

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ-МСХА
ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Балабанов В.И., Журавлева Л.А., Мартынова Н.Б.



ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебник

для обучающихся по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

Москва 2022

УДК 574

ББК 30.69

Рецензенты:

Д.т.н., профессор кафедры техносферной безопасности и транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО Саратовской ГАУ

А.И. Есин

Д.т.н., профессор кафедры «Инженерные изыскания, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

А.В. Кравчук

Б20 Балабанов В.И., Журавлева Л.А., Мартынова Н.Б.
«Инженерная защита окружающей среды»: учебник / В.И. Балабанов, Л.А. Журавлева, Н.Б. Мартынова – Москва: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022г. –233 с .
ISBN 978-5-9675-1933-8

В учебнике приведена классификация и характеристики основных видов загрязнений окружающей среды, рассмотрены основные закономерности инженерной защиты атмосферы, гидросферы, литосферы от химических и физических видов загрязнений. Приведено описание основных химических, физико-химических и биохимических процессов очистки сточных вод и защиты литосферы от отходов, рассмотрены механические процессы переработки жидких и твердых отходов, изложены теоретические основы процессов защиты от энергетических воздействий.

Учебник предназначен для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Техносферная безопасность». Может быть использован практиками, в системах послевузовского образования и повышения квалификации.

ISBN 978-5-00207-053-4

УДК 574

© Балабанов В.И. 2022

УДК 574

ББК 30.69

ВВЕДЕНИЕ

Человек и природа неотделимы друг от друга и тесно взаимосвязаны. Природа является средой жизни и единственным источником необходимых для жизни ресурсов. Природа и ее ресурсы – основа жизни и развития человеческого общества.

Однако каждое новое десятилетие все сильнее обостряет противоречия во взаимодействии общества и природы. В эпоху научно-технического прогресса значительно усилилось давление на природу хозяйственной деятельности человека. Чрезмерные антропогенные нагрузки, несовершенство технологий производства, приводящих к истощению и загрязнению природной среды, резко ухудшили качество всех природных систем.

Наблюдаются такие опасные процессы, как изменение климата, газового состава атмосферы, выпадение кислотных осадков, истощение озонового слоя.

Наибольшую нагрузку на мировые земельные, почвенные и водные ресурсы оказывает сельское хозяйство. Расширение и бесконтрольное использования удобрений, механизация сельского хозяйства и общее воздействие более высокой интенсивности монокультурного земледелия, выпаса скота – все это значительно истощает плодородие земель, приводит к деградации земель и загрязнению поверхностных и подземных вод. Продуктивная способность систем земельных и водных ресурсов приближается к своему пределу. По мере интенсификации сельского хозяйства степень и серьезность деградации земель растет.

В огромных количествах извлекаются из недр полезные ископаемые, однако лишь небольшая их часть рационально используется человеком, в результате чего нарастает объем загрязняющих среду отходов.

Инженерная защита окружающей среды (она же инженерная экология, природоохранная инженерия (англ. *environmental engineering*)) — совокупность научных и инженерных принципов по улучшению природной среды, обеспечивающих чистую воду, воздух и землю для обитания человека и других организмов, а также по очистке загрязненных участков.

Инженерную защиту окружающей среды также можно охарактеризовать как отрасль прикладной науки и техники, занимающуюся решением вопросов о сохранении энергии, а также контроля отходов от деятельности человека и животных. Кроме того, она связана с поиском решений проблем в области общественного здравоохранения, организации очистки сточных вод, контроля за загрязнением воздуха, переработки и захоронением отходов, радиационной защиты, промышленной санитарии, воздействий строительных проектов на окружающую среду и др.

Инженерная защита окружающей среды – молодое направление, изучающее взаимодействие природы и техники, закономерность формирования природно-технических систем и возможные способы управления этими

системами, для обеспечения экологической безопасности и защиты природной среды.

Задачи инженерной защиты окружающей среды состоят в обеспечении соответствия экологическим требованиям технологических процессов и самой техники на промышленных объектах.

Предметом изучения инженерной защиты окружающей среды является, и воздействие экологических факторов, и влияние живых организмов на производственные объекты.

§ 1 ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ ЗНАНИЙ О ЧЕЛОВЕКЕ И ПРИРОДЕ

Пытаясь разобраться в проблемах воздействия человека на окружающую среду, способах защиты от негативных проявлений этого воздействия, человечество создало множество наук и научных направлений, каждое из которых оперирует своей терминологией и использует свои методы исследований.

Понятийный аппарат инженерной защиты окружающей среды включает в себя множество терминов, сформированных на стыке различных областей знаний. Рассмотрим некоторые из них.

Биосфера – оболочка земли в которой развивается жизнь разнообразных организмов, охватывающая нижнюю часть атмосферы (до 15 км), всю гидросферу (до 12 км) и верхнюю часть литосферы (до 5 км).

В биосфере живые организмы и среда их обитания органически связаны друг с другом.

Биосфера возникла 3,5...4,5 млрд. лет назад и представляет собой результат взаимодействия живой и неживой материи. (Развитие понятия биосферы – В. И. Вернадский).

Биосфера развивается. Человеческое общество является одним из этапов развития жизни на Земле, т.е. одним из этапов биогенеза. Отличительной чертой биогенеза на современном этапе эволюции является влияние разума (разумной деятельности человека).

Ноосфера – сфера разума, высшая стадия развития биосферы, связанная с возникновением и развитием в ней человечества, когда разумная человеческая деятельность становится главным фактором развития.

Одним из важнейших является понятие «экологическая система» (экосистема), которая относится к классу сложных систем, что связано со сложностью ее определения и писания, многозвенность структурного состава и многосвязность составляющих структурных единиц.

В последнее время появилось большое количество словосочетаний, использующих классический термин «экология». Впервые термин был предложен немецким ученым Эрнстом Геккелем в 1886 г. Изначально экология рассматривалась как наука, исследующая закономерности жизнедеятельности

организмов в их естественной среде обитания, т.е. как биоэкология. В настоящее время этот термин употребляют гораздо шире, для обозначения системы экологических знаний, состоящей из самых различных направлений.

Экология – наука, изучающая условия существования живых организмов, их взаимосвязь между собой и средой, в которой они обитают.

Экологическая система (экосистема) – это совокупность совместно обитающих разных видов организмов и условий их существования, находящихся во взаимосвязи друг с другом.

Экологические системы могут быть самыми разными:

-микросистемами (горшок с цветком);

-мезосистемами (пруд со своими обитателями);

-макросистемами (континент с людьми, животными, насекомыми и др.)

Еще одно не менее важное понятие – экологический фактор.

Экологический фактор – элемент среды, оказывающий существенное влияние на живой организм.

Экологические факторы принято делить на:

-факторы неживой среды (например, климатические – температура, влажность, давление и т.д.);

-биотические – факторы живой среды, связанные с влиянием живых существ;

-антропогенные – факторы, влияющие в процессе деятельности человека.

Экология человека – наука, занимающаяся исследованием экосистемы «человек – окружающая среда».

Основной предмет изучения антропогенной экологии – воздействие человека на окружающую его среду, а также и обратное влияние окружающей среды на жизнедеятельность человека.

Антропогенная экология является междисциплинарной наукой, базирующейся на комплексе «экологизированных» фундаментальных наук и прикладных дисциплин, решающих проблемы рационального взаимодействия человеческого общества и природы. Особое место среди прикладных дисциплин, входящих в антропогенную экологию, занимает инженерная экология.

Инженерная экология – прикладная дисциплина, представляющая собой систему научно обоснованных инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества окружающей среды в условиях растущего промышленного производства.

Инженерная экология возникла на стыке технических, естественных и социальных наук.

Наряду с термином «инженерная экология» часто используются близкие по смыслу термины, например: «прикладная экология», «промышленная экология», «безопасность жизнедеятельности», «защита окружающей среды», «охрана окружающей среды», «охрана труда» и т.п.

Охрана окружающей среды – система правовых, технических и санитарных мер, обеспечивающих рациональное использование, сохранение и воспроизводство природных ресурсов.

Охрану окружающей среды следует отнести к направлениям, использующим экологические знания, скорее в контексте запретов или ограничений (технических, юридических, организационных и т.п.) нежели оптимизации природопользования.

Тем не менее, охрана окружающей среды является системой, практически реализующей целенаправленные действия, сформировавшиеся в рамках научной дисциплины «Инженерная защита окружающей среды или «Инженерная экология».

Инженерная защита окружающей среды – система научно обоснованных инженерно-технических мероприятий, нацеленная на разработку инженерных методов исследования экосистемы «человек – окружающая среда», инженерно-технических методов и средств защиты человека и окружающей его среды от особоопасных, опасных и вредных антропогенных факторов.

В качестве экологической системы «человек – производственный объект – окружающая среда» может рассматриваться любое промышленное предприятие, включающее в себя материальные, энергетические и людские ресурсы, занятые в производственном процессе.

Проблема экологической безопасности в рамках производственного предприятия должна анализироваться в широком аспекте как комплексная задача обеспечения внутрипроизводственной безопасности и безвредности, а также защиты окружающей среды.

Решение проблемы экологической безопасности производственных предприятий требует системы знаний, объединяющей достижения в области

безопасности труда, охраны окружающей среды и промышленной безопасности.

Охрана труда – система законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Техника безопасности – система организационных и технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Охрана окружающей среды – система правовых, технических и санитарных мер, обеспечивающих рациональное использование, сохранение и воспроизводство природных ресурсов.

При систематизации информации об экосистеме «человек – производственный объект – окружающая среда», разработке технических методов и средств защиты человека и окружающей его среды используется обобщенное понятие «антропогенные производственные факторы» (АПФ).

Антропогенные факторы – факторы, возникающие в процессе деятельности человека.

Надо отметить, что деятельность человека может быть бытовой, производственной и также связанной с военными действиями, носить случайный или преднамеренный характер. А антропогенные факторы могут вызывать негативные изменения здоровья человека, непосредственно занятого в производственном процессе, и антропогенные изменения окружающей среды, подверженной воздействию данного производственного процесса.

По своей природе антропогенные факторы могут быть:

- физическими,
- химическими,
- биологическими,
- психофизиологическими.

По своему действию АПФ могут разделяться на:

- вредные, воздействия которых на работающих в определенных условиях приводят к заболеванию или снижению работоспособности (например, шум, вибрация, электромагнитные поля),
- опасные, воздействия которых в определенных условиях приводят к травме или другому резкому ухудшению здоровья (электрический ток,

химические вещества в определенных концентрациях и др.), В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

-особо опасные – которые при определенных условиях приводят к промышленной аварии, когда создают поражающие факторы для населения, персонала, окружающей среды, приводящие к катастрофическим последствиям (пожар, взрыв, радиация и др.).

Количественную оценку дает вероятность возникновения данных факторов и понятие «риски».

Риск – вероятность человеческих и материальных потерь или повреждений.

Таким образом, предметом исследования инженерной защиты окружающей среды или инженерной экологии является взаимодействие технологических и природных процессов в системах «человек – производство – окружающая среда» различных уровней.

Выявление и анализ антропогенных производственных факторов, разработка комплекса способов и средств снижения их негативных воздействий являются инженерно-экологическим обеспечением производственного процесса или инженерной защитой окружающей среды.

§ 2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ЕЕ ЗАЩИТЫ

2.1 Показатели качества окружающей среды

Загрязнением окружающей среды можно назвать изменение качества среды, способное вызвать отрицательные последствия. Загрязнения можно классифицировать следующим образом (табл.1).

Таблица 1 - Классификация видов загрязнений окружающей среды

Загрязнение	Определение
1	2
1 Механическое	Засорение среды агентами, оказывающими лишь механическое воздействие без химико-физических последствий (например, мусором)
2 Химическое	Изменение химических свойств среды, оказывающих отрицательное воздействие на экосистемы и технологические устройства
3 Физическое	Изменение физических параметров среды: температурно-энергетических, волновых, радиационных (радиационное или радиоактивное) и т.п.
3.1 Тепловое (термальное)	Повышение температуры среды, главным образом в связи с промышленными выбросами нагретого воздуха, отходящих газов и воды; может возникать и как вторичный результат изменения химического состава среды
3.2 Световое	Нарушение естественной освещенности местности в результате действия искусственных источников света; может приводить к аномалиям в жизни растений и животных
3.3 Шумовое	Увеличение интенсивности шума сверх природного уровня; у человека приводит к повышению утомляемости, снижению умственной активности и при достижении 90-100 дБ к постепенной потере слуха

3.4 Электромагнитное	Изменение электромагнитных свойств среды приводит к глобальным и местным географическим аномалиям
4 Радиационное	Превышение естественного уровня содержания в среде радиоактивных веществ
5 Биологическое	Появление в экосистемах и технологические устройства видов животных и растений, чуждых данным сообществам и устройствам
5.1 Биотическое	Распространение определенных, как правило, нежелательных с точки зрения людей биогенных веществ на территории, где они ранее не наблюдались (например, экскременты и другие отходы жизнедеятельности животных)
5.2 Микробиологическое	Появление большого количества микроорганизмов, связанное с их массовым размножением на антропогенных субстратах или в средах, измененных в ходе хозяйственной деятельности человека; Приобретение ранее безвредной формой микроорганизмов патогенных свойств или способности подавлять другие организмы в сообществах

Все перечисленные виды загрязнений взаимосвязаны, и каждый из них может стать толчком, катализатором для возникновения других видов загрязнения. В частности, химическое загрязнение атмосферы может способствовать повышению вирусной активности, а, следовательно, биологическому загрязнению.

Как правило, существуют верхняя и нижняя критические границы параметров окружающей среды, после перехода через которые наступают необратимые изменения в экосистемах. Например, некоторые вещества в малых количествах необходимы, а в значительных являются сильными ядами. Это можно сказать и об электромагнитных полях, и радиоактивном фоне и др.

В научно-технической литературе для показателей качества окружающей среды используют термин "индекс качества среды" (лучшему качеству соответствует больший индекс) и термин "индекс загрязнения среды" (большему загрязнению соответствует больший индекс).

Индекс загрязнения – качественная и количественная характеристика загрязняющего начала (вещества, излучения и т. п.).

Очень многозначный термин, включающий понятия объема (количества) вещества-загрязнителя в среде и степени его воздействия на объекты, в том

числе человека, соотнесенные со временем или интенсивностью процессов.

Вернемся к нему чуть позже, рассмотрев понятие ПДК.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический или рыбохозяйственный норматив.

Под ПДК понимается такая максимальная концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований, в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Для оценки загрязнения окружающей среды используются следующие нормативы:

-нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов - несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем;

-нормативы допустимых физических воздействий - нормативы, которые установлены в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Критериями качества окружающей среды в настоящее время служат предельно допустимые концентрации (ПДК), являющиеся гигиеническими нормами.

Для большинства загрязняющих веществ устанавливают два значения ПДК: максимально разовая и среднесуточная. Рассмотрим эти понятия подробнее.

ПДК - предельно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³.

ПДК не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 часов или другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, в течение всего рабочего стажа.

ПДК_{сс} - предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³.

ПДК_{сс} не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании. Это основной норматив оценки состояния атмосферного воздуха с санитарно-гигиенической точки зрения.

ПДК_{мр} - предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³.

ПДК_{мр} не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека при вдыхании в течение 30 мин. Этот показатель устанавливается для веществ, обладающих специфическим действием (например, резким запахом) и может рассматриваться как норматив, если его значение ниже, чем ПДК_{сс}.

Качество природных вод зависит от состава и количества растворенных взвешенных веществ, микроорганизмов, гидробионтов, а также от температуры, кислотности и других физико-химических показателей. Оценка качества воды может производиться по физическим, химическим, бактериологическим и гидробиологическим показателям.

Стандарты и нормативы качества воды различны для водных объектов санитарно-бытового и рыбохозяйственного назначения.

Одним из факторов, определяющих качество природной среды, является предельно-допустимый выброс в атмосферу (ПДВ).

ПДВ - норматив, устанавливаемый из условия, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха от источника или совокупности источников не превышало загрязнений, определенных нормативами качества воздуха для населения, животного и растительного мира.

Вернемся к понятию индекса загрязнения. Т. о. индекс загрязнения (ИЗ) — показатель, качественно и количественно отражающий присутствие в окружающей среде вещества-загрязнителя и степень его воздействия на живые организмы.

ИНДЕКС ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ (ИЗА) — комплексный показатель степени загрязнения атмосферы, рассчитываемый в соответствии с методикой (РД 52.04 186-89) как сумма средних концентраций в единицах ПДК с учетом класса опасности соответствующего загрязняющего вещества.

Например, индекс загрязнения атмосферы рассчитывается по пяти основным загрязняющим веществам (сумма средних концентраций, нормированных на среднесуточные ПДК, с учетом класса опасности). Применяется пятибалльная шкала оценок: удовлетворительная ситуация (ИЗА < 5), относительно напряженная (ИЗА от 6 до 15), существенно напряженная (ИЗА от 16 до 50), критическая (ИЗА от 51 до 100), катастрофическая (ИЗА свыше 100).

Для объективного сравнения качества вод различных водных объектов между собой часто используют показатель - индекс загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывается по 6 ингредиентам, имеющим наибольшее значение. В зависимости от величины ИЗВ устанавливается класс качества воды.

Перевод абсолютных значений загрязнения в ИЗА позволяет более реально учесть экологический вред, который наносится загрязнителями разной степени вредности.

2.2 Источники загрязнения атмосферы

В атмосферу Земли ежегодно поступает 150 млн. тонн различных аэрозолей; 220 млн. тонн диоксида серы; 450 млн. тонн оксида углерода; 75 млн. тонн оксидов азота. В год на каждого жителя Земли приходится в среднем 300 кг выбросов в атмосферу.

Основными источниками загрязнения внешней воздушной среды являются:

- промышленные предприятия, в первую очередь, химические, нефтехимические и металлургические заводы;
- теплогенерирующие установки (тепловые электростанции, отопительные и производственные котельные);
- транспорт, в первую очередь, автомобильный.

На выбросы энергетических объектов приходится около 60%, транспорт 20-25%, промышленность 15-20%.

Причинами значительных выбросов в атмосферу являются: отсутствие или неэффективная локализация источников выделения газов и пыли; недостаточная герметичность, конструктивные недостатки производственного оборудования, его техническая неисправность; неправильное ведение технологических процессов и др.

Пылегазовые загрязнители воздуха. Аэрозоли

Качество воздуха, его воздействие на организм, а также оборудование и технологические процессы во многом обусловлены содержанием в нем взвешенных частиц, главным образом пылевых.

Пыль технологического происхождения характеризуется большим разнообразием по химическому составу, размеру частиц, их форме, плотности, характеру краев частиц и т. д.

Пыль причиняет вред организму в результате механического воздействия (повреждение органов дыхания острыми краями пыли), химического (отравление ядовитой пылью), бактериологического (вместе с пылью в организм проникают болезнетворные микроорганизмы).

По мнению гигиенистов пылевые частицы размером 5 мкм и меньше способны глубоко проникать в легкие вплоть до альвеол. Пылинки размером 5...10 мкм в основном задерживаются в верхних дыхательных путях, почти не проникая в легкие. Пыль оказывает вредное действие на органы дыхания, зрение, кожу.

Наиболее тяжелые последствия вызывает систематическое вдыхание пыли, содержащей свободный диоксид кремния SiO_2 . В результате возникает силикоз. Это одна из форм болезни легких, связанной с вдыханием запыленного воздуха, - пневмокониоза. Воздействие пыли на орган зрения вызывает конъюнктивиты, на кожу – дерматиты.

Органические пыли, например, мучная, могут быть питательной средой для развития микроорганизмов. Пылевые частицы могут быть ядром конденсации для паров жидкостей. Вместе с пылью в помещение могут проникать вещества, вызывающие интенсивную коррозию металлов и т. д. С воздухом многие пыли образуют взрывоопасные смеси.

Оксид углерода (угарный газ CO) – бесцветный газ, без запаха. Высокотоксичное вещество. Выделения CO происходят в литейных, термических, кузнечных цехах, в котельных, особенно работающих на угольном топливе, CO содержится в выхлопных газах автомашин, тракторов и т. д.

Через легкие CO проникает в кровь. Вступая в соединение с гемоглобином, образует карбоксигемоглобин. При этом нарушается снабжение организма кислородом. В тяжелых случаях наступает удушье.

Цианиды. К цианидам относятся: цианистая (синильная) кислота (HCN), ее соли (KCN , NaCN , CH_3CN) и др. HCN - бесцветная жидкость с запахом горького миндаля. Синильная кислота используется в производстве нитрильного каучука, синтетического волокна и органического стекла, при извлечении благородных металлов из руд и др.

Синильная кислота может поступать в организм через слизистые оболочки дыхательных путей и пищеварительного тракта, в незначительном количестве

через кожу. Соли синильной кислоты в организм проникают в виде пыли через ротовую полость. Синильная кислота и ее соединения высокотоксичны. Цианиды, поступившие в организм, нарушают кровообращение и снабжение организма кислородом.

Сероводород (H_2S) – бесцветный газ с запахом тухлых яиц. Встречается при переработке, получении или применении сернистого бария, сернистого натрия, сурьмы, в кожевенной промышленности, в свеклосахарном производстве, на фабриках искусственного шелка, при добыче нефти и ее переработке и других производствах. Поступает в организм через легкие, в небольших количествах через кожу. Обладает высокой токсичностью. Поражает центральную нервную систему, нарушает кровоснабжение организма.

Свинец (Pb). Тяжелый металл. При температуре 400-500°C начинает интенсивно выделять пары. Свинец и его соединения поступают в воздух на предприятиях по выплавке свинца, по производству аккумуляторов, свинцовых красок, по производству дроби и др. В промышленном производстве применяются соединения свинца: сернистый свинец, оксид свинца, свинцовый сурик, серноокислый свинец и др.

Свинец поступает в организм большей частью через дыхательные пути, а также через пищеварительный тракт. Свинец нарушает работу органов кровообращения и центральной нервной системы, системы пищеварения, обменные процессы в организме. Может накапливаться в различных органах (кости, мозг, печень, мышцы).

Ртуть (Hg). Жидкий металл. Испаряется при комнатной температуре. В производстве ртуть применяют в чистом виде и виде соединений (хлорных, цианистых, сернистых, азотнокислых и др.). Почти все они ядовиты. Ртуть применяют при производстве измерительных приборов (термометров, барометров), гремучей ртути, ртутных выпрямителей, получении золота из руд и т. д.

В организм в условиях производства пары ртути поступают через органы дыхания. При попадании ртути в организм поражаются главным образом нервная система и желудочно-кишечный тракт, почки.

Канцерогенные вещества. Ряд веществ, применяемых в промышленности, способен вызвать злокачественные опухоли в различных частях тела. Такими веществами являются хром, мышьяк, никель, асбест, бериллий, сажа, смола, пек, минеральные масла и ряд других. Эти новообразования могут возникать и через значительный период (несколько лет) после прекращения работы с соответствующими веществами.

Аэрозоль представляет собой дисперсную систему, в которой средой является газ, воздух, а дисперсной фазой - твердые или жидкие частицы.

Для крупных частиц размер определяется способностью длительное время находиться во взвешенном состоянии. Обычно речь идет о частицах размером до 100...200 мкм.

Различают дисперсионные и конденсационные аэрозоли. Дисперсионные аэрозоли образуются при измельчении (диспергировании) твердых и жидких веществ.

Конденсационные аэрозоли - при конденсации насыщенных паров, а также в результате газовых реакций.

К аэрозолям относятся пыли, туманы и дымы.

Пыли - дисперсионные аэрозоли с твердыми частицами, независимо от дисперсности. Пылью также называют совокупность осевших частиц.

Туман - газообразная среда с жидкими частицами независимо от их дисперсности.

Дым - конденсационные аэрозоли с твердой дисперсной фазой или включающие частицы и твердые, и жидкие.

К пыли естественного происхождения относят пыль, образующуюся в результате эрозии почвы, а также пыль, возникающую при выветривании горных пород и т. д. Естественное происхождение имеют также органические пылевидные частицы - пыльца, споры растений.

Многие технологические процессы направлены на получение различных материалов, состоящих из мелких частиц, называемых пылевидными материалами.

Большая часть видов пыли возникает в результате процессов, связанных с обработкой материалов.

В зависимости от материала, из которого пыль образована, она может быть органической и неорганической.

Значительная часть промышленных пылей - смешанного происхождения. Рассмотрим их основные свойства.

Дисперсность - степень измельчения вещества.

Под дисперсным составом понимают распределение частиц аэрозолей по размерам.

Дисперсный состав пыли имеет первостепенное значение для разработки и совершенствования пылеулавливающих аппаратов и систем, а также для осуществления мероприятий по предотвращению выделения пыли и ее распространению.

Плотность - масса единицы объема, кг/м³.

Различают истинную, кажущуюся и насыпную плотность частиц пыли.

Истинная плотность представляет собой массу единицы объема вещества, из которого образована пыль.

Кажущаяся плотность – это масса единицы объема частиц, включая объем закрытых пор. Кажущаяся плотность монолитной частицы равна истинной плотности данной частицы.

Насыпная плотность – масса единицы объема уловленной пыли, свободно насыпанной в емкость. В объем, занимаемый пылью, входят внутренние поры частиц и промежуточное пространство между ними.

Удельная поверхность аэрозоля – отношение поверхности всех частиц к их массе или объему.

Слипаемость пыли. Склонность частиц к сцеплению друг с другом определяется аутогезионными (когезионными) свойствами и в технике пылеочистки получила название "слипаемость".

Взаимодействие частиц между собой называется аутогезией.

Взаимодействие частиц с поверхностями называется адгезией.

Гигроскопичностью пыли называется ее способность поглощать влагу из воздуха. Поглощение влаги оказывает влияние на такие свойства пыли, как электрическая проводимость, слипаемость, сыпучесть и др.

Содержание влаги в пыли выражает влагосодержание или влажность.

Влагосодержание - отношение количества влаги в веществе к количеству абсолютно сухого вещества.

Влажность - отношение количества влаги в веществе ко всему количеству вещества.

Гигроскопическая влага пыли, т. е. влага, которая удерживается на ее поверхности, в порах и капиллярах, может быть определена при высушивании пробы пыли до постоянной массы в сушильном шкафу.

Смачиваемость пыли. На смачивании пыли распыленной водой основано мокрое пылеулавливание. Смачиваемость пыли определяет возможность ее гидроудаления, применение мокрой пылеуборки производственных помещений.

Горючесть и взрываемость пыли. Способность образовывать с воздухом взрывоопасную смесь и способность к воспламенению являются важнейшими отрицательными свойствами многих видов пыли. Многие виды пыли образуют

с воздухом взрывоопасные смеси, которые способны взрываться.

Такие вещества, как зерно и сахар в пылевидном состоянии становятся не только пожароопасными, но и взрывоопасными.

Пыль, находящаяся во взвешенном состоянии в воздухе помещений, взрывоопасна. Осевшая пыль (гель) пожароопасна. Однако при определенных условиях осевшая пыль способна переходить во взвешенное состояние, образуя взрывоопасные смеси. Может происходить как взрыв, так и горение пыли, находящейся во взвешенном состоянии.

Вредные газы и пары

Многие технологические процессы на предприятиях металлургической, химической, нефтехимической промышленности, в цехах машиностроительных заводов сопровождаются поступлением вредных газов и паров в атмосферный воздух. Загрязнителем атмосферного воздуха также является и транспорт.

Методы очистки принимают в зависимости от физико-химических свойств загрязняющего вещества, агрегатного состояния, концентрации в очищаемой среде и др.

Инновационным решением для защиты атмосферного воздуха является создание и внедрение безотходных технологических процессов, при которых все отходы производства не выбрасываются в окружающую среду, а используются для полезных целей.

Важнейшим мероприятием по уменьшению выбросов в атмосферу является совершенствование технологического процесса в направлении уменьшения отходов, использования их.

Другим важным мероприятием является герметизация оборудования.

Воды и водные дисперсные системы

Известно, что общее количество природной воды на Земле составляет 1386 млн. куб. км, из них пресной воды - 35 млн. куб. км, т.е. около 2,5%. Объем потребления пресной воды в мире достигает 3900 млрд. куб. м/год. Причем около половины этого количества потребляется безвозвратно, а другая половина превращается в сточные воды.

Воду, используемую в промышленности, подразделяют на:

- охлаждающую,
- технологическую,
- и энергетическую.

В промышленности 65...80% расхода воды потребляется для охлаждения жидких и газообразных продуктов в теплообменных аппаратах. В этих случаях

вода не соприкасается с материальными потоками и не загрязняется, а лишь нагревается.

Технологическую воду подразделяют на:

- средообразующую,
- промывающую,
- реакционную.

Средообразующую воду используют для растворения и образования пульп, при обогащении и переработке руд, гидротранспорте продуктов и отходов производства; промывающую – для промывки газообразных (абсорбция), жидких (экстракция) и твердых продуктов и изделий; реакционную - в составе реагентов, а также при отгонке и других процессах. Технологическая вода непосредственно контактирует со средой. Энергетическая вода потребляется для получения пара и нагревания оборудования, помещений, продуктов.

Для уменьшения потребления свежей воды создают оборотные и замкнутые системы водоснабжения. При оборотном водоснабжении предусматривают необходимую очистку сточной воды, охлаждение оборотной воды, обработку и повторное использование сточной воды. Применение оборотного водоснабжения позволяет в 10...15 раз уменьшить потребление природной воды.

Для предотвращения биологического обрастания аппаратов и сооружений в оборотной воде ограничивается содержание органических веществ и соединений биогенных элементов (азота, фосфора), являющихся питательной средой для микроорганизмов.

Сточная вода - это вода, бывшая в бытовом, производственном или сельскохозяйственном употреблении, а также прошедшая через загрязненную территорию.

В зависимости от условий образования сточные воды делятся на:

- бытовые или хозяйственно-фекальные (БСВ),
- атмосферные (АСВ),
- промышленные (ПСВ).

Хозяйственно-бытовые воды – это стоки душевых, прачечных, столовых, туалетов, от мытья полов и др. Они содержат примеси, из которых ~ 58% органических веществ и 42% минеральных. Атмосферные воды образуются в результате выпадения атмосферных осадков и стекающие с территорий предприятий. Они загрязняются органическими и минеральными веществами.

Промышленные сточные воды – это жидкие отходы, которые возникают при добыче и переработке органического и неорганического сырья.

Сточные воды загрязнены различными веществами:

- биологически нестойкие органические соединения;
- малотоксичные неорганические соли;
- нефтепродукты;
- биогенные соединения;
- вещества со специфичными токсичными свойствами, в т. ч. тяжелые металлы, биологически жесткие неразлагающиеся органические синтетические соединения.

Сточные воды многих производств кроме растворимых неорганических и органических веществ содержат коллоидные примеси, а также взвешенные грубодисперсные и мелкодисперсные примеси.

Классификация примесей по их фазово-дисперсному состоянию:

а) гетерогенные системы:

I - взвеси, размер частиц 10^{-1} мкм (суспензии, эмульсии, микроорганизмы и планктон);

II - коллоидные растворы, размер частиц $10^{-1} \dots 10^{-2}$ мкм (золи и растворы высокомолекулярных соединений).

б) гомогенные системы:

III - молекулярные растворы, размер частиц $10^{-2} \dots 10^{-3}$ мкм (газы, растворимые в воде, органические вещества);

IV - ионные растворы, размер частиц 10^{-3} мкм (соли, основания, кислоты).

В зависимости от физического состояния фаз различают следующие жидкие неоднородные системы:

- суспензии,
- эмульсии,
- пены.

Суспензия состоит из жидкости и взвешенных в ней твердых частиц.

В зависимости от размеров частиц различают грубые суспензии с частицами размером 100 мкм, тонкие (0,5...100 мкм) и мути (0,1...0,5 мкм). Промежуточное положение между суспензиями и истинными растворами занимают коллоидные растворы с размерами частиц менее 0,1 мкм.

Эмульсия состоит из 2-х несмешивающихся или частично смешивающихся жидкостей, одна из которых распределена в другой в виде

жидких капель.

Величина частиц дисперсной фазы в эмульсиях колеблется в довольно широких пределах.

Пена - система, состоящая из жидкости и распределенных в ней пузырьков газа.

Сточные воды представляют собой полидисперсные гетерогенные системы. В процессе осаждения размер, плотность, форма частиц, а также физические свойства частиц системы изменяются.

Промышленные отходы

Промышленные отходы классифицируются в зависимости от отрасли промышленности, возможности переработки, агрегатного состояния, токсичности и т.д. Одним из важнейших показателей является степень опасности для здоровья человека. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности, все промышленные отходы делятся на классы опасности (табл. 2):

Таблица 2 - Классификация промышленных отходов по их опасности

Класс опасности	Характеристика вещества (отходов)
Первый	чрезвычайно опасные
Второй	высоко опасные
Третий	умеренно опасные
Четвертый	малоопасные

Например, к первому классу опасности относятся отходы ртути, сулемы, хромовокислого калия, оксида мышьяка и других высокотоксичных веществ.

Ко второму классу опасности – наличие в отходах хлористой меди, хлористого никеля, азотнокислого свинца и других.

К третьему классу – наличие в отходах серноокислой меди, оксида свинца, четыреххлористого углерода.

К четвертому – наличие сернокислого марганца, фосфатов, хлористого цинка и др.

Энергетическое загрязнение окружающей среды

Энергетические загрязнения спровоцированы активно развивающейся

промышленностью, многочисленными энергообъектами, транспортными предприятиями, объектами связи.

К видам энергетических загрязнений относят: вибрационное действие; поля электромагнитного излучения; ионизирующее излучение; ультразвук.

Вибрации – колебательные движения частиц, возникающие при работе технических установок ударного действия.

В условиях городской среды в жилой зоне шумы вызваны движением тяжелого автотранспорта, лифтами, насосами, промышленными установками.

К вибрационным загрязнениям относят инфразвук. Его источники – двигатели ракет, самолетов, устройства для испытания газов.

Степень давления инфразвука часто превышает норму даже на существенном расстоянии от непосредственного источника.

Вибрации и шумы негативно действуют на человека, вызывая серьезные последствия: физические заболевания, снижение умственной деятельности и стрессы. На городских магистралях и в прилегающих к ним зонах уровни звука могут достигать 70...80 дБА.

Источником электромагнитного излучения является любое устройство, которое вырабатывает или поглощает электроэнергию. Промышленные источники — телевизионные вышки и высоковольтные линии электропередач. Среди бытовых источников можно выделить микроволновые печи, телевизоры, телефоны. Зоны с повышенными уровнями электромагнитных полей радиочастот имеют радиус до 100..150 м.

Отрицательное действие электромагнитного излучения проявляется в некорректной работе физиологических функций человека. Наиболее подвержены негативному воздействию головной мозг и эндокринная система.

К источникам ионизирующих энергетических загрязнений относят: ядерные реакторы; рентгеновские аппараты; любые устройства, использующие изотопы; радиоактивные отходы.

Ионизирующее излучение провоцирует расстройство биохимических процессов у человека: ткани мутируют, формируются новые, не свойственные организму соединения.

Воздействие ионизирующего излучения на человека может происходить в результате внешнего и внутреннего облучения.

Внешнее облучение вызывают источники рентгеновского и гамма-излучения, потоки протонов и нейтронов. Внутреннее облучение вызывают альфа- и бета- частицы, которые попадают в организм человека через органы дыхания и пищеварительный тракт.

Еще одним видом энергетического загрязнения являются колебания высокочастотных звуковых волн – ультразвук. Источниками этого типа являются отдельные виды производственного оборудования и ультразвуковые медицинские устройства. Волны разделяют на воздушные и контактные.

Ультразвук – единственный вид энергетического загрязнения, который при

небольшой интенсивности благоприятно действует на человека: улучшает обменные процессы и способствует ускоренной транспортировке крови к тканям организма. Но при интенсивных волнах и длительном контакте наблюдается разрушение клеток.

Сохранение экологической ситуации и защита окружающей среды от энергетических загрязнений включает в себя переход к безотходному производству и применение дополнительных средств защиты.

