный эффект проявления при длине волны 260 нм. В качестве источника ультрафиолетового излучения применяют аргонртутные лампы низкого давления, а также ртутно-кварцевые лампы высокого давления. Действие ультрафиолетового облучения почти мгновенно.

Перспективны мембранные методы обеззараживания, основанные на фильтрации воды через микропористые полупроницаемые мембраны. В процессе фильтрации микроорганизмы задерживаются мембраной, и вода полностью обеззараживается. Такими методами (в первую очередь, обратным осмосом и ультрафильтрацией) из воды могут быть извлечены даже вирусы.

Для подавления жизнедеятельности бактерий и иных микроорганизмов рекомендуется применять резервуары из гладких беспористых материалов с минимальным количеством углов, избегать применения резиновых шлангов, дающих трещины, в которых поселяются бактерии. Этим недостатком не обладают трубки из ПВХ или полиэтилена. Емкость резервуара должна быть достаточно большой, чтобы СОЖ не нагревалась выше 20°C, время выдержки в резервуаре не менее 10 мин. На жизнедеятельность бактерий сильно влияет водородный показатель рН: чем он выше, тем больше подавляется рост бактериальной флоры. При количестве бактерий свыше 10⁶-10⁸ на 1 кг СОЖ следует вводить биоциды. Безопасным по токсичности биоцидом является уровень 700-1100 мг/кг. Для обеспечения такого уровня рекомендуется при 10³-10⁴ бактерий в 1 кг СОЖ вводить 0,1-0,12% биоцидов по отношению к общему объему СОЖ в системе, а при 10⁵ бактерий на 1 кг увеличивать содержание биоцидов до 0,15-0,20% [29].

4.4. Малоотходная технология применения СОЖ

В малоотходной технологии использования СОЖ заинтересованы все промышленно развитые страны.

Малоотходность при использовании СОЖ достигается двумя принципиально отличными способами: сокращением количества отходов и переработкой образовавшихся отходов с целью их регенерации и утилизации.

Схема малоотходной технологии использования СОЖ представлена на **рис. 4.2** [7, 8, 23].

Основными путями сокращения количества отходов являются: комплексная защита СОЖ от микробиологического разрушения; глубокая очистка от механических и коллоидных примесей; поддержание основных эксплуатационных характеристик СОЖ на нормативном уровне; тщательная очистка и дезинфекция станочного оборудования; высококачественная водоподготовка; периодическое восстановление рабочих свойств СОЖ.

Эффективность мероприятий по сокращению количества отходов повышается при использовании комплексных централизованных автоматизированных систем. Внедрению малоотходной технологии должна предшествовать замена масляных СОЖ синтетическими и эмульсионными, которые проще эксплуатировать, очищать и регенерировать. Резервом экономики СОЖ является предотвращение потерь, вызываемых уносом со стружкой и деталями и туманообразованием.

Переработка отходов с целью регенерации СОЖ или их утилизации гарантирует бессточное и малоотходное производство. Затраты, вкладываемые в техпроцессы переработки и вторичного использования отходов, вполне окупаются, так как упраздняется дорогостоящая очистка сточных вод и в производство возвращаются ценные продукты.

Уже сейчас стоимость очистных сооружений составляет 15-20% стоимости самого предприятия [8].

Для крупных машиностроительных предприятий рекомендуется централизованная очистка и подача СОЖ (рис. 4.2.) [9, 10, 31]. Как правило, это - замкнутые оборотные системы длительного использования СОЖ (в течение нескольких лет). В них осуществляется комплексная стабилизация (восстановление, частичная регенерация) качества жидкости.

Восстановление рабочих свойств СОЖ проводится как профилактическое мероприятие, когда ресурс работоспособности СОЖ еще окончательно не исчерпан. Восстановление качества СОЖ (обычно эмульсий) проводят периодическим отбором порций жидкости из оборотной системы на участок восстановления с возвратом восстановленной СОЖ в систему. На участке восстановления СОЖ регенерируют (очищают от всех посторонних примесей, обогащают необходимыми добавками, доводят до требуемых кондиций). Кроме того, в оборотную систему периодически доливают свежеприготовленную СОЖ для компенсации необратимых потерь (унос со стружкой, разбрызгивание, испарение).

Периодическое восстановление качества части объема циркулирующей СОЖ не исключает проведения других мероприятий: стабилизации температуры; очистки от механических примесей; микробиологической защиты. Внедрение комплексной стабилизации качества СОЖ в оборотных системах является одним из основных условий перевода машиностроительного производства на безотходную или малоотходную технологию использования СОЖ [10, 33].

В централизованной системе применения СОЖ проблема очистки и регенерации ее решается наиболее полно, надежно и экономично [10, 31, 33]. Установки для централизованной очистки СОЖ изготавливаются производительностью от 200 до 300000 л/мин. Преимущество централизованной очистки: возможность подавать СОЖ одинаковой температуры на все станки; отсутствие в зоне станков фильтров, накопителей, насосов; уменьшение производственной площади; снижение затрат благодаря повышению срока службы СОЖ, путем улучшения качества очистки, автоматического удаления стружки, облегчения контроля за процессом очистки СОЖ. В литературе [9, 10, 33, 42] приведены различные установки для очистки СОЖ в централизованных системах.

Сложнее реализовать технологический процесс очистки и регенерации СОЖ в групповых и особенно в индивидуальных системах, характерных для малых предприятий [31].

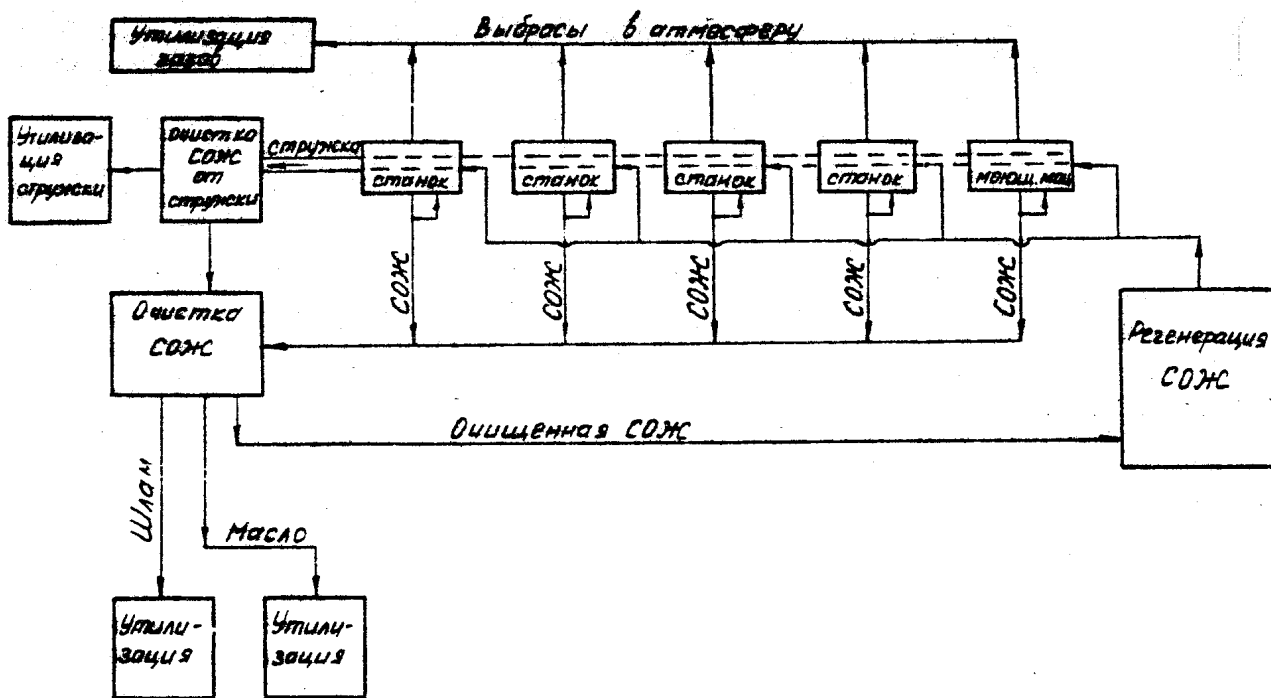


Рис. 4.2. Схема малоотходной технологии использования СОЖ

Выбор типа системы обеспечения, очистки и регенерации СОЖ обусловлен организационными и технологическими особенностями, а также количеством станков в цехе, на участке одного типа, его площадью, возможностью применения СОЖ одной марки, аналогичностью свойств и структурой обрабатываемых материалов. В условиях малых предприятий среди множества различных технологических решений это является важной предпосылкой обеспечения эффективной работы.

Для создания малоотходной технологии использования СОЖ на малых предприятиях могут быть применены индивидуальные, стационарные системы очистки СОЖ. От станка или группы однотипных станков жидкость поступает в устройство для очистки, которое состоит и конвейера с бесконечным полотном, корпуса, выполненного в виде полых поплавковых рам, расположенных вдоль полотна, механизмами грануляции и удаления шлама [4, 5].

Фирма Ringler (ФРГ) наряду с классическими очистителями модели P1n100 и P1n300 (мощность 2,2 кВт) предлагает мобильное стационарное устройство для сбора и удаления металлической стружки, СОЖ и ее очистки и возврата (по спецзаказу) [35].

Предлагаются передвижные установки для очистки и регенерации СОЖ на станках.

Предложена [39] передвижная установка регенерации СОЖ, смонтированная на грузовом автомобиле, состоящая из гидроциклона, бака, очистителя, фильтра, пастеризатора и пеноотделителя. Она перемещается от станка к станку и производит очистку и восстановление не только водных СОЖ, но и масла.

Для очистки СОЖ в цеховых условиях может быть использовано подвижное устройство [11] (перевозится вручную и транспортными средствами), которое имеет тележку на колесах, где размещены баки, насосы и фильтрующие устройства. Двойная фильтрация СОЖ обеспечивает очистку СОЖ как от взвешенных в ней отходов, так и от бактерий.

В связи с увеличением автоматизации, применением станков с числовым программным управлением и гибких производственных систем на предприятиях повышаются требования к качеству СОЖ. Очистка и регенерация СОЖ могут производиться как отдельно для каждого станка (производительность установок 20-200 л/мин), так и для группы станков с использованием установок для централизованной очистки СОЖ [9, 10, 33, 42]. Фирма KSB AG (ФРГ),

изготавливающая насосы для различных отраслей промышленности, использует централизованную очистку СОЖ на установках фирмы Faudi Feinbau GmbH [9].

Возможно применение централизованной комбинированной системы обеспечения очистки и регенерации СОЖ, когда производится отбор СОЖ из индивидуальных систем в централизованную систему и подача регенерированной СОЖ к станкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1421710 СССР, МКИ С 02 F 1/40, В 01 Д 17/022. Бак - отстойник / Столяр В.И., Овчар А.П., Мороз В.М. и др. - N 4223545/23-26; Заявл. 14.01.87; Б.И.- 1988. - N 33.
2. А.с. 1430065 СССР, МКИ В 01 Д 33/04. Фильтр для очистки смазочно-охлаждающей жидкости / Булыжев Е.М., Житлов Н.Н., Богданов В.В. - N 4141758/25-26; Заявл. 03.11.86; Б.И. - 1988. - N 38.
3. А.с. 1510877 СССР, МКИ В 01 Д 33/04. Фильтр для очистки жидкостей / Булыжев Е.М., Попов В.И., Богданов В.В.; Ульян. политех. ин-т, Моск. з-д координат.-расточ. станков. - N 4366368/31-26; Заявл. 21.01.88; Оpubл. 30.09.89.- Б.И. - 1989. - N 36.
4. А.с. 1510877 СССР, МКИ В 01 Д 32/16. Устройство для очистки жидкостей/ Молчанов В.Ф., Тихонцов А.М.; Днепродзержин. индустр. ин-т.- N 4363571/31-26; Заявл. 12.01.88; Оpubл. 30.09.89. - Б.И. - 1989. - N 36.
5. А.с. 249745 ЧССР, МКИ В 04 В 3/02 / Fiedler Jiri, Kaplan Jaroslav, Pospisilova Liluse. - N 5066-85; Заявл. 05.07.85; Оpubл. 01.10.88.
6. А.с. 4772402 США, МКИ В 01 Д 25/00, В 01 Д 27/00. / Love Ray В. - N 46517; Заявл. 06.05.87; Оpubл. 20.09.88; НКИ 210/804.
7. Бердичевский Е.Г. Малоотходная технология применения СОЖ в металлообработке. - М.: НИИМАШ, 1981. - 64 с.
8. Бердичевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов: Справочник. - М.: Машиностроение, 1984. - 224 с.
9. Пат. 4865724 США, МКИ В 01 Д 2/34, В 01 Д 33/38. Metal working machine liquid filtering device with coalescer filter, and time delayer/ Brandt Robert H., Hoodlebrink Merlin P.; Brandt and Associates, Inc. - N 208089; Заявл. 17.06.89; Оpubл. 12.09.89; НКИ 210/104.
10. Lennartz Rudiger, Gorsch Hans. Kuhlsmierstoffe aufbereiten sichert wirt schaftliches Bearbeiten und entlastet die Umwelt// Maschinenmarkt. - 1989. - Bd 95, N 36. - S. 146-148, 150-151.
11. Заявка 0346540 ЕПВ, МКИ В 01 Д 36/02 / Coalant processing system / Love Ray Blist; safish; safecool luc. - N 88305455.3, Заявл. 15.06.88; Оpubл. 20.12.89.
12. Иванов Ю.И. Очистка СОЖ// Машиностроитель. - 1978. - N 4. - С. 43-44.
13. Инструкция по нормированию расхода СОЖ, применяемых при работе технологического оборудования. - М.: НПО НИИТРАКТОРОСЕЛЬХОЗМАШ, 1989. - 20 с.
14. Карев Е.А., Алексеев И.В. Повышение эффективности разложения отработанных при механической обработке заготовок с помощью ультрафильтрации// Теоретические и практические аспекты теории контакта взаимодействий при резании металлов. - Чебоксары, 1988. - С. 51-56.
15. Катицкий Д.Г., Паянова Н.Н., Воронцов Ю.И. К вопросу электрокоагуляции синтетических СОЖ// Повышение качества смазочно-охлаждающих жидкостей и режущих инструментов. - Чебоксары, 1987. - С. 44-47.
16. Медриш Г.Л., Тейшева А.А., Басин Д.Л. Обеззараживание природных сточных вод с использованием электролиза. - М.: Стройиздат, 1982. - 82 с.

17. Некоторые вопросы очистки СОЖ/ Ильин М.И., Корниенко В.Г., Лобусов А.В. и др. - Краснодар, 1989. - 11 с.
18. Очистка СОЖ при резбошлифовании /Худобин Л.В., Булыжев Е.М., Ромашкин В.Г. и др. // Машиностроитель. - 1988. - N 4. - С. 33-34.
19. Пат. 93667 СРР, МКИ В 01 D 21/00 / Peteu Radu Mirel, lng. Hehn Werner.- N 121153; Заявл.16.12.85; Оpubл. 20.02.88.
20. Пат. 4751006 США, МКИ В 01 D 33/04. / Becker Roger T.; Monlan, Inc.- N 74257; Заявл. 16.07.87; Оpubл. 14.06.88; НКИ 210/774.
21. Пат. 19830919, 19860430, 112097, 88502, В 01 D 35/14 / Marica Constantina, Medar Sergiv - Tudor Tifibtru de presine prevazutcu sesizor pentru indicared colmatari.
22. Повышение эффективности разложения отработанных СОЖ комби-нированным методом / Карев Е.А., Зибунин Е.Н., Темирбулатова А.А., Письменко Л.Д. // Смазочно-охлаждающие технологические средства в процессах абразивной обработки: Теоретические основы и технические применения.- Ульяновск, 1988.- С. 106-112.
23. Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях / Макаров В.М., Беличенко Ю.П., Галустов В.С., Чуфаровский А.И. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
24. Ромашкин В.Г. Очистка СОЖ в намывных фильтрах с наложением магнитного поля // Смазочно-охлаждающие технологические средства в процессах абразивной обработки: Теоретические основы и технические применения. - Ульяновск, 1988. - С. 90-95.
25. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. Энтелиса С.Г., Берлинера Э.М.. - М.: Машиностроение, 1986. - 352 с.
26. Такаси Содзиро // Дзюнкацу цусин. - 1988. - N 258. - P. 36-43.
27. Худобин Л.В., Бердичевский Е.Г. Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке. - М.: Машиностроение, 1977. - 186 с.
28. Церклер Домхник // Семин. HSG-Technol. - 1988 / Guhring Autom.- stetten, s.a. - С. v/1-v/18-5/33.
29. Chlodziwa obrobkove - rodzaje, stosowanie, konserwacja / Makler D., Marcinski M., Naraniecki B., Mucha I. // Mechanik.-1988. - Т. 61, N 5. - S. 235-237.
30. Knobloch H. Kuhlsmierstoffe reinigung: Nutzung von Rationalisierungstreserven - eine Kostenbefrachtung // Werkstatttechnik. - 1990. - Bd 80, N 5. - S. 245-247.
31. Kuzmanovic Sinisa, John Zlatko // Technika. - 1987. - Vol. 42, N 10. - P. 951-955.
32. Lee Hyosong, Siren Sven. Lastuamistneiden havittaminen turha kustannus // Конеражамие. - 1988. - Т. 41, N 5. - S. 44-46.
33. Ma xiangmei // Цсуе гун'гши = Mach. Manuf. Eng. - 1989. - N 4. - P. 20-21.
34. Mobile Aufbereitungsanlage fur Kuhlsmierstoffe //Maschine. - 1988. - Bd 42, N 1-2. - S. 45.
35. Mobiles und stationares Absaugen // Maschine. - 1989. - Bd 43, N 78. - S. 26.
36. Murakami Tsutomu // Суйсицу одаку, Jap. J. Water Pollut. Res. - 1987. - Vol. 10, N 3. - P. 155-156.
37. Nees J., Muller J. // Maschine. - 1988. - Bd 42, N 1-2. - S. 42-44.
38. Sluhan William A., Schnur Livio // Riv. mecc. - 1988. - N 893. - P. 134-141, 167.
39. Stop dumping coalant and save / Carberry Terry // Tool. and Prod. - 1989. - Vol. 54, N 12. - P. 107-109.
40. Versino di Carlo. Emulsioni oleose esauste: un problema scomodo // Utensil.- 1988. - Vol. 10, N 4. - P. 52-53, 56-57.
41. Wagler L. Einsatz von Druckbandfiltern //Schmierungstechnik. - 1988. - Bd 19, N 7. - S. 194, 217-218.
42. Zentralanlagen reinigen Kuhlsmierstoffe // Maschine. -1989. - Bd 43, N 7-8. - S. 86.

Глава 5. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОДМЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

5.1. Общая характеристика методов локальной очистки стоков

Для очистки маслоэмульсионных сточных вод, содержащих ПАВ, применяют механические, химические, физические и физико-химические методы. Механические методы широко используют для выделения из сточных вод нерастворимых примесей и взвешенных частиц отстаиванием, фильтрованием, процеживанием, циклонной сепарацией и т.п. Отстаивание является предварительным процессом и осуществляется для подготовки стоков к последующей более тщательной очистке. В результате простого отстаивания маслосодержащих вод можно добиться удаления до 70% масел. Из других механических методов в последующем может выполняться очистка фильтрованием от оставшихся грубодисперсных и мелкодисперсных взвесей. Известны и еще более тщательные процессы фильтрования (например, ультрафильтрация), позволяющие удалять коллоидные и растворенные сложномолекулярные примеси.

Наиболее перспективны для металлообрабатывающих производств методы адсорбции, флотации, коагуляции, электрокоагуляции, озонирования, термической и магнитной очистки [23, 62, 80, 84, 93, 91]. Они позволяют успешно обезвреживать воду от ПАВ при предварительных концентрациях до 200 мг/л [62]. Многие из них эффективны и для удаления довольно крупных масляных взвесей. В литературе, например, отмечается возможность использования адсорбционных, флотационных и коагуляционных методов для дисперсий с каплями 1-20 мкм [91]. По данным МЭНИЛ Минводстроя СССР предполагается, что при очистке стоков от масел и эмульсий ведущее место займут методы отстаивания с последующими флотацией (40%), электрофлотацией (11%), коагуляцией (23%). Химико-механическими процессами будет охвачено 17% очищаемых сточных вод [62].

Для обезвреживания различных промышленных стоков перспективна биохимическая очистка, основанная на использовании микроорганизмов для разложения (окисления) веществ органического происхождения в коллоидном и растворенном состояниях. Способ применяется после достаточно полной очистки сточной воды от минеральных и нерастворимых органических веществ. При этом содержание ПАВ перед биологической очисткой не должно превышать установленных ПДК (20 мг/л) [62].

Стоки металлообрабатывающих цехов содержат масла, минеральные вещества (щелочь, сода, нитрит натрия, трифосфат натрия и др.) и много ПАВ, трудноокисляющихся биологическим путем, поэтому биологическая очистка имеет смысл лишь после физико-химической и в локальных системах почти не применяется. Обычно ее используют для очистки общего стока предприятия после того, как будут выполнены специальные виды очистки на локальных сооружениях.

5.2. Отстаивание и циклонная сепарация

Отстаивание - наиболее распространенный метод предварительной очистки сточных вод механообрабатывающих производств. Суть его состоит в том, что взвешенные вещества и все другие нерастворимые примеси, находящиеся в стоках, под действием гравитационных

сил оседают на дно отстойника или всплывают на поверхность воды. Отстаивание масло-эмульсионных вод обычно производится в нефте- или маслотовушках и позволяет эффективно удалять частицы эмульсии с размерами капель свыше 60 мкм [91]. Здесь же полностью удаляются неэмульгированные масла. При этом концентрация нефтепродуктов может снижаться до 100 мг/л [52]. Всплывшее масло собирается специальным устройством в маслосборник и направляется на утилизацию, а осадок (смесь песка, масла, металлических и абразивных частиц и т.п.) обезвоживается на вакуум-фильтрах и вывозится в отвал.

Разработано и применяется много конструкций масло- и нефтеловушек. Для очистки стоков механообработывающих цехов Союзводоканалпроектом созданы горизонтальные многосекционные тонкослойные нефтеловушки пропускной способностью 300, 450, 600 м³/ч [52]. Из разработок последних лет следует обратить внимание на конструкции, представленные в [1, 3, 4, 21, 88]. Авторы одной из конструкций отмечают, что она повышает эффект очистки по сравнению с существующими нефтеловушками в 1,3-1,5 раза [7].

Гидроциклонная сепарация позволяет эффективно улавливать лишь неэмульгированные масла и твердые механические загрязнения, поэтому более пригодна для предварительной очистки стоков водорастворимых СОЖ (электролитов и синтетических СОЖ) от шлифовального шлама, примесных масел в виде всплывающих фракций и нестойких эмульсий при небольших концентрациях маслоэмульсионных СОЖ.

Обычно гидроциклонирование применяют перед фильтрованием для предотвращения быстрого засорения фильтрующих элементов. Описание фильтр-циклонных установок, предназначенных для использования в подобных условиях эксплуатации, приведено в работах [9, 11, 12, 13, 19, 24]. При очистке концентрированных маслоэмульсионных СОЖ иногда применяют гидроциклоны перед отстойниками [71]. Наиболее удачным решением гидроциклонной установки для разрушения маслоэмульсионных СОЖ является конструкция, примененная на ПО "Средазкабель" [28], в которой вибратор и спиральный активатор обеспечивают интенсивное разрушение эмульсии.

5.3. Фильтрование

Фильтрование стоков СОЖ обычно выполняется после отстаивания или циклонной сепарации. В зависимости от характера и состава стоков, результатов отстаивания или гидроциклонирования выбирается способ фильтрации.

Для отстаившихся сточных вод, содержащих до 80 мг/л масел и до 60 мг/л механических примесей, применяют напорные вертикальные фильтры с зернистой загрузкой (кварцевый песок, керамзит, антрацит или керамическая крошка), выпускаемые заводом "Красный котельщик" (г. Таганрог) [52]. Они обеспечивают остаточное содержание в воде нефтепродуктов (масел) 7-20 мг/л и механических примесей 10-20 мг/л, отличаются компактностью, простотой устройства и удобством эксплуатации.

Одним из путей повышения эксплуатационных возможностей фильтров является применение новых фильтрующих материалов - пенополиуретана, полистирола и др. Пенополиуретаны, обладая большой маслопоглощающей способностью, легко поддаются регенерации отжиманием маслопродуктов. Описание фильтрующих установок с пенополиуретановыми материалами приведено в [16, 34, 38, 52]. Например, установки "Полимер-300" и "Полимер-500" с производительностью 2,4-10 тыс. м³ обеспечивают степень очистки воды 0,91-0,96 при исходном содержании масел до 150 мг/л и взвешенных веществ - до 10 мг/л [50, 52].

Для очистки стоков шлифовальных производств (преимущественно электролиты, синтетические и полусинтетические СОЖ), содержащих большие количества ферромагнитных загрязнений, целесообразно применять ферромагнитные фильтры. В них в качестве фильтрующего элемента используются ферромагнитные материалы зернистостью 1-3 мм. При наложении магнитного поля определенной напряженности зернистая загрузка уплотняется и

вследствие уменьшения пористости приобретает высокую фильтрующую способность, что позволяет задерживать наряду с магнитными и немагнитными компонентами взвешенных веществ. Таким способом магнитные фильтры конструкции ВНИИВОДГЕО позволяют для вод с исходной концентрацией твердых частиц 200 мг/л и масел - 50 мг/л достигать осветления 85-98% [30]. Имеются данные и по магнитному фильтрованию вод со значительно большей концентрацией масел и других нефтепродуктов при использовании пенополиуретановой загрузки с введением в нее гранул ферромагнитного материала размерами 0,01-0,1 мм³ с последующей ее регенерацией отжимом [18].