В целом направления защиты биосферы включает в себя: модернизацию технологического процесса; ликвидацию токсичных отходов, снижение интенсивности излучения; разработку нового оборудования и защитных экранов и т.д.

2.3 Основные методы защиты окружающей среды

Методы очистки пылевоздушных выбросов

Обезвреживание выбросов предполагает либо удаление вредных примесей из инертного газа-носителя, либо превращение их в безвредные вещества. Оба принципа могут быть реализованы через различные физические и химические процессы.

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы. В основе сухих методов лежат гравитационные, инерционные, центробежные механизмы осаждения или фильтрационные механизмы. При использовании мокрых методов очистка газовых выбросов осуществляется путем взаимодействия между жидкостью и запыленным газом. Электрическая очистка газов основана на ионизации молекул газа электрическим разрядом и электризации взвешенных в газе частиц.

При обработке выбросов может быть применена двухступенчатая очистка. Для предварительной очистки могут быть применены жалюзийные решетки и циклонные аппараты, а для окончательной - пористые фильтры, электрофильтры или мокрые пылесадители.

Жидкие аэрозоли могут быть скоагулированы посредством изменения параметров состояния (охлаждения и повышения давления) с целью осаждения и в дальнейшем мокрых способов улавливания в мокрых скрубберах, пористых и электрических фильтрах, в абсорберах.

Мокрые способы очистки твердых и жидких аэрозолей имеют существенный недостаток – необходимость отделения уловленного загрязнителя от улавливающей жидкости. По этой причине мокрые способы следует применять только при отсутствии других методов очистки, отдавая предпочтение способам с минимальным расходом жидкости.

Наиболее сложны для очистки выбросы, загрязнители которых

представляют многофазную систему. В этом случае выбросы должны пройти последовательно несколько стадий обработки.

Если твердые или жидкие аэрозоли по элементному составу не содержат других элементов, кроме углерода, водорода и кислорода (пыль растительного происхождения, шерстяные волокна, туманы минеральных масел и др.), то они могут быть обезврежены в одну стадию – непосредственным сжиганием в топках котлов и печей.

Методы очистки газовых выбросов

Дисперсные и газовые загрязнители нередко являются следствием одних производственных процессов, вместе перемещаются в коммуникациях, взаимодействуют в очистных аппаратах и атмосфере. Необходимо учитывать весь комплекс присутствующих в технологическом выбросе загрязнителей.

Для обезвреживания выбросов по принципу удаления токсичных примесей наряду с физическими удачно используются и химические процессы. Посредством последних можно изменять в широких пределах физические свойства примесей с целью облегчения их дальнейшего улавливания.

Термической обработке с целью обезвреживания могут быть подвергнуты лишь вещества, молекулы которых состоят из атомов углерода, водорода и кислорода. В противном случае установки термообезвреживания переходят в разряд источников загрязнения атмосферы.

Для обезвреживания отходящих газов от газо- и парообразных токсичных веществ применяют абсорбционные, адсорбционные, каталитические, термические и конденсационные методы. Абсорбционные методы основаны на поглощении газов или паров жидкими поглотителями. Адсорбционные методы основаны на поглощении примесей твердыми пористыми телами. Каталитические методы очистки основаны на химических превращениях токсичных примесей в нетоксичные на поверхности твердых катализаторов. Термические методы основаны на сжигании горючих вредных примесей.

С целью улавливания газообразных примесей применяют процессы конденсации, сорбции, превращают загрязнители в безвредные соединения посредством термохимических и химических процессов. Соответствующие аппараты называются конденсаторами, абсорберами, адсорберами, установками термодеструкции, термоокисления, термокаталитическими установками, химическими реакторами.

Для некоторых газовых загрязнителей можно успешно применить химическую абсорбцию (хемосорбцию) – процесс, в котором подлежащий удалению загрязнитель вступает в химическую реакцию с поглотителем и образует нейтральное или легко удаляемое из процесса соединение. Такие процессы специфичны и разрабатываются конкретно для каждого вида выбросов и набора загрязнителей.

Самым универсальным средством очистки выбросов от газообразных загрязнителей на настоящее время остается адсорбция, а наиболее универсальным адсорбентом – активированный уголь. Посредством адсорбции принципиально возможно извлечь из выбросов любой загрязнитель в широком диапазоне концентраций.

Очистка сточных вод

Для создания замкнутых систем водоснабжения промышленные сточные воды подвергаются очистке до необходимого качества:

- механическими,
- химическими,
- физико-химическими,
- биологическими,
- термическими методами.

Методы очистки подразделяются на:

- рекуперационные,
- деструктивные.

Рекуперационные методы предусматривают извлечение из сточных вод и дальнейшую переработку всех ценных веществ. В деструктивных методах загрязняющие вещества подвергаются разрушению путем окисления или восстановления, а продукты разрушения удаляются из воды в виде газов или осадков.

Основные методы очистки различной природы используются как для очистки сточной воды от суспендированных и эмульгированных примесей, так и для очистки от растворенных примесей.

В свою очередь, первая группа очистки гетерогенных систем подразделяется на методы очистки от грубодисперсных примесей, куда входят способы отстаивания, процеживания и фильтрации, флотации, центробежного осаждения; и на методы очистки от мелкодисперсных примесей путем коагуляции, флокуляции и электрофлотации.

Вторая группа включает методы очистки воды от минеральных примесей путем дистилляции, ионного обмена, обратного осмоса, электролиза; методы очистки от органических примесей, включающие регенеративные способы экстракции, ректификации, адсорбции, обратного осмоса и ультрафильтрации, и деструктивные способы: биохимические, жидко- и парофазного окисления, радиационного и электрохимического окисления; а также методы очистки от растворенных газов, включая способы отдувки, нагрева и реагентные.

Механические методы удаления взвешенных частиц из сточных вод основаны на законах гидромеханических процессов.

Физико-химические методы очистки сточных вод используют для удаления из сточных вод тонкодисперсных твердых и жидких взвешенных частиц, растворимых газов, минеральных и органических веществ. Механизмы этих методов основаны на использовании законов физико-химической гидромеханики, физической и коллоидной химии, электрохимии, процессов химической технологии.

Химические методы применяют для удаления растворимых веществ в замкнутых системах водоснабжения.

Биохимические методы применяют для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод от растворенных органических и неорганических веществ. Процесс биохимической очистки основан на способности микроорганизмов использовать загрязняющие вещества для своего питания в процессе жизнедеятельности.

Термические методы применяют для обезвреживания сточных вод, содержащих минеральные соли.

Выбор метода очистки производится с учетом санитарных и технологических требований к качеству очищенных вод, количества сточных вод, наличия необходимых энергетических и материальных ресурсов, эффективности процесса обезвреживания.

Методы защиты литосферы

Защита литосферы включает не только утилизацию отходов путем их размещения на полигонах и свалках, но и переработку жидких и твердых отходов с использованием различных методов.

Механическое обезвоживание осадков промышленных стоков может производиться экстенсивными и интенсивными методами. Экстенсивные методы осуществляются в различного рода уплотнителях, интенсивное обезвоживание и сгущение производится при помощи фильтрования, центрифугирования, гидроциклонирования и т.п.

В практике обработки осадков промышленных сточных вод чаще всего применяются химические (реагентные) методы обработки.

При использовании термоокислительного метода все органические вещества, загрязняющие сточные воды, полностью окисляются кислородом воздуха при высоких температурах до нетоксичных соединений.

Многие процессы утилизации твердых отходов основаны на использовании методов выщелачивания (экстрагирования), растворения и кристаллизации перерабатываемых материалов.

В практике рекуперации твердых отходов промышленности используют методы обогащения перерабатываемых материалов:

- гравитационные,
- магнитные,

- электрические,
- флотационные,
- специальные.

Методы защиты окружающей среды от энергетических воздействий

Выбор методов защиты от энергетических воздействий зависит от вида и формы проявления энергии.

При защите от механических и акустических колебаний основными методами снижения уровня их воздействия является уменьшение энергетических параметров в источнике, оптимальная ориентация источника колебаний относительно объекта воздействия, поглощение части генерируемой энергии колебаний, уменьшение энергии колебаний на пути их распространения от источника путем изоляции, экранирования и демпфирования, увеличение расстояния.

Выбор методов и средств защиты от воздействия электромагнитных полей и излучений во многом определяется характеристиками источников по частоте. В число методов также входит защита увеличением расстояния, экранирование, частичное поглощение мощности излучения, снижение уровня энергетического воздействия путем рассеяния и отвода части энергии в окружающую среду.

Защита от ионизирующих излучений достигается в основном методом увеличения расстояния, методами экранирования и ограничения поступления радионуклидов в окружающую среду.

§ 3 ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ АЭРОЗОЛЬНЫХ ПРИМЕСЕЙ И ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ. РАССЕЙВАНИЕ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРЕ

3.1 Законодательство об охране атмосферного воздуха

Атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных компонентов окружающей среды. Его качество непосредственно влияет на здоровье человека, продолжительность жизни, а также на качественное состояние других элементов окружающей среды, в особенности животного и растительного мира.

Воздухоохранное законодательство объединяет нормативные акты бывшего СССР, акты, принятые высшими органами представительной и исполнительной власти РФ, ее субъектов, органами местного самоуправления, федеральными ведомствами и другими органами.

Основным законодательным актом является **Федеральный Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха»**, принятый Государственной Думой 2.04.99. В соответствии с ним изданы иные акты законодательства РФ и субъектов РФ. Ими регулируются компетенция государственных и иных органов в области охраны атмосферного воздуха, государственный учет вредных воздействий на него, наблюдение, контроль, разрешение споров и ответственности в области охраны атмосферного воздуха.

В Законе «Об охране атмосферного воздуха» закреплены положения об охране атмосферного воздуха от загрязнений и шумов, от электромагнитного, радиационного и иного воздействия, предотвращения истощения кислородных запасов, рационального использования воздуха в хозяйственных целях, воспроизводства его запасов; содержатся нормы о запрещении эксплуатации любых производственных объектов, если они не оснащены очистными устройствами и сооружениям, а также о запрещении эксплуатации транспортных средств, в выбросах которых содержание загрязняющих веществ превышает установленные нормы.

В Законе получили дальнейшее развитие правила о нормировании предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосфере, предусмотрен разрешительный порядок выбросов загрязняющих веществ и других воздействий, включая воздействие на погоду и климат. Специальные разделы Закона посвящены государственному контролю в области охраны атмосферного воздуха и ответственности должностных лиц и граждан за нарушения воздухоохранного законодательства.

Нормы законов, регулирующие вопросы воздухопользования,

детализируются и конкретизируются в указах Президента РФ, постановлениях Правительства РФ. Федеральными ведомствами разработаны многочисленные государственные стандарты, санитарные нормы и правила; методические рекомендации по определению токсичных веществ и их концентраций в атмосфере, а также по определению вреда и ущерба, причиненного в результате выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

В Федеральном законе от 4 мая 1999 г. «Об охране атмосферного воздуха» дано следующее определение:

Атмосферный воздух – это жизненно важный компонент окружающей природной среды, который представляет собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений.

Анализируя воздухоохранное законодательство, можно выделить следующие виды воздухопользования:

- пользование воздухом для жизнеобеспечения людей и других организмов;
- пользование воздухом для производственных нужд в качестве сырья;
- пользование атмосферой для выброса загрязняющих веществ и поглощения вредных физических воздействий;
- пользование атмосферой в целях искусственного изменения климата, предотвращения природных катаклизмов.

Законодательством установлен разрешительный порядок пользования воздухом, за исключением первого вида, который реализуется в силу самого существования людей и других организмов.

В целях сохранения благоприятного качества атмосферного воздуха государством устанавливаются нормативы воздействия на него в виде:

- производственных нормативов: предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух; нормативов шумового, теплового, вибрационного, радиационного, электромагнитного и других физических воздействий; временно согласованных выбросов (лимитов) загрязняющих веществ;
- территориальных нормативов - величин критических совокупных нагрузок на атмосферный воздух от различных хозяйственных и иных объектов, как стационарных, так и передвижных, с учетом трансграничного и межрегионального переноса загрязняющих веществ в пределах территориально - административного образования.

Помимо этого устанавливаются нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) различных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и нормативы предельно допустимых уровней вредных физических воздействий.

Оздоровлению воздушного бассейна в определенной мере способствует закрепленный в законодательстве институт платы за вредное воздействие на атмосферный воздух. Так, взимается плата за загрязнение атмосферного воздуха стационарными источниками: за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов и в повышенных размерах - за выбросы этих веществ сверх установленных лимитов.

Рациональному использованию воздуха способствует установленная законодательством плата за его пользование в производственных целях. Внесение платы за загрязнение воздуха и его потребление не освобождает природопользователя от выполнения воздухоохраных мероприятий и возмещения ущерба, причиненного нарушением экологических требований.

Природопользователь, в частности, обязан:

- обеспечить соблюдение установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ и других вредных воздействий;

- организовать улавливание, утилизацию, обезвреживание вредных веществ или полное исключение их выбросов;

- оснастить предприятия оборудованием для очистки выбросов в атмосферу вредных веществ, а также средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых веществ;

- предусмотреть организацию санитарно-защитных зон вокруг хозяйственного объекта;

- обеспечить вывоз загрязняющих атмосферный воздух отходов на предприятия, использующие их в качестве сырья, или на специализированные свалки;

- разработать и осуществить комплекс мероприятий по предотвращению и сокращению выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от передвижных средств и установок;

- представлять органам, осуществляющим государственный контроль за использованием и охраной атмосферного воздуха, своевременную, полную и достоверную информацию по вопросам охраны атмосферного воздуха;

- выполнять предписания органов, осуществляющих государственный контроль за использованием и охраной атмосферного воздуха, по устранению нарушений воздухоохранного законодательства.

Охране атмосферного воздуха призваны способствовать установленные законодательством запреты.

Природопользователю запрещается:

- осуществление выбросов загрязняющих веществ без соответствующего разрешения органа Госкомприроды;

- превышение установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ и иных вредных воздействий;

-осуществление действий, направленных на искусственное изменение состояния атмосферного воздуха, если они приводят к неблагоприятному воздействию на погоду и климат;

-производство и использование химических веществ и отходов производства, вредно воздействующих на озоновый слой Земли;

-сжигание различных видов мусора и отходов производства и потребления, в том числе токсичных, открытым способом и без очистки отходящих газов в специальных установках;

-эксплуатация транспортных и иных передвижных средств с превышением установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ;

-размещение в населенных пунктах терриконов, отвалов, складирование промышленных отходов, бытового мусора и других отходов, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха.

В целях поддержания качества атмосферного воздуха на безопасном для людей уровне органами специализированного контроля осуществляется государственный учет (инвентаризация) неблагоприятных воздействий на него, а также наблюдение (мониторинг) за состоянием атмосферного воздуха и источников его загрязнения.

Предупреждению загрязнения атмосферного воздуха служит право органов представительной и исполнительной власти, органов специализированного контроля принимать решения о приостановке эксплуатации или даже о закрытии предприятий, цехов, участков, а также передвижных средств, загрязняющих атмосферу.

Законодательством предусматривается также создание зеленых зон вокруг предприятий-загрязнителей, проведение лесопосадок в целях нейтрализации вредных выбросов.

Государственный контроль за охраной атмосферного воздуха

Государственный контроль за охраной атмосферного воздуха и за соблюдением воздухоохранного законодательства осуществляется органами государственной власти и управления всех уровней, органами местного самоуправления и специально уполномоченными на то государственными межведомственными органами. Его задачи заключаются в обеспечении строгого выполнения всеми министерствами, комитетами, предприятиями и другими органами, а также должностными лицами и гражданами требований воздухоохранного законодательства.

Представительные и исполнительные органы власти, согласно Закона РФ «Об охране атмосферного воздуха» обеспечивают разработку и проведение мероприятий по охране атмосферного воздуха, участвуют в планировании его охраны и осуществляют контроль за его охраной. Рассматриваемые органы планируют и координируют мероприятия по оздоровлению воздушной среды в

регионе, осуществляют контроль за ходом выполнения планов строительства объектов природоохранного назначения. В пределах предоставленной компетенции и по уполномочию высших органов государственной власти представительные органы вправе принимать решения по вопросам использования и охраны атмосферного воздуха, в том числе о приостановлении, закрытии или перепрофилировании находящихся в их ведении предприятий, загрязняющих атмосферный воздух вредными выбросами.

Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, его органы в регионах как непосредственно, так и через отделы, инспекции или секторы по охране атмосферы осуществляют государственный контроль за использованием и охраной атмосферного воздуха, соблюдением экологических нормативов в этой области; координируют деятельность других природоохранных органов, министерств, ведомств, предприятий, направленную на оздоровление воздушной среды; осуществляют единую научно-техническую политику в сфере охраны атмосферы; выдают разрешения на потребление атмосферного воздуха для производственных нужд; разрабатывают и утверждают экологические нормативы, правила и стандарты в области охраны атмосферного воздуха; участвуют в мониторинге атмосферного воздуха, а также в государственном учете неблагоприятных воздействий на атмосферу.

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, ее органы в регионах осуществляют наблюдение за состоянием атмосферного воздуха и учет вредных воздействий на него, т.е. формирование системы мониторинга воздушной среды. Органы Росгидромета ежедневно составляют прогноз неблагоприятных метеоусловий, способных обусловить резкое повышение уровня загрязнения воздуха и соответствующую информацию доводят до предприятий - источников его загрязнения. Последние, в свою очередь, вносят изменения в режим работы соответствующих цехов, агрегатов в целях прекращения или уменьшения выбросов загрязняющих веществ.

Департамент санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России и его органы в регионах осуществляют государственный надзор за состоянием и охраной атмосферного воздуха в части соблюдения санитарно-гигиенических правил. Согласно Закону РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», одной из задач органов санэпиднадзора является осуществление санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предупреждение или ликвидацию загрязнения атмосферного воздуха вредными промышленными выбросами и хозяйственно-бытовыми отходами. Органы санэпиднадзора разрабатывают и утверждают нормы и правила в области атмосферного воздуха, которые являются обязательными для всех органов, должностных лиц и граждан.

Главное управление Государственной автомобильной инспекции и его

органы осуществляют государственный контроль за выполнением мероприятий по охране атмосферного воздуха в части соблюдения нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ для автотранспортных средств.

Контроль за соблюдением законодательства об охране атмосферного воздуха в пределах предоставленной компетенции осуществляют также руководители министерств, комитетов, объединений, фирм, предприятий, учреждений, организаций, кооперативов и других органов как лично, так и через специальные природоохранные структурные подразделения (инспекции, службы, отделы, лаборатории, цеха, участки и др.) или должностных лиц, непосредственно отвечающих за вопросы охраны окружающей среды.

3.2 Источники загрязнения атмосферы

Существует два пути загрязнения атмосферы:

- естественный;
- искусственный.

Загрязнение атмосферы естественным путем происходит в результате: пыльных бурь, извержений вулканов, лесных пожаров, эрозии почвы, биологических разложений, в частности, жизнедеятельности почвенных бактерий. В атмосферу при этом попадают как твердые, так и газообразные вещества.

Пыль, поднимаясь с поверхности земли, состоит из мелких частиц горных пород, почвенных остатков растительности и живых организмов. Размеры пылевидных частиц, в зависимости от их происхождения, составляют от 1 до нескольких микрон. На высоте 1-2 км от поверхности земли содержание пылевидных частиц в воздухе составляет от 0,002 до 0,02 г/м³, в некоторых случаях эта концентрация может возрасти в десятки и сотни раз, во время пыльных бурь до 100 г/м³ и более.

В атмосферном воздухе находится также пыль, появляющаяся в результате лесных, степных и торфяных пожаров. Она представляет собой частицы золы, образующиеся при сгорании органических масс.

При извержении вулканов в атмосфере вместе с газообразными продуктами выбрасывается большое количество пепла. В состав вулканических газов входят HCl, HF, NH₃, Cl₂, SO₂, H₂S, CO₂, H₂O, твердые частицы состоят, в основном из SiO₂.

Кроме перечисленных источников, в атмосферный воздух из межпланетного пространства попадает космическая пыль. Она осаждается на суше и водной поверхности в виде мельчайших частиц диаметром от 50 до 100 микрон.

Кроме частиц неорганического происхождения в атмосфере содержатся мельчайшие микроорганизмы, грибки, бактерии, споры.

Загрязнение воздушного бассейна от естественных источников следует учитывать при определении общего уровня загрязнения.

Искусственное загрязнение атмосферы происходит в результате практической деятельности человека.

Наибольшее количество вредных веществ выбрасывают в атмосферу ТЭЦ, сжигающие в топках твердое, жидкое или газообразное топливо. Значительное количество вредных веществ выбрасывают в атмосферу при выплавке черных и цветных металлов, производстве кислот, щелочей, удобрений, цемента, соды, искусственных волокон, аммиака, ядохимикатов, красителей, резинотехнических изделий, органических растворителей и т.д.

Значительное загрязнение атмосферы происходит выхлопными газами автомобильного транспорта. В их состав входит большая гамма токсичных веществ, главными из которых являются: CO, NO_x, углеводороды, канцерогенные вещества. К загрязнителям воздушного бассейна от автомобильного транспорта следует отнести также резиновую пыль, образующуюся в результате истирания автопокрышек.

Особый вид загрязнения представляют радиоактивные вещества – продукты развития атомной промышленности и испытаний атомного и водородного оружия.

В настоящее время идентифицировано более 100 загрязнителей атмосферы. Наиболее массовыми являются: SO₂, CO₂, NO₂, углеводороды и пыль. На их долю приходится 85-90 % от валового выброса вредных веществ.

Основными источниками загрязнения атмосферы пылью и SO₂ являются ТЭЦ, сжигающие высокосернистое твердое и жидкое топливо.

Наиболее характерными выбросами предприятий черной и цветной металлургии являются: пыль, SO₂, CO₂, NO₂, углеводороды.

Менее многотоннажные, но в ряде случаев значительно более токсичные выбросы в атмосферу у предприятий химической промышленности.

Распространение загрязнений в атмосфере

Вредные вещества, попадающие в атмосферу, растворяются в большом объеме воздуха и переносятся на значительные расстояния. В результате концентрация вредных веществ в воздухе уменьшается, но значительно возрастают объемы зон с загрязнением атмосферы.

Вследствие горизонтального перемещения воздуха (ветра) вредные вещества могут перемещаться на тысячи километров. При малой скорости ветра происходит скопление вредных веществ в небольшом объеме воздуха, что может привести к опасному увеличению концентрации вблизи источника.

К таким же последствиям может привести температурная инверсия, связанная с вертикальными перемещениями воздуха.

Облачность, дождь, снег, повышенная влажность оказывают

благоприятное действие на воздушную среду. Под действием осадков локализуется распространение атмосферных загрязнителей, они вымываются из атмосферы и выпадают на землю. В свою очередь, загрязняющие атмосферу аэрозоли могут служить эффективными ядрами конденсации водяных паров, что приводит к осадкам.

Обычный дождь интенсивностью 1 мм осадков в час в течение 15 мин удаляет из воздуха 30-50 % пылевидных частиц размером более 10 микрон. Под действием осадков из атмосферы вымываются и газообразные примеси, которые растворяются в воде или взаимодействуют с ней.

Таким образом, происходит процесс самоочищения атмосферы, особенность которого состоит в том, что он распространяется на значительные пространства.

Кроме перечисленных метеорологических факторов на распространение атмосферных загрязнителей оказывает влияние рельеф местности, леса и водоемы вблизи источников выброса, которые способствуют поглощению вредных веществ из атмосферы.

Классификация источников загрязнений

Источники загрязнений могут быть классифицированы по следующим принципам:

- тип систем, из которых выбрасываются вредные вещества;
- расположение источников в потоке ветра;
- способ вывода в атмосферу;
- температура выбрасываемой газовой смеси;
- режим работы во времени;
- степень централизации;
- дальность распространения.

По типу системы источники делятся на:

- технологические,
- вентиляционные.

К технологическим относятся хвостовые газы установок улавливания (адсорбции, рекуперации), выбросы при продувке, утечки через неплотности оборудования и сальники. Характеризуются малыми объемами и высокими концентрациями, их, как правило, нужно очищать.

Вентиляционные выбросы - выбросы механической и естественной общеобменной вентиляции и местной вытяжной вентиляции. Характеризуются большими объемами и низким содержанием вредных веществ. Выбросы от местных отсосов по своей характеристике приближаются к технологическим.

По расположению источники делятся на:

- высокие,
- низкие.

Под эффективной высотой выброса (H_3) понимают сумму геометрической высоты трубы ($H_{тр}$) и высоты подъема струи (Δh) загрязненного воздуха над устьем источника под действием направленного вверх начального импульса струи.

$$H_3 = H_{тр} + \Delta h.$$

К высоким (незатененным) источникам относятся точечные источники - трубы высотой более $3,5H_{зд}$ от высоты зданий $H_{зд}$. При такой высоте можно пренебречь влиянием на распространение примесей деформации потока ветра, вызванной строениями. На распространение вредных веществ также мало сказывается турбулентность потока, образующаяся при срывах у острых кромок здания, и определяющей является турбулентность самой атмосферы.

При эффективной высоте выброса в пределах $2,5H_{зд} < H_3 < 3,5H_{зд}$ имеет место переходная область. В этой области на распространение вредных веществ влияет атмосферная турбулентность и турбулентность за счет срыва потока ветра на кромках зданий.

К низким (затененным) источникам относятся такие, эффективная высота выброса из которых меньше высоты циркуляционной зоны, возникающей над и за зданием. В этом случае выброс загрязняет в первую очередь циркуляционную зону и максимальная концентрация вредного вещества наблюдается в пределах этой зоны.

Источники, расположенные в циркуляционной зоне, из которых воздух выходит, имея направленный вверх начальный импульс, в зависимости от скорости ветра могут оказаться низкими или высокими. Такие источники относятся к I группе.

При большой скорости подъем струи над устьем источника мал, и струя загрязненного воздуха сдувается потоком ветра в циркуляционную зону. В этом случае источник следует рассматривать как низкий. По мере уменьшения скорости подъем струи возрастает и при определенной скорости струя будет распределяться вне циркуляционной зоны. Таким образом, низкий источник при малых скоростях становится высоким, что имеет большое значение для охраны приземного слоя атмосферы от загрязнений.

При штиле в приземном слое концентрации вредных веществ, выбрасываемых из низких источников I группы, близки к нулю.

Ко II группе отнесены размещенные в циркуляционной зоне низкие выбросы, из которых загрязненный воздух с температурой, близкой к температуре окружающей среды, поступает в атмосферу, не имея направленного вверх начального импульса.

Выбросы II группы – низкие и не переходят при малых скоростях ветра в

высокие. К этой группе относятся выбросы через трубы и крышные вентиляторы с колпаками, через неплотности открыто расположенного оборудования и трубопроводов. Такие источники наиболее опасны в отношении приземного слоя атмосферы при низких скоростях ветра.

По способу вывода загрязненного воздуха в атмосферу источники делятся на:

- канализированные (организованные),
- неканализированные (неорганизованные).

К канализированным выбросам относятся выбросы через трубы и шахты. К неканализированным - выбросы через фонари, выделение вредных веществ через неплотности оборудования, выбросы в результате отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газа в местах загрузки, выгрузки и хранения веществ, испарения с открытой поверхности жидкости.

Канализированные выбросы поддаются очистке и контролю. Неканализированные, как правило, не очищают, и контроль их затруднен.

По температуре газоздушные смеси (ГВС) делятся на:

- сильно нагретые $\Delta t = t - t_{\text{окр}} > 100 \text{ }^\circ\text{C}$;
- нагретые $20 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t < 100 \text{ }^\circ\text{C}$;
- слабо нагретые $5 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t < 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- изотермические $\Delta t = 0$;
- охлажденные $\Delta t < 0$.

Изотермический процесс – термодинамический процесс, происходящий в физической системе при постоянной температуре.

К первой группе относятся дымовые газы, горящие факелы на нефтехимических заводах (НХЗ), выбросы из сушилок и др. оборудования, процессы в которых протекают при высоких температурах. Подъемная сила поднимает такие выбросы над устьем трубы, что способствует их рассеиванию.

Для предприятий химической промышленности характерны выбросы 2-4 групп.

Охлажденные ГВС попадают в атмосферу из оборудования, в котором поддерживается низкая температура; при истечении газов из оборудования, среда в котором находится под давлением и при низких температурах, из помещений с кондиционированием воздуха. Такие выбросы опускаются вниз и рассеиваются слабо. Аналогичное явление наблюдается при выбросе в атмосферу воздуха, загрязненного газами и парами с плотностью выше плотности воздуха.

По режиму работы выбросы делятся на:

- постоянно действующие с равномерным валовым выбросом или меняющимся по определенному закону (выбросы от технологического оборудования);
- периодические (продувка аппаратов);
- залповые, когда за короткий промежуток времени выбрасывается большое количество вредных веществ.

По степени централизации выбросы подразделяются на:

- централизованные,
- децентрализованные.

В первом случае выброс собирается в одну или две трубы. Высокие централизованные выбросы обеспечивают чистоту воздуха на самой промплощадке и хорошее рассеивание в высоких слоях атмосферы.

Во втором случае от каждого агрегата устраивают самостоятельный выброс. При такой ситуации имеется большое число невысоких труб, выбросы из которых загрязняют приземный слой и затрудняет забор чистого воздуха для систем приточной вентиляции зданий.

К децентрализованным выбросам относят выбросы через фонари, воздушники от химических аппаратов и емкостей, утечки вредных газов и паров через неплотности оборудования, расположенного на заводских площадках.

Состав выбросов

Состав летучих промышленных выбросов так же разнообразен, как и источники и условия их образования. Приоритетными выбросами, которые заслуживают наиболее пристального внимания при контроле состояния воздушной среды, являются следующие: оксиды серы; оксиды азота; оксиды углерода; соединения фосфора (P_2O_5 , PH_3); соединения мышьяка (As_2O_3 , As_2O_5); смолы различного происхождения; туманы кислот; дурнопахнущие вещества ДПВ (меркаптаны и сероводород); углеводороды УВ, пары летучих органических растворителей ЛОР (бензин, бензол, спирты, толуол, сероуглерод); пары ртути; фтор и его соединения; хлор и его соединения; сажа; зола; возгоны и оксиды металлов, твердые частицы различного размера - от субмикронных до сотен микрон всевозможного химического состава и различной морфологии (компактные, хлопьевидные, волокнистые и др.).

Лишь некоторые из перечисленных выбросов однозначно связаны с источниками их выделения: пары ртути, возгоны и оксиды металлов, сажа.

Остальные выбросы могут быть продуктами многих процессов химической промышленности, энергетики, металлургии, машиностроения и пр.

Свойствами выбросов называют присущие им естественные качественные

проявления, такие как токсичность (в том числе эмбрионотоксичность), мутагенность, канцерогенность и др.

Классификация выбросов

Ввиду многообразия аспектов защиты атмосферы единой, тем более официальной классификации летучих промышленных выбросов не существует. С точки зрения роли и значимости выбросов в процессе очистки принята следующая классификация.

Все выбросы можно разделить на две группы:

- парогазовые;
- аэрозольные.

Парогазовые – это смесь паров или газов, не несущая в себе твердых или жидких взвешенных частиц. Эту группу можно разделить на две подгруппы:

1а. Выбросы, не подлежащие очистке либо по причине их безвредности, либо по соображениям экономической целесообразности рассеивания через трубы; либо из-за полного отсутствия технических возможностей очистки в данный период времени. Последнее может быть допущено только временно.

1б. Выбросы, подлежащие обязательной очистке.

Аэрозольные выбросы – это смесь газов (паров), несущая твердые или жидкие взвешенные частицы. В этой группе можно выделить следующие подгруппы:

2а. Аэрозоли, в которых дисперсная фаза подлежит улавливанию, а парогазовая (дисперсионная) относится к подгруппе 1а и при этом не оказывает влияния на работу газоочистной установки (ГОУ), т.е. является нейтральной в процессе очистки.

2б. Аэрозоли, в которых дисперсная фаза подлежит улавливанию, а парогазовая, относясь к подгруппе 1а, в то же время оказывает определенное влияние на ход очистки. Например, ничтожное содержание диоксида серы в газе не требует его улавливания, но внутри тракта газоочистки может образоваться кислый конденсат, вызывающий коррозию.

2в. Аэрозоли, у которых дисперсная фаза подлежит улавливанию, а парогазовая относится к подгруппе 1б. В этом случае требуется либо комбинированная очистка в одном аппарате, либо комбинация последовательно расположенных аппаратов для селективного улавливания дисперсной фазы и вредных примесей дисперсионной среды.

2г. Аэрозоли, у которых дисперсионная среда относится к подгруппе 1б, а дисперсная фаза улавливанию не подлежит (например, из-за низкой ее концентрации) и в то же время не оказывает влияние на процесс очистки.

2д. Аэрозоли, у которых дисперсионная среда относится к подгруппе 1б, а

дисперсная фаза улавливанию не подлежит, однако может оказывать влияние на процесс очистки (например, постепенно загрязнять жидкий или твердый поглотитель - сорбент).

2е. Аэрозоли, у которых дисперсионная среда относится к подгруппе 1а, а дисперсная фаза - к 2г или 2д. Такой аэрозоль не нуждается в очистке.

Нормирование выбросов

Нормирование является важнейшим средством регулирования природопользования. По своей сущности оно относится к административным методам регулирования.

Под экологическим нормированием понимается научно обоснованное ограничение воздействия хозяйственной и иной деятельности на ресурсы биосферы, обеспечивающее как социально-экономические интересы общества, так и его экологические потребности.

Экологическое нормирование предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на экосистему.

Допустимой считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды.

В настоящее время определяющее значение для контроля и управления качеством окружающей среды имеют санитарно-гигиенические нормативы.

Все виды ПДК относятся к отдельным веществам при их изолированном действии. В реальных ситуациях в воздушной среде может присутствовать несколько десятков вредных веществ. Для учета комбинированного действия вредных веществ во всех средах используется принцип комплексного гигиенического нормирования. Так, для атмосферного воздуха населенных мест установлены коэффициенты комбинированного действия для 36 бинарных смесей и 20 смесей из 3-5 компонентов.

В практике нормирования и для санитарной оценки степени загрязненности воздушной среды используются следующие виды ПДК:

-в воздухе рабочей зоны (ПДК_{р.з.}, мг/м³) – концентрация вещества, которая не вызывает у работающих людей при ежедневном вдыхании в пределах 8 ч в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья;

-среднесуточная (ПДК_{с.с.}, мг/м³) – концентрация вещества в воздухе населенного пункта, которая не оказывает на человека прямого или косвенного

вредного воздействия в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания;

-максимально разовая (ПДК_{м.р.}, мг/м³) – концентрация вещества в воздухе населенного пункта, которая при кратковременном воздействии (в пределах 20-30 мин.) не вызывает рефлекторных реакций в организме человека.

В настоящее время, согласно данным Всемирной Организации Здравоохранения, в промышленности используется до 500 тыс. химических соединений, из которых 40 тыс. являются вредными для здоровья человека и 12 тыс. - токсичными. В Российской Федерации установлены ПДК примерно для 1300 соединений в воздухе.

Для ликвидации диспропорций между числом новых химических веществ и количеством разрабатываемых гигиенических нормативов в санитарное законодательство введены наряду с ПДК временные ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ). Обоснование временных нормативов проводится с использованием ускоренных экспериментальных и расчетных методов, а также по аналогии с ранее нормированными структурно близкими соединениями.

Несмотря на ведущую роль гигиенических нормативов для оценки качества окружающей среды, необходимо вводить экологические стандарты, которые устанавливают требования непосредственно к источнику загрязнения, ограничивая его деятельность определенной пороговой величиной. Таким экологическим нормативом является предельно – допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ПДВ).

ПДВ - это максимально допустимое к выбросу в атмосферный воздух количество загрязняющих веществ данным источником загрязнения в единицу времени.