5.4. Ультрафильтрация

Ультрафильтрация - это процесс отделения воды от взвешенных коллоидных и растворенных высокомолекулярных веществ с помощью полупроницаемых мембран. В процессе ультрафильтрации основная масса загрязнений остается в циркулирующем вдоль мембран потоке и концентрируется, а молекулы воды и неорганических солей проходят через поры мембран как фильтрат. Этот метод позволяет регенерировать 90-98% воды из стоков, содержащих нефтепродукты, масла, жирные кислоты, эмульгаторы, ПАВ и другие вещества. Содержание масла в очищаемой воде может быть снижено до 8-10 мг/л [65, 85], а по другим данным - до 7 мг/л при исходной концентрации нефтепродуктов до 19-20 г/л [58, 78]. Во многих случаях перед ультрафильтрацией целесообразно проводить предварительную очистку от грубодисперсных примесей, плавающих нефтепродуктов и минеральных масел с помощью сетчатых или бумажных фильтров, гидроциклонов, отстойников-ловушек [59, 72, 84, 85], электрофлотаторов [62].

Процесс ультрафильтрации ведется под давлением 0,2-1 МПа, поэтому мембраны должны быть достаточно прочными и химически стойкими при высокой проницаемости и разделяющей способности. Мембраны изготавливают из органических полимеров. Начинают использовать плоские и трубчатые мембраны на основе ацетата целлюлозы и поливолоконные мембраны на основе полиамидов и полисульфонов. Во ВНИИВОДГЕО достаточно изучены и апробированы ацетатцеллюлозные мембраны марок УАМ-500, УАМ-200, УАМ-150, УАМ-50. В работах [32, 42, 49, 62] содержатся результаты исследований по очистке отработанных СОЖ марок Т, ЭТ-2, Укринол-1, Аквол-11 на мембранах УАМ-500, УАМ-400, УАМ-300, УАМ-200, УАМ-100 с рекомендациями их применения.

КазМеханобр (г. Алма-Ата) разработал новый вид фильтрующих материалов типа ПГС (полимеры пространственно-глобулярной структуры). Мембраны и разделительные перегородки на базе этого материала подразделяются на серии: М - микрофильтры с размерами пор 0,3-5 мкм, У - ультрафильтры с размерами пор 0,03-0,3 мкм и Г гиперфильтры с размерами пор 0,001-0,03 мкм [62].

ВНИИ синтетических смол (НПО "Полимерсинтез", г. Владимир) разработал и испытал трубчатые фильтры типа БТУ 05/2 (изготовитель - ПО "Тасма" им. Куйбышева, г. Казань), представляющие собой блок из семи параллельных стеклопластиковых трубок с открытыми порами, покрытых внутри полупроницаемой мембраной на основе ацетата целлюлозы, фторлона или полисульфонамида. Средняя паспортная производительность одного блока по фильтрату не менее 15 л/ч. В установке используют несколько таких блоков, ее производительность - 2,3-2,7 м³/ч [58].

ПКБ "Пластмаш" (г. Москва) совместно с ВНИИВОДГЕО и Гипроводхозом созданы мембранные установки - фильтр-прессного типа различного назначения: МР-10-64/64П производительностью до 2 м³/сутки; МР-100-64/64П - до 15 м³/сутки; МР-500/64П - до 50 м³/сутки.

Нужно отметить, что в СССР очистка ультрафильтрацией сточных вод СОЖ и моечных растворов находится в основном на стадии опытно-промышленных испытаний. Работы ве-

дуются в НПО "Микропровод" (г. Кишинев, на Львовском автомобильном заводе, Волгоградском заводе тракторных деталей и нормалей, планируется внедрение опытно-промышленной установки на Волгоградском тракторном заводе [58]. В то же время в литературе имеются сведения об успешной работе большого количества установок за рубежом [77, 78, 82, 85, 86 и др.]. Во многих таких установках применяют достаточно эффективную технологию переработки ультрафильтрационного концентрата, его утилизации, использования очищенной воды в оборотном цикле водоснабжения предприятий. Производительность отдельных установок составляет 150 м³/сут. [75], а эффективность очистки достигает 99,8% [81]. Некоторые фирмы дают лишь краткое рекламно-техническое описание установок [81, 87].

Опыт эксплуатации ультрафильтрационных установок показывает, что капитальные и эксплуатационные затраты на них снижаются в 2-3 раза и более [59, 75] по сравнению с традиционными методами очистки. К другим преимуществам метода при очистке стоков отработанных СОЖ и моечных растворов относят [59] универсальность, легкость эксплуатации и автоматизации процесса, простоту и компактность установок, отсутствие химических реагентов и фазовых превращений, возможность полного повторного использования фильтрата в оборотном водоснабжении без дополнительной обработки, незначительное количество масляного концентрата, составляющего 2-10% от исходного объема сточной воды, что отличает дальнейшую утилизацию или обезвреживание, отсутствие необходимости нагрева для проведения процесса. Недостатком метода является малая производительность ультрафильтров, что должно учитываться при решении вопросов о его применении в конкретных условиях.

Для повышения производительности ультрафильтров целесообразно применять их промывку растворами ПАВ (например, 6%-м раствором препарата Лабомид-101) примерно через 150-200 ч работы установки, при этом производительность мембран повышается в 2-3 раза [65].

Широкое применение этого прогрессивного метода будет связано с доступностью мембран различного назначения, снижением стоимости, повышением прочности и стойкости к очищаемым стокам [62].

5.5. Адсорбция

Метод адсорбции основывается на способности некоторых твердых веществ концентрировать на своей поверхности вещества, находящиеся в сточных водах. Очистка производится в процессе фильтрации стока через зернистую загрузку с пористыми гранулами, обладающими высокой поглощающей и фильтрующей способностью. Этим способом можно извлекать из сточных вод эмульгированные масла, нефтепродукты, ПАВ и другие органические соединения [25, 62, 70, 91]. При содержании в воде диссоциированных на ионы ПАВ (ионогенных ПАВ и неорганических соединений) этот метод неэффективен.

В качестве сорбентов обычно используют активированные угли, гидрофильные глины, силикагели, алюмогели и др. Наиболее часто применяют активированные угли марок КАД, БАУ, АР-3, АГ. Перечисленные материалы, особенно активированный уголь, дороги, дефицитны и их необходимо периодически регенерировать. Обычно регенерация их ведется в специальных установках термическим методом [51, 52, 62]. Это сдерживает применение адсорбционных методов очистки сточных вод СОЖ [25].

В литературе отмечается целесообразность применения активированных углей на стадиях доочистки вод, содержащих небольшие концентрации ПАВ (не более 100-200 мг/л) [63]. Для очистки маслоэмульсионных стоков рекомендуется использовать более дешевые природные некоксуемые угли [70] или торф [83]. В этом случае становится возможным отказаться от регенерации и использовать насыщенные маслом сорбенты как топливо, например, в котельных или ТЭЦ. Согласно исследованиям, адсорбционная емкость торфа по масло-

продуктам может превышать его вес в 7,5-7,8 раза, степень извлечения эмульгированных масел колеблется в зависимости от типа эмульсии от 30 до 94% [83]. Замена синтетических сорбентов природным углем снижает стоимость очистки в 20-30 раз [25].

Промышленные адсорбционные установки изготавливаются по индивидуальным проектам или выпускаются серийно [27, 43]. Для очистки сточных вод отработанных СОЖ известны аппараты с неподвижным слоем сорбента [25]. Они изготавливаются в виде безнапорных насыпных и напорных (см. п. 3.3.3) фильтров. В очистном сооружении обычно устанавливают не менее двух таких фильтрующих устройств, чтобы иметь возможность вести непрерывную очистку при отключении одного из фильтров на регенерацию загрузки.

Существуют конструкции аппаратов с плотным движущимся слоем сорбента. Они не требуют установки дублирующих адсорберов для регенерации и могли бы быть с успехом использованы для очистки маслоэмульсионных сточных вод. Технические решения таких аппаратов представлены патентами США и Японии (Пат. 3436344, США; Пат. 3513081, США; Пат. 26323, Яп.; Пат. 4086162; США) [51].

Имеются интересные конструкции отдельных элементов аппаратов (А.с. 218070, СССР; А.с. 291960, СССР) [51]. Также имеются сведения по использованию установок с псевдооживленным слоем сорбента и с перемешиваемым сорбентом, однако данных об их применении для очистки сточных вод, содержащих СОЖ, обнаружено не было.

Предложен принципиально новый способ флотосорбции для очистки нефтесодержащих сточных вод [5]. В качестве сорбента используют гидрофобизированный вспученный пористый перлит дисперсностью 0,2-1,2 мм, который вводят совместно с диспергируемым воздухом.

По предлагаемому способу возрастает степень очистки воды в 23-32 раза по сравнению с известными способами адсорбции.

Среди зарубежных публикаций, касающихся очистки маслоэмульсионных стоков, имеется информация об установке, в которой осуществляется двухступенчатый процесс адсорбции-коалесценции с использованием полипропиленового гранулята [72].

5.6. Коагуляция

Сточные воды металлообрабатывающих производств, прошедшие сооружения предварительной механической очистки, представляют собой агрегативно устойчивую систему, максимальные размеры взвешенных частиц которой обычно не превышают 20-60 мкм [91]. Нарушить эту устойчивость можно введением в нее специальных веществ-деэмульгаторов, способных снизить защитные свойства адсорбционного слоя ПАВ на поверхности масляных глобул и вызвать процессы коагуляции или флокуляции.

При очистке маслоэмульсионных сточных вод в качестве деэмульгаторов и коагулянтов могут быть использованы NaCl , FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , CaO , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, взятые отдельно или в сочетании друг с другом. Наиболее эффективными коагулянтами являются $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Эти коагулянты можно также успешно применять для очистки стоков ПАВ, синтетических и полусинтетических СОЖ.

Эффективность метода реагентной коагуляции при очистке стоков от ПАВ может составлять 90% [62], а при очистке от масляных эмульсий - 90-92% [50] (исходные концентрации ПАВ и масел - 200 мг/л и 50-630 мг/л соответственно). Однако эти данные справедливы для сточных вод, содержащих анионные ПАВ и эмульгаторы. Для стоков СОЖ с неионогенными ПАВ этот метод малоэффективен [51, 62, 65]. Так, например, при извлечении из растворов неионогенных ПАВ эффект очистки составлял лишь 25%, а ионогенных (анионных) ПАВ - 70-80% и более [62]. Низкая эффективность метода отмечается и для маслоэмульсионных стоков с неионогенными эмульгаторами [65].

Технология очистки сточных вод методом коагуляции или флокуляции включает в себя приготовление водных растворов коагулянтов или флокулянтов, их дозирование, смешение со всем объемом сточной воды, хлопьеобразование (коагуляцию), удаление хлопьев из воды,

переработку образовавшегося шлама. В некоторых процессах может применяться многоступенчатая обработка воды реагентами.

В процессе работы коагуляционных установок образуется большой объем всплывающего или оседающего шлама, достигающий 10-20% от объема сточной воды, влажность которого очень высока (96-99,8%) [52]. Сложность его переработки, значительный расход реагентов, увеличение степени минерализации воды не позволяют в большинстве случаев рекомендовать коагуляцию как метод самостоятельной очистки для больших объемов сточных вод. Однако в практике работы механических цехов, там, где позволяют условия и объемы производства, коагуляционные установки применяются довольно широко.

Много установок предложено для очистки стоков маслоэмульсионных [37, 54, 73, 79, 88] и водорастворимых [35, 76, 87] СОЖ. Одна из них, обеспечивающая производительность до 50 м³/ч, демонстрировалась на выставке IFAT [73]. В установке с помощью микропроцессора производится анализ содержания загрязняющих веществ в воде и автоматическое дозирование реагентов. На первой стадии сточную воду аэрируют, затем к ней добавляют электролиты для образования микрохлопьев. В случае необходимости нейтрализуют добавлением натронной извести. Далее в сточную воду дозируют полиэлектролиты, в результате чего происходит агломерация с образованием микрохлопьев, которые собираются в фильтрующем патроне. Остаточная концентрация нефтепродуктов в очищенной воде составляет менее 20 мг/л.

Для повышения степени очистки часто применяют коагуляцию в комбинации с фильтрацией, адсорбцией, обратным осмосом и др. Известны комбинированные установки, обеспечивающие получение воды с концентрацией нефтепродуктов и масел менее 10 мг/л [37, 88].

При успешном решении задачи разделения и утилизации компонентов шлама появляется возможность использования установок большой производительности [81].

В настоящее время особое внимание уделяется сокращению потребления химических реагентов и максимальному использованию различных производственных отходов, а также созданию безотходных промышленных процессов. Интересен в этом отношении способ очистки стоков СОЖ, описанный в [15]. В сточную воду вводят комплексный коагулянт, в качестве которого используют раствор после обработки чугунолитейного шлама соляной кислотой, и фильтруют через осадок, полученный при обработке шлама. Использование способа сокращает расход реагентов и ускоряет фильтрацию. В Германии запатентован способ очистки маслоэмульсионных и других сточных вод, при котором в качестве коагулянта применяют летучую золу ТЭЦ [55]. В работе [23] содержатся сведения об эффективной разработке (выполненной Институтом титана) для очистки маслоэмульсионных сточных вод путем их смешивания со стоками определенного состава других производств. Полученный при этом осадок после несложной обработки используется в качестве ценной пластифицированной добавки к строительным растворам.

Как эффективную и производительную среди описанных установок следует также отметить установку, запатентованную в Германии [54], и установки, внедренные на станкостроительном производственном объединении "Красный пролетарий" (г. Москва) и на ГПЗ-5 (г. Томск) [65].

5.7. Флотация

Метод флотации используют для очистки сточных вод, загрязненных нефтью, нефтепродуктами, маслами, жирами, смолами, латексами, продуктами органического синтеза, ПАВ, красителями и др. Кроме того он обеспечивает растворение в воде кислорода, снижение значений ХПК и БПК, удаление летучих компонентов. Флотационный процесс протекает в 4-6 раз быстрее отстаивания при одинаковом количестве удаляемых загрязнений [51].

По способу смешивания сточной воды с воздухом флотационную очистку можно классифицировать следующим образом: с выделением воздуха из раствора (вакуумные, эрлифтные и напорные установки); с механическим диспергированием воздуха (импеллерные, безнапорные и пневматические установки); с подачей воздуха через пористые материалы; электрофлотация.

Для очистки маслоэмульсионных сточных вод, включающих ПАВ, наиболее распространена напорная флотация [50], позволяющая обрабатывать сточные воды с концентрацией загрязнений 4-5 г/л и более [52]. Эффективность очистки от маслопримесей достигает 85-95% [50].

При напорной флотации сточные воды из отстойника (нефтеловушки), гидроциклона или усреднителя насосом подаются в напорный бак (сатуратор) с одновременным подсосом воздуха через специальный патрубок. Насыщенная воздухом в сатураторе при давлении 0,3-0,5 МПа вода поступает во флотационную камеру, где выделяющиеся из сточной воды пузырьки воздуха всплывают вместе с частицами загрязнений. Всплывающая масса непрерывно удаляется механизмами для сгребания пены в пеносборник.

Для флотаторов производительностью до 100 м³/ч применяют прямоугольные флотокамеры, а при производительности свыше 100 м³/ч радиальные [41, 46, 52].

Флотационный способ в чистом виде пригоден для достаточно полного удаления масел и ПАВ из слабоконцентрированных стоков [25, 62]. Часто для повышения активности флотации в сточную воду перед подачей ее во флотокамеру вводят химические реагенты, вызывающие разложение эмульсии и коагуляцию входящих в нее веществ. О работах в этом направлении и появившихся промышленных установках сообщается в литературе [17, 60, 65, 72]. Например, способ реагентной напорной флотации успешно применяется при очистке больших объемов маслоэмульсионных стоков на ГПЗ-2 (г. Москва). Установка напорной флотации "Lugan 500" производительностью 750 л/ч предназначена для очистки тонкодисперсных эмульсий до остаточной концентрации 5 мг/л [72]. Образующуюся в ходе флотации пену обезвоживают до остаточной влажности 70%, а затем сжигают.

Основной недостаток флотационной очистки - то, что утилизация пенного конденсата затруднена и в большинстве случаев экономически нецелесообразна [52]. С этой точки зрения заслуживает внимания запатентованная в США установка [56] для очистки эмульгированных и растворов нефтепродуктов с помощью смеси газов, содержащих металл и углеродороды. В этом случае образующийся ценный продукт достаточно горюч и может быть использован в качестве топлива. Схема очистного сооружения включает в себя вакуумную установку, позволяющую полностью извлекать газы из очищаемой воды.

Из других опубликованных разработок привлекают внимание сатурационное устройство с внутренней секционной структурой, предназначенное для насыщения жидкости газом [22], и системы автоматизации флотационной очистки [65, 68].

Высокую эффективность очистки от эмульгированных масел, нефтепродуктов, ПАВ и других взвешенных и растворенных загрязнений обеспечивает электрофлотация. Особенность ее заключается в образовании флотирующих пузырьков газа в результате электролиза сточной воды. В процессе электролиза на катоде выделяется водород, а на аноде - кислород. Основную роль в процессе флотации играют пузырьки водорода.

Процесс очистки часто ведут с добавлением в сточную воду реагентов, предназначенных для дестабилизации эмульсии, а иногда для предупреждения отложений карбонатов на электродах. Для предупреждения отложений можно периодически менять полярность электродов.

Степень очистки при электрофлотации может быть очень высокой [8, 69]. Электрофлотация в присутствии специальных органических реагентов, являющихся отходами очистных процессов химических производств, позволила обеспечить степень очистки сточных вод сложного состава от ПАВ на 89%, от взвешенных веществ и нефтепродуктов \cong на 100% [8].

По данным [90] электролиз сточных вод в присутствии добавок NaCl или морской воды при исходной концентрации масел 1200 мг/л, твердых частиц - 2900 мг/л, ХПК - 3130 мг/л,

БПК - 2700 мг/л обеспечил содержание этих веществ после обработки соответственно 29, 52, 25, 17 мг/л. Степень удаления масел составила 97,6%. В Германии разработаны установки с мелкопузырчатым аэрированием и утилизацией компонентов из флотоконцентрата [74]. В настоящее время там эксплуатируется 21 электрофлотационная установка.

Технико-экономическое сравнение электро- и напорной флотаций показывает, что при производительности установок 20-30 м³/ч стоимость очистки обоими методами примерно одинакова. При большей производительности электрофлотация менее экономична из-за больших затрат электроэнергии [51].

5.8. Электрокоагуляция

Интенсивная коагуляция загрязняющих веществ сточных вод может происходить при пропускании вод через электролизер с растворимым анодом, изготовленным из алюминия или железа. Металл анода под действием постоянного электрического тока ионизируется и переходит в воду, частицы загрязнений которой коагулируются образующимися труднорастворимыми хлопьями гидроксидов алюминия или железа. Одновременное образование хлопьев коагулянта (у анода) и газовых пузырьков водорода (у катода) в ограниченном межэлектродном пространстве создают условия для надежного закрепления пузырьков газа на хлопьях и эффективного протекания флотационного процесса. Перед электролизом эмульсионную сточную воду обычно подкисляют до pH 5-5,5 для снижения ее агрегатной устойчивости.

Таким методом можно производить очистку от эмульгированных масел, жиров и нефтепродуктов, ПАВ, фосфатов, хроматов и других веществ, а также различных механических примесей со степенью очистки до 99% при исходной концентрации загрязнений не более 7,5-10 г/л [47, 52]. По некоторым публикациям степень очистки может достигать 99-99,9% [26].

Обычно извлечение взвешенных веществ оказывается выше, чем ПАВ. Так, при очистке стоков от анионных ПАВ типа сульфонол концентрацию ПАВ удалось снизить с 850 до 40 мг/л (для низких концентраций - с 94 до 4,2 мг/л), что соответствует степени очистки от ПАВ 95,3-98,8% [62]. Содержание алкилсульфонатов снижалось с 3600 до 42,5 мг/л. При этом концентрация взвешенных веществ снижалась с 5460 до 25 мг/л [46] и достигалась степень очистки от них 99,4%.

Высокая степень очистки при электрокоагуляции позволяет во многих случаях возвращать очищенные воды в производство для их повторного использования без дополнительной очистки на общезаводских сооружениях, что является основным достоинством метода. Другие преимущества его перед реагентной коагуляцией - компактность установок, их дешевизна (стоимость одного аппарата -500-2000 р) [47], отсутствие реагентного и складского хозяйства, простота обслуживания.

Пропускная способность однокамерных установок обычно составляет 10-15 м³/ч [52, 71]. При необходимости обеспечения большей производительности применяют многокамерные установки. Институт "Водоканалпроект" (г. Харьков) и отдел ВНИИВОДГЕО разработали типовые проектные решения установок "Комплект оборудования для электрокоагуляционной очистки сточных вод, загрязненных смазочно-охлаждающими жидкостями", а также рекомендации по применению способа [63].

Установки для очистки маслоэмульсионных сточных вод действуют на Минском моторном заводе, Ждановском заводе тяжелого машиностроения, заводе сельскохозяйственных машин (г. Белая Церковь) и др. [65]. За рубежом на мелких и средних предприятиях металлообработки применяют очистные сооружения, комплектуемые из блоков ЭЛКОФЛОК производительностью 20-200 м³/дн. Степень очистки воды обеспечивает ее повторное использование в производстве и даже прямой спуск в водоемы [92].

Опыт эксплуатации электрокоагуляционных установок показал, что основной их недостаток заключается в снижении производительности вследствие пассивации и зарастания электродов. Пассивацию устраняют сменой полярности электрического тока на электродах, введением в воду депассиваторов, турбулентным движением воды между электродами, вращением электродов, их вибрацией и другими способами.

Наиболее удачно решена задача устранения пассивации в аппаратах колонного типа [48, 62], где сточная вода смешивается с электрогенерированным коагулянтном и пузырьками газа в надэлектродном пространстве, а электроды работают в чистом электролите, содержащем небольшие добавки активаторов анодного растворения. В последующем аппараты этого типа были усовершенствованы [6, 10, 47]. Они обеспечивают высокую степень очистки в течение длительного времени работы: при исходной концентрации примесей 6000 мг/л остаточная концентрация составляет 5-18 мг/л [71].

На базе таких аппаратов действуют промышленные установки на головном заводе ПО "Серп и Молот" (г. Харьков) и заводе тракторных агрегатов им. XXV съезда КПСС (г. Мелитополь), причем на последнем в механическом цехе внедрена система очистки стоков с использованием очищенной воды для приготовления новой СОЖ [47].

Повысить эффективность работы электрокоагуляционных аппаратов при очистке стоков СОЖ и моечных растворов можно и другими способами. Среди них - аэрирование воды, подбор различной плотности электролита и очищаемой жидкости [14], усиление электрохимического процесса коагуляции реагентами [69], применение аппаратов со стружечным анодом [64]. Из зарубежных разработок известны аппараты с перфорированными электродами, расположенными под углом 45° относительно вертикальной оси [53] и со специальной системой коридоров, образуемых электродами [36].

Несмотря на все достоинства метода электрокоагуляции, следует заметить, что он, также как и реагентный метод, малоэффективен для сточных вод с неионогенными ПАВ [65].

5.9. Озонирование

Озон - сильный окислитель, способный разрушать в водных растворах многие органические загрязнения. В результате образуются продукты, которые при сбросе не токсичны и не воздействуют отрицательно на естественные био- и гидрохимические процессы в открытых водоемах [61]. Озонирование не приводит и к увеличению солевого состава очищаемых вод.

Многочисленные исследования показывают эффективность озона при обработке водных растворов, содержащих фенолы, цианиды, циклопентан, циклогептан, тетраэтилсвинец, нафтеновые и сульфонафтеновые кислоты, креозолы, неионогенные и анионные ПАВ, нефть и др.

В сточные воды озон вводят различными способами: барботированием озоновоздушной смеси через слой воды, противоточной абсорбцией озона водой в абсорберах с различными насадками, смешиванием воды с озоно-воздушной смесью в эжекторах или роторных механических смесителях.

Растворимость озона в воде составляет 0,4 г/л при температуре 0°C и давлении 0,1 МПа. При наличии в воде кислот, солей и щелочей (изменяющих рН среды) растворимость озона меняется. Для эффективного озонирования необходимо подбирать определенные условия: рН среды, время контакта, концентрацию окисляемых веществ. Так, при озонировании стоков с концентрацией ПАВ 26 мг/л в щелочной среде (рН 9-10) полное разложение достигалось уже в первые 3-5 мин. В слабокислой среде (рН 5) скорость озонирования оказывалась в 5-6 раз меньше. При концентрации ПАВ 14 мг/л и озоновоздушной смеси в стоках 9,5-15 мг/л (рН 8) полное разложение происходило за 1-3 мин [31]. В то же время при концентрациях ПАВ (сульфонафтенных кислот) 200 мг/л содержание их в воде удалось снизить на 90% при обработке воды в течение 30 мин с расходом озона 5 мг на 1 мг ПАВ [45].

Озонирование сточных вод, содержащих нефтепродукты в концентрациях 50-600 мг/л, снизило концентрацию последних лишь на 50-70%, причем расход озона составлял 25% от исходной концентрации нефтепродуктов. При меньших исходных концентрациях нефтепродуктов степень очистки, согласно приведенным данным [29], была значительно выше:

Концентрация озона, мг/л	27	108	270
Продолжительность очистки, мин	3	12	30
Содержание нефти, мг/л до очистки	34,1	43,3	46,5
после очистки	18,0	3,3	1,9
Расход озона, мг на 1 мг нефти	1,68	1,58	1,6
Степень очистки, %	47	92,4	96

Вследствие подобных результатов появились рекомендации и разработки по применению озонирования в качестве последней ступени обработки маслоэмульсионных вод, содержащих ПАВ, перед их биологической доочисткой [33]. Имеются сведения об успешных экспериментах за рубежом по разрушению масляной эмульсии додецилбензолсульфоната натрия при последовательном проведении в двух камерах электролиза и озонирования [89]. Эффективен комбинированный процесс озонирования и флотации. Например, с использованием озонатора ОП-121 была обеспечена степень очистки 95-96% маслоэмульсионной сточной жидкости при предварительном подкислении стока до pH 5 и затратах реагентов на 1 м³ воды: озона - 50-60 г, концентрированной HNO₃ - 100-120 г, СаО - 10-12 г [40].