ПДВ вредного вещества в атмосферу устанавливают для каждого источника загрязнения при условии, что выбросы от рассматриваемого источника и совокупности других источников предприятия или населенного пункта с учетом перспективы развития предприятия и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создадут приземную концентрацию данного вещества C , превышающую ПДК населенного пункта.

Для населенных мест требуется выполнение соотношения:

$$C/ПДК < 1.$$

При установлении ПДВ для источника загрязнения атмосферы учитывают установленные расчетом или экспериментально значения фоновых концентраций вредных веществ в воздухе $C_{\text{ф}}$ (мг/м³) от остальных источников населенного пункта, т.е.:

$$C = C_{\text{р}} + C_{\text{ф}},$$

где $C_{\text{р}}$ - максимальная расчетная концентрация вредного вещества, мг/м³.

ПДВ определяют для каждого источника загрязнения. Для неорганизованных выбросов и близкорасположенных мелких одиночных источников устанавливают суммарный ПДВ. В результате суммирования ПДВ отдельных источников загрязнения атмосферы определяют ПДВ для предприятия в целом.

При установлении ПДВ необходимо учитывать перспективу развития предприятия, физико-географические и климатические условия местности, взаимное расположение предприятия и жилой застройки и т.д.

Если в воздухе населенных пунктов концентрации вредных веществ превышают ПДК, а значение ПДВ по объективным причинам в настоящее время не могут быть достигнуты, то вводится поэтапное снижение выбросов вредных веществ до значений, обеспечивающих ПДК. На каждом этапе до обеспечения ПДВ устанавливают **временно-согласованный выброс (ВСВ)** на уровне предприятий с наилучшей достигнутой технологией производства, аналогичных по мощности и технологическому процессу.

3.3 Пути устранения загрязнений атмосферного воздуха

Основными мероприятиями по снижению загрязнения атмосферного воздуха являются:

- технологические,
- архитектурно-планировочные,
- организация санитарно-защитной зоны.

Технологические мероприятия

Радикальной мерой борьбы с загрязнениями атмосферы является создание замкнутых технологических процессов, при которых отсутствует выброс вредных выбросов в атмосферу. Перспективным является и принцип комплексного использования природного сырья с созданием малоотходных технологий.

Одной из таких мер являются мероприятия в сфере основной технологии, либо подавляющие полностью, либо снижающие выбросы вредных веществ.

Эти мероприятия для каждого вида производства специфичны. Однако есть общие условия, действительные для многих отраслей.

Для снижения выбросов вредных веществ в продуктах сжигания топлива необходимо совершенствование технологии его сжигания.

Во всех без исключения топочных устройствах должно обеспечиваться полное сгорание горючих компонентов. Тем самым будет устранено присутствие в выбросах сажи и оксида углерода. С этой целью проектируют специальные форсунки для полного смешения топлива с воздухом.

Если в процессах основной технологии неизбежно выделяются летучие горючие компоненты (смолы, оксид углерода и пр.) необходимо предусмотреть дожигающие устройства непосредственно в конструкции основного технологического оборудования.

Переход на сжигание дробленого топлива снижает выброс золы в 2-2,5 раза, а выбросы субмикронных частиц, ответственных за выброс в атмосферу тяжелых металлов, сокращается на порядок.

В топочных устройствах следует избегать превышение температуры сверх регламентного и объемов дутьевого воздуха сверх расчетного с целью снижения эмиссии оксидов азота. С этой целью используют двухступенчатое сжигание топлива, рециркуляцию дымовых газов, переоборудование топки, сжигание в псевдооживленном слое, специальные конструкции горелок.

Псевдооживленный слой - это физическое явление, которое возникает, когда твердое вещество в виде частиц находится в таких условиях, что ведет себя как жидкость.

Обычным способом получения псевдооживленного слоя является закачивание жидкости под давлением в частицы. Полученная среда обладает многими свойствами и характеристиками обычных жидкостей, такими как способность свободно течь под действием силы тяжести или перекачиваться с использованием жидкостных технологий.

С целью снижения выбросов диоксидов серы необходимо проводить предварительную обработку топлива (обессеривание), повышать качество используемого топлива (обогащение). Кроме того, для этих же целей проводится связывание серы в процессе сжигания топлива вводом щелочных присадок.

Полностью ликвидируется выброс диоксида серы при переводе котлов с твердого и жидкого топлива на газообразное, при замене пламенного нагрева электрическим (замена вагранок литейных цехов на индукционные печи, плавка лома в индукционных печах вместо шахтных, применение электропечей в стекольной промышленности).

Для снижения пылеобразования пылящих материалов необходимо герметизировать агрегаты – источники выбросов, а также максимально уплотнить пылегазовые тракты. В сушильных агрегатах нельзя допускать пересушивание материала, т.к. при этом будет увеличиваться пылеобразование при последующей обработке и транспортировке материала. При переработке пылящих материалов их следует увлажнять, если это не противоречит требованиям основной технологии производства.

В аппаратах пылегазоочистки не должна иметь место нестабильность технологических режимов сверх допусков, установленных регламентом, т.к. при этом меняется состав и количество выбросов.

Замена периодических процессов непрерывными позволяет исключить залповые выбросы, характерные для периодических процессов.

Если по причинам объективного характера на данном этапе невозможно создание рациональной технологии, подавляющей выбросы вредных веществ, то предприятия обязаны сооружать очистные сооружения.

Однако не для всех выбросов разработаны способы очистки; во многих случаях она требует больших затрат, поэтому часто загрязненные выбросы отводят на большую высоту, сооружая высокие трубы. При этом вредные вещества, достигая приземного слоя атмосферы, рассеиваются и создают приземную концентрацию, не превышающую нормативных значений.

Архитектурно-планировочные мероприятия

Архитектурно-планировочные мероприятия (АПМ), если они проводятся на стадии выбора района строительства предприятия и компоновки зданий и сооружений на генплане существующего предприятия, не требует капитальных затрат, но в дальнейшем помогут сэкономить на мероприятиях по газоочистке и организации санитарно-защитной зоны.

Необходимо избегать строительства предприятий с большими выбросами вредных веществ в местах застоя воздуха, в низинах и котлованах, а также в районах с часто повторяющимися туманами и повышенными температурными инверсиями.

Следует уделять особое внимание взаимному расположению предприятий и жилых районов. Для каждого варианта расположения предприятия необходимо определить норматив ПДВ с учетом удаленности жилых районов, рельефа местности и климатических условий. При окончательном выборе места строительства следует исходить из минимума затрат на строительство предприятия в данном месте и расходов на очистку.

Организация санитарно-защитной зоны (СЗЗ)

Для предприятий предусмотрена санитарная классификация, учитывающая мощность предприятия, условия осуществления технологических процессов, характер и количество вредных выбросов, вибрацию, электромагнитные волны, ультразвук и др. вредные факторы.

Всего установлено 5 классов предприятий:

Класс	I	II	III	IV	V
Размер зоны, м	1000	500	300	100	50

Размеры СЗЗ, установленные в Санитарных нормах, должны подтверждаться расчетами рассеивания выбросов в соответствии с действующими методиками. При этом на границе СЗЗ концентрация вредных веществ в приземном слое не должна превышать ПДК_{м.р.}

Полученные по расчету размеры СЗЗ должны уточняться в зависимости от розы ветров района расположения предприятия по формуле:

$$L = L_0 P / P_0 \text{ при } P > P_0,$$

где L - расчетный размер СЗЗ с учетом розы ветров, м; L_0 - расчетное расстояние от источника до границы СЗЗ без учета поправки на розу ветров, м, т.е. расстояние от источника до точки, в которой $C = ПДК_{м.р.}$; $P(\%)$ - среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба; $P_0(\%)$ - повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров. Размер СЗЗ рекомендуется принимать не менее установленного по санитарной классификации.

Методы очистки газов от аэрозолей

Надежность и эффективность работы систем пылеочистки в значительной степени зависят от физико-химических свойств улавливаемой пыли.

Рассмотрим основные свойства взвешенных частиц.

Плотность частиц разделяется на:

- истинную,
- насыпную,
- кажущуюся.

Насыпная плотность - плотность порошкообразного материала в рыхлонасыпанном состоянии.

При слеживании насыпная плотность возрастает в 1,5 раза.

Кажущаяся плотность – масса частицы, отнесенная к занимаемому ею объему, включая поры, пустоты и неровности.

Истинная плотность – плотность частиц, не имеющих пор.

Снижение кажущейся плотности по отношению к истинной наблюдается у пылей, склонных к коагуляции или спеканию первичных частиц, например, у сажи, оксидов металлов и др.

Методы улавливания пыли зависят от ее дисперсности, т.е. количественного распределения частиц пыли по размерам. В зависимости от размера частиц пыль подразделяется на несколько видов - макроскопическая - более 10 мкм; микроскопическая 0,25-10 мкм; ультрамикроскопическая 0,01-0,25 мкм; субмикроскопическая - менее 0,01 мкм.

Адгезионные свойства частиц определяют их склонность к слипаемости. Повышенная слипаемость частиц может привести к забиванию

пылеулавливающих аппаратов. Чем меньше размер частиц, тем легче они прилипают к поверхности аппарата.

По степени слипаемости пыль ориентировочно разделена на 4 группы: неслипающаяся, слабослипающаяся, среднеслипающаяся, сильнослипающаяся.

Со слипаемостью тесно связана другая характеристика пыли - ее сыпучесть. Сыпучесть оценивается по углу естественного откоса, который принимает пыль в свеженасыпанном состоянии. Определяет характер движения пыли в бункерах.

Абразивность пыли характеризует интенсивность износа металла при одинаковых скоростях газов и концентрациях пыли. Она зависит от твердости, формы, размера и плотности частиц.

Смачиваемость частиц водой оказывает определенное влияние на эффективность мокрых пылеуловителей. Гладкие частицы смачиваются лучше, чем частицы с неровной поверхностью, т.к. последние в большей степени оказываются покрытыми абсорбированной газовой оболочкой, затрудняющей смачивание.

Рассмотрим некоторые определения.

Смачивание – физическое взаимодействие жидкости с поверхностью твёрдого тела или другой жидкости.

Смачивание зависит от соотношения между силами сцепления молекул жидкости с молекулами (или атомами) смачиваемого тела (адгезия) и силами взаимного сцепления молекул жидкости (когезия).

Гигроскопичность – способность некоторых веществ поглощать водяные пары из воздуха.

Гигроскопичность и растворимость частиц способствуют их улавливанию в аппаратах мокрого типа. Определяются химическим составом частиц, их размером, формой и степенью шероховатости.

Удельное электрическое сопротивление (удельное сопротивление) – физическая величина, характеризующая способность материала препятствовать прохождению электрического тока, выражается в Ом·метр.

Удельное электрическое сопротивление слоя пыли (УЭС) зависит от свойств отдельных частиц, а также от структуры слоя и параметров газового потока. Оно оказывает существенное влияние на работу электрофильтров.

Электрическая заряженность частиц (ЭЗЧ) зависит от способа их образования, химического состава, а также свойств веществ, с которыми они

соприкасаются. ЭЗЧ оказывает влияние на поведение частиц в газоходах и эффективность улавливания в ГОУ. ЭЗЧ влияет на взрывоопасность и адгезионные свойства частиц.

Например, в бункерах электрофильтров свежееуловленная пыль, сохраняя заряд, имеет угол естественного откоса примерно около 0° С, т.е. ведет себя почти как жидкость. Через несколько часов, с потерей заряда угол возрастает до 50° С, а иногда до 90° С.

Способность пыли к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей с воздухом.

Самовозгорание или самовоспламенение - это тип горения, которое происходит путем самонагрева (повышения температуры из-за экзотермических внутренних реакций), за которым следует термический разгон (самонагрев, который быстро ускоряется до высоких температур) и, наконец, самовозгорания.

Горючая смесь вследствие сильно развитой поверхности контакта частиц с кислородом способна к самовозгоранию и образованию взрывчатых смесей с воздухом. Интенсивность взрыва пыли зависит от ее химических и термических свойств, от размеров и формы частиц, их концентрации в воздухе, от влагосодержания и состава газов, размеров и температуры источника воспламенения и от относительного содержания инертной пыли. При повышении температуры воспламенение иногда происходит самопроизвольно. Способностью к воспламенению обладают некоторые пыли органических веществ, образующиеся при переработке зерна, красителей, пластмасс, волокон, а также пыли металлов (магния, алюминия, цинка).

Минимальные взрывоопасные концентрации взвешенной в воздухе пыли – $20-500$ г/м³, максимальные - $700-800$ г/м³. Чем больше содержание кислорода в газовой смеси, тем вероятнее взрыв, при содержании кислорода менее 16 % пылевое облако не взрывается.

Осаждение в гравитационном поле

Осаждение пыли под действием сил тяжести происходит в пылеосадительных камерах (ПОК). Скорость газа в ПОК $0,2 - 1,5$ м/с. Гидравлическое сопротивление $50 - 300$ Па. Применяются для улавливания крупных частиц размером более 50 мкм. Степень очистки не превышает $40-50\%$. Достоинства ПОК - простота конструкции, низкая стоимость и энергоемкость, возможность улавливания абразивной пыли, отсутствие температурных ограничений очищаемых газов. Эффективность улавливания высокодисперсной пыли (менее 6 мкм) близка к нулю. Как правило, используется для грубой очистки. Кроме того, имеет ограниченное применение

из-за трудности удаления уловленной пыли из межполочного пространства.

Простейший тип гравитационного осадителя – ПОК, где частицы дисперсной фазы осаждаются под действием силы тяжести при медленном движении пылегазового потока через объем камеры (рис. 1 а).

Для улучшения сепарации горизонтальные камеры снабжают перегородками или колпаками, которые бывают поворотные или наклонные для удобства удаления уловленной пыли (рис. 1 б).

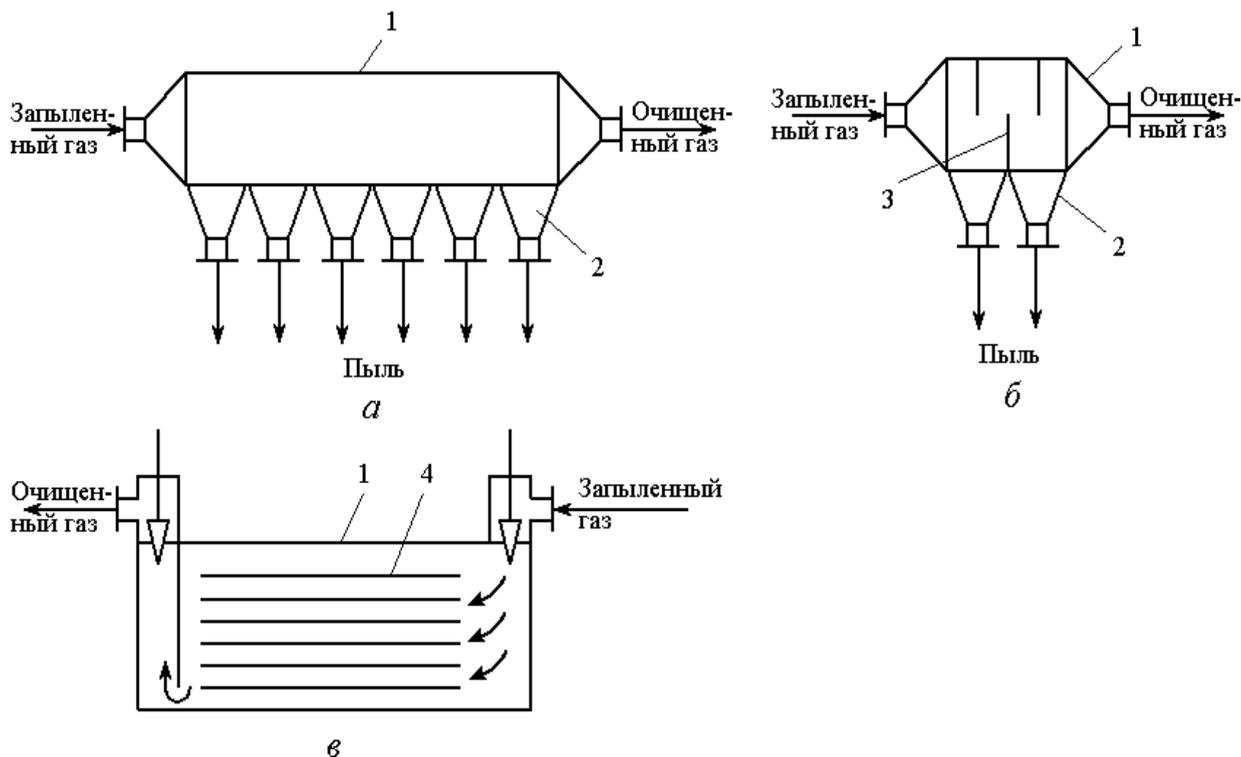


Рис. 1 Пылеосадительные камеры: а - простейшая камера; б - камера с перегородками; в - многополочная камер 1 - корпус; 2 - бункеры; 3 - перегородка; 4 - полка

Повышение эффективности ПОК достигается уменьшением высоты, с которой частица опускается на дно камеры. Эта идея реализована в многополочной (многосекционной) камере (рис. 1 в).

Осаждение в инерционном поле

При резком изменении направления движения газового потока частицы пыли под действием инерционных сил будут стремиться двигаться в прежнем направлении и в дальнейшем могут быть выделены из этого потока. На этом принципе работает целый ряд пылеуловителей (ПУ).

Камера с перегородкой по эффективности не намного отличается от ПОК, но имеет более высокое гидравлическое сопротивление (рис. 2 а).

Плавный поворот в камере позволяет снизить гидравлическое сопротивление (рис. 2б).

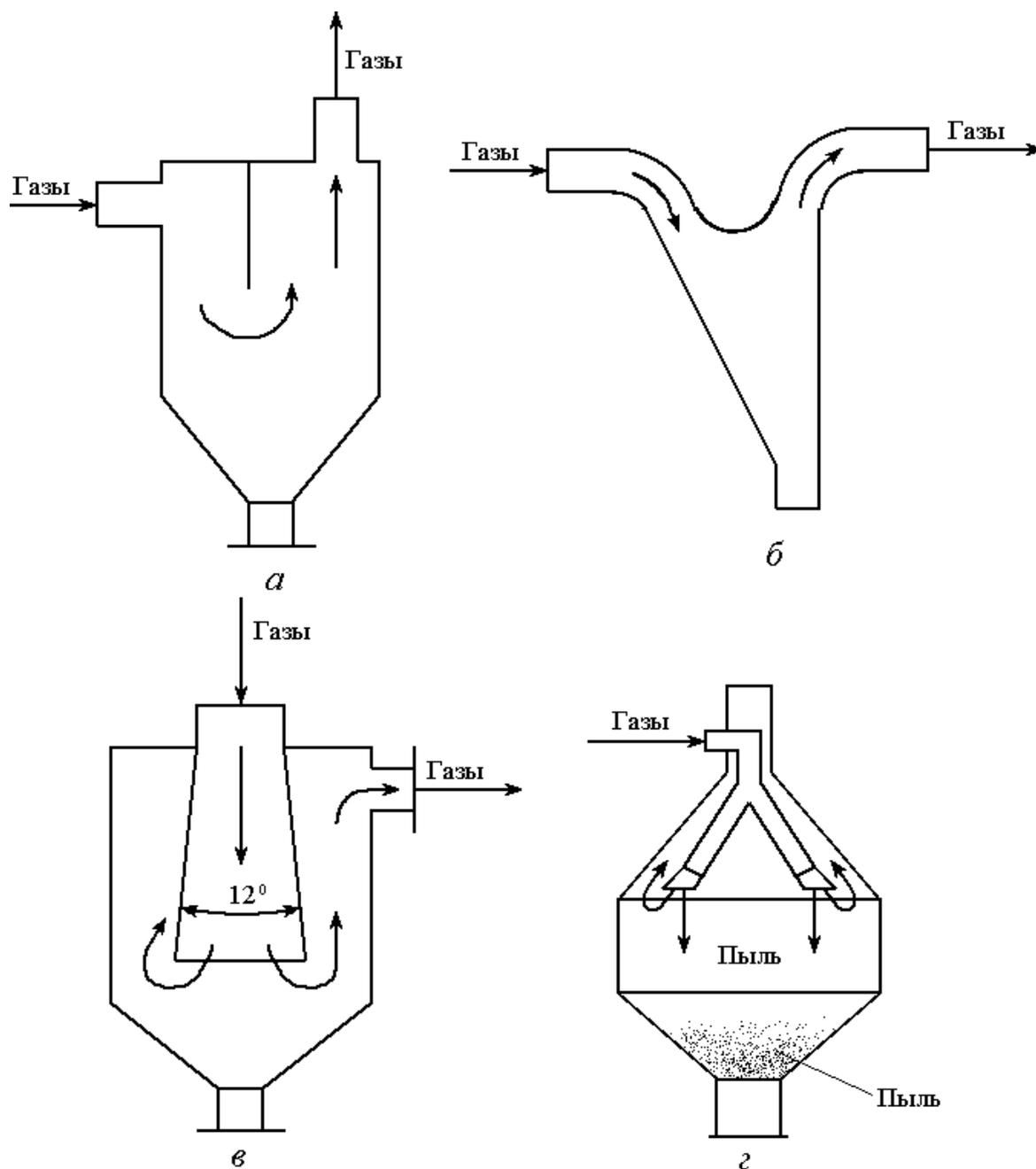


Рис.2 Инерционные пылеуловители: а – камера с перегородкой; б – камера с плавным поворотом газового потока; в - камера с расширяющимся конусом; г - камера с заглубленным бункером

В камере с расширяющимся конусом частицы пыли подвергаются

дополнительному усилию, что обеспечивает дополнительное ускорение порядка $g/3$. Снижается вторичный унос частиц. Скорость газа в свободном сечении камеры 1 м/с, во входной трубе 10 м/с. Частицы размером более 25-30 мкм улавливаются на 65-85 % (рис. 2 в).

Эффективность ПУ с заглубленным бункером, в зависимости от скорости газов на входе (5 - 15 м/с) составляет 50 - 80% (рис. 2 г).

Принцип внезапного изменения направления газового потока при столкновении с решеткой, состоящей из наклонных пластин, использован в ПУ жалюзийного типа, рис. 3. Широко применяется для предварительной очистки газов перед циклонами или перед рукавными фильтрами. В нем около 90 % газов частично очищаются от пыли при прохождении через жалюзи, а остальной газовый поток с уловленной пылью отводится на очистку в циклон. Скорость газов 12-15 м/с. Гидравлическое сопротивление решетки 100-500 Па. Применяется для улавливания частиц пыли крупнее 20 мкм. Недостатки: износ пластин решетки при высокой концентрации и возможность образования отложений при охлаждении газов до точки росы.

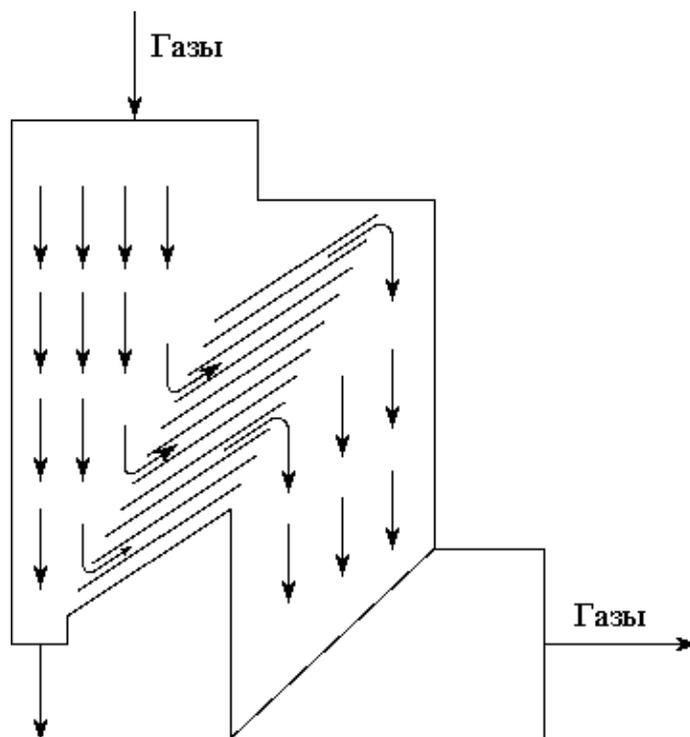


Рис. 3 Жалюзийный пылеуловитель 1 - жалюзийная решетка; 2 - очищенные газы; 3 - запыленные газы

Осаждение в центробежном поле

Этот способ разделения неоднородных пылегазовых смесей более

эффективен, чем гравитационное осаждение, поэтому он применяется для отделения более мелких (до 5 мкм) частиц пыли.

При аппаратурном оформлении процессов разделения неоднородных систем в центробежном поле применяют два принципа: вращение пылегазового потока в неподвижном аппарате (циклон); движение пылегазового потока во вращающемся роторе (центробежный ротационный пылеуловитель).

В обоих случаях на разделение кроме сил тяжести и центробежных сил значительное влияние оказывают инерционные силы.

Циклонные аппараты наиболее распространены в промышленности. Действие циклона (рис. 4) основано на тангенциальном вводе запыленного потока со скоростью 15-20 м/с в цилиндрическую часть аппарата, где формируется вращающийся поток, опускающийся вдоль внутренних стенок цилиндрической и конической частей корпуса.

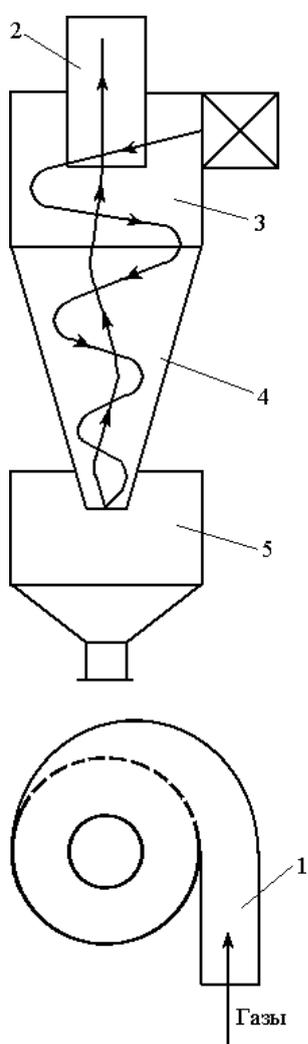


Рис. 4 Схема работы циклона
1 - входной патрубок; 2 - выхлопная труба; 3 - цилиндрическая часть; 4 - коническая часть 5 - бункер

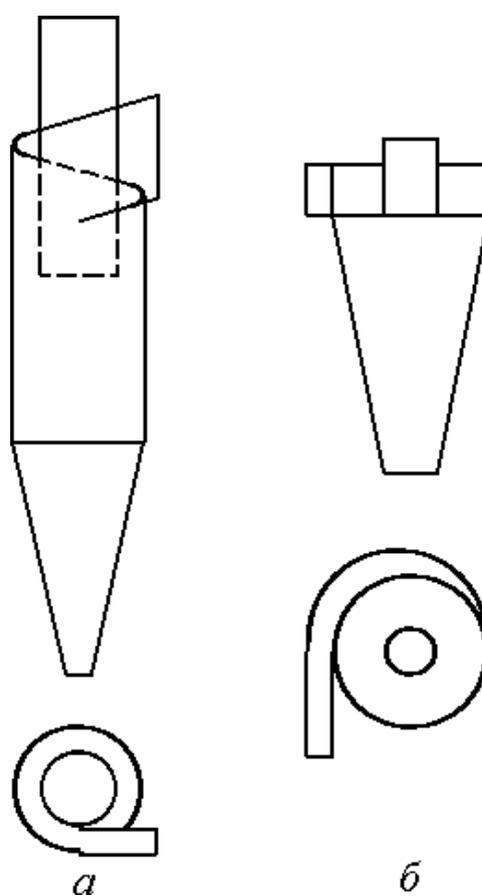


Рис. 5 Циклоны НИИОГаз:
а - цилиндрический циклон;
б - конический циклон

Частицы пыли отделяются под воздействием центробежной силы от основного газового потока к периферии, оседают на внутренней части циклона и сползают под действием силы тяжести в коническую часть аппарата, откуда попадают в бункер. Отделение частиц от входящих в бункер газов происходит под действием сил инерции при изменении направления движения газов на 180° .

В промышленной практике принято разделять циклоны на высокопроизводительные и высокоэффективные (рис. 5).

К аппаратам первого типа относятся цилиндрические циклоны НИИОГАЗ марки ЦН типа ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15у, ЦН-24.

Особенностью аппаратов этой группы является удлиненность цилиндрической части, угол наклона входного патрубка соответственно 11° , 15° и 24° и одинаковое отношение диаметра выхлопной трубы к диаметру циклона, равное 0,59. Диаметр циклонов не превышает 2000 мм, отличается небольшим гидравлическим сопротивлением, высокой производительностью.

К аппаратам второго типа относятся конические циклоны НИИО- ГАЗ марки С типа СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34 и СК-ЦН-22. Они отличаются длинной конической частью, спиральным входным патрубком и малым отношением диаметров выхлопной трубы к корпусу циклона. Диаметр циклона не превышает 3000 мм, потери давления выше, чем в цилиндрических.

При создании систем пылеочистки применительно к большим или меняющимся расходам газовых потоков возникает проблема повышения единичных мощностей циклонной аппаратуры. С увеличением габаритных размеров циклонов, с одной стороны, падает эффективность пылеулавливания, а с другой – возрастает строительная высота установки. Эту проблему решают групповой или батарейной компоновкой циклонов.

Батарейные циклоны - объединение большого числа малых циклонов диаметром 150-250 мм в группу. Снижение диаметра циклонного элемента преследует цель увеличения эффективности очистки. В подобного типа установках батарея циклонных элементов размещена в общем корпусе, имеющем общий коллектор для подвода и отвода газов и общий бункер для сбора пыли.

Представляют интерес и так называемые прямоточные циклоны (с нижним выводом очищенного газа), основные преимущества которых состоят в малом гидравлическом сопротивлении и возможности компоновки пылеулавливающих устройств.

Достоинствами циклонов являются:

- отсутствие движущихся частей в аппарате;
- надежность работы при высоких температурах (до 500°C) и при высоких давлениях;

- возможность улавливания абразивных материалов при защите внутренних поверхностей циклонов специальными покрытиями;
- улавливание пыли в сухом виде;
- почти постоянное гидравлическое сопротивление аппарата;
- простота изготовления;
- сохранение высокой фракционной эффективности при увеличении запыленности газов.

Недостатки циклонов:

- высокое гидравлическое сопротивление 1250-1500 Па;
- низкая эффективность улавливания частиц размером менее 5 мкм;
- невозможность использования для улавливания слипающей пыли.

Особое место в газоочистительной технике занимают вихревые пылеуловители (ВПУ), которые также относятся к прямоочным аппаратам центробежного действия. Они позволяют извлекать из вентиляционных выбросов до 99 % пыли с заметным содержанием мелкодисперсных частиц диаметром 3-5 мкм. ВПУ получили широкое распространение для очистки газов после мельниц, сушилок, а также в горно-рудной промышленности.

Основным отличием вихревых пылеуловителей от циклона является наличие вспомогательного закручивающего газового потока.

Достоинствами ВПУ являются:

- более высокая эффективность улавливания высокодисперсной пыли;
- отсутствие абразивного износа внутренних поверхностей аппарата;
- возможность очистки газов с более высокой температурой за счет использования вторичного холодного воздуха;
- возможность регулирования процесса сепарации пыли за счет изменения количества вторичного газа.

Недостатки ВПУ:

- необходимость дополнительного дутьевого устройства;
- повышение общего количества газа, проходящего через аппарат;

сложность аппаратного оформления

К центробежным пылеуловителям относятся динамические (ротационные) пылеуловители. В этих аппаратах очистка газа от пыли осуществляется за счет центробежных сил и сил Кориолиса, возникающих при вращении рабочего колеса. Динамические ПУ помимо осаждения частиц пыли из газового потока выполняют роль тягодутьевого устройства.

В аппаратах типа ЦРП (центробежные ротационные ПУ) улавливаемые частицы перемещаются в направлении, обратном движению газов в вентиляторе (рис. 6). Очищаемые газы всасываются через отверстия,

расположенные на боковой поверхности вращающегося барабана. В пограничном слое частота вращения пылегазового потока достигает окружной частоты вращения барабана. Благодаря этому частицы пыли выделяются из газового потока в радиальном направлении.

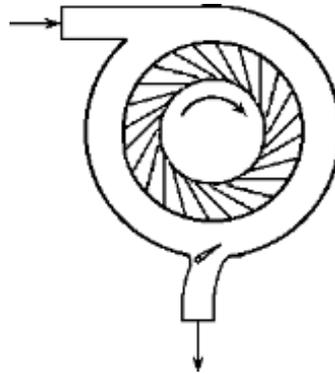


Рис. 6 Центробежный ротационный пылеуловитель

Наибольшее распространение из динамических пылеуловителей получил дымосос-пылеуловитель (ДП), который чаще всего комплектуется в паре с циклоном. ДП применяется для очистки дымовых газов малых котельных, в литейных производствах для очистки аспирационных выбросов и на асфальтобетонных заводах для очистки газов сушильных барабанов.

Преимущества динамических пылеуловителей по сравнению с другими центробежными аппаратами заключается в компактности, сокращении металлоемкости, совмещении в одном устройстве дымососа и сепаратора.

Недостатками является опасность абразивного износа лопаток дымососа, возможность образования отложений на лопатках, сложность в изготовлении.

Фильтрация аэрозолей

При пропускании запыленных потоков через пористые перегородки, тканые и нетканые, происходит очистка от содержащихся в них взвешенных частиц.

Применяемые в технике газоочистки фильтровальные перегородки могут быть разделены на следующие типы:

- гибкие пористые перегородки,
- полужесткие пористые перегородки,
- жесткие пористые перегородки,
- зернистые слои.

Гибкие пористые перегородки могут быть выполнены из тканевых

материалов природных, синтетических или минеральных волокон, нетканых волокнистых материалов (войлок, картон), пористых листовых материалов (губчатая резина, пенополиуретан, мембранные фильтры).

Полужесткие пористые перегородки – это слоистые конструкции из волокон, стружки, вязаных сеток, расположенные на опорных устройствах или зажатые между ними.

Жесткие пористые перегородки – это, как правило, зернистые материалы (пористая керамика или пластмасса, спеченные или спрессованные порошки металлов), волокнистые материалы (слои из стеклянных или металлических волокон); металлические сетки и перфорированные листы;

Зернистые слои - слои из кокса, гравия, кварцевого песка.

В зависимости от назначения и величины входной и выходной концентрации фильтры можно разделить на следующие классы:

- промышленные,
- фильтры для очистки атмосферного воздуха,
- фильтры тонкой очистки.

Промышленные фильтры (тканевые, зернистые, грубоволокнистые) применяются для очистки промышленных газов с высокой концентрацией дисперсной фазы (до 60 г/м^3).

Фильтры для очистки атмосферного воздуха (воздушные фильтры) устанавливаются в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Они рассчитаны на работу при концентрации пыли менее 50 мг/м^3 и высокой скорости фильтрации ($2,5\text{-}3 \text{ м/с}$).

Фильтры тонкой очистки (высокоэффективные или абсолютные фильтры) предназначены для улавливания с очень высокой эффективностью (выше 99 %) в основном субмикронных частиц из промышленных газов и воздуха при низкой входной концентрации (менее 1 мг/м^3) и малой скорости фильтрации (менее 10 см/с).

Требования к тканям для фильтровальных перегородок:

- высокая пылеемкость при фильтрации и способность удерживать после регенерации;
- сохранение оптимально высокой воздухопроницаемости в равновесно запыленном состоянии;
- высокая механическая прочность и стойкость к истиранию при изгибах;
- стабильность размеров и свойств при повышенной температуре и агрессивном воздействии среды;
- способность к легкому удалению накопленной пыли;
- низкая стоимость.

Широкую известность получили рукавные фильтры. Изобретателем рукавного фильтра по праву можно назвать Гиппократ. Примерно в 500 году до нашей эры он создал первое устройство, представляющее клеть с закрепленными на ней хлопковыми ткаными мешками – для фильтрации механических примесей из воды. Историки прозвали первый мешочный фильтр «Рукавом Гиппократа».