Озон и его водные растворы чрезвычайно коррозионны: они разрушают сталь, чугун, медь, резину, эбонит. В связи с чем все элементы оборудования, контактирующего с озоном или его водными растворами, должны изготовляться из нержавеющей стали и алюминия [52].

Процесс окисления сточных вод озоном происходит в камерах реакции, куда подается очищаемая вода и озоноздушная смесь одним из ранее упомянутых способов. Камеры реакции чаще всего прямоугольные, хотя есть разработки и цилиндрических аппаратов [39].

Озон, подаваемый в камеру реакции, вырабатывается в озонаторах, производительность которых имеет большое значение для эффективного ведения процесса очистки. Эффективные модели озонаторов в настоящее время серийно выпускаются ПО "Курганармхиммаш" (г. Курган) с производительностью по озону 1,6 кг/ч [65]. Там же предусматривается серийный выпуск высокопроизводительных и более экономичных озонаторов нового поколения. Следует отметить интересные сообщения о разработке промышленного многоэлементного высокочастотного озонатора, выполненной старшим научным сотрудником МГУ Ю.М. Емельяновым. Производительность на один элемент этого озонатора в несколько десятков раз выше, чем аналогичные показатели у существующих аппаратов. Два таких озонатора работают на Пермском заводе "Моторостроитель", осваивается их выпуск и на Московском заводе им. Хруничева [30].

5.10. Термические и другие способы очистки сточных вод механических цехов

Среди термических методов для очистки сточных вод, содержащих отработанные СОЖ, применяют выпаривание и сжигание. Ввиду высокой энергоемкости и небольшой производительности эти методы пригодны в основном для обработки небольших количеств высококонцентрированных стоков при наличии дешевых источников тепла [25, 52].

Выпаривание обеспечивает разделение отработанных сточных жидкостей с образованием практически чистой воды (конденсата) и легкоутилизируемого осадка. Степень очистки воды достигает 92-99,9% [25]. Наиболее экономичный способ выпаривания был предложен Киевским политехническим институтом - способ погруженного горения [66]. Он позволяет возвращать в технологический цикл 70-80% воды и получать концентрированный остаток,

который можно использовать как топливо на установке термообезвреживания или на другом топливопотребляющем объекте (котлы, печи и др.).

Более высокотемпературный метод (сжигание) заключается в том, что сточная вода вводится в распыленном состоянии в зону горения топлива (900-1000°C), где она испаряется, а органические примеси сгорают. Для снижения вредных выбросов используются специальные циклонные или вращающиеся (барабанные) печи [2, 57] или топки котельных агрегатов [25, 44]. В печах происходит практически полное разложение и окисление органических компонентов сточной жидкости до CO₂ и H₂O. Минеральные примеси при этом образуют твердые или расплавленные частицы, которые выводятся из рабочей камеры печи или уносятся с дымовыми газами. Так как в отработанных СОЖ содержание сернистых соединений значительно ниже (0,1%), чем в широко применяемых мазутах (до 3,5%), то загрязнения окружающей среды не происходит [44].

Производительность способа сжигания в печах также невысока (обычно 0,1-0,5 т/ч). Так, широко распространенный способ сжигания СОЖ в топках котельных агрегатов, разработанный в ВНИИПКнефтехиме (г. Киев), рекомендуется для предприятий, сбрасывающих в год не более 1000-2000 т отработанных СОЖ [66]. Предложены разработки установок топочного типа и более высокой производительности, перерабатывающих 15-20 тыс. т сточных вод в год [44]. Однако более производителен способ сжигания газовой пены в пеногенераторных реакторах при барботаже природного газа [67, 71]. Производительность таких установок достигает 5 т/ч сточной воды. Горение здесь происходит при температуре 1300-1500°C. За счет эффективного горения газовой пены и снижения расхода топлива на 1 т сточной воды себестоимость очистки снижается в 3-5 раз по сравнению с очисткой в циклонных и барабанных печах, а металлоемкость установки уменьшается в 3-4 раза [71].

Помимо сжигания и выпаривания для маслоэмульсионных сточных вод могут применяться методы теплового обезвреживания в комбинации с реагентными. Например, значительного повышения степени расслоения эмульсии можно достичь ее нагреванием до 70-90°C в присутствии серной кислоты (при pH 2,5-3,9), удалением верхнего масляного слоя, последующим кипячением в присутствии перманганата калия (10-50 мг/м³) и повторным удалением верхнего слоя. Подробно описан способ в [20].

* * *

Итак, за последние 5-10 лет в мировой практике обезвреживания жидких отходов механообработывающих производств в качестве основных методов локальной очистки наиболее активно развивались ультра-фильтрация, флотация, электрофлотация, коагуляция, электрокоагуляция и различные комбинированные схемы на их основе. Успешно развиваются методы озонирования и термообезвреживания. Несомненно большинство перечисленных методов в условиях переработки концентрированных сточных вод требуют проведения предварительной механической очистки отстаиванием, гидроциклонной сепарацией или фильтрованием.

Целесообразность применения того или иного метода или их комбинации в условиях конкретного производства зависит, в первую очередь, от объемов, видов и состава сбрасываемых жидкостей, концентрации загрязнений, необходимой степени очистки, требований в соответствии с применяемой технологией повторного использования очищаемых вод, возможности использования городских очистных сооружений и других условий сброса. По выбору целесообразных методов очистки стоков механообработывающих производств в литературе имеются определенные рекомендации, однако достаточно полной и последовательной методики такого выбора пока не разработано. Тем не менее для обеспечения эффективной очистки стоков механообработывающих производств в ряде случаев (в основном при больших объемах разнообразных по составу сточных вод) целесообразно их распределение на две группы: 1) стоки, содержащие нефтепродукты и эмульсии, стабилизированные ионо-

генными эмульгаторами; 2) стоки, содержащие моющие растворы и эмульсии, стабилизированные ионогенными эмульгаторами. Иногда целесообразно производить отдельную очистку сточных вод шлифовальных производств, содержащих электролиты, синтетические и полусинтетические СОЖ.

Для очистки стоков первой группы эффективнее всего оказывается реагентная флотация (см. разд. 3.4.7). При этом предпочтительнее процессы и установки, где удачно решены вопросы утилизации ценного продукта, однако приоритет может быть отдан электрокоагуляции. Высокая степень очистки (до 99-99,9%), возможность повторного использования воды в оборотном цикле без дополнительной очистки, отсутствие реагентного хозяйства и минерализации воды, возможность извлечения ПАВ и некоторых растворенных минеральных веществ (фосфатов, хроматов и др.), дешевизна и компактность установок и простота их обслуживания делают этот метод особенно привлекательным (см. разд. 3.4.8). В то же время там, где есть возможность использовать в качестве реагентов дешевые отходы производства, может быть оправдано применение реагентной коагуляции (см. разд. 3.4.6).

Для очистки стоков второй группы более подходящим способом является электрофлотация, при этом ее можно дополнить доочисткой адсорбцией или озонированием. Можно использовать фильтрацию через пенополиуретановую загрузку с регенерацией ее отжимом. Для стоков второй группы эффективна и флотосорбция (см. разд. 3.4.5).

В случае выделения в отдельную группу стоков шлифовальных производств наибольшее количество рекомендаций относится к методам ультрафильтрации, магнитной фильтрации (см. разд. 3.4.3) и коагуляции с последующей очисткой в мешочных, ионитовых, сорбционных и других фильтрах [4, 73, 83, 96]. Предпочтительными методами очистки здесь являются гидроциклонирование и центробежная сепарация.

При небольших объемах перерабатываемых жидкостей (не более 2,3-2,7 м³/ч) самым предпочтительным и универсальным методом основной стадии локальной очистки является ультрафильтрация. Она пригодна для всех видов сточных вод механообработки с высокой степенью очистки (до 99,8%) при низкой себестоимости и возможном повторном использовании воды и утилизации выделяемых из нее компонентов.

Для очистки высококонцентрированных стоков (в объемах до 5 м³/ч) при наличии дешевых топливных ресурсов (газа) целесообразно применять метод сжигания в пеногенераторных реакторах, при этом отпадает необходимость в сооружениях предварительной механической очистки.

При средних объемах сбросов (до 20-30 м³/ч) наилучшие результаты могут быть обеспечены электрофлотацией и электрокоагуляцией.

Для больших объемов сточных вод (свыше 30 м³/ч), содержащих масла и эмульсии, в качестве основных методов очистки можно рекомендовать флотацию и фильтрацию через пенополиуретановую загрузку с регенерацией ее отжимом. Наиболее перспективным и универсальным методом доочистки всех видов сточных вод механообработки можно считать озонирование, успешное применение которого зависит от темпов производственного освоения и выпуска высокопроизводительных озонаторов (см. разд. 3.4.9).

Следует отметить, что для комплексного решения вопроса обезвреживания сточных вод механообработывающего предприятия необходимо в первую очередь осуществление мероприятий по сокращению потребления технологических жидкостей за счет увеличения срока их службы, после чего следует переходить к выбору рационального метода обезвреживания с учетом конкретных условий производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1154211 СССР, МКИ С 02 L 1/100, 1/40. Установка для очистки поверхностного стока / М.А. Каннер, Е.И. Эткало, А.С. Мкртычян. - N 3660451/23-26; Заявл. 09.11.83; Оpubл. 09.05.85. Б.И. - 1985. - N 17.
2. А.с. 1218254 СССР, МКИ 23 7/00. Циклонная печь для термического обезвреживания сточных вод / М.И. Бернадинер, В.Е. Полянцев. - N 3799471/29-33; Заявл. 05.10.84. - Б.И. - 1986. - N 10.
3. А.с. 1234369 СССР, МКИ С 02 L 1/40, 1/00. Установка для очистки сточных вод от нефтепродуктов / В.В. Шишков, Г.Р. Голубев, В.И. Беликов и др. - N 3779687/23-26; Заявл. 10.08.84. - Б.И. - 1986. - N 20.
4. А.с. 1237637 СССР, МКИ С 02 L 1/40, В 01 Д 17/028. Устройство для очистки сточных вод / Е.П. Якубовский, В.И. Чижов, М.В. Кравцов и др. - N 3791519/23-26; Заявл. 11.09.84. - Б.И. - 1986. - N20.
5. А.с. 1263639 СССР, МКИ С 02 L 1/24. Способ очистки нефтесодержащих сточных вод / Ю.И. Тарасевич, Л.Д. Скрылев, Л.К. Патюк и др. - N 3864690/23-26; Заявл. 12.03.85. - Б.И. - 1986. - N 38.
6. А.с. 1278301 СССР, МКИ С 02 L 1/46. Аппарат для электрохимической очистки загрязненной жидкости / П.П. Шатый, М.М. Назарян, А.А. Ансенко и др. - N 3560899/23-26; Заявл. 09.03.83. - Б.И. - 1986. - N 47.
7. А.с. 1286529 СССР, МКИ С 02 L 1/40, В 01 Д 17/032. Нефтеловушка / М.В. Кравцов, Е.П. Якубовский, Н.В. Васин и др. - N 3948893/31-26; Заявл. 11.06.85. - Б.И. - 1987. - N 4.
8. А.с. 1308562 СССР, МКИ С 02 L 1/46. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов, взвешенных и поверхностноактивных веществ / Т.В. Зубченко, Н.С. Градова, Н.В. Есенина и др. - N 3905041/22-26; Заявл. 19.04.85. - Б.И. - 1987. - N 17.
9. А.с. 1318534 СССР, МКИ С 02 L 1/40, В 01 Д 17/32. Устройство для очистки воды от масел и механических примесей / Д.Д. Мягкий, С.И. Мороз, Е.Ю. Удовиченко и др. - N 4038375/22-26; Заявл. 11.12.86; Оpubл. 23.06.87. - Б.И. - 1987. - N 17.
10. А.с. 1366481 СССР, МКИ С 02 L 9/00. Способ очистки сточных вод, содержащих охлаждающие жидкости / В.В. Березуцкий, М.М. Назарян, Л.Ф. Шамша. - N 3940826/31-26; Заявл. 08.08.85. - Б.И. - 1988. - N 2.
11. А.с. 1373416 СССР, МКИ В 01 Д 23/26, В 04 с 1/00. Напорный фильтр для очистки воды / А.М. Выскребец, С.А. Зеленский, И.П. Гаврилов и др. - N 4122294/23-36; Заявл. 22.09.86. - Б.И. - 1988. - N 6.
12. А.с. 1421421 СССР, МКИ В 04 с 9/00. Гидроциклон для очистки сточных вод / Е.М. Жангужинов. - N 42055095/30-26; Заявл. 04.03.87; Оpubл. 07.09.88. - Б.И. - 1988. - N 33.
13. А.с. 1426951 СССР, МКИ С 02 L 1/40, В 01 Д 17/038. Устройство для очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ / С.М. Шандалов, М.В. Шувалов, Л.Г. Позднышев. - N 4204772/23-26; Заявл. 03.03.87; Оpubл. 30.09.88. - Б.И. - 1988. - N 36.
14. А.с. 1433905 СССР, МКИ С 02 L 1/46. Способ очистки сточных вод / И.И. Уткин, А.Е. Мясоед, М.Я. Шац. - N 4091233/31-26; Заявл. 11.07.86; Оpubл. 30.10.86. - Б.И. - 1986. - N 40.
15. А.с. 1439084 СССР, МКИ С 02 L 1/52. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов / Т.П. Скопин, В.П. Арнаутов, Л.В. Федотова. - N 3956189/30-26; Заявл. 25.09.85; Оpubл. 24.11.88. - Б.И. - 1988. - N 43.