Внешний вид и габариты аппаратов могут существенно различаться. Но, вне зависимости от исполнения, ориентации, типа и материала мешков, каждый рукавный пылеуловитель предполагает наличие нижеследующих узлов, рис. 7.

Корпус, обычно – стальной или, реже, пластиковый кожух. Если аппарат конструируется для фильтрации легковоспламеняемых или пожароопасных пылей, корпус может быть оснащен мягкими противовзрывными мембранами или пластинами, которые, разрушаясь при взрыве внутренней среды, быстро снижают внутреннее давление и сохраняют корпус в целости, минимизируя возможный ущерб.

Рукавный блок – отсек с установленными в т.н. рукавную плиту (раму) каркасами плоской, цилиндрической или редко эллипсоидной формы, на которых закреплены фильтровальные рукава.

Отбойная пластина или дефлектор – устанавливается сразу после входного клапана и «отбивает» крупную пыль, которая сразу же опадает в пылесборный бункер.

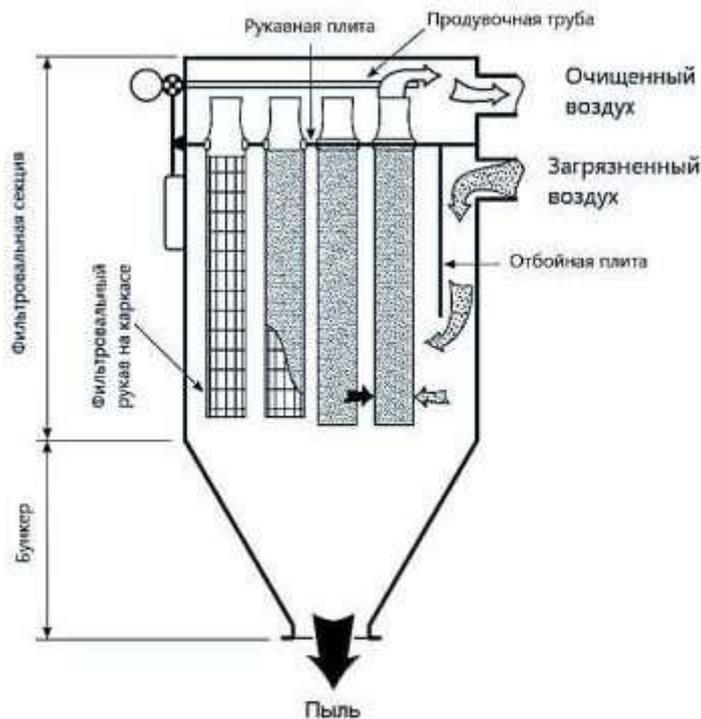


Рис. 7 Принципиальная схема рукавного фильтра

Пылесборник пирамидального (конусного) типа. В бункер попадает вся пыль – как после отскока от отбивной пластины, так и после очистки пылевого осадка с рукавов. Опционально бункер может быть оборудован виброприводом и шнеком для непрерывного отвода механического осадка.

Механизм регенерации рукавов может быть построен на использовании кулачкового (или иного) механизма вибрационного встряхивания, на принципах обратной продувки сжатым воздухом, акустико-вибрационных воздействиях и других технологиях самоочистки.

Степень забивки фильтра может определяться как по таймеру, (если свойства очищаемого потока известны и неизменны во времени), так и по дифференциальному манометру, который оперирует разницей показаний входящего и исходящего потока.

Помимо прочего, принято условно разделять в конструкциях рукавных фильтров чистую и грязную камеры.

Грязная камера включает в себя отсек ввода запыленного воздуха, пылеотбойник, бункерную зону и всю внешнюю поверхность текстиля рукавов, на которой, собственно, и происходит задержание и осаждение пылевых включений.

Чистая камера отделена от остального блока установочной рамой, в которой закреплены концы каркасов с мешками.

Из чистой камеры – в различных технологических вариациях – поток идет к выходному клапану. В ней же, полностью или частично, размещены элементы механизма регенерации рукавов – импульсные продувочные клапаны, сопла, штоки встряхивателя, вибрационные мембраны.

Принцип работы. Запыленный поток подводится во входной клапан аппарата. При этом могут использоваться вспомогательные элементы – пневмонасосы, компрессоры, напорные вентиляторы, иные нагнетатели. В случае обработки высокотемпературного потока может быть реализовано подмешивание в фильтр чистого прохладного атмосферного воздуха. Воздухоток контактирует с внешней поверхностью плотных нетканых рукавов, при этом частички пыли оседают снаружи мешков, в то время как чистый воздух проходит внутрь каркасов и попадает в чистую камеру, откуда выводится в производственное помещение или во внешнюю атмосферу.

По мере оседания пылевых включений на поверхности рукавов, воздуху становится все сложнее пройти сквозь нарастающую механическую преграду, и производительность аппарата падает. В зависимости от типа системы регенерации, производится обратная импульсная продувка, встряхивание или другое воздействие на фильтр-элементы, что позволяет освободить их поверхность от пыли и восстановить номинальный КПД устройства. Пыль опадает в бункер, цикл повторяется.

Рукавные фильтры по способу ввода очищаемого воздуха в рукав

подразделяют на:

- противоточные (ввод воздуха снизу через бункер (рис. 8),
- прямоточные (вводом воздуха сверху).

Скорость фильтрования газа через фильтровальную перегородку сравнительно невелика - от $0,007$ до $0,08 \text{ м}^3/\text{м}^2$ с при условии непрерывной регенерации ткани.

Число рукавов велико и устанавливаются они плотно. Диаметр рукавов $135-350 \text{ мм}$, однако, известны конструкции, в которых они достигают 600 мм . Длина рукавов обычно $2400-3500 \text{ мм}$, а в некоторых ПУ превышает 10 м . Максимальное отношение длины рукава к диаметру равно $50:1$.

Для улавливания высокодисперсных аэрозолей с эффективностью не менее 99% по наиболее проникающим частицам (размером $0,05-0,5 \text{ мкм}$) широко применяются фильтрующие материалы в виде тонких листов или объемных слоев из тонких или ультратонких волокон (диаметром менее 2 мкм).

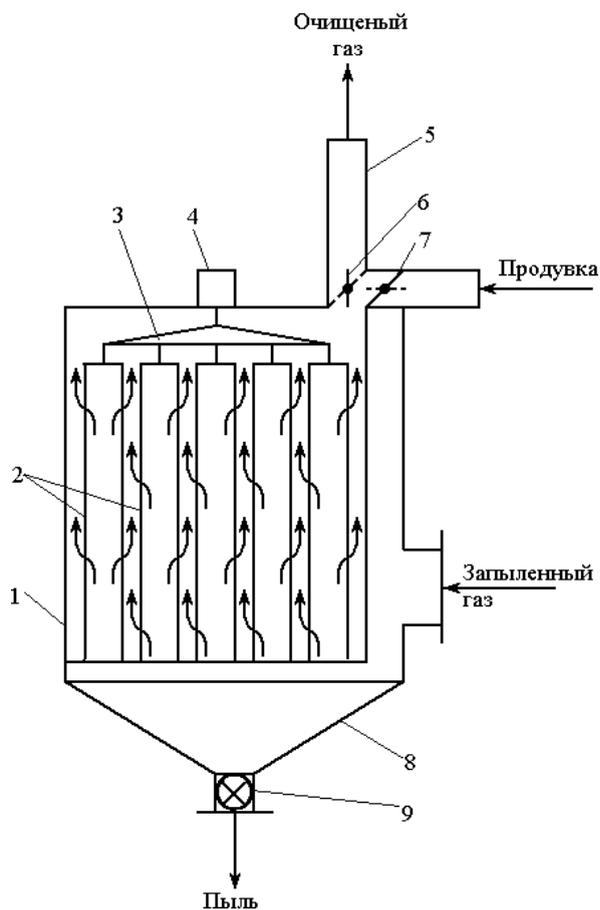


Рис. 8 Схема рукавного фильтра: 1-корпус; 2-рукава; 3-рама; 4-встряхивающий механизм; 5-коллектор очищенного газа; 6,7-клапаны; 8-бункер; 9-шнек

Скорость фильтрации в них 0,01-0,15 м/с, сопротивление чистых фильтров 200-300 Па, а забитых пылью 700-1500 Па. Регенерация отработанных фильтров тонкой очистки как правило нерентабельна или невозможна. После работы в течение 0,5-3 лет они подлежат замене. Входная концентрация пыли не должна превышать 0,5 мг/м³; при увеличении концентрации срок службы фильтров сокращается. Как правило, перед фильтрами тонкой очистки устанавливаются более простые по конструкции пылеулавливающие аппараты для снижения концентрации до 0,5 мг/м³.

В качестве тонковолокнистых сред широкое распространение получили фильтрующие материалы типа ФП (фильтры Петрянова) из полимерных смол. Они представляют собой слои синтетических волокон диаметром 1-2,5 мкм, нанесенные в процессе получения на марлевую подложку из скрепленных между собой более толстых волокон.

Малая толщина слоев ФП (0,2-1 мм) дает возможность получать поверхность фильтрации до 100-150 м² в расчете на 1 м³ аппарата.

Наиболее широко применяемым конструктивным исполнением фильтров тонкой очистки являются рамочные фильтры. Фильтрующий материал в виде ленты укладывается между П-образными рамками, чередующиеся при сборке пакета открытыми и закрытыми сторонами. Загрязненные газы поступают в одну из открытых сторон фильтра, проходят через материал и выходят с противоположной стороны (рис. 9).

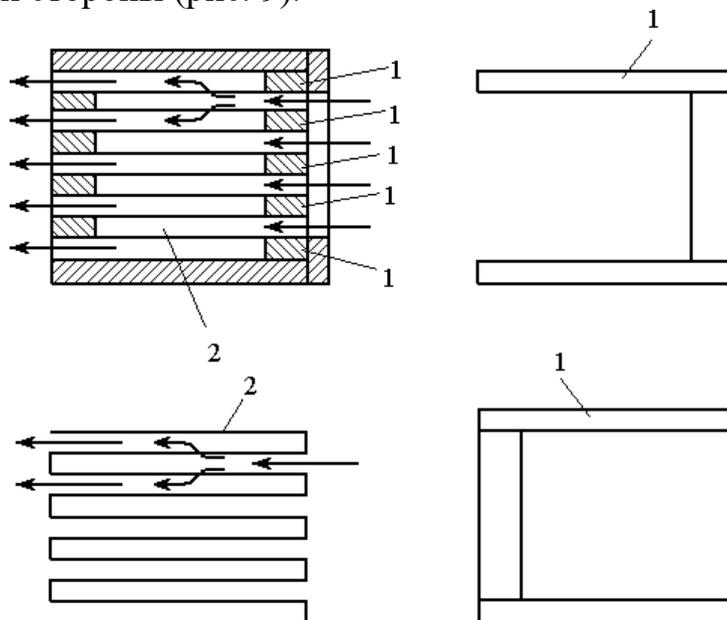


Рис. 9 Рамочный фильтр с тканью ФП 1-трехсторонняя рамка; 2-фильтровальная перегородка (ткань ФП)

При наличии влажных газов или слипающихся пылей использование для очистки газов тканевых фильтров нецелесообразно из-за возможного залипания рукавов.

В таких ситуациях в качестве альтернативного варианта применяют зернистые фильтры. Оптимальные области применения этих ПУ - высокотемпературная очистка газов без предварительного охлаждения с утилизацией тепла и сухая комплексная очистка от пыли и газообразных примесей с насыпным слоем адсорбента или катализатора.

Преимущества таких фильтров состоят в невысокой стоимости и доступности материалов, возможности работы с высокотемпературными и агрессивными средами при значительных механических нагрузках и перепадах давления.

Недостатки аппаратов: периодичность действия, громоздкость, небольшая производительность и несовершенство некоторых узлов, например устройств регенерации фильтрующего слоя.

Зернистые фильтры делятся на две группы, рис 10:

- насыпные,
- жесткие пористые.

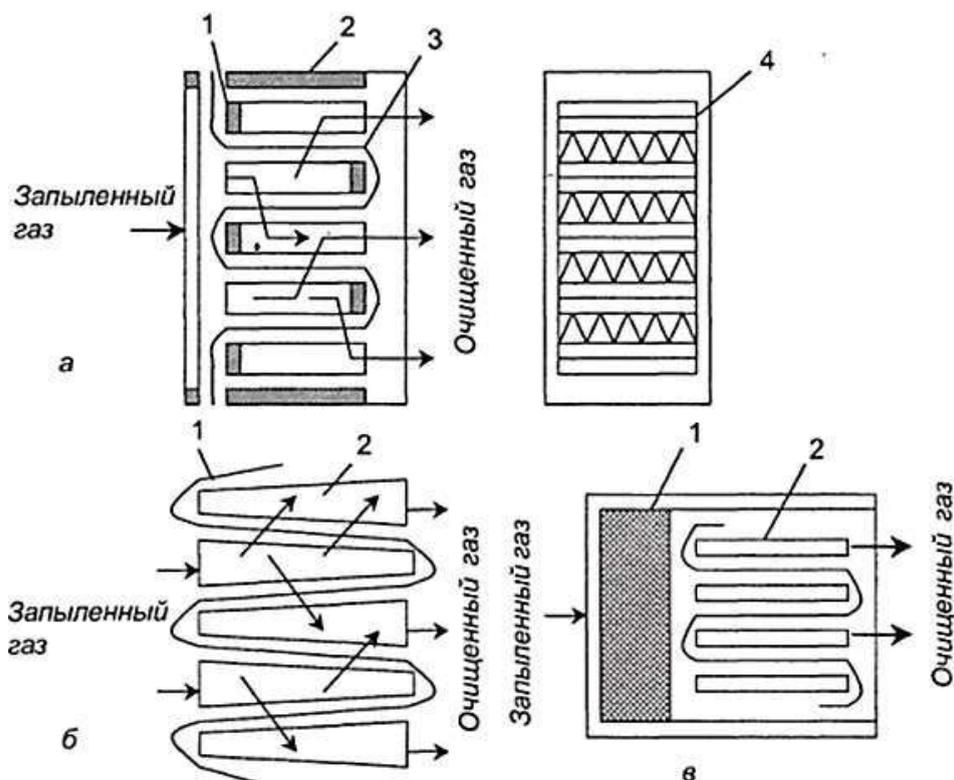


Рис. 10 Фильтры тонкой очистки: а-рамный: 1-П-образная планка; 2 - боковая стенка; 3 - фильтрующий материал; 4 - разделитель; б- с сепараторами клиновидной формы типа Д-КЛ: 1 - фильтрующий материал; 2 - рамка-сепаратор клиновидной формы; в - комбинированный: 1 - секция с набивным слоем из волокон; 2 - секция тонкой очистки

К зерновым фильтрам относятся:

- статические (неподвижные) слоевые фильтры;
- динамические (подвижные) слоевые фильтры с гравитационным перемещением сыпучей среды;
- псевдооживленные слои.

В насыпных фильтрах используется песок, галька, шлак, дробленые горные породы, древесные опилки, кокс, крошка резины, пластмассы, графит и др. Выбор материала зависит от требуемой термической и химической стойкости, механической прочности и доступности.

Имеются зернистые фильтры, регенерируемые путем ворошения или вибрационной встряски зернистого слоя внутри аппарата, а также фильтры с движущейся средой (рис. 11). Материал перемещается между сетками или жалюзийными решетками. Регенерацию материала от пыли проводят в отдельном аппарате путем грохочения или промывки. Если фильтрующая среда состоит из того же материала, что и пыль, то загрязненные гранулы выводят из системы и используют в технологическом процессе.

Зернистые жесткие фильтры. В этих фильтрах зерна прочно связаны друг с другом в результате спекания, прессования или склеивания и образуют прочную неподвижную систему. К ним относятся пористая керамика, пористые металлы, пористые пластмассы. Фильтры устойчивы к высокой температуре, коррозии и механическим нагрузкам и применяются для фильтрования сжатых газов.

Недостатки таких фильтров: высокая стоимость, большое гидравлическое сопротивление и трудности регенерации, которую проводят четырьмя способами: 1) продуванием воздухом в обратном направлении; 2) пропуском жидких растворов в обратном направлении; 3) пропуском горячего пара; 4) простукиванием или вибрацией трубной решетки с элементами.

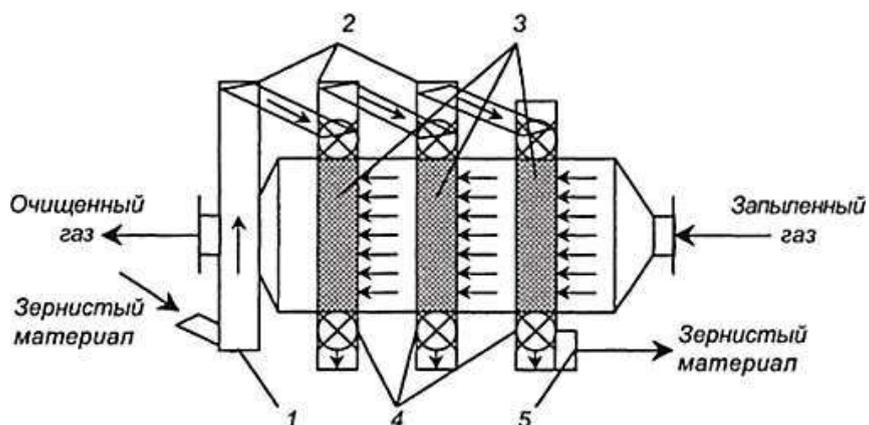


Рис. 11 Фильтр с движущимися слоями зернистого материала: 1-короб для подачи свежего зернистого материала; 2- питатели; 3- фильтрующие слои; 4 - затворы; 5 - короб для вывода зернистого материала

Осаждение в электрическом поле

Осаждение взвешенных в газе твердых и жидких частиц под действием электрического поля имеет преимущества по сравнению с другими способами осаждения. Действие электрического поля на заряженную частицу определяется величиной ее электрического заряда. При электроосаждении частицам небольших размеров удается сообщить значительный электрический заряд и благодаря этому осуществить процесс осаждения очень малых частиц, который невозможно провести под действием силы тяжести или центробежной силы.

Принцип электрической очистки воздуха (газов) от взвешенных частиц заключается в зарядке частиц в поле коронного разряда с последующим их выделением из взвешивающей среды под воздействием электрического поля.

Физическая сущность электроосаждения состоит в том, что газовый поток, содержащий взвешенные частицы, предварительно ионизируют, при этом содержащиеся в газе частицы приобретают электрический заряд. Зарядка частиц в поле коронного разряда происходит под воздействием электрического поля и вследствие диффузии ионов. Максимальная величина заряда частиц размером более 0,5 мкм пропорциональна квадрату диаметра частиц, а частиц размером меньше 0,2 мкм - диаметру частиц.

Если в электрическом поле между коронирующим (отрицательным) и осадительным (положительным) электродами (рис. 12) создать определенное напряжение, то носители зарядов, т.е. ионы и электроны, получают значительное ускорение, и при их столкновении с молекулами происходит ионизация последних.

Ионизация — эндотермический процесс образования ионов из нейтральных атомов или молекул.

Ионизация заключается в том, что с орбиты нейтральной молекулы выбивается один или несколько внешних электронов. В результате происходит превращение нейтральной молекулы в положительный ион и свободные электроны. Этот процесс называется ударной ионизацией.

При прохождении ионизированного потока газа в электрическом поле между двумя электродами заряженные частицы под действием электрического поля перемещаются к противоположно заряженным электродам и оседают на них.

Сталкиваясь с пылевыми частицами, ионы сообщают им свой заряд, вследствие чего эти частицы также начинают притягиваться к осадительному электроду. Скорость движения пылевой частицы к электроду зависит в значительной мере от величины полученного ею заряда, которая, в свою очередь, определяется действующими на газовые ионы вблизи частицы силами,

связанными с внешним полем, поляризацией частиц, электростатическим притяжением и отталкиванием одноименных зарядов.

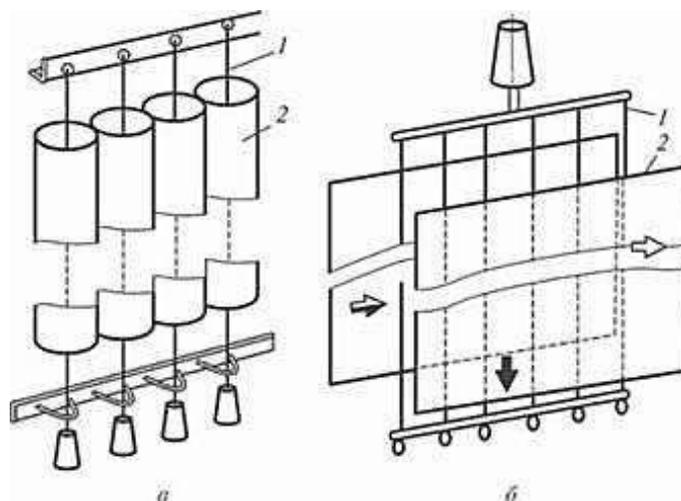


Рис. 12 Конструктивная схема электродов для процесса пылеочистки: а - электрофильтр с трубчатыми электродами; б - электрофильтр с пластинчатыми электродами; 1 - коронирующие электроды; 2 - осадительные электроды

Если создать на электродах разность потенциалов 4...6 кВ/см и обеспечить плотность тока 0,05...0,5 мА/м длины катода, то запыленный газ при пропускании его между электродами почти полностью освобождается от взвешенных частиц.

Электрическая очистка газов имеет следующие основные особенности:

- в зависимости от конкретных условий и требований можно сконструировать электрофильтры (ЭФ) на любую степень очистки (до 99,9 %) и на широкий диапазон производительности (от нескольких куб.м/час до нескольких млн. куб. м/ч);

- ЭФ обладают наименьшим гидравлическим сопротивлением из всего известного оборудования для очистки газов;

- ЭФ конструируют для работы как при атмосферном, так и при давлениях выше и ниже атмосферного;

- концентрация взвешенных частиц в очищаемых газах может колебаться от долей г/куб. м до 50 г/куб. м и более, а их температура может достигать 500°C и выше; очистка газов может быть как сухой, так и мокрой;

- ЭФ улавливают частицы размером от 100 до 0,01 мкм;

- ЭФ могут выполняться из материалов, стойких к кислотам, щелочам и другим агрессивным веществам;

- процесс очистки газов в ЭФ можно полностью автоматизировать;

- расход электроэнергии на очистку газов обычно меньше, чем при применении газоочистных аппаратов других типов.

Конструкцию электрофильтра конкретного назначения в основном

определяют технологические условия его работы: состав и свойства очищаемых газов и содержащихся в газах взвешенных частиц, температура, давление и влажность очищаемых газов, требуемая степень очистки и др.

Электрофильтры классифицируют:

по способу удаления осажденных частиц:

- сухие,
- мокрые;

по числу полей или секций, из которых состоит активная зона ЭФ:

- односекционные,
- многосекционные);

по направлению хода газа в активной зоне:

- горизонтальные,
- вертикальные;

по типу электродной системы:

- пластинчатые,
- трубчатые.

Значительное влияние на конструкцию и условия работы ЭФ оказывает тип используемых в них осадительных электродов. Пластинчатые электроды используют в горизонтальных и вертикальных ЭФ, а трубчатые - только в вертикальных. ЭФ с трубчатой электродной системой обеспечивают лучшие, по сравнению с пластинчатой, условия улавливания частиц благодаря лучшим характеристикам электрического поля, а также благодаря отсутствию пассивных зон. Однако обеспечить хорошее встряхивание трубчатых электродов сложно и поэтому их редко применяют в сухих ЭФ; в мокрых ЭФ они находят широкое применение.

Аппараты «мокрой» очистки газов

«Мокрая» очистка применяется для тонкой и высокоэффективной очистки газов. В основе «мокрого» пылеулавливания лежит контакт запыленного газового потока с жидкостью, которая захватывает взвешенные частицы и уносит их из аппарата в виде шлама.

«Мокрую» очистку применяют в тех случаях, когда допустимо увлажнение и охлаждение газа, причем отделяемые от газа частицы не представляют ценности.

«Мокрые» пылеуловители (ПУ) имеют следующие преимущества перед другими ПУ:

- сравнительно небольшая стоимость изготовления;
- высокая эффективность;
- возможность использования при высокой температуре и повышенной влажности газов, а также в случае опасности самовозгорания или взрыва очищаемых газов или улавливаемой пыли;
- возможность одновременной очистки газов от взвешенных частиц, извлечение газообразных примесей (абсорбция) и охлаждение газов (контактный теплообмен).

Недостатки мокрых ПУ:

- брызгоунос, что приводит к необходимости включать в схему очистки каплеотделители;
- улавливаемый продукт выделяется в виде шлама, что связано с необходимостью обработки сточных вод и, следовательно, с удорожанием процесса очистки;
- в случае очистки агрессивных газов аппаратуру и коммуникации необходимо изготавливать из антикоррозионных материалов или применять покрытия.

В целях уменьшения количества отработанной жидкости применяют замкнутую систему орошения.

Наиболее принятая классификация мокрых ПУ основывается на их способе действия и включает:

- полые газопромыватели;
- насадочные скрубберы;
- с подвижной насадкой;
- центробежные скрубберы;
- тарельчатые газопромыватели (барботажные и пенные);
- скоростные газопромыватели;
- скрубберы ударно-инерционного действия.

Рекуперация пылей

В зависимости от способа улавливания (сухие и мокрые), природы, количества, физико-химических свойств, концентрации потенциально полезного компонента, его токсичности, стоимости, перспектив последующей переработки и ряда других показателей существуют методы рекуперации, ликвидации и изоляции промышленных пылей.

Естественно, наиболее рациональным является рекуперация пылей.

Возможные пути использования промышленных пылей:

- использование в качестве целевых продуктов;
- возврат в производство, в технологии которого происходит образование данного вида пыли;
- переработка в другом производстве с целью получения товарных продуктов;
- утилизация в строительных целях;
- переработка с извлечением пенных компонентов;
- сельскохозяйственное использование (в отдельных случаях в качестве удобрений);
- утилизация в процессах, где используются отдельные физико-химические свойства (или совокупность таких свойств) пылевидных материалов.

Рассмотрим некоторые примеры.

Использование пыли в качестве целевого продукта.

Как правило, это относится к технологии, направленной на специальное получение продукции в виде тонкодисперсного материала.

Типичным примером такой технологии является производство сажи. Сажу широко используют во многих отраслях промышленности: в резиновой и шинной (>90% всего производимого количества), лакокрасочной и др. Ее получают в процессе сжигания нефтепродуктов или горючих газов при недостатке воздуха (в коптящем пламени).

Особенностью сажи является высокая дисперсность составляющих ее частиц (0,01-5,5 мкм) и их низкое удельное электрическое сопротивление. Плотность сажи находится в пределах 1750-2000 кг/м³, а ее насыпная плотность 40-300 кг/м³. В зависимости от способа производства сажи и ее сорта применяют различные схемы сажеулавливания из технологических газов сажевых производств.

Возврат пыли в производство. Это является одним из наиболее распространенных и рациональных приемов обеспечения безотходности производства с одновременным увеличением его эффективности и решением природоохранных задач. Технология возврата улавливаемых пылевых материалов в основное производство обычно определяется используемыми способами газоочистки (сухие, мокрые, одно- и двухступенчатые, комбинированные) и целесообразностью введения этих продуктов в определенный аппарат технологической схемы в том или ином агрегатном состоянии.

Утилизация пыли, уловленной в одном производстве, в качестве сырья для другого производства. Это также является весьма распространенным приемом использования пылевидных отходов в химической и других отраслях промышленности. Так, огарковую пыль, улавливаемую в батарейных циклонах и сухих электрофильтрах, после соответствующей обработки или без таковой можно использовать в шихте для выплавки чугуна. Сажа, выделенная при очистке технологических и отходящих газов ряда производств, может быть

использована для приготовления гранул или брикетов, служащих в качестве котельного топлива.

Например, в процессах газификации жидких топлив при мокрой очистке получаемого синтез-газа, используемого в качестве сырья для различных химических синтезов, сажевую пыль выводят в виде водного раствора, отстой которого (шлам) перерабатывается.

Первый способ относится к производствам, где целевой продукт получают в виде тонкодисперсного материала (производство сажи).

В целом ряде производств, сопровождающихся пылеобразованием продуктов на отдельных стадиях, используют различные рекуперационные схемы. Так, при производстве аммиачной селитры на стадиях охлаждения высушенного продукта и сушки готового продукта образуются пылевоздушные смеси с большим содержанием этих веществ. Для их улавливания и очистки воздуха перед его выбросом в атмосферу используют аппараты мокрого поглощения, орошаемые водными растворами извлекаемых компонентов, циркулирующими в системе очистки до достижения определенной концентрации, после чего образующиеся рассолы возвращают в тот или иной аппарат технологической схемы.

Примером утилизации пыли, уловленной в одном производстве в качестве сырья для другого производства является огарковая пыль, улавливаемая в процессе очистки обжигового газа при производстве серной кислоты из колчедана, которую используют после соответствующей обработки в шахте для выплавки чугуна.

§ 4 ЗАЩИТА ГИДРОСФЕРЫ. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД. ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Вода – одно из наиболее важных веществ на Земле, от которого зависит состояние животного и растительного мира. Это самая распространенная неорганическая составляющая живой материи. У человека вода составляет 63% массы тела, у грибов – 80%, у медуз – 98%, в растениях содержится до 95% воды.

4.1 Виды загрязнения воды

Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств, увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей. Подсчитано, что ежегодно в мире сбрасывается более 420 км³ сточных вод.

Основными источниками загрязнения гидросферы являются:

- промышленные сточные воды;
- хозяйственно-бытовые сточные воды;
- дренажные воды с орошаемых земель;
- сельскохозяйственные поля и крупные животноводческие комплексы;
- водный транспорт.

Все загрязнители сточных вод подразделяются на три группы:

- биологические загрязнители;
- химические загрязнители;
- физические загрязнители.

Химическое загрязнение может быть органическим (фенолы, пестициды), неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (ртуть, мышьяк, кадмий, свинец), нетоксичным.

Эвтрофикация – явление, связанное с поступлением в водоемы большого количества биогенных элементов (соединений азота и фосфора) в виде удобрений, моющих веществ, отходов животноводства.

В России концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК во многих водных объектах. При осаждении на дно водоемов вредные вещества сорбируются частицами пород, окисляются – восстанавливаются, выпадают в

осадок. Однако, как правило, полного самоочищения не происходит.

Бактериальное загрязнение выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов, простейших, грибов и т.д.

Физическое загрязнение может быть радиоактивным, механическим, тепловым.

Очень опасно содержание в воде радиоактивных веществ даже в малых концентрациях. Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов и т.д. В подземные воды радиоактивные элементы попадают в результате их выпадения с осадками на поверхность земли и последующего просачивания вглубь земли, либо в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (шлам, песок, ил и др.), которые могут значительно ухудшать органолептические показатели.

Тепловое загрязнение связано с повышением температуры природных вод в результате их смешивания с технологическими водами. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава в водах, что ведет к размножению анаэробных бактерий, выделению ядовитых газов – H_2S , CH_4 . Происходит цветение воды, ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны.

4.2 Экозащитные мероприятия

Для защиты поверхностных вод от загрязнения предусматриваются следующие экозащитные мероприятия.

-Развитие безотходных и безводных технологий, внедрение систем оборотного водоснабжения – создание замкнутого цикла использования производственных и бытовых сточных вод, когда сточные воды все время находятся в обороте, и попадание их в поверхностные водоемы исключено.

-Очистка сточных вод.

-Очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для водоснабжения и других целей.

Главный загрязнитель поверхностных вод – сточные воды, поэтому разработка и внедрение эффективных методов очистки сточных вод является актуальной и экологически важной задачей.

Способы очистки сточных вод

-Механическая очистка

-Физико-химическая очистка

- Биологическая очистка

Механическая очистка

Используется для удаления из сточных вод взвешенных веществ (песок, глинистые частицы, волокна и т.д.).

В основе механической очистки лежат четыре процесса:

- процеживание,
- отстаивание,
- обработка в поле действия центробежных сил,
- фильтрация.

Процеживание реализуют в решетках и волокнуловителях. Применяют для удаления из сточных вод крупных и волокнистых включений (сточные воды целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности). Ширина зазоров составляет 10–20 мм.

Отстаивание основано на свободном оседании примесей с плотностью меньше плотности воды или всплывании примесей с плотностью меньше плотности воды. Процесс реализуется в песколовках, отстойниках, жируловителях.

Песколовки используют для очистки сточных вод от частиц металла и песка размером более 250 мкм.

Отстойники используют для очистки сточных вод от более мелких взвешенных частиц или жировых веществ, нефтепродуктов.

Очистка сточных вод в поле действия центробежных сил осуществляется в гидроциклонах и центрифугах. Механизм действия аналогичен механизму действия газоочистных циклонов.

Фильтрация используют для очистки сточных вод от тонкодисперсных примесей с малой их концентрацией.

В основном используется два типа фильтров:

зернистые – в качестве фильтроматериала применяют кварцевый песок, дробленый шлак, гравий, сульфуголь и др.;

тканевые–фильтровальные перегородки изготавливаются из хлопчатобумажных материалов, шерстяных, керамических.

Физико-химические методы очистки

Применяются для удаления из сточных вод растворимых примесей, а в ряде случаев – для удаления взвешенных веществ.

Наиболее часто используются следующие методы:

- флотация,
- коагуляция,
- реагентный метод,
- нейтрализация,

- экстракция,
- ионообменная очистка и др.

Флотация заключается в обволакивании частиц примесей (маслопродуктов, мелкодисперсных взвесей) мелкими пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду, и поднятии их на поверхность, где образуется слой пены.

В случае электрофлотации пузырьки газа образуются в результате электролиза воды при пропускании электрического тока (водород, кислород).

Коагуляция – это физико-химический процесс укрупнения мельчайших коллоидных и дисперсных частиц под действием сил молекулярного притяжения.

В качестве коагулянтов применяют сульфат алюминия, хлорид железа. Если необходимые для коагулирования ионы алюминия или железа получают электрохимическим путем (электролизом), то такой процесс называют электрокоагуляцией.

Реагентный метод заключается в том, что обработка сточных вод проводится химическими веществами – реагентами, которые, вступая в химическую реакцию с растворенными токсичными примесями, образуют нетоксичные или нерастворимые осадки. Например, для очистки фторсодержащих вод применяют гидроксид кальция, хлорид кальция. В результате химической реакции с токсичными соединениями фтора образуется плохо растворимый фторид кальция CaF_2 , который может быть удален из воды отстаиванием.

Нейтрализация – разновидность реагентного метода, предназначена для снижения концентрации свободных H^+ или OH^- ионов до установленных значений, соответствующих $\text{pH} = 6,5\text{--}8,5$. Нейтрализация кислых сточных вод осуществляется добавлением растворимых щелочей NaOH , Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2 , а щелочных – добавлением кислот (соляной, серной).

Экстракция - это извлечение вещества из раствора или сухой смеси с помощью растворителя (экстрагента), практически не смешивающегося с исходной смесью.

Экстракция основана на перераспределении примесей сточных вод в смеси двух взаимонерастворимых жидкостей (сточной воды и органической жидкости). Используется для выделения фенолов, жирных кислот, цветных металлов – меди, никеля, цинка, кадмия и др.

Ионообменная очистка заключается в пропускании сточной воды через ионообменные смолы, которые содержат подвижные и способные к обмену

ионы – катионы (чаще H^+) или анионы (чаще OH^-). При прохождении сточной воды через смолы подвижные ионы смолы заменяются на ионы токсичных примесей соответствующего знака.

В последние годы активно разрабатываются новые эффективные методы очистки сточных вод:

- озонирование,
- мембранные процессы очистки (ультрафильтрация, электродиализ),
- электроразрядные методы обработки воды,
- магнитная обработка и др.