16. А.с. 1445755 СССР, МКИ В 01 Д 23/24. Фильтр для очистки маслосодержащих сточных вод / А.В. Куралесин, В.Е. Тройкин, В.И. Уметский и др. - N 4285365/31-26; Заявл. 15.07.87; Оpubл. 23.12.88. - Б.И. - 1988. - N 47.
17. А.с. 1446114 СССР, МКИ С 02 L 1/24. Сооружение для очистки сточных вод нефтепродуктов и взвешенных веществ / Н.Ф. Редник, Ф.М. Гит. - N 4286290/29-26; Заявл. 17.07.87; Оpubл. 23.12.88. - Б.И. - 1988. - N 47.
18. А.с. 1452550 СССР, МКИ В 01д 35/06, В 03 с 1/100. Способ очистки сточных вод / Ю.П. Беличенко, А.И. Береза, Т.Г. Рудик, Л.С. Алексеев. - N 4072277/23-26; Заявл. 21.02.86; Оpubл. 23.01.89. - Б.И. - 1989. - N 3.
19. А.с. 1473860 СССР, МКИ В 04 С 5/103. Гидроциклон / В.В. Дзюбо, В.Ф. Фельдинг, В.Ф. Шитц и др. - N 4179227/31-26; Заявл. 09.01.87; Оpubл. 23.04.89. - Б.И. - 1989. - N 15.
20. А.с. 237038 ЧССР, МКИ С 02 F 1/40. Zpusob cistení odpadních vod s obsahem ropných latek / Reichman Ferdinand, Heller Zdenek. - N 7729-83; Заявл. 20.10.83; Оpubл. 15.02.87.
21. А.с. 244862 ЧССР, МКИ С 02 F 1/40. Zarizení cistem vod obsahujících ropné latky / Jelinkova Hana. - N PV2904-84; Заявл. 17.04.84; Оpubл. 14.08.87.
22. А.с. 248338 ЧССР, МКИ С 02 F 3/24. Zarizení k poplynování kapalín / Hvizdal Zdenek. - N PV 1562-85; Заявл. 06.03.85; Оpubл. 01.08.88.
23. Анохина Л.Н. Очистка сточных вод промышленных предприятий // Химическое и нефтяное машиностроение. - 1984. - N 11. - С. 41-45.
24. Белан А.Е., Выскребец А.М., Еленский С.А. Промышленные испытания напорного фильтра-циклона ФЦ-1200 для очистки сточных вод от взвешенных веществ и масел // Научные проблемы окружающей среды при проектировании, строительстве и эксплуатации железных дорог: Сб. науч. тр. - Днепропетровск, 1985. - С. 20-26.
25. Бердичевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие средства для обработки материалов: Справочник. - М.: Машиностроение, 1984. - 224 с.
26. Березуцкий В.В. Электрокоагуляционная очистка сточных вод предприятий // Машиностроитель. - 1989. - N 3. - С. 10-11.
27. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика. - М.: Стройиздат, 1977. - 288 с.
28. Вознесенский Б.Н., Алимов Э.Х. Комплексная технология приготовления и регенерации СОЖ // Машиностроитель. - 1983. - N 5. - С. 15-16.
29. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в сточных водах: Справочник. - Л.: Химия, 1982. - 216 с.
30. Дементьева И. Вы, нижеподписавшиеся // Известия. - 1990. - N 49. - С. 3.
31. Деревенченко В.П., Погребная Л.П. Очистка сточных и оборотных вод предприятий цветной металлургии: Сб. науч. тр. - Алма-Ата: НИИцветмет, 1970. - N 4. - 352 с.
32. Дытнерский Ю.И. Мембранные процессы разделения жидких смесей. - М.: Химия, 1975. - 232 с.
33. Жаворонкова В.И., Бурсова С.Н., Моисеева Р.Ф. Окислительные методы очистки сточных вод машиностроительных заводов // Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков машиностроительной промышленности: Мат. семинара. - М., 1988. - С. 49-53
34. Зацепин В.Н., Шигорин Г.Г., Зацепина М.В. Канализация. - Л.: Стройиздат, 1976. - 272 с.
35. Заявка DE 3526863 A1 ФРГ, МКИ С 02 F 1/52. Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung des Abwassers von Cleitschiffprozessen / Eichenberg Norbert. - N P 3526863.8; Заявл. 26.07.85; Оpubл. 29.01.87.
36. Заявка 3641365 ФРГ, МКИ С 02 F 9/100. Vorrichtung zum Reinigen und Aufbereiten von Verschmutzten Wassern / Klose G. - N P3641365.8; Заявл. 03.12.86; Оpubл. 25.08.88.
37. Заявка 3712106 ФРГ, МКИ В 01 D 17/05, В 01 J 4/02. Vorrichtung und verfahren zum Aufbereiten einer Öl / Wehle Volker, Werle Helmut, Spei Brigitte. - N P3712106.5; Заявл. 10.04.87; Оpubл. 20.10.88.

38. Заявка 3712719 ФРГ, МКИ С 02 F 1/40. Verfahren zur Reinigung von mit Leich stoffen, insbesondere verseifbaren Olen oder Fetten, verunreinigten Abwassern / Weiler Walter, Belouschek Peter. - N P3712719.5; Заявл. 14.04.87; Оpubл. 03.11.88.
39. Заявка 26003323 Франция, МКИ С 02 F 1/52, 1/72, В 01 F 3/04, 13/00. Dispositif de transfert de gar et flottation dans le traitement d'eau a epurer / Bourbigot Marie-Marguerite, Faivre Michel. - N 8608780; Заявл. 18.06.86; Оpubл. 24.12.87.
40. Исабеков А.И., Рошин Е.К., Евдокимова Е.В. Очистка маслоэмульсионных сточных вод с применением озонирования и флотации // Эффективные методы очистки и кондиционирования сточных вод предприятий цветной металлургии: Сб. научн. тр. - Алма-Ата, 1987. - С. 80-84.
41. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Под ред. В.Н. Самохина. - М.: Стройиздат, 1981. - 639 с.
42. Карпук Г.С., Костюк В.И. Выделение воды из отработанных водных смазочно-охлаждающих жидкостей // Химия и технология воды. - 1980. - N 3. - С. 253-255.
43. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. - М.: Химия, 1976. - 511 с.
44. Костюк В.И., Красуцкий Г.А., Фельдман Г.А. Термическое обезвреживание СОЖ // Вестн. машиностроения. - 1979. - N 8. - С. 54-56.
45. Ласков Ю.М., Шеховцев И.М. Исследование по очистке сточных вод // Сб. научн. тр. - М.: МИСИ, 1971. - N 87. - 129 с.
46. Мацнев А.И. Очистка сточных вод флотацией. - Киев: Будивельник, 1976. - 132 с.
47. Назарян М.М., Березуцкий В.В. Локальные установки для очистки промышленных стоков // Машиностроитель. - 1989. - N 1. - С. 30-31.
48. Назарян М.М., Ефимов В.Т. Электрокоагуляторы для очистки промышленных стоков. - Харьков: Вища школа. Изд-во при ХГУ, 1983. - 144 с.
49. Начинкин О.И. Полимерные микрофильтры. - М.: Химия, 1985. - 216 с.
50. Охрана окружающей среды: Учеб. пособие для вузов / Под ред. С.В. Белова. - М.: Высшая школа, 1983. - 264 с.
51. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко и др. - М.: Химия, 1983. - 288 с.
52. Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Каремин, Ю.М. Ласков и др.; Под ред. С.В. Яковлева. - М.: Стройиздат, 1985. - 335 с.
53. Пат. 190201 ВНР, МКИ С 02 F 1/46. Berendezes stabilizalt emulziok es/vagy szuszpenziok mekbontasara / Petak Tiborne, Fabics Ferenc. - Заявл. 16.02.82; Оpubл. 29.04.88.
54. Пат. 215521 А1 ГДР, МКИ С 02 F 1/00, С 02 F 1/40. Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung Olemulgierter Abwasser / Ehrhardt J., Schneider G., Harlfinger R. - N WP C 02 F/2509551; Заявл. 17.05.83; Оpubл. 14.11.84.
55. Пат. 238035 ГДР, МКИ С 02 F 9/00, С 02 F 11/12. Verfahren zur Reinigung von Abwasser / Munse Matthias, Geartig Hans Joachim et all. - N 2770200; Заявл. 05.06.85; Оpubл. 06.08.86.
56. Пат. 4627922 США, МКИ С 02 F 1/24. Method of removing dissolved oil from produced water / Viator CL, Gelley G.E., Broussard P.C. et all. - N 0665741; Заявл. 29.10.84; Оpubл. 09.12.86.
57. Пат. 4751887 США, МКИ А 47 J 36/00. Treatment of oil field wastes / Terry Edwin A.V., Eredall Larry K. - N 96894; Заявл. 15.09.87; Оpubл. 21.06.88.
58. Поздняков М.К., Кондратьева Л.И. Мембранная технология очистки моющих растворов // Машиностроитель. - 1988. - N 1. - С. 22.
59. Применение ультрафильтрации для очистки маслоэмульсионных сточных вод / А.Т. Пилипенко, Т.Г. Шелекстина, С.К. Мэн и др. // Химия и технология воды. - 1987. - Т. 9, N 5. - С. 433-440.
60. Промышленные испытания катионного флокулянта при флотационной очистке сточных вод / В.П. Соколов, Л.А. Чикунова, Л.А. Кудрина и др. // Химия и технология топлив и масел. - 1986. - N 12. - С. 34-36.

61. Пушкарев В.В., Трофимов Д.И. Физико-химические особенности очистки сточных вод от ПАВ. - М.: Химия, 1975. - 173 с.
62. Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях / В.М. Макаров, Ю.П. Беличенко, В.С. Галустов и др. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
63. Рекомендации по применению способа электрокоагуляции для очистки концентрированных маслоэмульсионных сточных вод. - М.: ВНИИВОДГЕО, 1986. - 40 с.
64. Слепцов Г.В., Гладкий А.И., Сокол Е.Я. Ресурсосберегающая технология электрохимической очистки маслоэмульсионных сточных вод // Ресурсосберегающая технология в электрохимических производствах: Тез. докл. Респ. конф. - Харьков, 1987. - С. 36-37.
65. Смирнов Д.Н., Генкин В.Е. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1989. - 224 с.
66. Термическое обезвреживание отработанных СОЖ / Г.А. Красуцкий, Г.В. Стрельцов, В.И. Костюк и др. // Машиностроитель. - 1982. - N 7. - С. 33.
67. Удыма П.Г., Кочетков А.В. Термический способ обезвреживания промышленных сточных вод в пеногенераторных реакторах // Тр. Моск. энерг. ин-та. - 1983. - N 620. - С. 97-102.
68. Чебанов В.Б., Манусова Н.Б., Смирнов Д.Н. Система автоматического контроля и регулирования процессов флотационной очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - 1976. - N 3. - С. 15-17.
69. Электрохимическая очистка отработанных моющих растворов машиностроительных предприятий / С.П. Новиков, Т.Л. Шкорбатова, Е.Я. Сокол и др. // Химия и технология воды. - 1987. - Т. 9, N 1. - С. 64-68.
70. Эттингер И.Л., Шлапакова Э.И. Применение природных углей для очистки маслоэмульсионных промышленных стоков // Вестн. машиностроения. - 1979. - N 8. - С. 52-54.
71. Юрьев О.Б. Очистка сточных вод // Машиностроитель. - 1984. - N 3. - С. 25-27.
72. Abtrennung mineralischer Leichtflüssigkeiten aus Abwasser. Schwerkaftabscheidung und Emulsionstrennung // Krafthand. - 1988. - Bd 61, N 17. - S. 1440-1442.
73. Abwasserreinigung mit elektrolyten // Umweltmagazin. - 1987-1988. - N 16. - S. 60.
74. Ansorge Dietmar W. Trennen mit Strom. Abwasseraufbereitung durch Electroflotation // Umwelt. - 1988. - N 6. - S. 66-67.
75. Bodzer M., Kominek O. Ultrafiltracyjna metoda oczyszczenia sciekow zawierajacych emulsje olejowe // Gas, woda i technika sanitarna. - 1979. - N 4. - S. 113-114.
76. Fortsch Adelbert. Wirtschaftliche Behandlung von Gleitschiffabwasser durch Flockung und Filtration // Wasser, Luft und Betr. - 1988. - N 3. - S. 26-31.
77. Gooding C. Reverse osmosis and ultrafiltration solve separation problems // Chem. Eng. (USA). - 1985. - Vol. 92, N 1. - P. 56-62.
78. Gutling Walter, Sefer Edvard. Preciscavanje industryskih otpadnih voda bez upotrebe hemikalija // Zast. mater. - 1988. - Sv. 29, N 1. - S. 30-31.
79. Harlow Brian D. Oil waste treatment and reclamation in the automotive industry // Proc. 37th Ind. Waste Conf., West Lafayette Ind., 11-13 May, 1982: Ann Arbor, Mich., 1983. - P. 197-202.
80. Hartinger Ludwig. Recycling in der metallverarbeitenden Industrie // Oberflache IOT. - 1988. - Bd 28, N 4. - S. 86, 88, 90, 92.
81. Liebherr B., Eugster E. Entsorgung von olhaltigen Alwassern Individuelle Lösungen im kleinen und groben Maßstab // Chem.Anlag Verfahren. - 1988. - Bd 21, N 8. - S. 60-62.
82. Marguardt K. Emulsionstrennung durch Ultrafiltration - ein neues umweltfreundliches Verfahren // Metalloberflache. - 1975. - Bd 29, N 3. - S. 131-132.
83. Mathavan G.N., Virarayhavan T. Utilization of peat in treatment of oily, waters // CSCE Centen. Conf., Montreal, May 19-22, 1987: Proc. Vol. 2. Sec.1. - Montreal, 1987. - P. 155-175.
84. Mylius U.V. Die Entsorgung von Olemulsionen und ulhaltigen Abwassern // Wasser, Luft und Betr. - 1988. - N 7-8. - S. 28, 30, 32, 33.

85. Mylius U.V. Entsorgung von Olemulsionen mittels Ultrafiltration und Konzentratnachbehandlung // 7 Eur Abwasser - und Abfallsymp. EWPCA, Munchen, 19-22 Mai, 1987: Doc. Ptr.st. Augustin, 1987. - S. 149-152.
86. Ol-wasser-Emulsionen mit einer Ultrafiltrationsanlage behandeln und reinigen Abwasserbehandlung im Lohnauftr. // Metalloberfläche. - 1985. - Bd 39, N 5. - S. 1-15.
87. Rodenkirchen M. Reinigung von Awassem aus der Polier- und Gleitschleiftechnik // Glavanotechnik. - 1988. - Bd 79, N 7. - S. 2173-2181.
88. Roediger Markus. Keine Nachteile einhandeen Aufbereitungsanlage entfernt Kohlenwasserstoffe aus abwassern und entsorgt Emulsionen // Maschinenmark. - 1988.- Bd 94, N 30. - S. 22-25.
89. Takahashi Nobuyuki, Katsuki Osamu. Есуй то хайсуй // I. Water and Waste. - 1987. - Vol. 29, N 12. - P. 1137-1143.
90. Terajima Kazuki. Санге когай // Ind. Pollut. Contr. - 1988. - Vol. 24, N 8. - P. 584-590.
91. Tomita S. Санге когай // Ind. Pollut. Contr. - 1984. - Vol. 20, N 9. - P. 845-855.
92. Urbanyi Gyorgy. Olajemulzios szennyzizek elektrokemiai tisztitasa // Magy. kem. lapja. - 1989. - Kut 44, N 1. - Old. 9-15.
93. Wastewater treatment - physical and chemical method / Peters R .W., Ku Y., Boardman G.D. et all // I. Water Pollut. Contr. Fed. - 1984. - Vol. 56, N 6. - P. 553-568.

Глава 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Общий эффект от проведения водоохраных мероприятий складывается из прямого - \mathcal{E}_n и косвенного - \mathcal{E}_k (дополнительного), выражающегося в получении дополнительной продукции или улучшении производственных показателей. Под экономическим эффектом предотвращения загрязнения водных источников понимается выраженная в стоимостной форме величина предотвращаемого (уменьшаемого) ущерба народному хозяйству, за вычетом затрат водоохранного назначения, приведенных к годовой размерности в соответствии с нормативным коэффициентом эффективности капитальных вложений [1, 2, 3].

Общий эффект от проведения мероприятий по охране водных источников от загрязнения определяется:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_n + \mathcal{E}_k = Y_n - Z + Y_{\text{ц}} - \Delta Z_{\text{ц}} + \sum_{j=1}^Q \Delta Z_j,$$

где Y_n - предотвращенный экономический ущерб

$$Y_n = Y_1 - Y_2,$$

Z - затраты на водопользование;

$Y_{\text{ц}}$ - предотвращенный ущерб от сброса ценных веществ;

$Z_{\text{ц}}$ - дополнительные приведенные затраты, связанные с извлечением ценных веществ из сточных вод;

Z_j - экономия приведенных затрат, которые необходимо было бы вложить в народное хозяйство для производства дополнительной продукции в результате проведения j -го водоохранного мероприятия ($j = 1, 2 \dots Q$).

Y_1 - ущерб при отсутствии водоохраных мероприятий;

Y_2 - ущерб, оставшийся после проведения мероприятий по охране водных источников от загрязнения;

Экономическая эффективность водоохраных мероприятий определяется расчетом абсолютной и сравнительной экономической эффективности.

6.1. Определение эффективности повторного использования воды в производстве

Годовой экономический эффект от повторного использования отработанных вод в системах технического водоснабжения определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) \cdot A,$$

где Z_1, Z_2 - приведенные затраты на единицу продукции, производимой с помощью базовой и новой техники;

A - годовой объем производства продукции с помощью новой техники в расчетном году, в натуральных единицах.

При проектировании оборотных или замкнутых систем водоснабжения годовой экономический эффект от внедрения оборотных систем водоснабжения определяется разностью приведенных затрат по системе прямоточного и оборотного водоснабжения [4].

6.2. Экономическое сравнение сооружений по очистке сточных вод

Для определения наиболее выгодного в технико-экономическом плане варианта сооружений по очистке сточных вод пользуются методикой определения экономической эффективности [2].

Согласно этой методике определяют сравнительную технико-экономическую эффективность, показывающую, насколько один вариант сооружений эффективнее другого. Рассмотрение возможных вариантов инженерных водоохраных решений сводится к сопоставлению по рассматриваемым вариантам единовременных затрат K - капитальных вложений и текущих затрат, C - себестоимости годового объема продукции или годовых эксплуатационных затрат [3, 2].

При рассмотрении двух вариантов решений создания очистных сооружений соотношения сводятся к следующим случаям:

$$K_1 < K_2; C_1 < C_2;$$

$$K_1 < K_2; C_1 < C_2,$$

где K_1 и K_2 ; C_1 и C_2 - значения для двух сравниваемых вариантов.

В первом случае, когда единовременные и текущие затраты по одному варианту меньше, чем по другому, экономически эффективнее первый вариант.

Для определения экономически эффективного варианта во втором случае используют коэффициент сравнительной эффективности E :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_1 - K_2}$$

Нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности E_n применительно к очистным сооружениям канализации принимается $E_n = 0,12$. Если при сравнении двух вариантов сооружений расчетный показатель эффективности больше нормативного, т.е. $E > E_n$, то эффективным считается вариант с большими капитальными вложениями и меньшими текущими затратами. Если же $E < E_n$, то эффективнее вариант с меньшими единовременными и большими текущими затратами.

На современном этапе результатом действия водоохраных мероприятий следует считать предотвращение или снижение ущерба у водопотребителей, водопользователей и в окружающей среде, вызванного загрязнением и истощением водных источников.

Водоохраные мероприятия разделяются на одноцелевые и многоцелевые [1]. Одноцелевые водоохраные мероприятия направлены на снижение загрязнения водных источников (очистка сточных вод, аэрация, защитные зоны, препятствующие попаданию сточных вод в водные объекты). Многоцелевые водоохраные мероприятия направлены на снижение загрязнения водных источников, а также на получение дополнительного производственного (косвенного) эффекта (например, очистка сточных вод с последующим извлечением ценных веществ; использование твердых осадков для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и др.).

В связи с этим для оценки эффективности водоохранной деятельности могут использоваться два рода критериев: социально-экологический и экономический. Первый позволяет определять, в какой мере соблюдаются нормативы качества воды, второй - какие экономические выгоды при этом достигаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карабан И.Н., Беличенко Ю.П. Оценка экономической эффективности водоохранных мероприятий в условиях неполной информации // Вод. ресурсы.- 1984. - № 2. - С. 28-34.
2. Методика определения экономической эффективности водоохранных мероприятий. - М.: ВНИИЭУВХ и ВНИИВО, 1980. - 71 с.
3. Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях / В.М. Макаров, Ю.П. Беличенко, В.С. Галустов, А.И. Чуфаровский.- М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
4. Рекомендации по экономическому стимулированию рационального водопользования и созданию оборотных и бессточных систем водоснабжения на промышленных предприятиях. - М.: ВНИИПэкономики, 1983. - 56 с.

Глава 7. ОТХОДЫ ЦЕХОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ

7.1. Классификация и обработка отходов

Загрязнение почвы выбросами механических цехов осуществляется через атмосферу (смоги, кислотные дожди, пыль и сточные воды). Значительным источником загрязнения земли является хранение стружки и шламов на городских промышленных свалках, а также складирование неочищенной стружки, шламов на территории завода. Это позволяет дождевым стокам при таянии снегов переносить в почву и водоемы масла, различные соли, тяжелые металлы, грязь, нефтепродукты.

В отходах процесса обезвреживания сточных вод, очистки СОТС, СОЖ, шламов с металлорежущих станков содержатся растворимые и твердые примеси металлов, а также остатки ПАВ и других токсичных веществ. Они являются источником эмиссии токсикантов в почву и подпочвенные воды. Как правило, выделяются соединения меди, хрома, кадмия, никеля, цинка, ртути, алюминия, свинца. Наиболее ядовиты и опасны ртуть, хром, свинец, кадмий, селен, ванадий [5, 6].

Все виды отходов механических цехов делятся на твердые и жидкие. К твердым отходам относятся отходы металлов, древесных опилок, пластмасс, пыли минерального и органического происхождения от очистных сооружений в системах очистки газовых выбросов, а также мусор, состоящий из различных органических и минеральных веществ: резины, бумаги, тканей и т.п. К жидким отходам относятся осадки сточных вод после их обработки, а также шламы пылей минерального и органического происхождения в системах мокрой очистки газов, шламы с металлорежущих станков.

Для использования отходов в качестве вторичного сырья разработана их промышленная классификация в ГОСТ 1639-78 [1].

Разработка мероприятий по обезвреживанию и переработке не утилизируемых отходов способствовало внедрению их классификации по гигиеническому и технологическим признакам на шесть категорий, приведенных в табл. 7.1 [6].

Большая часть твердых отходов механических цехов состоит из изношенных и вышедших из употребления и бракованных деталей и стружки. Первичную обработку твердых отходов целесообразно проводить в механических цехах с тем, чтобы сократить затраты на погрузочно-разгрузочные работы, снизить потери СОТС, высвободить транспортные средства, улучшить санитарно-гигиеническое состояние цехов и территории завода.

Стружка металла по транспортерам должна поступать на различные установки для отделения ее от СОЖ, размельчения и сушки. Такие установки предлагают немецкие (ФРГ) [8, 11] и американские [10] фирмы. Их описание дано в [9, 12].

Принцип работы установок примерно одинаков. Стружка по транспортеру поступает в отстойник, куда стекает 15-20% СОЖ, затем перемещается в сепаратор, где отделяется мелкая стружка от длинномерной (последняя поступает в центрифугу). Со стружки удаляется еще 2-3% СОЖ. Из центрифуги длинномерная стружка поступает в установки для дробления и сушки. СОЖ перемещается в отстойник, из которого перекачивается на участок приготовления СОЖ и вновь используется.

Установки для очистки стружки от СОЖ имеют производительность от 300 до 16000 кг/ч и степень очистки - 98-100%.

Классификация отходов по санитарно-гигиеническому признаку [6]

Категория	Характеристика отходов по виду загрязнения	Годовое накопление ко всей массе отходов, %	Рекомендуемые методы утилизации или ликвидации
Первая	Инертные	57,0	Использование для планировочных работ
Вторая	Легкоразлагающиеся органические вещества	3,0	Складирование или переработка совместно с твердыми бытовыми отходами
Третья	Слаботоксичные малорастворимые в воде	30,0	Складирование совместно с твердыми бытовыми отходами
Четвертая	Нефтемаслоподобные	1,5	Сжигание, в том числе с твердыми бытовыми отходами
Пятая	Токсичные со слабым загрязнением воздуха	3,0	Складирование на полигоне промышленных отходов
Шестая	Токсичные, том числе: минеральные органические	3,5 2,0	Групповое или индивидуальное обезвреживание на специальных сооружениях

Жидкие отходы (шламы) очищаются от СОЖ с помощью осаждения, фильтрования и флотации. Процесс осаждения шлама протекает медленно и осадок получается рыхлым, в виде геля. Он требует центрифугирования, обезвоживания. Поэтому целесообразно использовать флотацию и электрофлотацию [4, 7]. Устройства для флотации состоят из барботеров, коллекторов и транспортеров. Они позволяют многократно использовать электролит, СОЖ, исключая необходимость слива их в канализацию. Уловленный и уплотненный шлам можно использовать как вторсырье.

В Японии [3] предложена подвижная установка для удаления шлама вместе с эмульсией из бака станка с последующим уплотнением шлама и использованием СОЖ.

Проблема обработки осадков сточных вод весьма сложна и технологически наименее разработана.