Рассмотрим некоторые из них.

Озонирование — способ очистки воды посредством насыщения ее озоном.

Газ производится путем формирования электрических разрядов. После этого он поступает в жидкость через систему труб. Попадая в воду, озон вступает в реакцию с примесями металлов, заставляя их выпасть в качестве осадка. Кроме того, он проникает через мембраны бактерий и вирусов, убивая их путем разрушения на уровне ДНК.

Вода, прошедшая через озоновый фильтр, не только очищается, но и приобретает ряд полезных свойств. Большинство из них обусловлено повышенным содержанием кислорода в жидкости.

Жидкость, прошедшая через озонатор и правильно настоянная после этого, не содержит примесей O_3 в опасном для человека количестве. Поэтому ее употребление не вызывает побочных эффектов и не приносит никакого вреда. Неприятные симптомы возникают из-за поломок и нарушений условий эксплуатации озонирующего оборудования.

Озонирование противопоказано при наличии примесей броматов в фильтруемых жидкостях. Это приводит к образованию броматов, которые считаются канцерогенами.

Мембранная очистка воды. Как следует из названия, мембранная очистка воды - это фильтрация воды при помощи мембраны. Загрязненная жидкость пропускается через особую пленку (полупроницаемую мембрану), в которой сделано множество мельчайших пор. Эта технология используется при фильтрации воды от механических и органических примесей, бактерий и вирусов, при разделении растворов, умягчении воды, очистке стоков и выработке стерильных жидкостей.

Качество мембранной водоподготовки напрямую зависит от материала, из которого изготовлена мембрана; это может быть:

- полимер природного происхождения;
- полимер синтетический;
- материалы из керамики;
- материалы биологического свойства;

- материалы композиционные;
- силикатные стекла

Баромембранные процессы – это подраздел мембранной очистки воды. Основным отличием является то, что в баромембранном методе очистка происходит на фоне внешнего давления. В баромембранной установке очищаемая жидкость продавливается через полупроницаемую мембрану при температуре от 5 до 30 градусов.

К методам баромембранной очистки относят:

- обратный осмос;
- микрофильтрацию;
- ультрафильтрацию;
- нанофильтрацию.

Под воздействием внешнего давления только молекулы воды и некоторых солей проходят через мембрану, в то время как другие вещества задерживаются в фильтруемом растворе. Чем чище необходимо получить жидкость, тем меньше должны быть микropоры в мембране и, соответственно, выше наружное давление.

4.3 Оборудование для очистки сточных вод

Устройство и принцип действия решеток для процеживания сточных вод

Процеживание – первичная стадия очистки сточных вод – предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Процеживание сточных вод осуществляется пропуском воды через решетки. Решетки применяют независимо от производительности очистных сооружений на первой стадии очистки сточной воды для задержания крупных включений.

Попадание крупных, нерастворенных, плавающих загрязнений в последующие очистные сооружения может привести к засорению труб и каналов, поломке движущихся частей оборудования, т. е. к нарушению нормальной работы. Основным элементом решеток является рама с рядом металлических стержней, расположенных параллельно друг другу и создающих плоскость с прозорами, через которую процеживается вода. Для устройства решеток применяют стержни прямоугольной, прямоугольной с

закругленной частью, круглой и другой форм. Стержни прямоугольной формы применяют чаще других. Толщина стержней обычно равна 6–10 мм, ширина прозоров между стержнями обычно принимается равной 16 мм. Решетки с прозорами шириной более 16 мм применяются в насосных станциях и на очистных сооружениях дождевых стоков. Для решеток новых конструкций отечественного и зарубежного производства толщина стержней (пластин) составляет 3–10 мм, ширина прозоров 3–16 мм.

Решетки устанавливают на очистных станциях при поступлении на них сточных вод самотеком.

Решетки подразделяют на: подвижные и неподвижные; с механической или ручной очисткой; устанавливаемые вертикально или наклонно (как при самотечном, так и при напорном поступлении сточных вод).

Решетки устанавливаются в расширенных каналах, называемых камерами. Движение воды происходит самотеком. Решетки размещают в отдельных помещениях, снабженных грузоподъемными приспособлениями.

Решетки, требующие ручной очистки, устанавливают в случае, если количество загрязнений не превышает $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ (рис. 13). Для удобства съема загрязнений решетки часто устанавливают под углом к горизонту $60\text{--}70^\circ$.

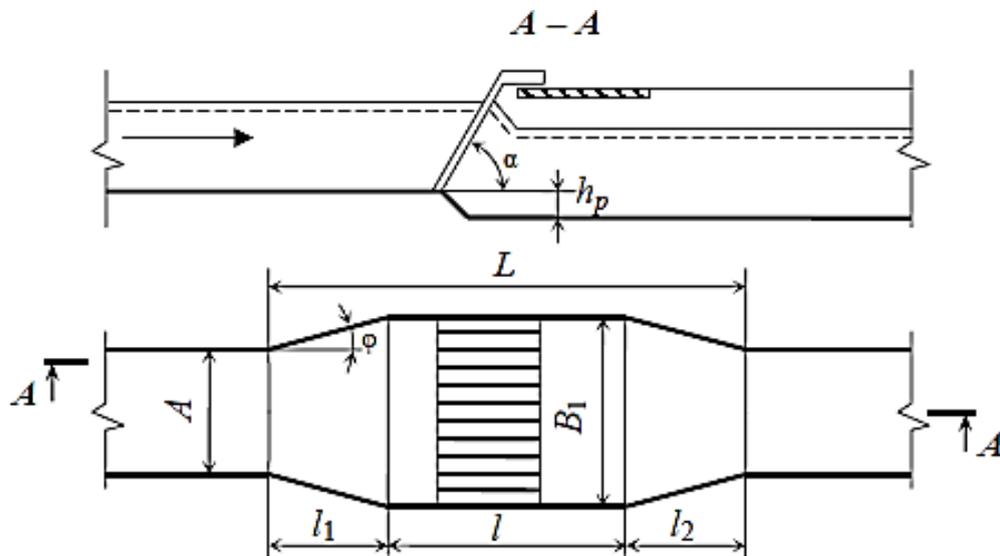


Рис. 13 Решетка с ручной очисткой

При большом количестве загрязнений устанавливают решетки с механическими граблями (рис. 14, а). Уловленные на решетках загрязнения измельчают в специальных дробилках и возвращают в поток воды перед решетками. Разработаны конструкции решеток, совмещенные с дробилками, – решетки-дробилки, в которых измельчение уловленных отбросов происходит под водой.

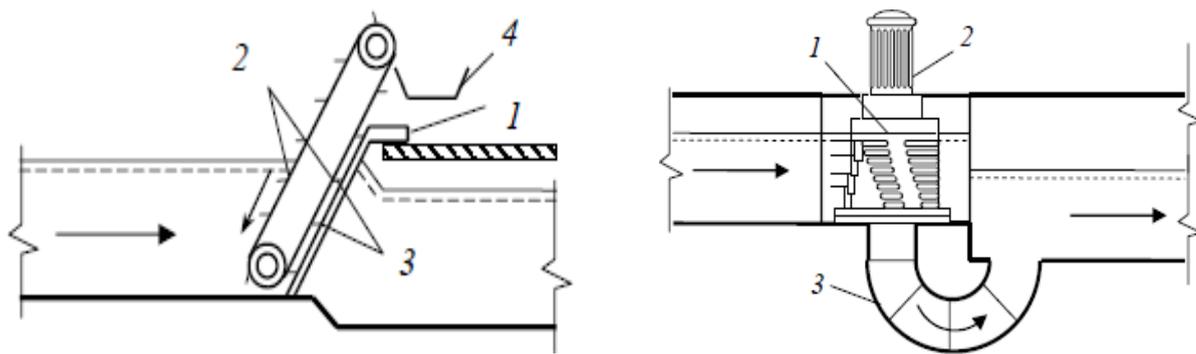


Рис. 14 Решетки-дробилки типа РД: а – решетка с механическими граблями: 1 – решетка; 2 -бесконечная цепь; 3 – грабли; 4 – конвейер; б – решетка-дробилка РД: 1 – щелевой барабан; 2 – приводной механизм; 3 – отводной дюкер

Отечественная промышленность выпускает решетки-дробилки марки РД и круглые решетки-дробилки марки КРД.

Решетки-дробилки типа РД состоят из вращающегося щелевого барабана с режущими пластинами и резцами, неподвижного корпуса с трепальными гребнями и приводного механизма (рис. 14, б). Измельчение отбросов происходит при взаимодействии пластин и резцов с трепальными гребнями корпуса.

Тип решеток определяется в зависимости от производительности очистной станции и количества отбросов, снимаемых с решеток. Технологические параметры решеток принимаются согласно требованиям СП 32.13330.2012 и по рекомендациям фирм – поставщиков оборудования.

При количестве отбросов более $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ предусматривается механизированная очистка решеток, при меньшем количестве отбросов – ручная. Отбросы с решеток можно собирать в контейнер с последующим вывозом на свалку, либо устанавливать дробилки для измельчения отбросов. Отходы выводятся на компостные площадки каждые пять суток. Измельченная масса направляется снова в сточные воды перед решетками или на совместную переработку с осадками очистных сооружений. При малой и средней производительности очистной станции применяют решетки-дробилки.

Количество отбросов, задерживаемых на решетках, составляет 16–50 л на $1\ 000 \text{ м}^3$ воды, их влажность равна 80 %, зольность – 7–8 %, плотность – около $750 \text{ кг}/\text{м}^3$. Удельное количество задерживаемых отбросов зависит от ширины прозоров решеток (табл. 3).

Для дробления отбросов, извлеченных из сточной воды, применяют молотковые дробилки, которые работают при подаче в них технической воды (после первичных или вторичных отстойников) из расчета 40 м^3 на 1 т отбросов.

Таблица 3 Удельное количество задерживаемых отбросов

Ширина прозоров, мм	16– 20	25– 30	40– 50	60– 80	90– 125
Удельное количество отбросов, л/(год-чел)	8	3	2,3	1,6	1,2

С целью повышения степени задержания примесей используют две ступени решеток – грубой (30–50 мм) и тонкой (3–10 мм) очистки. Продольный разрез автоматической решетки тонкой очистки ступенчатого типа с прозорами 6 мм, – рис. 15, *а*. Применение таких решеток позволяет уменьшить в несколько раз засоры на песколовках и насосах, обеспечить безаварийную работу сооружений механической очистки. Вместе с такими решетками обычно монтируется автоматический комплекс для механического удаления и обезвоживания твердых отбросов с решеток. Для сооружений небольшой производительности до 10 000 м³/сут рекомендуются мелкопрозорные или шнековые решетки (рис. 15, *б*).

Решетки с механизированной очисткой имеют марки МГ (механические грабли), РМУ (решетки механизированные универсальные), РМН (решетки механизированные наклонные), РДГ (решетка дуговая гидравлическая), РСФ (решетка ступенчатая механическая), RS (решетка ступенчатая механическая фирмы «Мева» (MEVA)). Вариант размещения механизированных решеток в здании – рис. 16.

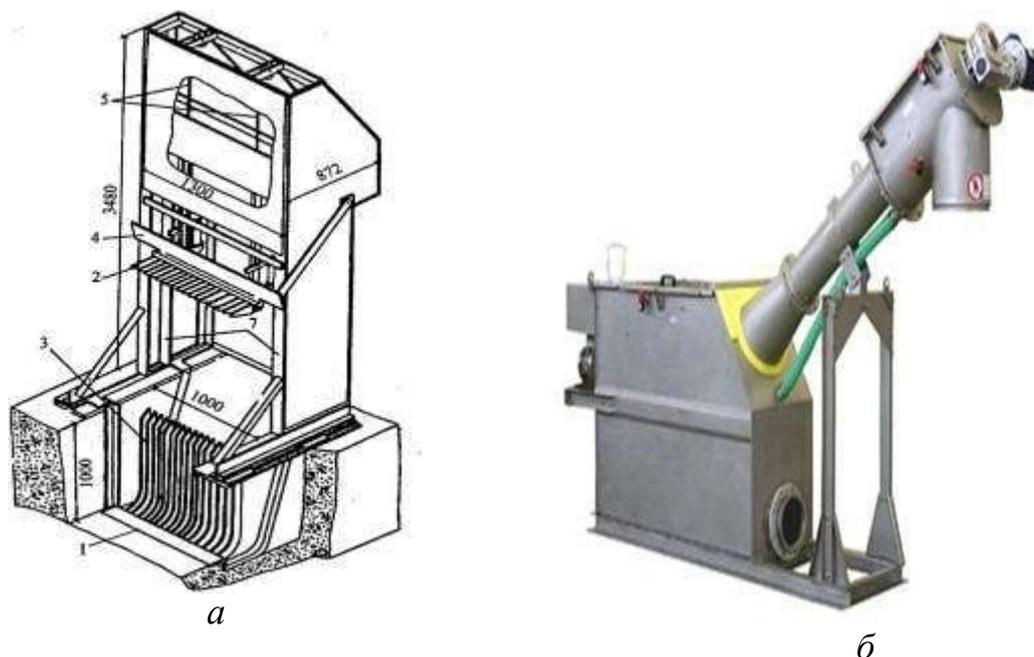


Рис. 15 Вариант размещения механизированных решеток в здании: *а* – решетка с прозорами 6 мм (продольный разрез): 1 – подводящий канал; 2 – грабли; 3 – стержни решетки; 4 – сбрасыватель; 5 – канат; *б* – конструкция шнековой решетки



Рис. 16 Вариант размещения механизированных решеток в здании: *а* – решетка с прозорами 6 мм (продольный разрез); *1* – подводящий канал; *2* – грабли; *3* – стержни решетки; *4* – сбрасыватель; *5* – канат; *б* – конструкция шнековой решетки

Для очистных сооружений производительностью более 10 000 м³/сут применяют грабельные и многоступенчатые решетки, выпускаемые отечественными и зарубежными фирмами. Грабельные решетки предназначены для удаления больших (больше 8 мм) отходов из городских сточных вод. Грабельная решетка представляет собой набранное из стержней фильтрующее полотно, вставленное в раму. Стержни из фасонного проката имеют близкую к каплевидной форму сечения, что улучшает гидравлические характеристики фильтрующего полотна. Также фильтрующее полотно решетки может быть набрано из стержней с прямоугольной формой сечения. Прозор между стержнями фильтрующего полотна может устанавливаться от 5 до 70 мм.

В шнековых (барабанных) решетках происходит сочетание отделения, промывки и прессования отходов в одном модуле (рис. 17).

Принцип работы основан на процеживании сточной воды сквозь нижнюю сепарирующую часть решетки, расположенной внутри канала или емкости. Сепарация может быть произведена с перфорированной пластины или решетки, которая имеет форму лотка, где расположена спираль малого диаметра, транспортирующая отсев вверх, отделяя его от воды. Спираль оснащена щеткой внутренних фильтровальных отверстий, чтобы предотвратить засорение. От просеивающего лотка модуль трансформируется в шнек, входящий в полностью закрытый корпус из нержавеющей стали. В шнеке отсев промывается и транспортируется к выгрузке. Вода для смыва органики подается в противоположном направлении движению спирали. Перед

выгрузкой отсев отжимается до влажности 55 % и измельчается на мелкие части. В зоне прессования образуется большое количество органики, которая эффективно смывается разбрызгивающими насадками, что требует минимального обслуживания шнековой решетки.

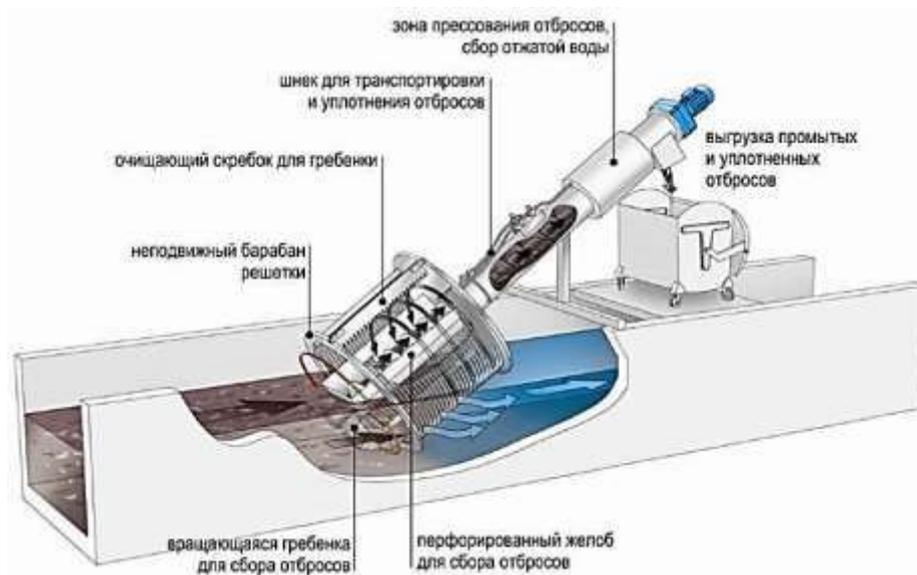


Рис. 17 Барабанные решетки «Хубер Ротаман» (HUBER ROTAMAT)

Целый ряд фирм производят не только широкий спектр базовых размеров гребельных и ступенчатых решеток, различных по техническим характеристикам и производительности, но также осуществляют изготовление оборудования в соответствии с техническим заданием заказчика.

Учитывая сложную профильную конструкцию полотен решеток при их выборе необходимо ориентироваться на параметры фирм поставщиков оборудования. Типовой ряд выпускаемых решеток достаточно широк – по производительности от 5 до 10 000 м³/ч.

Устройства для выделения из сточных вод нерастворимых примесей под действием гравитационных сил

Песколовки

Песколовки предусматривают на станциях с производительностью более 100 м³/сут. Как правило, их размещают после решеток. Выбор типа песколовки зависит от конкретных местных условий, производительности станции, схемы очистки сточных вод и обработки осадков.

Для станций производительностью до 10 тыс. м³/сут рекомендуется применять тангенциальные и вертикальные песколовки, для станций производительностью свыше 10 тыс. м³/сут – горизонтальные, а свыше 20 тыс. м³/сут – аэрируемые.

Горизонтальные песколовки могут быть с прямолинейным или круговым движением воды. Для ориентировочных расчетов принимают глубину песколовки $H = 0,25-1$ м, соотношение ширины и глубины $B/H = 1:2$.

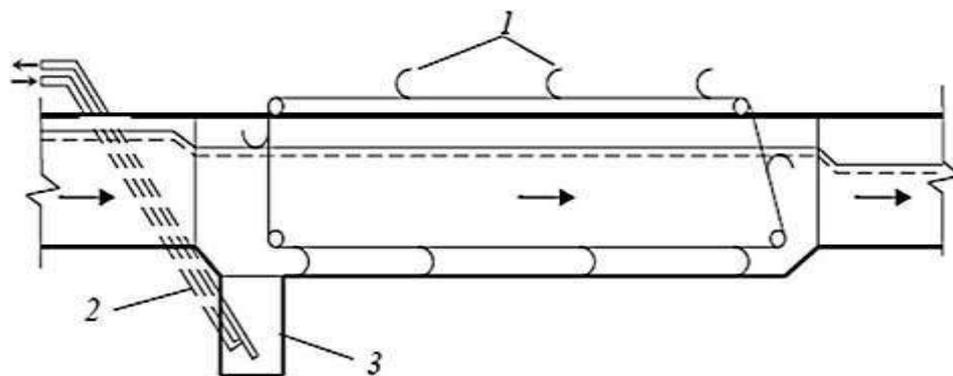


Рис. 18 Горизонтальная песколовка с прямолинейным движением воды: 1 – цепной скребковый механизм; 2 – гидроэлеватор; 3 – бункер

Общий вид горизонтальной песколовки с передвижным пескоскребом «КонКлар» (ConClar) приведен на рис. 19.



Рис. 19 Общий вид горизонтальной песколовки с передвижным

пескоскребом «КонКлар» (ConClar)

Песколовка с круговым движением воды представляет собой круглый резервуар конической формы с периферийным лотком для протекания сточной воды (рис. 20). Улавливаемый осадок проваливается через щель в осадочную часть. Для выгрузки осадка используются гидроэлеваторы. Такие песколовки применяются для удаления частиц песка крупнее 0,2–0,25 мм, они рекомендуются при производительности станции до 100 тыс. м³/сут.

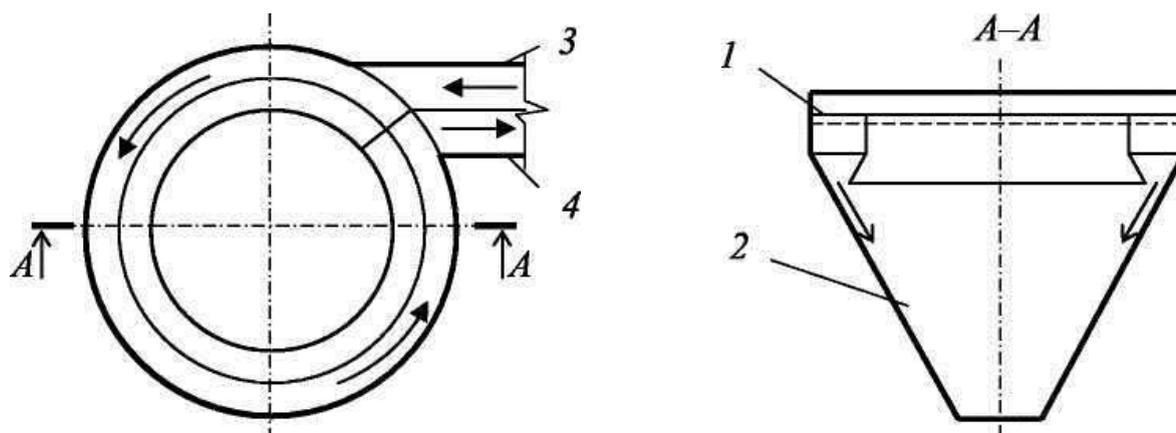


Рис. 20 Схема горизонтальной песколовки с круговым движением воды: 1 – кольцевой желоб; 2 – осадочный конус; 3 – подводный канал; 4 – отводящий канал

Как правило, предусматривается установка 2–4 песколовки с общими камерами распределения воды. Преимущество этого типа песколовки заключается в отсутствии устройств для сбора песка, так как последний оседает и накапливается в конической части песколовки. В кольцевых лотках песколовки поддерживаются скорости 0,15–0,30 м/с; продолжительность пребывания воды в лотке – не менее 30 с.

Оптимальная скорость движения воды в горизонтальных песколовках 0,15–0,3 м/с, гидравлическая крупность задерживаемого песка $\rho = 18–24$ мм/с.

Вертикальные песколовки (рис. 21) используют в полураздельных системах канализации и на станциях очистки поверхностных вод, поскольку они удобны для накопления большого количества осадка. Максимальный расход сточных вод для вертикальных песколовки – 10 тыс. м³/сут. Песколовки имеют цилиндрическую форму с подводом воды по касательной с двух сторон, а отводом – кольцевым лотком. Недостаток этих песколовки заключается в большой продолжительности пребывания воды в сооружении.

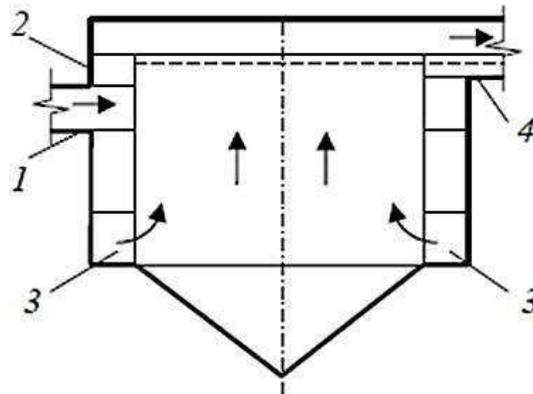


Рис. 21 Вертикальная песколовка с вращательным движением: 1 – подводящий канал; 2 – сборный кольцевой лоток; 3 – ввод воды в рабочую зону; 4 – отводной канал

Тангенциальные песколовки (рис. 22-23) имеют диаметр не более 6 м. Вода к ним подводится по касательной. Глубину песколовки принимают равной половине диаметра. Проточная часть песколовки имеет небольшую глубину. При скорости движения воды в главном лотке 0,6–0,8 м/с в песколовке задерживается примерно 90 % песка. Осажденный песок удаляют шнеком, гидроэлеватором. Сборник песка размещается в начале песколовки и рассчитывается на двухсуточное накопление песка. Конусность сборника 55–60°, ширина дна 0,5 м.

Принцип действия песколовки использует гравитационные силы для осаждения тяжелых минеральных примесей при замедлении скорости потока воды. Так как песок тяжелее воды, то он стремится упасть вниз.

Одним из важных моментов при конструировании песколовки является расчет скорости течения воды. Она должна быть такой, чтобы тяжелые минеральные примеси оседали на дно за время прохождения по песколовке, а легкие органические – не успевали сделать это и уносились потоком. В таком случае происходит отделение минеральных загрязнений от органических.

Согласно практике, наилучшая скорость для эффективной работы в песколовках с горизонтальным движением воды находится в пределах от 0,15 до 3,0 м/с. Если скорость ближе к низкой границе, то в осадок успевают выпасть много органических примесей, что крайне нежелательно. Поэтому нужно поддерживать скорость, близкую к ее верхней границе, т.е. 3,0 м/с.

Однако, расход воды не остается постоянным в течение суток, поэтому и скорость ее течения иногда падает, органические включения успевают выпасть в осадок вместе с песком. Для решения этой проблемы песколовки делают из нескольких рабочих отделений, а автоматическое закрытие и открытие одной из них регулирует скорость движения вод.

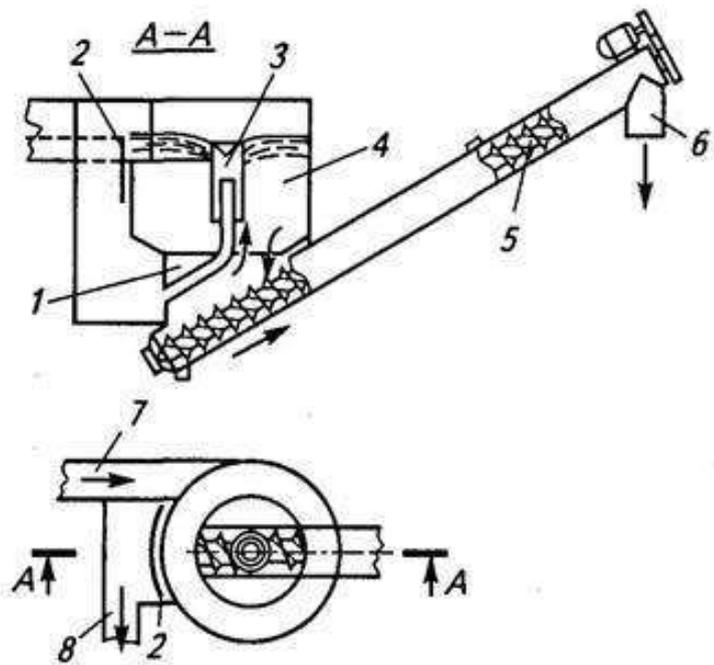


Рис. 22 Тангенциальная песколовка: 1 – осадочная часть; 2 – подвижный водослив; 3 – телескопическая труба; 4 – рабочая часть; 5 – шнек; 6 – отвод песка; 7 – подающий лоток; 8 - отводящий лоток

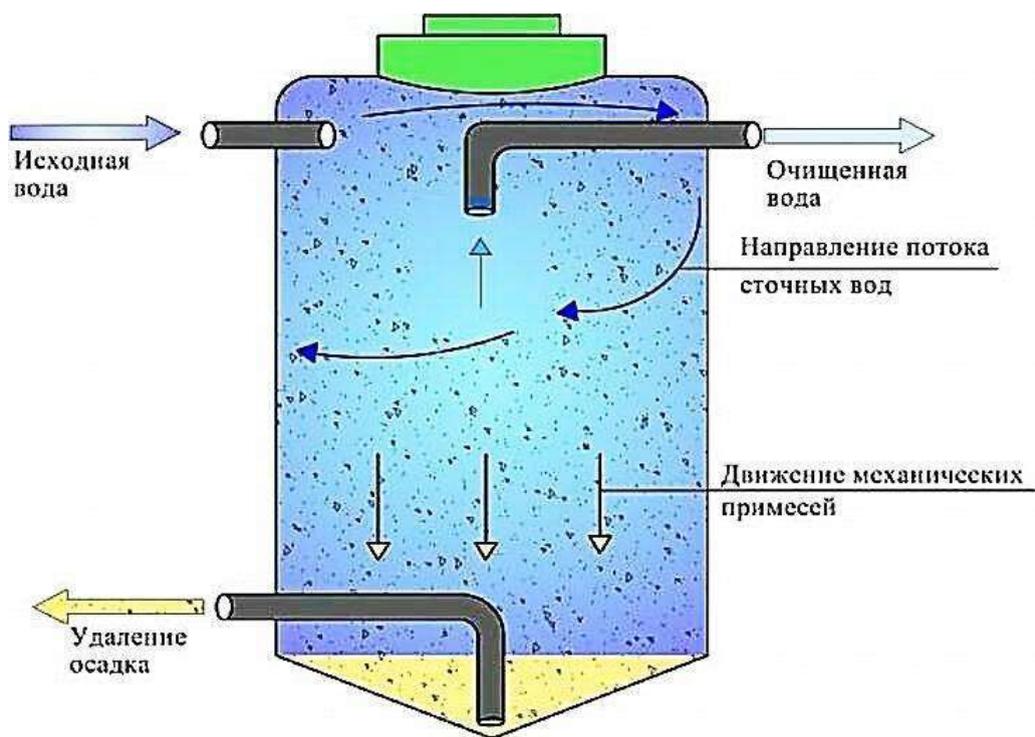


Рис. 23 Принцип работы песколовки

Горизонтальные аэрируемые песколовки (рис. 24) применяются для удаления из сточных вод песка крупностью более 0,15–0,20 мм, рекомендуются при производительности станции более 15–20 тыс. м³/сут и особенно при значительном содержании в городском стоке жировых веществ, нефтепродуктов и ПАВ. Песколовки проектируются в виде блока, состоящего не менее чем из двух самостоятельных отделений (все рабочие). Как правило, песколовки оборудуются гидромеханической системой сбора песка; из песколовки песок удаляется не реже, чем через двое суток гидроэлеватором. В песколовках скорость движения составляет не более 0,08–0,12 м/с.

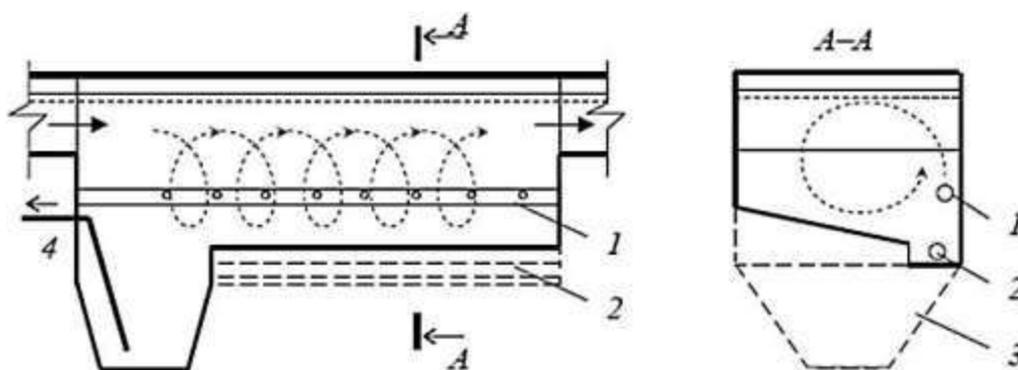


Рис. 24 Аэрируемая песколовка: 1 – дырчатый аэратор; 2 – трубопровод гидросмыва осадка; 3 – осадочная часть; 4 – гидроэлеватор

При проектировании аэрируемых песколовков принимают: установку аэратора из дырчатых труб на глубину $0,7H$ вдоль одной из продольных стен над лотком для сбора песка; интенсивность аэрации $3-5 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$; поперечный уклон дна к песковому лотку $0,2-0,4$; выпуск воды совпадающим с направлением вращения воды в песколовке, выпуск – затопленным; отношение ширины к глубине отделения $B:H = 1:1; 1:1,5$.

Песок удаляется из песколовков с большим объемом воды и поэтому его необходимо обезвоживать. Для этого устраивают бункеры, песковые площадки или накопители песка.

Таблица 4 - Параметры различных типов песколовков

Песколовка	Гидравлическая крупность песка, мм/с	Скорость движения сточных вод v_s , м/с, при притоке		Глубина H , м	Количество задерживаемого песка, л/(чел. ·сут)	Влажность песка, %	Содержание песка в осадке, %
		минимальном	максимальном				
Горизонтальная	18,7–24,2	0,15	0,3	0,5–2	0,02	60	55–60
Аэрируемая	13,2–18,7	–	0,08–0,12	0,7–3,5	0,03	–	90–95
Тангенциальная	18,7–24,2	–	–	0,5	0,02	60	70–75

Отстойники

Отстойник является основным сооружением механической очистки сточных вод, используется для удаления оседающих или всплывающих грубодисперсных веществ. Различают первичные отстойники, которые устанавливают перед сооружениями биологической или физико-химической очистки, и вторичные отстойники – для выделения активного ила или биопленки. В зависимости от направления движения потока воды отстойники подразделяют на горизонтальные, вертикальные и радиальные. К отстойникам относят и осветлители, в которых одновременно с отстаиванием сточная вода фильтруется через слой взвешенного осадка, а также осветлители-перегниватели и двухъярусные отстойники, где одновременно с осветлением воды происходит уплотнение выпавшего осадка.

Выбор типа и конструкции отстойников зависит от количества и состава производственных сточных вод, поступающих на очистку, характеристик образующегося осадка (уплотняемость, транспортируемость). В каждом конкретном случае выбор типа отстойников должен определяться в результате технико-экономического сравнения нескольких вариантов. Число отстойников следует принимать не менее двух, но и не более четырех, идя по пути

увеличения габаритов отстойников, так как стоимость единицы объема крупногабаритных отстойников меньше, чем малогабаритных.

Горизонтальные отстойники применяются в составе станций очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод и предназначены для выделения взвешенных веществ из вод, прошедших решетки и песколовки. Горизонтальные отстойники обычно применяются на станциях средней и большой производительности (15 тыс. м³/сут и более). Эффект очистки в них в среднем составляет 50–60 %. Глубина отстойников H достигает 1,5–4 м, отношение длины к глубине 8–12 (до 20). Ширина отстойника зависит от способа удаления осадка и обычно находится в пределах 6–9 м.

Применяются также отстойники, оборудованные скребковыми механизмами тележечного или ленточного типа (рис. 25), сдвигающими выпавший осадок в приямок. Объем приямка равен двухсуточному (не более) количеству выпавшего осадка. Из приямка осадки удаляют насосами, гидроэлеваторами, грейферами или под гидростатическим давлением. Угол наклона стенок приямка принимают равным 50–60°.

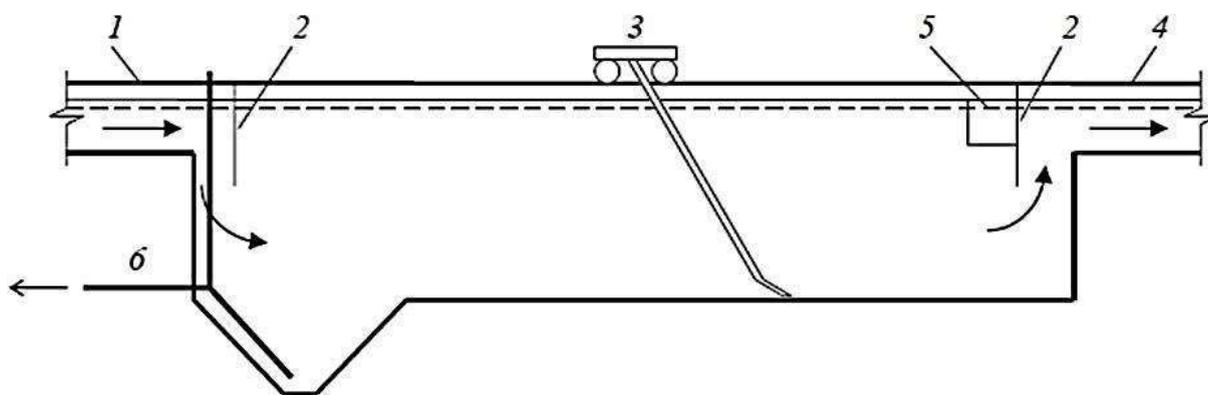


Рис. 25 Схема горизонтального отстойника: 1 – подводящий лоток; 2 – полупогружная доска; 3 – скребковая тележка; 4 – отводящий лоток; 5 – жиросборный лоток; 6 – удаление осадка

Вертикальные первичные отстойники (рис. 26) предназначены для осветления бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод (а также их смеси), содержащих грубодисперсные примеси. Их применяют на станциях производительностью до 20 тыс. м³/сут. Это круглые в плане резервуары диаметром 4–9 м с коническим дном. Эффект осветления воды в вертикальных отстойниках составляет 40–50 %.

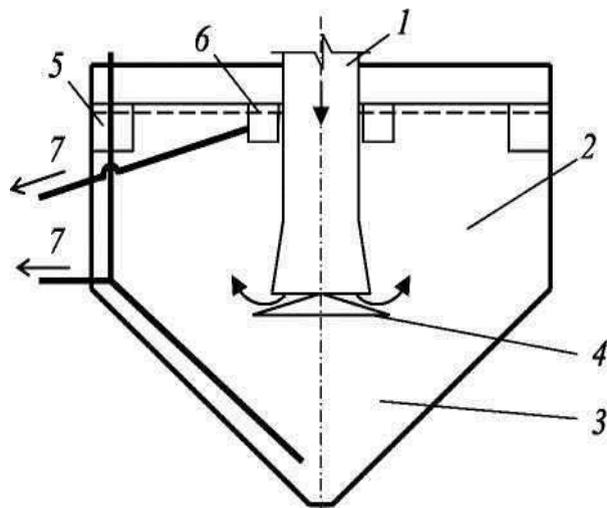


Рис. 26 Вертикальный отстойник с центральным впуском сточной воды: 1 – центральная труба; 2 – зона оттаивания; 3 – осадочная часть; 4 – отражательный щит; 5 – периферийный сборный лоток; 6 – кольцевой лоток; 7 – удаление осадка

Радиальные отстойники применяют при расходах сточных вод более 20 тыс. м³/сут. По сравнению с горизонтальными они имеют некоторые преимущества: простота и надежность эксплуатации, экономичность, возможность строительства сооружений большой производительности. Недостаток – наличие подвижной фермы со скребками. Известны радиальные отстойники трех конструктивных модификаций – с центральным впуском, с периферийным впуском и с вращающимися сборно-распределительными устройствами. Наибольшее распространение получили отстойники с центральным впуском жидкости (рис. 27).

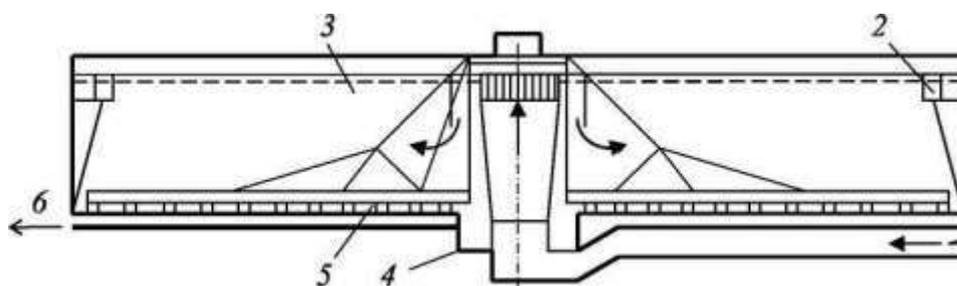


Рис. 27 Схема радиального первичного отстойника: 1 – подача сточной воды; 2 – сборный лоток; 3 – отстойная зона; 4 – иловый приямок; 5 – скребковый механизм; 6 – удаление осадка

Первичные радиальные отстойники оборудованы илоскребами, сдвигающими выпавший осадок к приямку, расположенному в центре. Из приямка осадок удаляется насосом или под действием гидравлического

давления. Диаметр отстойников принимают равным не менее 18 м; отношение диаметра к глубине проточной части 6–30; глубина проточной части – 15–5 м; высота нейтрального слоя 0,3 м.

Для увеличения эффективности отстаивания используют тонкослойные отстойники. Они могут быть горизонтальными, вертикальными, радиальными; состоят из водораспределительной, водосборной и отстойной зон. Отстойная зона в них делится трубчатыми или пластинчатыми элементами на ряд слоев небольшой глубины (до 150 мм). При малой глубине отстаивание протекает быстро, что позволяет уменьшить размеры отстойников.

Тонкослойные отстойники классифицируются:

- по конструкции наклонных блоков – на трубчатые и полочные;
- режиму работы – периодического (циклического) и непрерывного действия;
- взаимному движению осветленной воды и вытесняемого осадка – с прямооточным, противоточным и смешанным (комбинированным) движением.

Поперечное сечение трубчатых секций может быть прямоугольным, квадратным, шестиугольным или круглым. Полочные секции монтируются из плоских или гофрированных листов и имеют прямоугольное сечение. Элементы отстойника выполняют из стали, алюминия и пластмассы (полипропилена, полиэтилена, стеклопластиков).

Наклон блоков в отстойниках периодического (циклического) действия небольшой. Накопившийся осадок удаляется промывкой обратным током осветленной воды. Наклон элементов в отстойниках непрерывного действия составляет 45–60°. Эффективность трубчатых и полочных отстойников практически одинакова.

Существует три схемы расположения модулей в отстойнике (рис. 28). При перекрестной схеме выделенный осадок движется перпендикулярно движению сточной воды, а при прямооточной и противоточной – соответственно по ходу движения сточных вод или в обратном направлении.

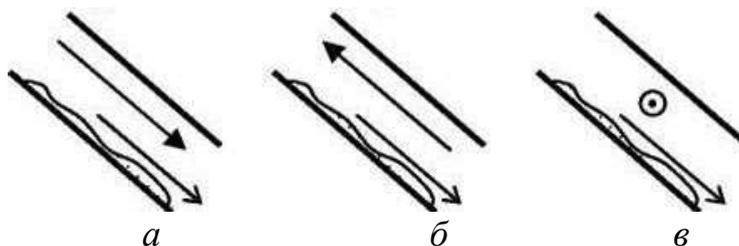


Рис. 28 Схемы движения воды в тонком слое: а – прямооточная; б – противоточная; в – перекрестная (стрелками показано движение воды и движение осадка)

Тонкослойное отстаивание применяется при необходимости сокращения

объема очистных сооружений при неизменном эффекте осветления, или, наоборот, при необходимости повышения эффективности существующих отстойников. В первом случае тонкослойные отстойники являются самостоятельными сооружениями, во втором – существующие отстойники дополняются тонкослойными модулями, располагаемыми в модифицируемом отстойнике.

Тонкослойные блоки могут встраиваться в горизонтальные, вертикальные или радиальные отстойники. Угол наклона пластин блоков составляет $45-60^\circ$, высота яруса – 2,5–20 см. Пластины выполняются в основном из пластмассы. Горизонтальный отстойник с тонкослойными блоками, тонкослойный отстойник с перекрестной схемой работы, тонкослойный отстойник с противоточной схемой, радиальный отстойник с тонкослойными модулями, вертикальный отстойник с тонкослойными модулями и тонкослойные модули показаны на рис. 29–30.

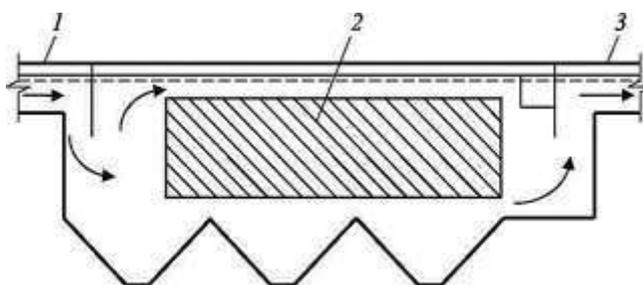


Рис. 29 Горизонтальный отстойник с тонкослойными блоками: 1 – подача стоков; 2 – тонкослойный блок; 3 – отвод осветленной воды

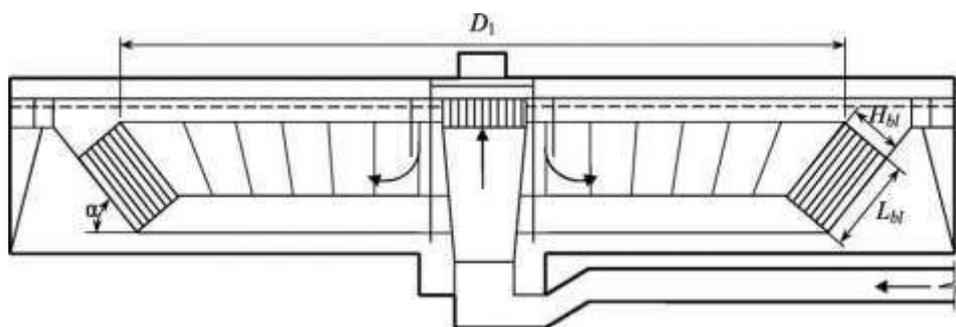


Рис. 30 Радиальный отстойник с тонкослойными модулями

Нефтеловушки

Типы нефтеловушек. Для очистки производственных сточных вод, содержащих всплывающие грубодиспергированные примеси (нефть, легкие смолы, масла) при концентрации свыше 100 мг/л, применяются специализированные отстойные сооружения, называемые нефтеловушками, смоло-, маслоуловителями. Продуктоловушки используются с той же целью

для отстаивания из воды некоторых специфических веществ, например, парафина из стоков производства синтетических жирных кислот, а также для осаждения твердых механических примесей.

Нефтеловушки представляют собой прямоугольные вытянутые в длину резервуары, в которых происходит разделение нефти и воды за счет разности их плотностей. Нефть и нефтепродукты всплывают на поверхность, а содержащиеся в сточной воде минеральные примеси оседают на дно сооружения. Выделение всплывающих примесей из сточной воды по существу аналогично осаждению твердых взвешенных частиц; отличие лишь в том, что плотность частицы в этом случае меньше плотности сточной воды и частица вместо осаждения всплывает.

Нефтеловушки сооружают трех конструктивных типов:

- горизонтальные,
- многоярусные (тонкослойные),
- радиальные.

Горизонтальная нефтеловушка (рис. 31) представляет собой отстойник, разделенный продольными стенками на параллельные секции. Сточная вода из отдельно расположенной распределительной камеры поступает по самостоятельным трубопроводам через щелевую перегородку в каждую секцию. Освобожденная от нефти вода в конце секции проходит под затопленной стенкой и через водослив переливается в отводящий трубопровод. Всплывшая нефть сгоняется скребковым механизмом к щелевым поворотным трубам и выводится по ним из секции. Осадок, выпадающий на дно, тем же транспортером сгребается к приямку, откуда его гидроэлеваторами периодически удаляют по илопроводу. Остаточное содержание нефтепродуктов в сточной воде после нефтеловушки – 100 мг/л.

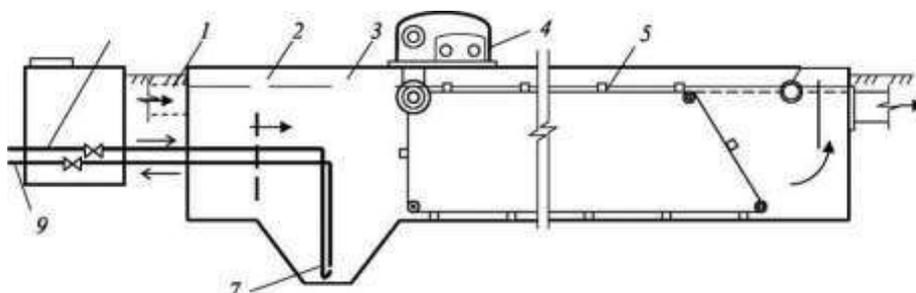


Рис. 31 Горизонтальная нефтеловушка: 1 – подводная труба; 2 – щелевая распределительная перегородка; 3 – нефтесборная труба; 4 – механизм передвижения скребков; 5 – скребковый транспортер; 6 – трубопровод отвода осветленной воды; 7 – гидроэлеватор; 8 – подача воды к гидроэлеватору; 9 – отвод осадка

Расчетная продолжительность отстаивания должна быть не менее 2 ч,

скорость движения воды принимается 3–10 мм/с.

Многоярусная (тонкослойная) нефтеловушка является усовершенствованной конструкцией горизонтальной ловушки, имеет меньшие габариты, более экономична. Рассмотрим схему работы многоярусной нефтеловушки, рис. 32.

Сточная вода из отдельно расположенной распределительной камеры поступает по трубопроводам в секции нефтеловушки и через поперечную горизонтальную распределительную трубу с вертикальными патрубками и диффузорами распределяется по ширине и глубине зоны грубой очистки. Здесь в течение 1–4 мин выделяется основное количество грубодиспергированной нефти и осадка.

Затем поток проходит через пропорциональное водораспределительное устройство и поступает в полочный блок. Блок работает по перекрестной схеме. Поток осветленной воды проходит под полупогружной перегородкой и выводится через водослив и водосборный лоток.

Всплывшие в зоне грубой очистки нефтепродукты отводятся постоянно через щелевую поворотную трубу, над тонкослойными блоками постоянно стоняются скребками в направлении потока к концу отстойной зоны и через вторую поворотную трубу периодически выводятся из сооружения. Осадок удаляется с помощью гидроэлеватора.

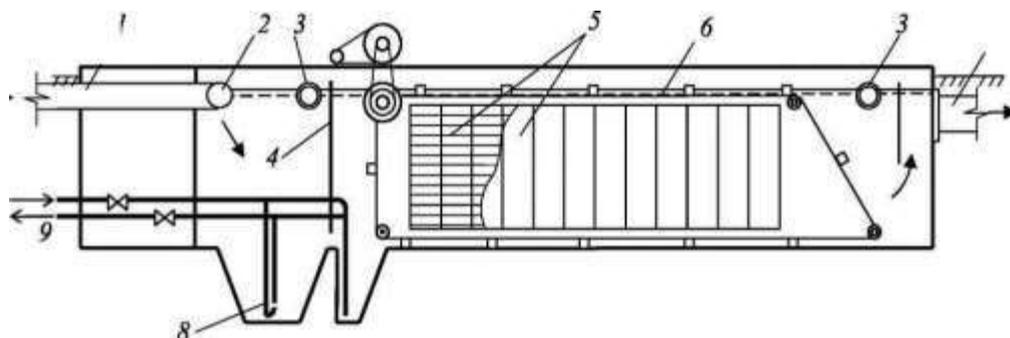


Рис. 32 Многоярусная нефтеловушка: 1 – подводящая труба; 2 – водораспределительная труба; 3 – нефтесборная труба; 4 – пропорциональное водораспределительное устройство; 5 – тонкослойный модуль; 6 – скребковый транспортер; 7 – трубопровод отвода осветленной воды; 8 – гидроэлеватор; 9 – отвод осадка

Устройства для выделения из сточных вод нерастворимых примесей под действием центробежных сил

Открытые и напорные гидроциклоны

Устройство и принцип действия гидроциклонов. Гидроциклоны и

центрифуги используют принцип осаждения в поле центробежных ускорений, которое позволяет значительно сократить объем и увеличить гидравлическую нагрузку по сравнению с отстойными сооружениями.

Гидроциклоны – аппараты для осветления производственных сточных вод (для разделения суспензий), рис. 33. Принцип действия гидроциклона основан на осаждении твердых частиц под действием центробежных сил во вращающемся потоке жидкости. Центробежные силы примерно в сотни раз превышают силы тяжести (гравитационные).

К основным преимуществам гидроциклонов следует отнести:

- высокую производительность и высокое качество процессов разделения;
- компактность и простоту устройства;
- сравнительно низкие расходы на строительство и эксплуатацию установок;
- отсутствие вращающихся механизмов, предназначенных для генерирования центробежной силы (центробежное поле создается за счет тангенциального подвода сточной воды).

Гидроциклоны разделяются на два основных типа:

- открытые,
- напорные.

Вращательное движение в рабочей зоне гидроциклонов создается тангенциальным подводом воды к цилиндрическому корпусу. В конической (нижней) части гидроциклонов накапливается осадок, который осаждается в результате агломерации взвешенных частиц.

Открытые гидроциклоны используются для выделения из сточных вод как оседающих, преимущественно тяжелых и грубодисперсных примесей (в основном минерального происхождения) гидравлической крупностью более 20 мм/с, таких как песок, уголь, окалина, компоненты керамики, стекла, строительных материалов и т. п., так и всплывающих примесей. Их также можно применять для выделения скоагулированных взвешенных веществ.

В зависимости от требуемой эффективности очистки сточных вод и степени сгущения осадков обработка сточных вод в напорных гидроциклонах может осуществляться в одну, две или три ступени путем последовательного соединения аппаратов с разрывом и без разрыва струи.

Для сокращения потерь воды с удаляемым осадком шламовый патрубок гидроциклона первой ступени герметично присоединяют к шламовому резервуару. На первой ступени используют гидроциклоны больших размеров для задержания основной массы взвешенных веществ и крупных частиц взвеси, которые могут засорить гидроциклоны малых размеров, используемые на последующих ступенях установки.

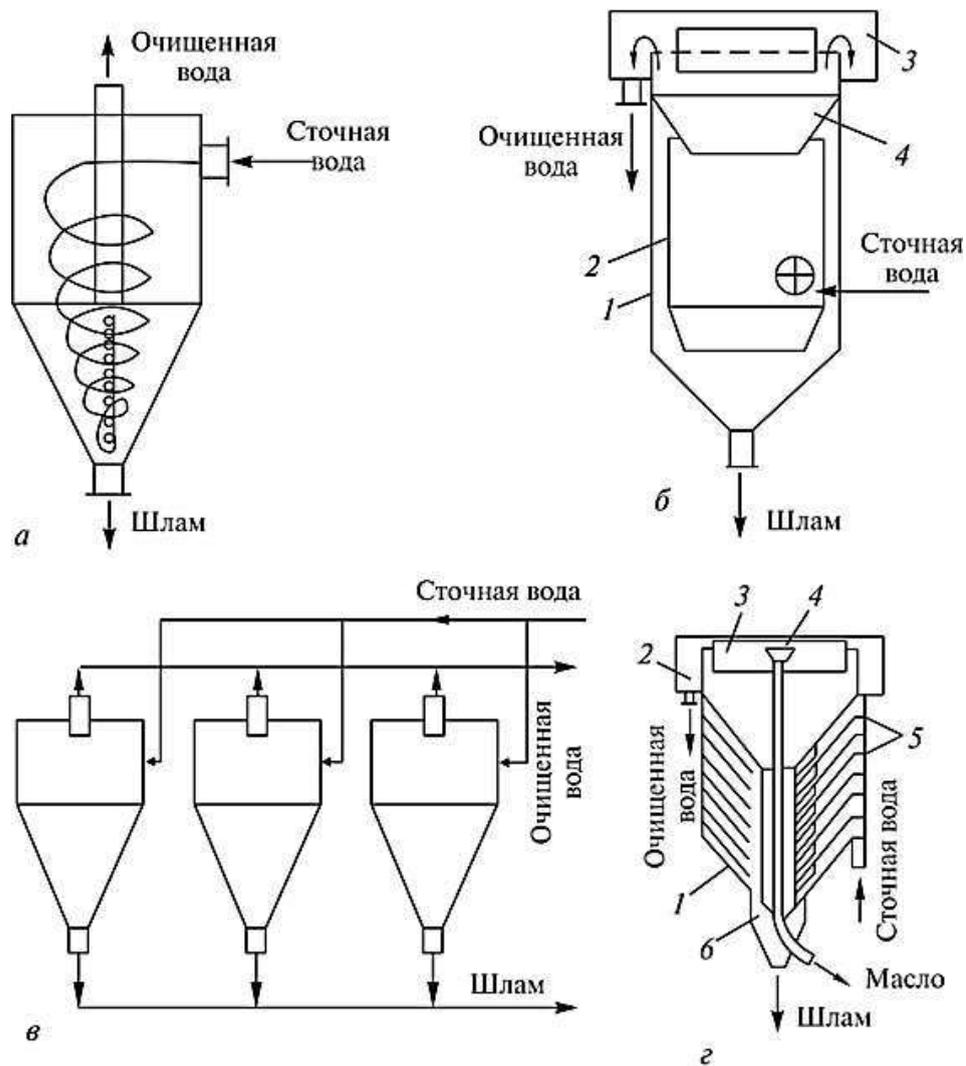


Рис. 33 Гидроциклоны. *а* – напорный; *б* – с внутренним цилиндром и конической диафрагмой: 7 – корпус; 2 – внутренний цилиндр; 3 – кольцевой лоток; 4 – диафрагма; *в* – блок напорных гидроциклонов; *г* – многоярусный гидроциклон с наклонными патрубками для отвода очищенной воды: 7 – конические диафрагмы; 2 – лоток; 3 – водослив; 4 – маслосборная воронка; 5 – распределительные лотки; 6 – шламоотводящая щель

Открытые гидроциклоны делятся на пять типов:

- без внутренних устройств (вставок);
- с конической диафрагмой;
- с конической диафрагмой и внутренним цилиндром (перегородкой);
- многоярусные с центральным выпуском;
- многоярусные с периферийным отводом воды.

Многоярусные гидроциклоны используют для интенсификации процесса очистки. В них рабочий объем разделен на отдельные ярусы свободно вставляемыми коническими диафрагмами. Вследствие этого высота слоя отстаивания уменьшается. Вращательное движение позволяет полнее использовать объем яруса и способствует агломерации взвешенных частиц. Каждый ярус гидроциклона работает самостоятельно.

В конструкции многоярусного гидроциклона совмещены принципы работы открытого гидроциклона и тонкослойного отстойника, что позволяет получить высокую эффективность очистки при удельных гидравлических нагрузках в 8–10 раз и более, превышающих нагрузки на обычные отстойники.

Осадок из конической части гидроциклонов откачивают насосами, гидроэлеваторами или удаляют под гидростатическим напором.

Напорные гидроциклоны (рис. 34, а) следует применять для выделения из сточных вод грубодисперсных примесей главным образом минерального происхождения. Например, для удаления из сточных вод:

- песка, глины и других минеральных компонентов (стеклянные заводы и автохозяйства);
- компонентов формовочной земли (литейное производство);
- жира и твердой фазы минерального и органического происхождения (мясокомбинаты);
- нефтепродуктов и шлама (нефтепромыслы);
- частиц минерального происхождения (свиноводческие промышленные комплексы).

В зависимости от особенностей решаемых технологических задач могут использоваться двухпродуктовые и многопродуктовые напорные гидроциклоны. В последнем случае аппараты имеют несколько сливных трубопроводов, отводящих целевые продукты из различных зон восходящего вихревого потока.

При необходимости более глубокой очистки сточных вод применяют последовательную работу гидроциклонов различных типоразмеров. Аппараты первой ступени удаляют из воды грубые взвеси, а аппараты последующих ступеней используют для выделения более мелких частиц.

Напорные гидроциклоны используются для выделения только оседающих примесей. Сточная вода подается тангенциально по трубе, расположенной в верхней цилиндрической части резервуара и приобретает вращательное

движение. Осадок отводится через отверстие, а осветленная вода – через сливной патрубков.

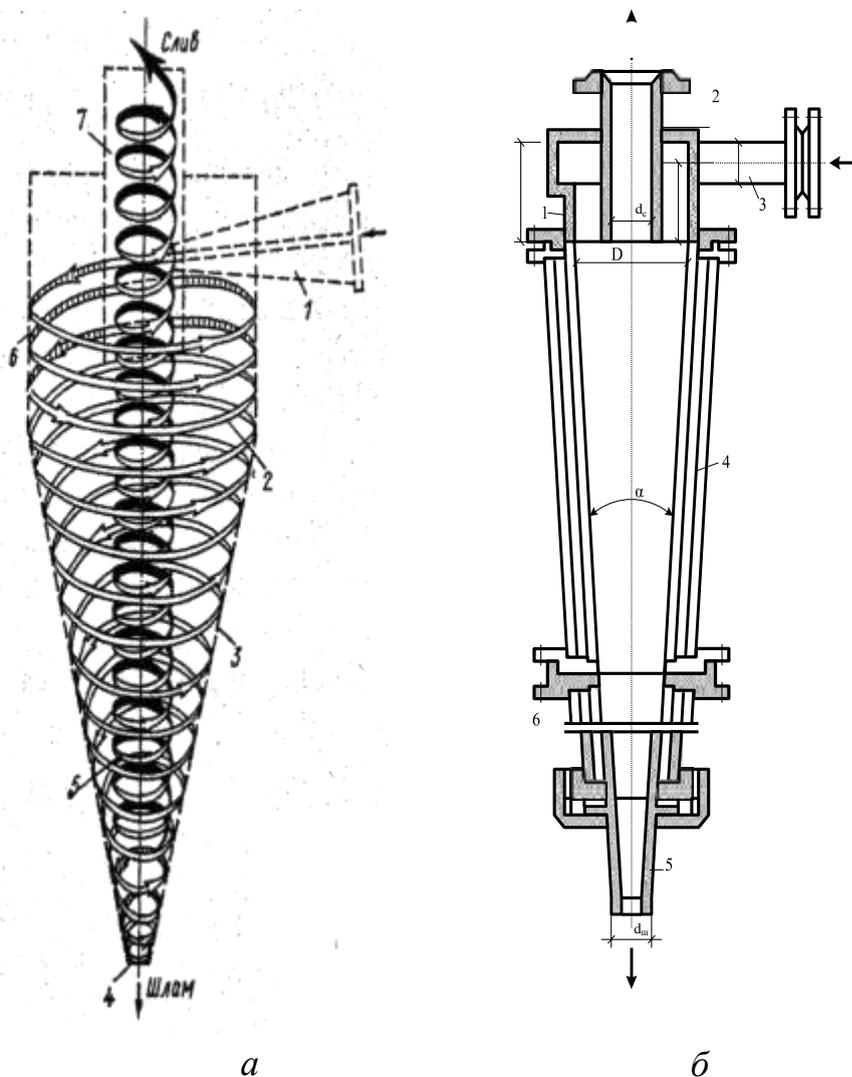


Рис 34. Гидроциклон: *а* – конструкция напорного гидроциклона со съемными элементами рабочей камеры: 1 – цилиндрическая часть; 2 – сливной патрубков; 3 – питающий патрубков; 4 – корпус; 5 – шламный патрубков; 6 – съемная вставка; *б* – принципиальная схема движения воды в напорном гидроциклоне: 1 – питающий патрубков; 2, 5 – соответственно нисходящий и восходящий потоки; 3, 6 – соответственно коническая и цилиндрическая части; 4 – шламное отверстие; 7 – сливной патрубков

Движение воды происходит по винтовым пространственным спиральям (рис. 34, *б*). Под действием центробежных сил твердые частицы отбрасываются от центра к периферии, скапливаются у стенок, затем собираются в нижней конической части, сползают к шламному отверстию, после чего удаляются. В напорном гидроциклоне формируются внешний и внутренний спиральные потоки воды, направление вращения которых совпадает. Осветленная жидкость движется во внутреннем спиральном потоке снизу вверх к сливному патрубку.

Напор определяет окружную скорость в гидроциклоне и влияет на эффект очистки. Указанные гидроциклоны производятся с диаметрами цилиндрической части 100–500 мм.

Для более тонкой очистки необходимо уменьшение диаметра аппарата, но это ведет к снижению его производительности. Поэтому гидроциклоны малых диаметров (25–100 мм) объединяют в батарейные (мультигидроциклоны), состоящие из большого числа циклонных элементов (24–48 шт.), устанавливаемых параллельно, и имеющих единую систему питания. Такие гидроциклоны служат для очистки от мелкодисперсных примесей. Напорные гидроциклоны можно соединять в 2–3 ступени и последовательно для улучшения эффекта очистки (вначале аппараты большого диаметра, а затем – малого).

К недостаткам напорных гидроциклонов относятся значительный расход электроэнергии и быстрый износ аппарата (при работе с грубодисперсными примесями).

Выбор типа гидроциклона в каждом конкретном случае следует определять технико-экономическим сравнением вариантов.

Основными критериями, позволяющими судить о работе гидроциклона, являются производительность, крупность граничного зерна, степень очистки и потери воды через шламовое отверстие.

Под крупностью граничного зерна понимается размер таких частиц, которые, находясь в равновесии под действием центробежной силы и силы сопротивления жидкости, вращаются на определенном радиусе гидроциклона, а затем распределяются поровну между продуктами разделения. Все частицы большей крупности поступают в шламовый насадок, а меньшей - в верхние слои.

Эффективность работы гидроциклона зависит от расхода и свойств осветляемой воды, концентрации взвешенных частиц в воде и их гранулометрического состава, плотности и вязкости воды, от геометрических размеров гидроциклона.

Центрифуги по конструктивному исполнению подразделяются на:

- горизонтальные,
- вертикальные.

По назначению:

- производственные,
- лабораторные.

По принципу действия:

- осаждающие,
- осветляющие.

Способ выгрузки осадка из центрифуг бывает:

- ручной,
- шнековый,
- пульсирующий.

Центрифуги бывают:

- отстойные,
- фильтрующие.

В процессах очистки сточных вод фильтрующие центрифуги используют для разделения грубодисперсных систем, отстойные – для разделения труднофильтрующихся тонко- и грубодисперсных суспензий, а также для классификации суспензий по размерам и плотности частиц. Для очистки производственных сточных вод наиболее перспективны отстойные центрифуги.

Различают центрифуги:

- непрерывного,
- периодического действия.

Центрифуги непрерывного действия применяют для очистки сточных вод с расходом до 100 м³/ч, когда требуется выделить частицы гидравлической крупностью 0,2 мм/с (противоточные) и 0,05 мм/с (прямоточные).

Центрифуги периодического действия целесообразно использовать при концентрации нерастворимых примесей в сточных водах не более 2–3 г/л и в случаях, если образующиеся осадки цементируются или характеризуются высокими абразивными свойствами. Центрифуги периодического действия применяются для очистки сточных вод, расход которых не превышает 20 м³/ч, при необходимости выделения частиц гидравлической крупностью 0,05–0,01 мм/с.

Из центрифуг непрерывного действия в системах очистки вод наибольшее распространение получили горизонтальные шнековые центрифуги типа ОГШ (рис. 35). Подбор необходимого типоразмера осадительной центрифуги производят по каталогу.

Принцип работы непрерывно действующей осадительной горизонтальной центрифуги со шнековой выгрузкой осадка марки ОГШ следующий. Сточная жидкость через трубу подается внутрь вращающегося ротора, при этом наиболее тяжелые частицы осадка отжимаются к внутренней поверхности ротора. Шнек и ротор вращаются с различной частотой, вследствие чего осаждаемая твердая фаза выгружается из ротора. Фугат (осветленная вода) вытекает через сливную трубу. Если твердая фаза сточных вод обладает

абразивными свойствами, рабочая часть шнека защищается от истирания специальным покрытием, например, металлокерамикой.

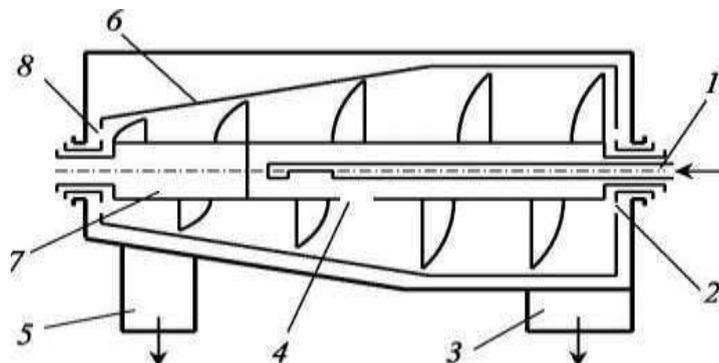


Рис. 35 Схема центрифуги ОГС: 1 – труба подачи; 2 – сливные отверстия; 3 – сливная труба; 4 – отверстие для осадка; 5 – труба осадка; 6 – ротор; 7 – полый шнек; 8 – окна

Качество очистки в центрифугах можно регулировать, изменяя гидравлическую нагрузку, частоту вращения ротора и диаметр сливного порога.

Глубокая очистка сточных вод на фильтрах с зернистой и плавающей загрузками

Фильтрационные сооружения и установки применяют для глубокой очистки (доочистки) городских и производственных сточных вод, прошедших биологическую или физико-химическую очистку. Они подразделяются на фильтры с зернистой загрузкой и сетчатые барабанные фильтры.

Фильтры с зернистой загрузкой классифицируются:

-по направлению потока (бывают с нисходящим (сверху вниз) и восходящим (снизу вверх) потоком, в отдельных случаях – с горизонтальным потоком);

-конструкции (однослойные, двухслойные, аэрируемые и каркаснозасыпные);

-виду фильтрующего материала (природные материалы (кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, доменный шлак, керамзит, антрацит, горелые породы, мраморная крошка) или искусственные материалы (полимеры – пенополиуретан, полистирол, полипропилен и др.)).

Сетчатые барабанные фильтры, применяемые в качестве самостоятельных

сооружений глубокой очистки, называют микрофильтрами, а устанавливаемые перед зернистыми фильтрами глубокой очистки – барабанными сетками.

В результате доочистки сточных вод в загрузке фильтров задерживаются мелкодисперсные взвешенные частицы и активный ил, выносимые из отстойников или осветлителей, а также некоторые специфические компоненты, характерные для стоков отдельных промышленных предприятий (нефтепродукты, фосфор и др.).

Различают рабочий и форсированный режимы. Форсированный режим возникает при выключении отдельных секций фильтров на промывку и ремонт. При форсированном режиме скорость фильтрования увеличивается.

Регенерацию зернистых фильтрующих материалов производят промывкой водой или водой и воздухом, синтетические материалы обычно отжимают для регенерации. Для промывки фильтров можно использовать водопроводную воду или воду после барабанных сеток и фильтров.

Ниже рассмотрим основные конструктивные типы фильтров.

Однослойные фильтры с нисходящим потоком воды используют для доочистки производственных стоков после механической очистки для задержания мелкодисперсных взвешенных частиц, а также биологически очищенных городских сточных вод (рис. 36). Загрузку фильтра составляет кварцевый песок (крупностью до 2 мм и толщиной слоя 1,2–1,3 м) с поддерживающим слоем из гравия (с крупностью зерен 2–40 мм высотой слоя 0,5–0,7 м). При наличии местного гранитного щебня загрузка фильтра может производиться щебнем крупностью 3–10 мм, толщиной слоя 1,2 м.