В общем виде технологическая схема обработки осадков включает следующие стадии: кондиционирование, стабилизацию, обеззараживание, обезвоживание, уплотнение.

Стадия кондиционирования обеспечивает подготовку осадка к обезвоживанию за счет изменения структуры осадка и форм связи воды. Наиболее распространена реагентная обработка минеральными коагулянтами. Применяются также методы тепловой обработки, жидкофазное окисление, замораживание и оттаивание.

Стабилизация и обеззараживание для предотвращения загнивания осадка достигаются минерализацией с помощью анаэробного (метанового) сбраживания, аэробного окисления, подщелачивания, высушивания.

При обезвоживании и уплотнении уменьшается содержание влаги в шламах. Обезвоживание и уплотнение осадков может осуществляться в естественных условиях на иловых площадках и в искусственных - на вакуум-фильтрах, центрифугах, виброфильтрах, фильтр-прессах, а также с помощью ленточного фильтр-пресса [4, 6].

7.2. Утилизация и ликвидация отходов

Эффективность использования отходов металлов зависит от их качества. Сбор, хранение и сдача отходов металлов регламентируется специальными стандартами [1, 2].

На предприятиях, где образуется большое количество металлоотходов, организуются специальные участки, цехи утилизации. В этих подразделениях проводятся рубка, резка и пакетирование высечки и обрезков металла, если металлоотходов образуется в месяц 50 т и более. Каждая партия должна быть однородной и иметь паспорт, удостоверяющий химсостав металлоотходов.

Стружку перерабатывают на пакетирующих прессах, стружко дробилках, брикетировочных прессах. Брикетированию подвергается сухая и неокисленная стружка одного вида, не содержащая посторонних примесей, с длиной элемента для стали 40 мм, для чугуна 20 мм. Прессование витой стружки целесообразно проводить в отожженном состоянии.

Чистые однородные пакетированные и брикетированные отходы с паспортом используют в литейных цехах данного предприятия или на металлургических заводах.

В состав промышленного мусора механообрабатывающих цехов входят: отходы древесины, тканевая ветошь, бумага и т.д. Разделение этого мусора на отдельные компоненты экономически нецелесообразно. Разработаны и внедрены технологии обработки, утилизации и ликвидации промышленного мусора. Качественный и количественный состав мусора механических цехов примерно стабилен, поэтому технология переработки мусора разрабатывается применительно к конкретному предприятию. В Запорожье разработана система переработки мусора в строительные материалы, из которых изготавливают стеновые панели и несущие конструкции зданий.

В Германии применяют безотходную переработку отходов (шламов) в электродуговой печи. В результате переработки 1 т отходов образуется 140 кг феррометалла.

Переработку твердых бытовых и промышленных отходов в Москве, С.-Петербурге и Ереване производят на специальных заводах. В С.-Петербурге работает завод по обезвреживанию и переработке 400 тыс. м³ в год твердых отходов, который ежегодно вырабатывает 2 тыс. т компоста.

При проектировании и эксплуатации систем очистки сточных вод предприятий следует учитывать не только использование осадков и шлама сточных вод, но также и других продуктов. Так, при сбраживании осадков сточных вод в метантенках выделяется большое количество газа, состоящего из метана (2/3 от общего объема) и диоксида углерода. Метан можно использовать для подогрева метантенков или воды, пара.

При очистке сточных вод от маслопримесей в отстойниках, гидроциклонах и других устройствах собирается большое количество маслопримесей, из которых после отстаивания их во вторичных отстойниках утилизируется чистое масло, которое затем используется.

Если переработка отходов экономически нецелесообразна, то возможно их захоронение, производимое в специально отведенных местах по согласованию с органами государственного санитарного надзора.

Ликвидация осадков и шламов сточных вод применяется в тех случаях, когда утилизация их невозможна или экономически нерентабельна. Выбор метода ликвидации осадков определяется их составом, а также размещением и планировкой предприятия. Самый распространенный метод ликвидации осадков сточных вод - сжигание в многоподовых, циклонных печах, а также печах кипящего слоя и специальных установках [4, 5, 6].

К временным мероприятиям по ликвидации осадков сточных вод относятся: сброс жидких осадков в накопители и закачка в земляные пустоты.

Для переработки и захоронения промышленных отходов механообрабатывающих цехов наиболее целесообразно сооружение специальных полигонов. Так, на полигоне "Красный бор" (г. С.-Петербург) имеются оснащенные участки контроля и лаборатория приема и обезвреживания отходов гальванических цехов, органических отходов, приема и сжигания жидких горючих и других отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 1639-78. Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1978. - 4 с.
2. ГОСТ 2787-75. Металлы черные вторичные. Общие технические условия.- М.: Изд-во стандартов, 1975. - 5 с.
3. Заявка 62-297067 Япония, МКИ В 2 В 55/12. Способ отделения СОЖ от стружки / Иси-кава Цутому; НИСИН СЭЙКО К.К. - N 61-139349; - Заявл. 17.06.86; Опубл. 24.12.87.
4. Капинос П.И., Панасенко Н.А. Охрана природы. - Киев: Выща шкiла, 1989. - 255 с.
5. Одум Ю.П. Экология: Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 326 с.
6. Охрана окружающей среды / Под ред. С.В. Белова. - М.: Высшая школа, 1983. - 264 с.
7. Худобин Л.В., Рябов Г.К. Применение флотационной сепарации для очистки СОЖ от шлифовального шлама // Вестн. машиностроения. - 1988. - N 6. - С. 54-56.
8. Anlage fur Spanentolung // VDI - Zeitschrift. - 1988. - Bd 130, N 6. - S. 107.
9. Fahrbarer Metallspanesauger // Maschine. - 1988. - Bd 42, N 7-8. - S. 35-36.
10. Marti Jorg W. Kostenverriggerung im CNC - Bereich, Spanentlung mit System // Schweiz. Maschinenmarkt. - 1988. - Bd 88, N 38. - S. 40-41.
11. Muller Alois. Aufbereitung metallischer Spne // Maschine. - 1988. - Bd 42, N 7-8. - S. 33-35.
12. Schwierig schon seit eh und je: Anlage entt Spane aus Gub und Aluminium im Wechsel // Maschinenmarkt. - 1989. - Bd 95, N 10. - S. 39.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Механические цехи машиностроительных предприятий являются источниками загрязнения воздуха, воды и почвы.

2. Применяемые при механической обработке металлов резанием СОТС, СОЖ, МС, электролиты представляют собой основные источники загрязнения, поэтому необходимо совершенствование их химсостава с целью увеличения срока эксплуатации, уменьшения токсичности. Все СОТС, СОЖ, МС, электролиты должны проходить обязательную экологическую экспертизу (для чего на предприятиях должна быть экспертная группа).

3. Возникающие при механической обработке пыль, туманы, пары и газы выбрасываются, как правило, с вентиляционными выбросами в атмосферу. Для очистки их применяются различные методы и конструкции очистных устройств. Целесообразность использования того или иного метода, или конструкции зависит от объемов выбросов, их состава и концентрации.

4. Доминирующую роль в формировании состава стоков машиностроительных предприятий занимают СОЖ, СОТС, ПАВ, что создает большие трудности для очистки стоков. С целью сокращения загрязнения сточных вод необходимо создавать системы очистки и регенерации отработанных СОТС, СОЖ, а также повторного их использования.

5. Существуют различные методы и устройства для очистки и регенерации СОЖ, а также малоотходная технология применения СОЖ.

6. Обезвреживание стоков машиностроительных предприятий производится ультрафильтрацией, флотацией, электрофлотацией, коагуляцией, электрокоагуляцией, озонированием, термообезвреживанием и различными комбинированными процессами. Концентрированные сточные воды должны подвергаться предварительной механической очистке отстаиванием, гидроциклонной сепарацией или фильтрованием.

7. Целесообразность применения того или иного метода или их комбинаций в условиях конкретного производства зависит от объема выбросов в стоки, вида и состава сбросов, концентрации загрязнений, необходимой степени очистки, требований повторного использования сточных вод. В связи с этим необходимо разработать полную, последовательную методику по выбору оптимальных методов очистки сточных вод.

8. В процессе механической обработки деталей появляются пыль, стружка, шламы, для которых используются различные методы улавливания, утилизации и уничтожения. Выбор метода зависит от состава, концентрации и объема выбросов. Наиболее приемлем вариант обезвреживания и утилизации выбросов на специальных полигонах.

9. С целью исключения влияния выбросов механических цехов на экологическое состояние воздуха, воды и почвы необходимы определенные законодательные и организационные мероприятия.

10. Необходимо создание на машиностроительных заводах специальных служб, которые должны контролировать концентрации и состав выбросов, разрабатывать, внедрять и вести экологические паспорта цехов, оценивать работу очистных установок, оборудования и устройств.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Каменская Анеля Альфонсовна - к.т.н., доцент Алтайского политехнического института им. И.И. Ползунова, кафедра "Технология машиностроения" - разделы 1, 4, 6.

Ковалова Роза Илларионовна - к.т.н., доцент Алтайского политехнического института им. И.И. Ползунова, кафедра "Технология машиностроения" - введение, разделы 1, 2, 7, заключение.

Лабецкий Валерий Митрофанович - к.т.н., доцент Алтайского политехнического института им. И.И. Ползунова, кафедра "Технология машиностроения" - разделы 3, 5.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА	5
1.1. Водные СОЖ.....	5
1.2. Масляные СОЖ	8
1.3. Газообразные СОТС	9
1.4. Твердые и пластичные смазочные материалы	10
1.5. Моющие средства	10
1.6. Экологические аспекты производства и применения СОЖ, моющих средств	11
1.7. Рекомендации по применению СОТС	12
ЛИТЕРАТУРА.....	16
Глава 2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВЫБРОСАМИ ЦЕХОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	17
2.1. Источники и состав загрязнения атмосферного воздуха	17
2.2. Способы уменьшения загрязнения воздушной среды цехами МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	20
2.2.1. Сухие и мокрые пылеуловители.....	21
2.2.2. Фильтры и туманоуловители	23
2.2.3. Очистка выбросов механических цехов от газо- и парообразных примесей	26
2.3. РАССЕИВАНИЕ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРЕ	29
2.4. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ	30
2.4.1. Контроль концентрации пыли	30
2.4.2. Контроль концентраций газо- и парообразных выбросов	31
ЛИТЕРАТУРА.....	32
Глава 3. СТОКИ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ И ПУТИ ЗАЩИТЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	34
3.2. СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ СТОКАМИ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ	36
ЛИТЕРАТУРА.....	38
Глава 4. ОЧИСТКА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СОЖ.....	39
4.1. Способы и устройства очистки СОЖ.....	39
4.1.1. Фильтрация СОЖ.....	39
4.1.2. Гравитационная очистка	42
4.1.3. Центробежная очистка	42
4.1.4. Магнитная очистка	43
4.1.5. Комплексы очистки СОЖ	43
4.2. РЕГЕНЕРАЦИЯ СОЖ.....	45
4.2.1. Регенерация масел и эмульсолов.....	45
4.2.2. Регенерация эмульсий	46
4.3. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ СОЖ.....	47
4.3.1. Обезвреживание эмульсий	47
4.3.2. Обезвреживание синтетических СОЖ.....	49
4.3.3. Обезвреживание масел	49
4.3.4. Биологические способы очистки.....	50
4.3.5. Утилизация отработанных СОЖ.....	50

4.3.6. Обеззараживание воды	51
4.4. Малоотходная технология применения СОЖ	51
ЛИТЕРАТУРА	54
Глава 5. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ	56
5.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКИ СТОКОВ	56
5.2. Отстаивание и циклонная сепарация	56
5.3. ФИЛЬТРОВАНИЕ	57
5.4. УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ	58
5.5. АДСОРБЦИЯ	59
5.7. ФЛОТАЦИЯ	61
5.8. ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИЯ	63
5.9. ОЗОНИРОВАНИЕ	64
5.10. ТЕРМИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ	65
ЛИТЕРАТУРА	68
Глава 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	73
6.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ..	73
6.2. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ СООРУЖЕНИЙ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД	74
ЛИТЕРАТУРА	75
Глава 7. ОТХОДЫ ЦЕХОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ	76
7.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБРАБОТКА ОТХОДОВ	76
7.2. УТИЛИЗАЦИЯ И ЛИКВИДАЦИЯ ОТХОДОВ	78
ЛИТЕРАТУРА	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	81
СОДЕРЖАНИЕ	82

Каменская Анеля Альфонсовна
Ковалова Роза Илларионовна
Лабецкий Валерий Митрофанович

**Воздействие производств обработки металлов резанием
машиностроительных предприятий на окружающую среду и способы
снижения наносимого ущерба**

Аналитический обзор

Художник В.Н. Лебедев

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы Xerox Ventura Publisher
Верстка выполнена Н.П. Куколевой

Подписано в печать 20.11.92 г. Формат 60 x 84 / 16. Бумага писчая.

Ротапринт Усл. печ. л. 6,7 Уч. изд. л. 8,2 Тираж 300

Заказ 784 Цена свободная

ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, Восход, 15. Типография ГПНТБ СО РАН.
Новосибирск, пр. К. Маркса, 2.