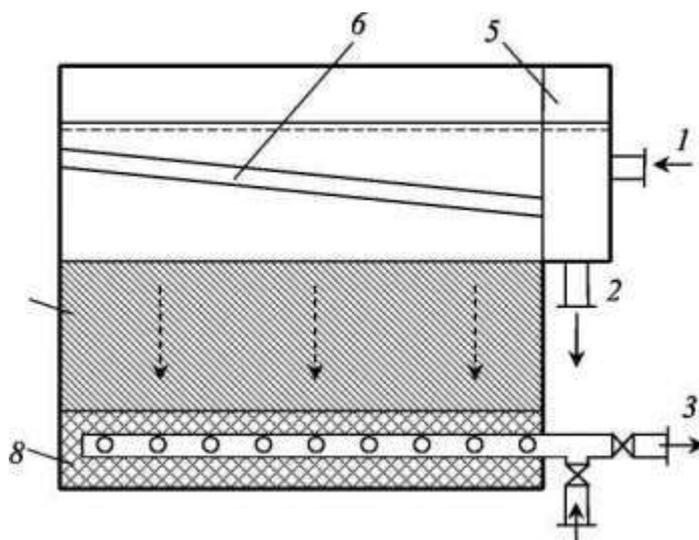


Рис. 36 Зернистый фильтр с нисходящим потоком: 1 – подвод воды; 2 – отвод промывочной воды; 3 – отвод фильтрата; 4 – подача промывочной воды; 5 – распределительный карман; 6 – желоб для подачи исходной воды; 7 – песчаная загрузка; 8 – поддерживающий слой

Для регенерации фильтров предусматривается водо-воздушная или водяная промывка восходящим потоком. Водо-воздушная промывка производится в четыре этапа: начальное взрыхление верхнего слоя загрузки механическим или гидравлическим способом; продувка воздухом для выравнивания гидравлического сопротивления по всей площади фильтра; водовоздушная совместная промывка; дополнительная промывка водой для разрыхления загрузки и восстановления ее первоначальной пористости. Эффект доочистки для мелкозернистых фильтров по взвешенным веществам составляет 70–75 %, по БПК_п – 50–60 %, для крупнозернистых (с загрузкой из щебня) соответственно 45–50 % и 35–40 %. Продолжительность фильтроцикла составляет 12 ч.

В фильтрах с восходящим потоком фильтрование воды снизу вверх значительно улучшает условия работы фильтра вследствие реализации принципа убывающей крупности зерен вдоль потока (рис. 37). В результате увеличивается грязеемкость фильтра, продолжительность фильтроцикла, исключается заиливание мелкозернистых слоев. Недостатком фильтров с восходящим потоком является заиливание дренажа, которое приводит к ненадежности их работы и осложнениям в эксплуатации. Фильтрующая загрузка состоит из речного песка крупностью 1,2–2 мм и высотой слоя 1,5–2 м, а также подстилающего слоя гравия толщиной до 0,95 м. Для регенерации фильтров предусматривается водовоздушная промывка. Эффект доочистки для таких фильтров по взвешенным веществам составляет 70–85 %, по БПК_п – 50–65 %.

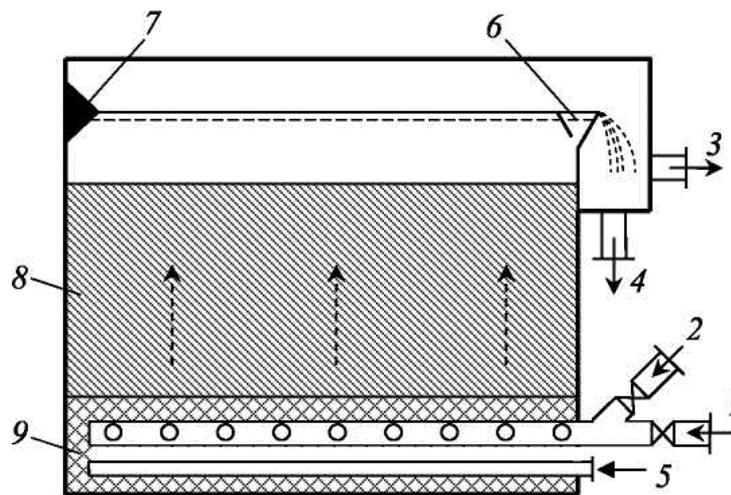


Рис. 37 Фильтр с восходящим потоком воды: 1 – подвод воды; 2 – подвод промывочной воды; 3 – отвод фильтрата; 4 – отвод промывочной воды; 5 – подача воздуха; 6 – пескоулавливающий желоб; 7 – струенаправляющий выступ; 8 – загрузка; 9 – поддерживающий слой

В двухслойных фильтрах используется принцип фильтрования в направлении уменьшающейся крупности зерен загрузки сверху вниз. Верхний

слой загрузки толщиной 0,4–0,5 м состоит из кварцевого песка крупностью зерен 1,2–2 мм, нижний слой (кварцевый песок) имеет толщину 0,6–0,7 м и крупность зерен 0,7–1,6 мм. Кроме кварцевого песка, в верхних слоях может быть использован дробленый антрацит или керамзит. Поддерживающий слой высотой 0,55–0,8 м состоит из гравия крупностью 2–400 мм (рис. 38). Двухслойная загрузка обеспечивает более равномерное распределение загрязнений по высоте фильтра, увеличение продолжительности работы. Фильтроцикл равен 24 ч. Промывка фильтров производится током воды снизу вверх. К недостаткам таких фильтров относится сложность создания двухслойной загрузки, завышенный строительный объем фильтра, возможность уноса зерен верхнего слоя загрузки. Эффект доочистки для таких фильтров по взвешенным веществам составляет 70–80 %, по БПК_п – 60–70 %.

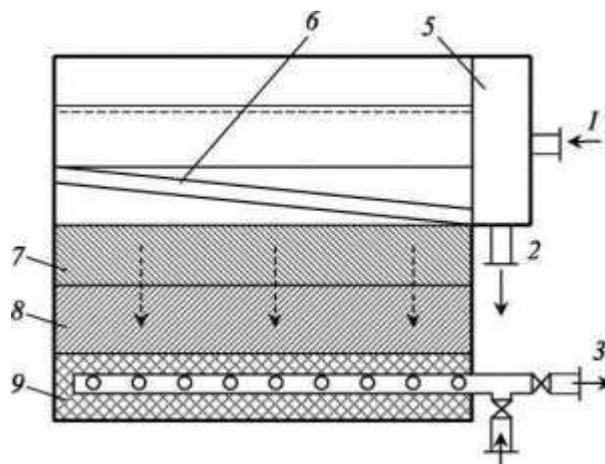


Рис. 38 Двухслойный фильтр: 1 – подача исходной воды; 2 – отвод промывочной воды; 3 – отвод фильтрата; 4 – подача промывочной воды; 5 – распределительный карман; 6 – желоб для подачи исходной воды; 7 – загрузка из антрацита; 8 – загрузка из песка; 9 – поддерживающий слой

В аэрируемом зернистом фильтре в процессе фильтрации вводится и распределяется в толще загрузки сжатый воздух или кислород, что способствует интенсификации биохимического процесса внутри фильтра. Процесс очистки от загрязнений в аэрируемых фильтрах происходит в две ступени, первая служит для удаления взвешенных веществ, вторая – для растворенных и коллоидных органических загрязнений (рис. 39).

Каркасно-засыпные фильтры по конструкции представляют собой двухслойный фильтр с нисходящим потоком воды (рис. 40). Загрузка каркасно-засыпного фильтра состоит из каркаса, в качестве которого используется гравий или щебень с размерами фракций 40–60 мм, и засыпки, состоящей из кварцевого песка крупностью 0,8–1 мм. Очищаемая вода проходит сначала через слой каркаса, где очищается от основной массы загрязнений, а затем

поступает для доочистки в нижние слои.

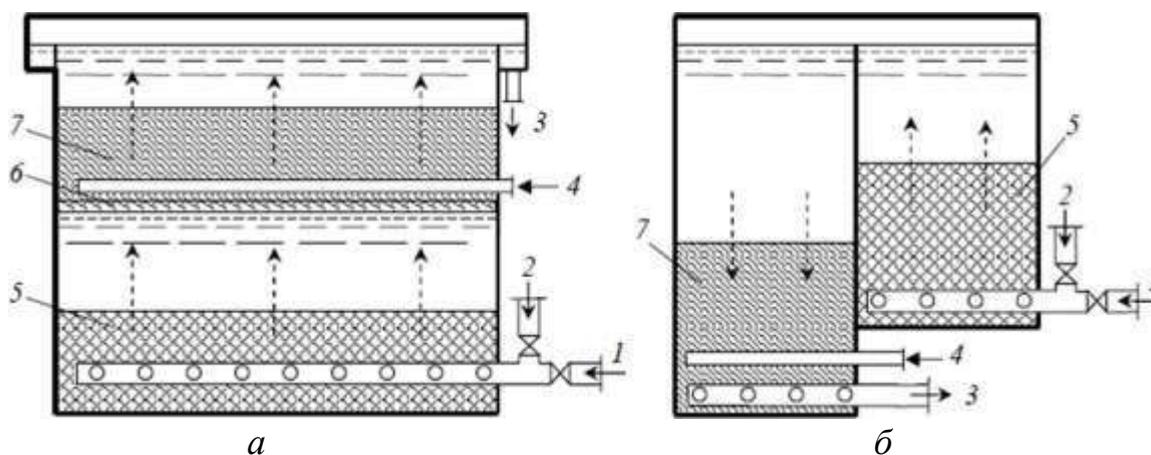


Рис. 39 Аэрируемые фильтры: *а* – двухъярусный, *б* – двухступенчатый: 1 – подача исходной воды; 2 – подача промывной воды; 3 – отвод фильтрата и промывной воды; 4 – подача воздуха; 5 – загрузка первого яруса (ступени); 6 – дырчатая перегородка; 7 – загрузка второго яруса (ступени)

Преимуществами каркасно-засыпного фильтра являются: стабильность очистки воды при значительных колебаниях качества и количества исходной воды; возможность использования контактной коагуляции, которая позволяет при той же скорости фильтрования достичь концентраций взвешенных веществ 3 мг/л и нефтепродуктов 1–1,5 мг/л. Продолжительность фильтроцикла составляет 20 ч. Промывка фильтра может быть водо-воздушной или водяной. При водо-воздушной промывке воду в фильтре спускают до уровня песка, подают воздух и воду для промывки, затем следует дополнительная промывка водой. Эффект доочистки для таких фильтров по взвешенным веществам составляет 70–80 %, по БПК_п – 70 %.

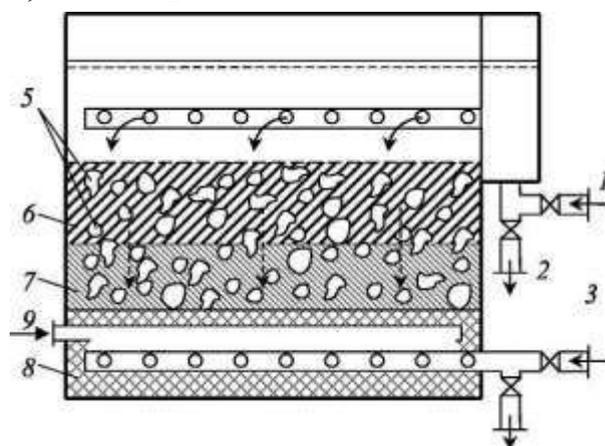


Рис. 40 Каркасно-засыпной фильтр: 1 – подвод воды; 2 – отвод промывной воды; 3 – подача промывной воды; 4 – отвод фильтрата; 5 – гравийный каркас; 6 и 7 – крупно- и мелкозернистая загрузка; 8 – поддерживающий слой; 9 – подача воздуха

Одним из путей интенсификации фильтрования сточных вод является применение новых фильтрующих материалов. Перспективным является использование фильтров с плавающей загрузкой из различных полимерных материалов, обладающих достаточной механической прочностью, химической стойкостью, высокими площадью активной свободной поверхности и пористостью.

Преимуществами полимерных фильтров являются: высокая грязеемкость, которая составляет 40–200 кг/м³ загрузки; небольшие потери напора; увеличенная продолжительность фильтроцикла; простота конструкции, надежность работы.

К числу полимерных материалов относятся полистирол различных марок (в том числе пенополистирол), пенополиуретан, а также гранулы керамзита, котельные и металлургические шлаки. Полимерные материалы с пористостью до 95 % позволяют существенно повысить скорость фильтрования, уменьшить продолжительность фильтроцикла и сократить затраты на очистку.

Фильтры с плавающей пенополистирольной загрузкой применяются для очистки сточных вод от взвешенных веществ. В качестве плавающей фильтрующей загрузки в них используются вспененные гранулы пенополистирола. Этот материал износоустойчив, водонепроницаем, нетоксичен, имеет достаточную механическую прочность и высокую адгезионную способность (плотность 0,01–0,03 г/см³). Внутри фильтра находятся два слоя гранул, разделенных удерживающими сетками. В нижнем слое, служащем для предварительного фильтрования, применяются гранулы диаметром 2–5 мм, верхний слой загрузки с гранулами диаметром 0,3–2 мм предназначен для более глубокого фильтрования. Для регенерации зернистых фильтрующих материалов проводится интенсивная водо-воздушная промывка.

Разработано несколько конструкций фильтров с загрузкой из измельченного пенополиуретана с размерами гранул 0,5–12 мм и пор 0,8–1,2 мм, из которых для доочистки сточных вод наиболее эффективными являются фильтры марок ФПЗ-3 и ФПЗ-4 (рис. 41).

Загрузка фильтров ФПЗ-3 и ФПЗ-4 состоит из гранул, крупность которых уменьшается по направлению движения воды, т.е. сверху вниз. Высота слоя загрузки составляет 1,0–1,2 м. Такие фильтры можно использовать для доочистки как механически очищенных производственных стоков (металлургическая, химическая и легкая промышленность), так и биологически очищенных городских сточных вод или их смеси с производственными. Фильтр регенерируется промыванием водой при достижении предельных потерь напора, равных 1,5–2,5 м. Эффект доочистки для таких фильтров по взвешенным веществам составляет 70–85 %, по БПК_п – 65–75 %.

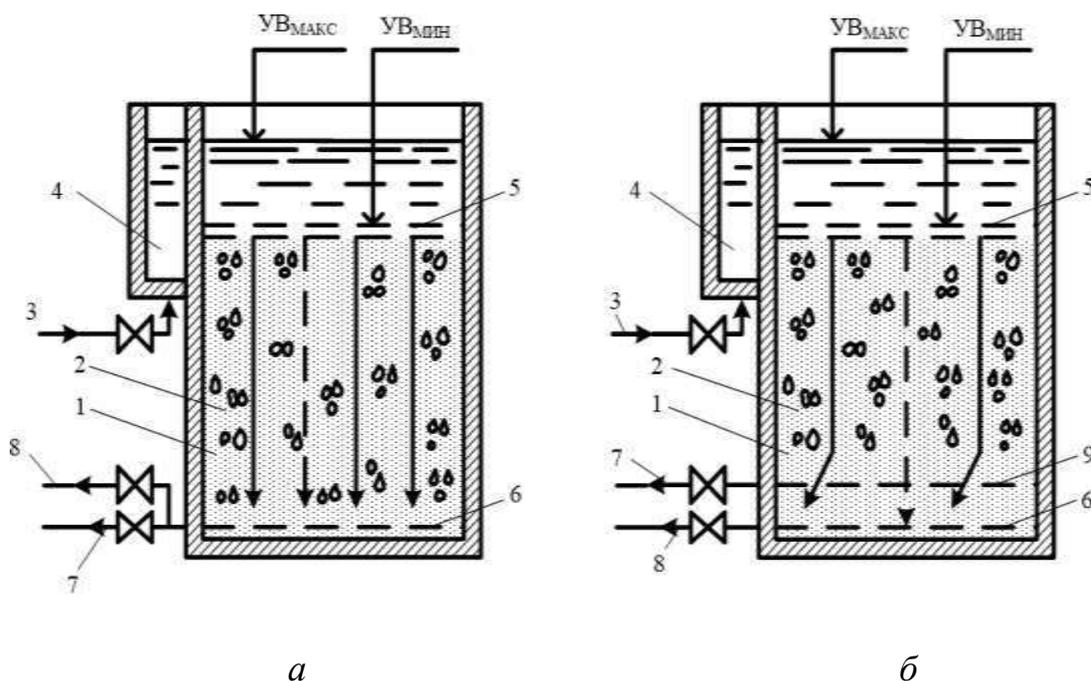


Рис. 41 Фильтры с плавающей загрузкой: *а* – ФПЗ-3; *б* – ФПЗ-4: 1 – корпус; 2 – плавающая загрузка; 3 – подача исходной воды; 4 – карман фильтра; 5 – удерживающая решетка; 6 – нижняя дренажная система; 7 – отвод фильтрата; 8 – отвод промывной воды; 9 – средняя дренажная труба

4.4 Основы химической и физико-химической очистки сточных вод

Химическую и физико-химическую очистку обычно применяют для производственных сточных вод на локальных канализационных очистных сооружениях предприятий. При локальной очистке производственных сточных вод в большинстве случаев предпочтение отдается химическим методам. Химическую очистку применяют в случаях, когда выделение примесей возможно только в результате химической реакции между примесью и реагентом.

Химическая очистка производственных сточных вод может применяться:

- как самостоятельный метод перед их подачей в систему оборотного водоснабжения;
- перед спуском их в водоем или в городскую водоотводящую сеть;
- для предварительной очистки сточных вод перед биологической или физико-химической очисткой;
- в качестве метода глубокой очистки сточных вод с целью их дезинфекции, обесцвечивания или извлечения из них различных компонентов.

К основным химическим способам очистки относятся нейтрализация, окисление, восстановление. К окислительным методам относится также электрохимическая обработка.

Установки для нейтрализации

Процессы нейтрализации. Производственные сточные воды от технологических процессов многих отраслей промышленности содержат щелочи и кислоты, а также соли тяжелых металлов. Для предупреждения коррозии материалов канализационных очистных сооружений, нарушения биохимических процессов в биологических окислителях и в водоемах, а также для осаждения из сточных вод солей тяжелых металлов кислые и щелочные стоки подвергают нейтрализации. Поскольку в кислых и щелочных производственных сточных водах практически всегда присутствуют ионы металлов, дозу реагентов определяют с учетом выделения в осадок солей тяжелых металлов. Наиболее часто сточные воды загрязнены минеральными кислотами: серной, азотной, соляной, а также их смесями.

Практически нейтральными считаются смеси с $pH = 6,5-8,5$. Следовательно, подвергать нейтрализации необходимо сточные воды с pH менее 6,5 и более 8,5, при этом необходимо учитывать нейтрализующую способность водоема, а также щелочной резерв городских сточных вод. Наибольшую опасность представляют кислые стоки, которые к тому же встречаются значительно чаще, чем щелочные. Чаще всего сточные воды загрязнены минеральными кислотами: серной, соляной, азотной, а также их смесями. Обычно концентрация кислот в сточных водах не превышает 3 %, но встречаются и более концентрированные смеси.

Существуют следующие способы нейтрализации сточных вод:

- Взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод,
- Нейтрализация реагентами,
- Нейтрализация кислых сточных вод путем фильтрования через нейтрализующие материалы,
- Нейтрализация щелочных сточных вод дымовыми газами.

1. Взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод. Режимы сброса сточных вод, содержащих кислоту и отработанную щелочь, как правило, различны. Кислые воды обычно сбрасываются в канализацию равномерно в течение суток и имеют постоянную концентрацию. Щелочные воды сбрасываются периодически по мере того, как сбрасывается щелочной раствор. В связи с этим для щелочных вод часто необходимо устраивать регулирующий резервуар. Из резервуара эти воды равномерно выпускают в камеру реакции,

где в результате смешения их с кислыми сточными водами происходит взаимная нейтрализация. Данный метод широко используют на предприятиях химической промышленности.

2. Нейтрализация реагентами (используется гашеная $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и негашеная CaO известь, кальцинированная Na_2CO_3 и каустическая NaOH сода). Известь для нейтрализации применяют в виде известкового молока 5%-й концентрации или в виде порошка. Реагентный метод применяют в случае, если на промышленных предприятиях имеются только кислые или только щелочные сточные воды, либо если невозможно обеспечить взаимную нейтрализацию. Этот метод наиболее широко используют для нейтрализации кислых вод. Поскольку в кислых и щелочных производственных сточных водах практически всегда присутствуют ионы металлов, то дозу реагента определяют с учетом выделения в осадок солей тяжелых металлов. Процессы реагентной нейтрализации производственных сточных вод осуществляются на нейтрализационных установках или станциях. Время контакта сточных вод и реагента должно быть не менее 5 мин. Для кислых сточных вод, содержащих растворенные ионы тяжелых металлов, это время должно быть не менее 30 мин.

3. Нейтрализация кислых сточных вод путем фильтрования через нейтрализующие материалы (известь, известняк, мел, магнезит, доломит). Нейтрализацию соляно-, азотно-, а также сернокислых сточных вод при концентрации серной кислоты не более 1,5 г/л осуществляют на непрерывно действующих фильтрах с вертикальным движением нейтрализуемых вод. При концентрации кислоты более 1,5 г/л количество образующегося сульфата кальция превышает его растворимость (2 г/л), и он начинает выпадать в осадок, в результате чего нейтрализация прекращается. Применение таких фильтров возможно при условии отсутствия в кислых сточных водах растворенных солей тяжелых металлов, поскольку при $\text{pH} > 7$ они будут выпадать в осадок в виде труднорастворимых соединений, которые полностью забивают поры фильтра.

Основные параметры процесса нейтрализации:

- крупность фракций материала загрузки – 3–8 см;
- расчетная скорость фильтрования зависит от вида загрузочного материала, но не более 5 м/ч;
- продолжительность контакта не менее 10 мин.

Нейтрализация щелочных сточных вод дымовыми газами (рис. 42). Применение для нейтрализации сточных вод отходящих газов, содержащих диоксиды углерода, серы и азота и другие кислые газы, позволяет не только нейтрализовать сточные воды, но и одновременно осуществлять высокоэффективную очистку самих газов от вредных компонентов. Нейтрализация производится в колонной абсорбционной аппаратуре.

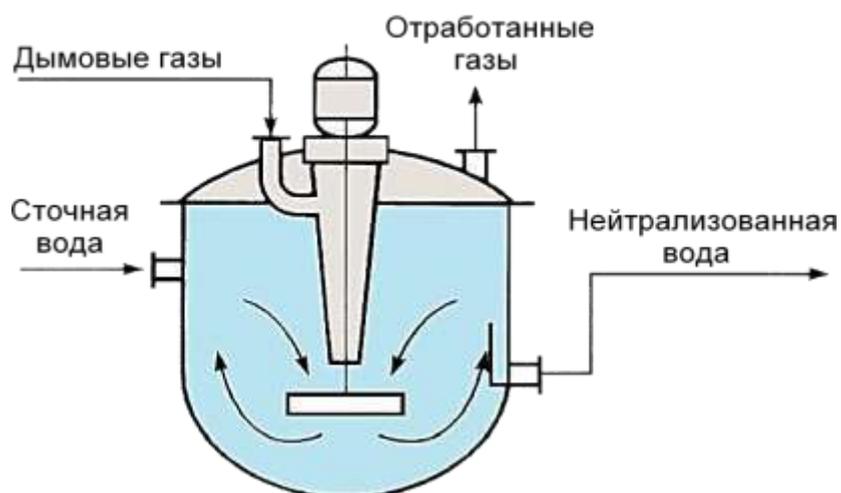


Рис. 42 Нейтрализатор щелочных сточных вод дымовыми газами

Выбор способа нейтрализации зависит от многих факторов:

- вида и концентрации кислот в производственных сточных водах;
- расхода и режима поступления отработанных вод на нейтрализацию;
- наличия реагентов, местных условий и т. п.

Процессы реагентной нейтрализации производственных сточных вод осуществляются на нейтрализационных установках или станциях, в состав которых входят: песколовки, резервуары-усреднители, склады нейтрализующих реагентов, растворные баки для приготовления рабочих растворов реагентов, дозаторы рабочих растворов реагентов, смесители сточных вод с реагентами, камеры реакции (нейтрализаторы), отстойники для нейтрализованной сточной воды, осадкоуплотнители (перед механическим обезвоживанием образующихся осадков); сооружения для механического обезвоживания осадков, а при их отсутствии – шламовые площадки, места для складирования обезвоженных осадков, устройства химического контроля процесса нейтрализации.

Окислительный метод очистки сточных вод

Установки для обеззараживания сточных вод. Окислительный метод применяется при водоподготовке и для обезвреживания производственных сточных вод, содержащих токсические примеси (цианиды, фенолы), а также для извлечения из сточных вод веществ, которые нельзя или нецелесообразно извлекать другими методами.

Метод применяется в следующих отраслях промышленности:

- машиностроительной (в цехах гальванических покрытий);
- горнодобывающей (на обогатительных фабриках);
- нефтехимической (на нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах);
- целлюлозно-бумажной и др.

Обеззараживание является заключительным этапом обработки городских сточных вод. Выпуск в водные объекты даже биологически очищенных сточных вод неизбежно связан с угрозой внесения в них патогенных бактерий и вирусов – возбудителей кишечных инфекций. Из практики очистки сточных вод известно, что при первичном отстаивании количество бактерий группы кишечной палочки сокращается на 30–40 %, а после вторичных отстойников – на 90–95 %. Следовательно, для полного освобождения сточных вод от патогенных бактерий и вирусов необходимо применение специальных методов обеззараживания.

Для обеззараживания (дезинфекции) сточных вод применяют:

- хлорирование,
- озонирование,
- ультрафиолетовое облучение.

Реагентами (окислителями) являются хлор, озон, технический кислород и кислород воздуха. Обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами относится к физическим (безреагентным) методам. При этом используют бактерицидные ртутно-кварцевые лампы высокого или низкого давления.

Хлорирование является наиболее распространенным методом обеззараживания и имеет высокую эффективность в отношении патогенных бактерий. В качестве обеззараживающего агента используют газообразный хлор и его производные (хлорная известь, гипохлорит кальция и натрия, хлорная известь, диоксид хлора). Хлорирование применяют также для удаления из сточных вод фенолов, цианидов, сероводорода и других соединений, для борьбы с биологическими обрастаниями сооружений. Хлор поступает на производство в жидком виде с содержанием не менее 99,5 %.

Хлорноватистая кислота HClO обладает такой же окислительной способностью, как и хлор. Однако ее окислительные свойства проявляются только в кислой среде. Кроме того, хлорноватистая кислота является нестабильным продуктом – со временем и на свету она разлагается. Широкое применение получили соли хлорноватистой кислоты. Гипохлорит кальция $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ выпускается трех сортов с концентрацией активного хлора от 32 до 35 %. Наиболее устойчива соль гипохлорита натрия $\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Оксид хлора (IV) ClO_2 – газ зеленовато-желтого цвета, хорошо растворим

в воде, сильный окислитель. При взаимодействии его с водой не протекают реакции хлорирования, что исключает образование хлорорганических веществ. В последнее время проводятся широкие разработки по выяснению условий замены хлора на оксид хлора в качестве окислителя. На ряде российских заводов внедрены передовые технологии с использованием оксида хлора.

У метода хлорирования сточных вод есть серьезные недостатки, а также гигиенические и экологические ограничения:

а) продолжительное время контакта хлора с водой для достижения обеззараживающего эффекта и высокие исходные концентрации активного хлора. Хлор, добавленный к сточной воде, должен быть тщательно перемешан с ней, а затем находиться в контакте со сточной водой не менее чем 30 минут, после чего количество остаточного хлора должно быть не менее 1,5 мг/л. Для достижения этой величины исходная доза активного хлора составляет, в соответствии с требованиями СНиП, десятки мг/л.

Для снижения Coli-форм на 99,9 % требуются следующие дозы хлора, мг/л: после механической очистки – 10; после химической очистки – 3–10; после полной и неполной биологической очистки – 3 и 5 соответственно; после фильтрования на песчаных фильтрах – 2–5.

Установка для хлорирования газообразным хлором имеет хлораторную, смеситель, контактные резервуары;

б) отсутствие необходимой эпидемической безопасности в отношении вирусов при дозе остаточного хлора 1,5 мг/л;

в) высокая степень токсичности хлора. Хлор является высокотоксичным газом, с ним достаточно трудно работать;

г) высокая взрывоопасность складов жидкого хлора;

д) образование в природной воде при контакте с хлором хлорорганических соединений в токсичных для биоты водного объекта и человека концентрациях. При попадании в воду происходит гидролиз хлора с образованием соляной кислоты. Биологически очищенные городские сточные воды, имеющие уровень БПК 15–20 мг/л, несут недостаточное количество органических соединений различных классов, способных к окислению. С некоторыми органическими веществами, которые присутствуют в растворе, хлор может вступать в реакции хлорирования.

В результате образуются вторичные хлорорганические продукты, которые обладают высокой степенью токсичности, мутагенностью и канцерогенностью, способны аккумулироваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и, в конечном счете, попадать в организм человека. Это вызывает необходимость дехлорирования сточной воды перед выпуском в водоемы. Поэтому в последнее время наблюдается тенденция к отказу от обеззараживания воды хлором и применение альтернативных методов.

В настоящее время наиболее широко для обеззараживания сточных вод используют хлор, доставляемый на очистные станции в баллонах или в

контейнерах под высоким давлением в жидком состоянии. Обеззараживание производится на хлораторных установках.

Для того чтобы понять, сколько нужно дозировать хлора в воду для ее обеззараживания надо разделить понятия:

- активного,
- свободного,
- связанного,
- остаточного хлора.

Активный хлор – это хлор в составе химического соединения, способный при взаимодействии его водного раствора с йодистым калием вытеснять из последнего йод.

Содержание активного в хлорсодержащих препаратах характеризует их бактерицидные свойства.

Однако, как выяснили раньше, количество активного хлора, необходимого для обеззараживания воды, должно определяться не только по количеству болезнетворных бактерий, но и по общему количеству способных к окислению органических веществ, микроорганизмов, а также неорганических веществ, находящихся в хлорируемой воде. Поэтому правильное определение вносимой дозы активного хлора является исключительно важным: недостаток хлора может привести к тому, что он не окажет необходимого бактерицидного действия, а его излишек приведет к ухудшению органолептических качеств воды. Поэтому доза активного хлора (хлоропотребление) должна быть установлена в зависимости от индивидуальных свойств обрабатываемой воды на основании лабораторной проверки.

Лучше всего, если при проектировании установки хлор-обеззараживания воды расчетная доза активного хлора будет приниматься, исходя из необходимости очистки воды в период ее максимального загрязнения, например, в период паводков.

Остаточный хлор – хлор, оставшийся в воде после введенной дозы и после окисления находящихся в воде веществ.

Он может быть свободным и связанным, т.е. представлен различными формами хлора. Именно остаточный хлор является – показателем достаточности принятой дозы хлора. Согласно требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 концентрация остаточного хлора в воде перед поступлением ее в сеть должна находиться в пределах 0,3 – 0,5 мг/л.

Свободный хлор – часть остаточного хлора, присутствующая в воде в

виде хлорноватистой кислоты, анионов гипохлоритов или растворенного элементарного хлора.

Связанный хлор – часть остаточного хлора присутствующая в воде в виде неорганических и органических хлораминов.

Установка состоит из следующих элементов: расходного склада хлора, узлов испарения жидкого хлора, дозирования газообразного хлора и образования хлорной воды.

Мощность хлораторной установки определяется исходя из максимального расхода сточных вод и дозы хлора. Определяют суточное количество и максимальный часовой расход хлора. Следует учесть, что хлорное хозяйство очистных сооружений должно обеспечивать возможность увеличения расчетной дозы хлора, а, следовательно, и расхода хлора, в 1,5 раза.

Ввод газообразного хлора в сточную воду недопустим, так как при этом нарушаются условия безопасности эксплуатации установок. Жидкий хлор предварительно испаряют, превращая его в газ, растворяют в воде в газообразном состоянии и вводят в сточные воды хлорную воду. На испарение 1 кг жидкого хлора расходуется 0,4 м³ воды при температуре 30 °С. Из испарителя газообразный хлор направляется для получения хлорной воды к водохлорному эжектору, который создает в газовой системе хлора вакуум, обеспечивающий безопасность ее эксплуатации.

Из хлораторов хлорная вода поступает по трубам для смешения со сточной жидкостью. Для транспортирования хлорной воды рекомендуются неметаллические трубы, например, полиэтиленовые высокой прочности. На территории очистных сооружений трубы прокладывают в отдельных каналах или в футлярах из труб. В хлораторной размещается трехсуточный запас хлора. Испарение хлора производится непосредственно в таре, в которой он хранится.

Далее вода поступает в контактные резервуары. Расчет резервуаров аналогичен расчету отстойников. Они рассчитываются на максимальный приток сточных вод. Количество резервуаров принимается не менее двух, с продолжительностью контакта хлора со сточной водой 30 мин. В качестве контактных резервуаров принимают вертикальные отстойники с самотечным удалением осадка или горизонтальные отстойники, оборудованные системой труб с насадками для смыва осадка технической водой с днища отстойника к осадочной части. В процессе дезинфекции происходит коагуляция мелкодисперсных и коллоидных веществ и образование осадка, поэтому скорость в контактных резервуарах не должны быть большой. Количество осадка зависит от степени и вида очистки сточной жидкости.

Контактные резервуары необходимо проектировать без скребков, которые при контакте с хлором подвергаются коррозии. Предварительно взмученный осадок удаляется самотеком под гидростатическим давлением. Определяют

объем контактных резервуаров.

Расходный склад хлора проектируется на месячный (31 день) запас хлора. Определяют общее количество хлора на складе. Определяются вместимость контейнера по хлору, диаметр и длина контейнера. Принимается определенное количество контейнеров.

Расходный склад хлора располагается на территории очистных сооружений в отдельно стоящем здании или совместно с хлораторной, но разделен с ней капитальной стеной и имеет независимые входы и подъезды. Расстояние от склада до производственных помещений не менее 30 м и расстояние от общественных и жилых зданий 300 м. Хлораторная и склад хлора оборудуются вентиляционными установками с 12-кратным обменом воздуха.

При обеззараживании жидким хлором (хлорной водой) объем осадка после механической очистки составляет 0,08 л/(чел·сут), после полной биологической очистки в аэротенках – 0,03 л/(чел·сут), на биофильтрах – 0,05 л/(чел·сут). Влажность осадка составляет 96 %. Удаление осадка из контактных резервуаров осуществляется под гидростатическим давлением воды. Осадок обычно направляют сразу на обезвоживание без сбраживания и стабилизации.

Количество осадка, выпадающего в контактных резервуарах, следует принимать в литрах на 1 м³ сточной воды при влажности $p_{ок} = 98 \%$ (СНиП 2.04.03-85): после механической очистки $a = 1,5$; после биологической очистки в аэротенках и на биофильтрах $a = 0,5$.

Осадок может обезвоживаться как после предварительного сбраживания в метантенках, так и непосредственно в сооружениях для обезвоживания осадка (иловых площадках).

Сорбционная очистка сточных вод

Сорбционные процессы очистки сточных вод. Поглощающее вещество называется сорбентом, а поглощаемое – сорбатом. В технологии очистки сточных вод в основном используют адсорбционный процесс на развитой твердой поверхности сорбента. Адсорбция растворенных веществ – результат перехода молекулы растворенного вещества из раствора на поверхность твердого сорбента под действием силового поля поверхности. При этом наблюдается два вида межмолекулярного взаимодействия: молекул растворенного вещества с молекулами (или атомами) поверхности сорбента, и молекул растворенного вещества с молекулами воды в растворе (гидратация). Разность этих двух сил межмолекулярного взаимодействия и есть та сила, с которой удерживается извлеченное из раствора вещество на поверхности сорбента.

Сорбционная очистка может применяться совместно с биологической очисткой как метод подготовки и как самостоятельный метод. Сорбционные

методы очень эффективны для извлечения из сточных вод растворенных веществ с их последующей регенерацией и использованием очищенных стоков в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Адсорбция используется для глубокой очистки вод замкнутого водоснабжения и доочистки сточных вод от органических веществ.

В качестве сорбентов используются искусственные и природные материалы – зола, коксовая мелочь, торф, силикагель, активные глины и др. Наиболее эффективными являются активные (активированные) угли разных марок. Основными показателями сорбентов являются пористость, структура пор, химический состав. Активность сорбентов характеризуется количеством поглощаемого вещества на единицу объема или массы сорбента ($\text{кг}/\text{м}^3$, $\text{кг}/\text{кг}$).

Аппараты для сорбционной очистки сточных вод классифицируются по разным признакам:

- по организации процесса – периодического и непрерывного действия;
- гидродинамическому режиму – аппараты вытеснения, смешения и промежуточного типа;
- состоянию слоя сорбента – с неподвижным, движущимся, пульсирующим, перемешиваемым и циркулирующим слоем;
- организации контакта взаимодействующих фаз – с непрерывным и ступенчатым контактом;
- организации направления движения фаз – с прямоточным, противоточным и смешанным движением;
- конструкции – колонные и емкостные;
- способу подвода энергии – без подвода энергии извне (гравитационное движение фаз) и с подводом энергии извне (принудительное движение твердой фазы).

В практике очистки сточных вод часто используются адсорберы с неподвижным и плотно движущимся слоем поглотителя (сорбция в динамических условиях), аппараты с псевдооживленным слоем адсорбента, а также аппараты, в которых обеспечивается интенсивное перемешивание обрабатываемой воды с порошкообразным или пылевидным сорбентом (сорбция в статических условиях).

Наиболее простой конструкцией является насыпной фильтр – колонна с неподвижным слоем сорбента, через который фильтруется обрабатываемая сточная вода (рис. 43).

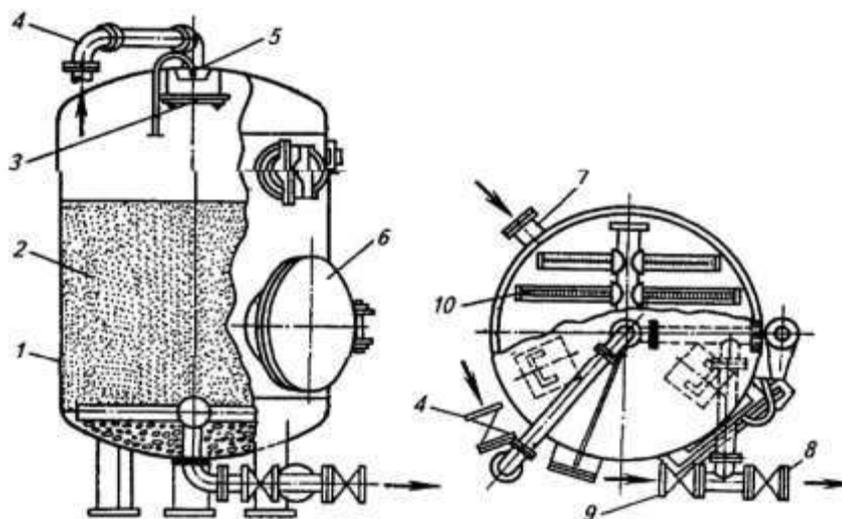


Рис. 43 Сорбционный вертикальный параллельно-проточный фильтр: 1 – корпус; 2 – неподвижный слой активного угля; 3 – отбойник; 4 – трубопровод подачи очищаемой сточной воды; 5 – труба сброса воздуха; 6 – люк; 7 – трубопровод для выгрузки активного угля; 8 – трубопровод отвода очищенной воды; 9 – трубопровод подачи взрыхляющей воды; 10 – распределительная система труб

Скорость фильтрации зависит от количества растворенных в сточных водах веществ и может составлять от 1–2 до 5–6 м/ч. Крупность зерен сорбента от 1,5–2 до 4–5 мм. Жидкость движется снизу вверх. Содержание взвешенных веществ в воде, поступающей на очистку, не должно превышать 5 мг/л.

Обычно сорбционная установка представляет собой несколько параллельно работающих секций, состоящих из 3–5 последовательно расположенных фильтров. По достижении предельного насыщения первый фильтр отключается на регенерацию, а обрабатываемая вода подается на следующий фильтр. После регенерации первый фильтр включается в схему очистки последним. В настоящее время используются цилиндрические одноярусные адсорберы, в которые загружается активированный уголь с высотой слоя 2,5–2,7 м, крупность зерен сорбента составляет 0,25–1,9 мм.

Очистка сточных вод флотацией

Флотационные установки используют для удаления из сточных вод масел, нефтепродуктов, жиров, смол, гидроксидов, ПАВ и других органических веществ, твердых частиц с гидравлической крупностью менее 0,01 мм/с, полимеров, волокнистых материалов, а также для разделения иловых смесей.

Флотационные установки также применяют:

- для удаления загрязняющих веществ из сточных вод перед биологической очисткой;
- для отделения активного ила во вторичных отстойниках;
- для глубокой очистки биологически очищенных сточных вод;
- при физико-химической очистке с применением коагулянтов и флокулянтов;
- в схемах повторного использования очищенных вод.

Процесс очистки сточных вод методом флотации заключается в образовании комплексов «частицы-пузырьки», всплывании этих комплексов и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой жидкости. Прилипание частицы, находящейся в ней, к поверхности газового пузырька возможно только тогда, когда наблюдается несмачивание или плохое смачивание частицы жидкостью.

Для интенсификации образования агрегатов пузырьков – частица в воду добавляют различные реагенты: собиратели, пенообразователи, регуляторы, которые увеличивают гидрофобизацию поверхности частиц, дисперсность и устойчивость газовых пузырьков.

В практике очистки сточных вод разработаны различные конструктивные схемы, приемы и методы флотации. Существенные отличия способов флотации связаны с насыщением жидкости пузырьками воздуха определенной крупности.

По этому принципу можно выделить следующие способы флотационной обработки производственных сточных вод:

- флотация с выделением воздуха из раствора (вакуумные, напорные и эрлифтные флотационные установки);
- флотация с механическим диспергированием воздуха (импеллерные, безнапорные и пневматические флотационные установки);
- флотация с подачей воздуха через пористые материалы;
- электрофлотация;
- биологическая и химическая флотация.

Различные способы флотации отличаются конструкцией установок и способом разделения жидкой и всплывающей фаз.

Флотационные установки могут состоять из одного или двух отделений (камер). В однокамерных установках в одном и том же отделении происходят одновременно насыщение жидкости пузырьками воздуха и всплывание флотирующихся загрязнений. В двухкамерных установках, состоящих из приемного и отстойного отделений, в первом отделении происходит образование пузырьков воздуха и агрегатов «пузырек-частица», а во втором –

всплывание шлама (пены) и осветление жидкости.

Напорные, вакуумные, безнапорные, электрофлотационные установки применяют при очистке сточных вод с содержанием взвешенных веществ свыше 100–150 мг/л (с учетом твердой фазы, образующейся при добавлении коагулянтов). При меньшем содержании взвесей для фракционирования в пену ПАВ, нефтепродуктов и др. и для пенной сепарации могут применяться установки импеллерные, пневматические и с диспергированием воздуха через пористые материалы. Для повышения степени задержания взвешенных веществ используют коагулянты и флокулянты.

Флотация с выделением воздуха из раствора применяется при очистке производственных сточных вод, содержащих очень мелкие частицы загрязнений, поскольку позволяет получать самые мелкие пузырьки воздуха. Сущность метода заключается в создании перенасыщенного раствора воздуха в сточной жидкости. Выделяющийся из такого раствора воздух образует микропузырьки, которые и флотируют содержащиеся в сточной воде загрязнения. Количество воздуха, которое должно выделиться из пересыщенного раствора и обеспечить необходимую эффективность флотации, обычно составляет 1–5 % объема обрабатываемой сточной воды.

Преимуществом вакуумной флотации (рис. 44) является то, что образование пузырьков газа, их слипание с частицами загрязнений и всплывание образовавшихся агрегатов «пузырек-частица» происходят в спокойной среде и вероятность их разрушения сводится к минимуму, минимальны также энергозатраты на насыщение жидкости воздухом. В то же время необходимость сооружения герметически закрытых резервуаров, сложность эксплуатации вакуумных флотационных установок, а также ограниченный диапазон их применения (концентрация загрязнений в сточной воде не должна превышать 250 мг/л) являются недостатками метода вакуумной флотации.

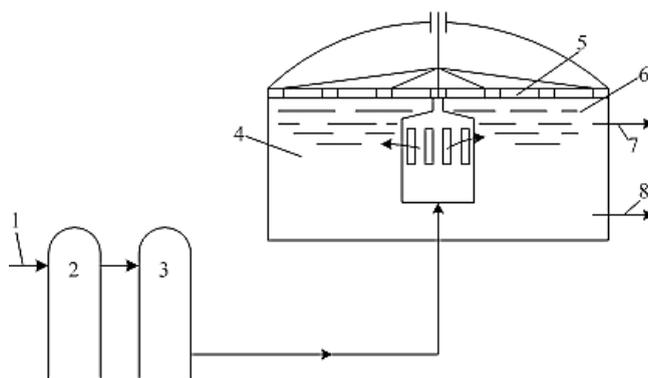


Рис. 44 Схема вакуумной процесса флотации с выделением воздуха из раствора: 1 – подача сточной воды; 2 – аэратор; 3 – деаэратор; 4 – флотационная камера; 5 – механизм сгребания пены; 6 – пеносборник; 7, 8 – отвод соответственно пены и обработанной сточной воды

Сточная жидкость, поступающая на флотацию, предварительно насыщается воздухом в течение 1–2 мин в аэрационной камере, откуда она поступает в деаэратор для удаления нерастворившегося воздуха. Далее под действием разрежения (0,02–0,03 МПа) сточные воды поступают во флотационную камеру, в которой растворившийся при атмосферном давлении воздух выделяется в виде микропузырьков и выносит частицы загрязнений в пенный слой. Продолжительность пребывания сточной воды во флотационной камере 20 мин, а нагрузка на 1 м² площади поверхности около 200 м³/сут. Скапливающаяся пена вращающимися скребками удаляется в пеносборник. Для отвода обработанной сточной воды обеспечивается необходимая разность отметок уровней во флотационной камере и приемном резервуаре или устанавливаются насосы.

Наиболее широко в процессах очистки сточных вод используется напорная флотация, поскольку позволяет регулировать степень пересыщения в соответствии с требуемой эффективностью очистки сточных вод при начальной концентрации загрязнений до 4–5 г/л и более.

Установка для напорной флотации включает: сборные (приемные) емкости для сбора сточной воды, насосы, эжекторы или компрессоры, напорный резервуар (сатуратор) для насыщения воды воздухом, флотационную камеру и оборудование для сбора и удаления пены с загрязнениями. Для повышения эффективности очистки предусматривают предварительную коагуляцию воды. Установку дополняют смесителями, камерами хлопьеобразования и др.

Сточные воды насосом подаются в сатуратор. В сатураторе происходит растворение воздуха в количестве 3–5 % от объема очищаемой воды при давлении 0,3–0,5 МПа. Насыщенная воздухом эта вода из сатуратора подается во флотационную камеру, которая работает при атмосферном давлении, где происходит выделение растворенного воздуха и осуществляется процесс флотации.

Таким образом, образование пузырьков газа происходит вследствие уменьшения растворимости воздуха в воде при снижении давления. При этом выделение газа из воды происходит непосредственно на частице. Всплывающая масса непрерывно удаляется механизмами для сгребания пены в пеносборники. При проектировании флотаторов для обработки сточных вод с расходом до 100 м³/ч принимаются прямоугольные в плане камеры глубиной 1–1,5 м, с расходом более 100 м³/ч – радиальные флотаторы (рис. 45) глубиной не менее 3 м.

Глубина зоны флотации принимается не менее 1,5 м, а продолжительность пребывания воды в ней – не менее 5 мин; глубина зоны отстаивания – не менее 1,5 м, период пребывания воды в ней – 15 мин. Основные размеры типовых флотаторов-отстойников – табл. 4.

Сточные воды, насыщенные воздухом, поступают во флотатор снизу через

вращающийся водораспределитель. Выделяющиеся из воды пузырьки воздуха всплывают вместе с частицами загрязнений. Вращающимся механизмом пена сгребается в лоток и удаляется. Обработанная вода отводится с дна и по вертикальным каналам переливается в отводящий кольцевой лоток. Пропускная способность одного флотатора не должна превышать 1000 м³/ч.

Глубина зон флотации и отстаивания назначается не менее 1,5 м, а продолжительность пребывания воды в них соответственно не менее 5 и 15 мин. Площадь флотационной камеры принимают, исходя из интенсивности аэрации 6–10 м³/(м²·ч). Время флотации 20 мин.

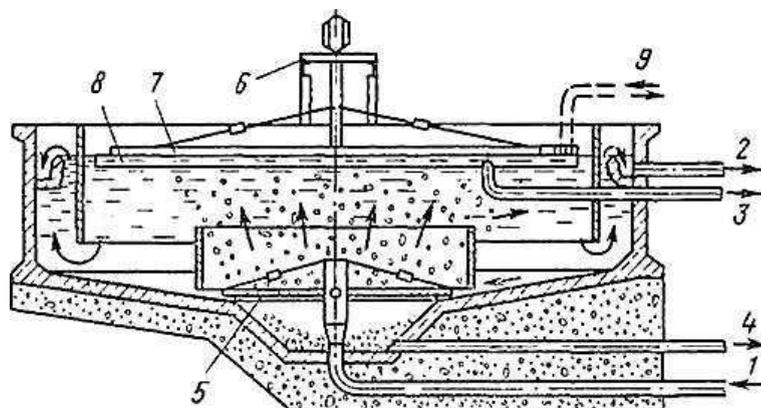


Рис. 45 Радиальный флотатор: 1 – подвод конденсата, насыщенного воздухом; 2 – отвод очищенного конденсата; 3 – отвод масляной пены с водой; 4 – отвод шлама; 5 – распределительное устройство; 6 – приводная станция – редуктор для гребков; 7 – гребки; 8 – приемная труба для масляной пены; 9 – подвод пара для разжижения и отделения масла от воды в приемной трубе

Таблица 5 Основные размеры флотаторов-отстойников при разной производительности

Производительность, м ³ /ч	Флотационная камера		Общие размеры	
	диаметр, м	высота, м	диаметр, м	высота, м
150	3	1,5	6	3
300	4,5	1,5	9	3
600	6	1,5	12	3
900	7,5	1,5	15	3

При эрлифтной флотации затраты энергии в 2–4 раза меньше, чем при напорной, но конструкция установки требует значительного перепада отметок по высоте между питательным резервуаром со сточной водой и аэратором, а также между аэратором и флотационной камерой (разность отметок составляет 20–35 м), что значительно сужает область применения этого метода.

Процесс флотации с механическим диспергированием воздуха (импеллерная флотация) происходит следующим образом. При перемещении струи воздуха в воде в последней создается интенсивное вихревое движение, под воздействием которого воздушная струя распадается на отдельные пузырьки. Энергичное перемешивание сточной воды во флотационных импеллерных установках создает в ней большое число мелких вихревых потоков, что позволяет получить пузырьки определенной величины.

Импеллер - пропеллер или система лопаток, работающие в закрытом по окружности корпусе.

Применение импеллерных установок целесообразно при очистке сточных вод с высокой концентрацией нерастворенных загрязнений (более 2–3 г/л) и содержащих нефть, нефтепродукты, жиры. Импеллерную флотацию широко используют для процессов обогащения сырья и очистки сточных вод от веществ, легко переходящих в пену. Недостатком этого вида флотации является невозможность использования коагулянтов, так как при турбулентном перемешивании воды происходит разрушение хлопьев коагулянта.

На рис. 46 приведена схема двухкамерной прямоточной флотационной установки. Сточная вода из приемного кармана поступает к импеллеру, в который по трубке засасывается воздух. Над импеллером расположен статор в виде диска с отверстиями для внутренней циркуляции воды. Перемешанные в импеллере вода и воздух выбрасываются через статор. Решетки, расположенные вокруг статора, способствуют более мелкому диспергированию воздуха в воде. Отстаивание пузырьков воздуха происходит над решеткой. Пена, содержащая флотируемые частицы, удаляется лопастным пеноснимателем. Из первой камеры вода поступает во вторую такой же

конструкции, где происходит дополнительная очистка сточной воды.

Флотация с подачей воздуха через пористые материалы отличается простотой аппаратного оформления процесса и относительно малыми расходами энергии. Воздух во флотационную камеру подается через мелкопористые фильтросные пластины, трубы, насадки, уложенные на дне камеры. Величина отверстий должна быть 4–20 мкм, давление воздуха 0,1–0,2 МПа, продолжительность флотации 20–30 мин, расход воздуха определяется экспериментально. Рабочий уровень обрабатываемой сточной воды до флотации 1,5–2 м. Недостатком этого метода является возможность зарастания и засорения пор, а также трудность подбора мелкопористых материалов, обеспечивающих выход мелких, близких по размерам пузырьков воздуха.

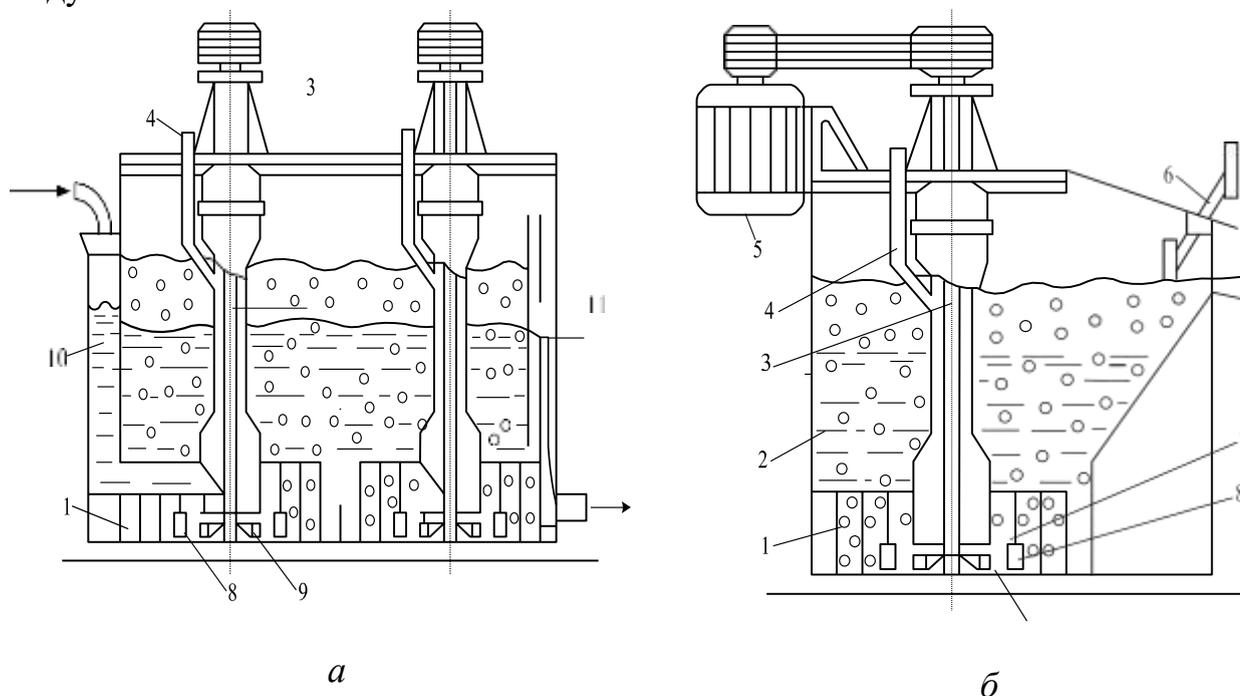


Рис. 46 Двухкамерная прямоточная флотационная установка: *а* – поперечный разрез: 1 – отбойники; 2 – флотационная камера; 3 – вал импеллера; 4 – воздушная трубка; 5 – электродвигатель; 6 – пеносниматель; 7 – отверстия в статоре для внутренней циркуляции воды; 8 – статор; *б* – продольный разрез: 9 – импеллер; 10, 11 – соответственно приемный и выпускной карман

Пневматические флотационные установки применяют при очистке сточных вод, содержащих растворенные примеси, агрессивные к механизмам (насосам, импеллерам и др.), имеющим движущие части. Измельчение пузырьков воздуха достигается путем впуска воздуха во флотационную камеру через сопла, которые располагаются на воздухораспределительных трубках,

укладываемых на дно флотационной камеры на расстоянии 0,25–0,3 м друг от друга. Диаметр отверстий сопел 1–1,2 мм; рабочее давление перед ними 0,3–0,5 МПа; скорость выхода струи из сопел 100–200 м/с. Глубина флотатора принимается 3–4 м.

Биологическая и химическая флотация применяется для уплотнения осадков сточных вод. В процессе флотации сточных вод образуется пена, имеющая различное строение, обычно пленочно-структурное. Такая пена содержит значительное количество воды, особенно в нижних слоях, а устойчивость и подвижность ее изменяются в зависимости от количества и характера флотируемых материалов. Процесс уплотнения всплывшего шлама наиболее интенсивно идет в первые 2 ч, далее он замедляется, а после 4 ч практически прекращается.

Процесс уплотнения и разрушения пенного слоя может быть интенсифицирован с помощью брызгалок или путем нагревания. В большинстве случаев утилизация пенного конденсата экономически нецелесообразна.

4.5 Биологические способы очистки сточных вод. Применяемое оборудование

После механической обработки в воде остается часть взвешенных веществ, растворенные органические вещества и большое количество микроорганизмов. Биологический метод основан на использовании жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, для которых органические вещества сточных вод (в растворенном и коллоидном состоянии) являются источником питания. При наличии свободного кислорода в сточных водах микроорганизмы окисляют (минерализуют) органические вещества.

Основной целью биологической очистки городских сточных вод являются разложение и минерализация органических веществ, находящихся в коллоидном и растворенном состоянии. Эти вещества нельзя удалить из стоков механическим путем. Освобождение сточных вод от органических веществ происходит в две фазы.

Первая – фаза сорбции. В основе ее лежат физико-химические процессы адсорбции органических веществ и коллоидов поверхностью микробной клетки. Вторая фаза – последовательное окисление растворенных и адсорбированных органических веществ, в основе которого лежит усвоение микроорганизмами органических веществ. С гигиенической точки зрения полная минерализация всех органических примесей сточных вод не считается необходимой.

Задача биологической очистки городских сточных вод состоит в минерализации органических веществ до такой степени, при которой сточные

воды можно было бы сбросить в водный объект, не нарушая его санитарного режима.

Распад органических соединений разных классов происходит в определенной последовательности и с различной скоростью. Разложение углеводов до углекислого газа и воды идет чрезвычайно быстро, всего несколько часов. Медленнее окисляются жиры. Наиболее сложно и длительно осуществляется распад белковых веществ, поступающих в сточные воды большей частью в виде мочевины. Мочевина гидролизуется под влиянием бактерий до карбоната аммония. На следующем этапе аммонийные соли окисляются в нитриты, затем нитриты превращаются в нитраты.

Процесс нитрификации связан с потреблением большого количества кислорода, что учитывается при организации биологической очистки. Нитрификация – процесс экзотермический, это значительно облегчает эксплуатацию очистных сооружений в зимнее время. Нитрификацию следует рассматривать не только как минерализацию азотистых органических шлаков, но и как накопление связанного кислорода в воде. При дефиците кислорода в водном объекте связанный кислород нитратов может быть мобилизован в процессе денитрификации.

Условиями жизнедеятельности микроорганизмов являются: температура в пределах 20–30 °С; рН в пределах 6,5–7,5; БПК_п: N:P = 100:5:1; концентрация кислорода не менее 2 мг/л; БПК_{нач} 5000 мг/л; БПК_{кон} 10 мг/л; невысокое содержание токсичных веществ (в противном случае гибнет микрофлора).

Биологическая очистка сточных вод может происходить в естественных и искусственных условиях. Для очистки в естественных условиях используются почвенные методы. Этот способ, известный с древних времен, используется в основном для очистки бытовых и городских сточных вод, а не чисто производственных. Для очистки сточных вод применяют поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды (биопруды).

Для очистки сточных вод в искусственно созданных условиях применяют биофильтры и аэротенки.

Сооружения для биологической очистки сточных вод в искусственно созданных условиях

Биофильтры

Биофильтр – это сооружение, в котором сточная вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой (биопленкой), образованной колониями микроорганизмов. Биофильтры проектируются в виде круглых или прямоугольных в плане резервуаров со сплошными стенками и двойным дном: верхнее дно – колосниковая решетка, нижнее –

сплошное.

Биофильтр состоит из следующих частей (рис. 47):

- фильтрующей загрузки, помещенной в резервуар круглой или прямоугольной формы в плане (тело биофильтра);
- водораспределительного устройства для равномерного орошения сточной водой поверхности загрузки;
- дренажного устройства для удаления профильтрованной жидкости;
- воздухораспределительного устройства для поступления воздуха внутрь биофильтра.

Сточная вода, осветленная в первичных отстойниках, поступает в распределительные устройства, из которых периодически напускается на поверхность биофильтра. Профильтрованная вода попадает в дренажную систему и далее по сплошному днищу биофильтра стекает к отводным лоткам.

В биофильтрах биоразлагаемые органические вещества сточных вод сорбируются и окисляются в аэробных условиях популяцией гетеротрофных факультативных бактерий, образующих биопленку на поверхности загрузочного материала (насадки). Проходя через загрузку биофильтра, загрязненная вода оставляет в ней нерастворенные примеси, не осевшие в первичных отстойниках, а также коллоидные и органические вещества, сорбируемые биопленкой.

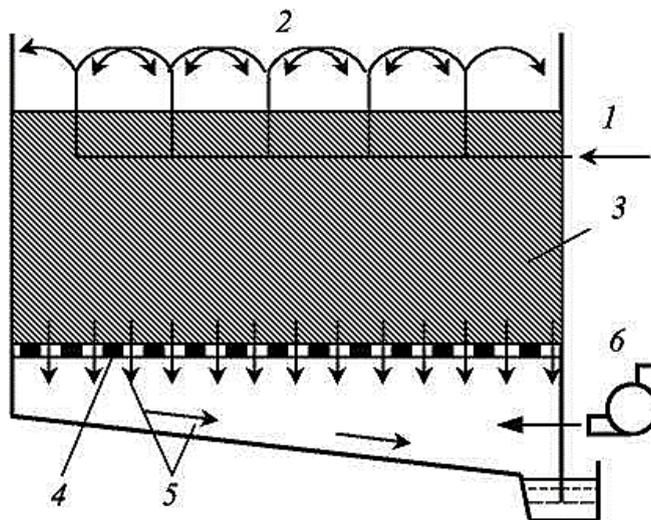


Рис. 47 Разрез биофильтра: 1 – подача сточных вод; 2 – водораспределительное устройство; 3 – фильтрующая загрузка; 4 – дренажное устройство; 5 – очищенная сточная вода; 6 – воздухораспределительное устройство

Для орошения насадки вода с загрязнениями периодически или непрерывно подается в верхнюю часть сооружения через неподвижные разбрызгиватели (спринклеры) или реактивные вращающиеся

водораспределители.

Схема спринклерной водораспределительной сети показана на рис. 48. Активная часть биопленки распространяется на глубину 70–100 мкм. Необходимый кислород может поступать в толщу загрузки естественной и искусственной вентиляцией.

Часть органики микроорганизмы используют на увеличение своей биомассы. В слоях пленки, прилегающих к насадке, создаются анаэробные условия, происходит частичное отмирание клеток. Под воздействием гидравлической нагрузки такие части пленки отрываются от субстрата и выносятся с водой. Отработанная и омертвевшая биопленка смывается сточной водой и выносится из тела биофильтра, после чего отделяется от очищенной воды во вторичных отстойниках.

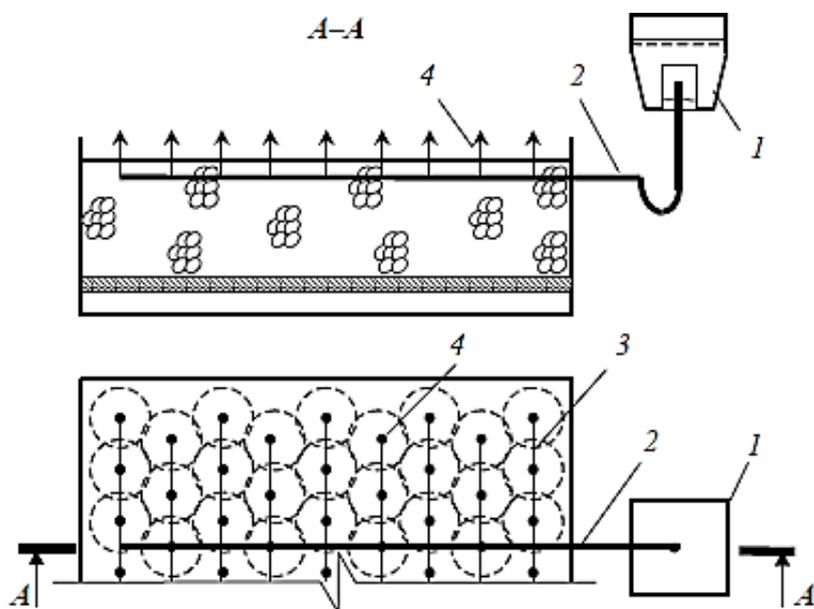


Рис. 48 Схема спринклерной водораспределительной сети: 1 – дозирующий бак; 2 – магистральная труба; 3 – разводящие трубы; 4 – спринклеры

Биофильтры классифицируются по различным признакам:

по степени очистки:

- на полную,
- неполную биологическую очистку;

по способу подачи воздуха:

- с искусственной аэрацией (аэрофильтры),
- с естественной подачей воздуха;

по режиму работы:

-с рециркуляцией сточной воды (то есть с возвратом части очищенной жидкости в биофильтр),
без рециркуляцией сточной воды;

по технологической схеме:

-одноступенчатые,
двухступенчатые;

по пропускной способности:

-капельные,
-высоконагружаемые;

по виду и особенностям загрузочного материала:

-биофильтры с объемной (гравий, шлак, керамзит, щебень и др.),
-плоскостной (пластмассы, ткани, асбестоцемент, керамика, металл и др.)
загрузкой.

Биофильтры с объемной загрузкой различаются по высоте загрузки:

-капельные имеют высоту 1–2 м и пропускную способность 0,9–9 м³/(м²·сут),

-высоконагружаемые – высоту 2–4 м и пропускную способность 9–40 м³/(м²·сут),

-башенные – высоту 8–16 м.

Капельные биофильтры применяются на станциях производительностью не более 1 000 м³/сут, а высоконагружаемые – до 50 000 м³/сут.

В капельных биофильтрах предусматривается естественная аэрация через окна, располагаемые равномерно по всему периметру стен биофильтра в пределах междудонного пространства. Их размещают в зданиях в виде отдельных секций, которые могут быть круглыми или прямоугольными в плане. Рециркуляцию сточной воды на капельных биофильтрах применяют при значении БПК_п сточной воды свыше 220 мг/л. Очищенная сточная вода может иметь БПК_п до 15 мг/л. Недостатками капельных биофильтров являются низкая производительность и частые заиливания поверхности загрузочного материала, которые обычно возникают из-за превышения допустимой нагрузки по загрязнению.

Конструктивными отличиями высоконагружаемых биофильтров (аэрофильтров) являются большая высота слоя загрузки, большая крупность ее фракций и особая конструкция днища и дренажа, обеспечивающая возможность искусственной продувки материала загрузки воздухом. Их проектируют с искусственной аэрацией. В закрытое междудонное пространство вентилятором подается воздух. Высоконагружаемые биофильтры

применяют для полной и неполной биологической очистки и размещают на открытом воздухе. Загрузка имеет рабочую высоту 2–4 м, крупность материала загрузки составляет от 40 до 70 мм. Допустимое значение БПК_п сточных вод без рециркуляции составляет 300 мг/л. Число биофильтров должно быть от 2 до 8, все рабочие.

Башенные биофильтры имеют высоту 8–16 м и применяются для очистных сооружений с производительностью до 50000 м³/сут при благоприятном рельефе местности и при БПК_п очищенных сточных вод до 20–25 мг/л. Крупность зерен загрузки – 60–80 мм. Используются за рубежом, в отечественной практике распространения не получили.

Биофильтры с плоскостной загрузкой (рис. 49) подразделяются на следующие виды:

- с жесткой засыпной загрузкой (керамические, пластмассовые или металлические насыпные элементы);

- жесткой блочной загрузкой (гофрированные или плоские листы или пространственные элементы);

- с мягкой или рулонной загрузкой, выполненной из металлических или пластмассовых сеток, синтетических тканей, которые крепят на каркасах или укладывают в рулонах;

- погружные биофильтры, состоящие из пакета дисков, насаженных на горизонтальную ось вращения.

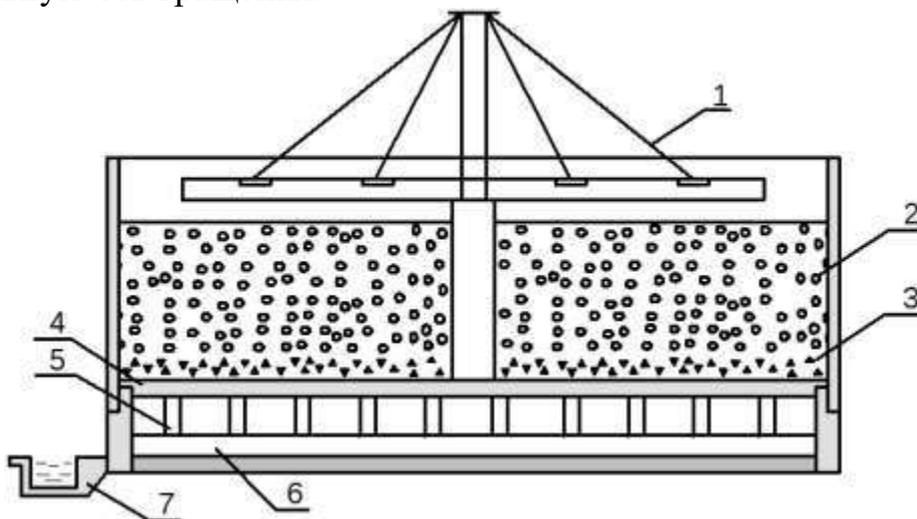


Рис. 49 Схема биофильтра с пластмассовой загрузкой: 1 – ороситель; 2 – трубопровод для подачи воды на очистку; 3 – пластмассовая загрузка; 4 – отвод очищенного стока; 5 – ввод воздуха, 6-поддон, 7 –приямок для сточных вод

Биофильтры с плоскостной загрузкой обладают следующими преимуществами: компактны, имеют малую энергоемкость, надежны в эксплуатации, не подвержены заилению, имеют высокую индустриальность

строительства. В качестве загрузки используются блочные, засыпные и рулонные материалы из пластмасс, металла, асбестоцемента, керамики, стекла, дерева, тканей и др.

Биофильтры с пластмассовой загрузкой имеют пористость 93–96 % и удельную поверхность 90–110 м²/м³. В качестве загрузки принимаются блоки из поливинилхлорида, полистирола, полиэтилена, полипропилена, полиамида, гладких или перфорированных пластмассовых труб диаметром 50–100 мм или засыпные элементы в виде обрезков труб длиной 50–150 мм, диаметром 30–75 мм с перфорированными, гофрированными или гладкими стенками. Биофильтры имеют круглую, прямоугольную и восьмигранную форму в плане. Высота загрузочного слоя 3–8 м, плотность загрузки 10–250 кг/м³, удельная площадь поверхности 60–250 м²/м³. Гидравлическая нагрузка на 1 м³ объема биофильтра в сутки составляет 6–18 м³.

Варианты загрузки биофильтра – рис. 50.

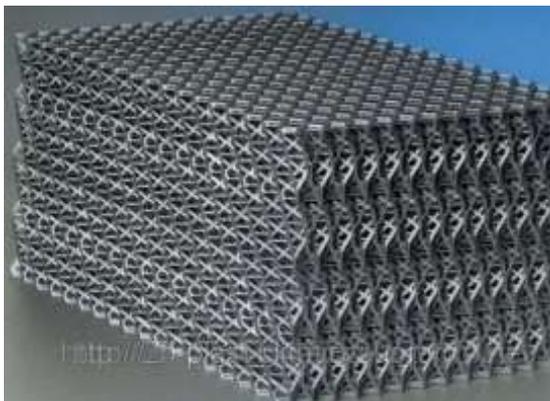
В проекте сооружения необходимо предусмотреть распределительное устройство для равномерного орошения сточными водами всей поверхности биофильтров. Наибольшее распространение получило спринклерное орошение и орошение при помощи подвижных оросителей.



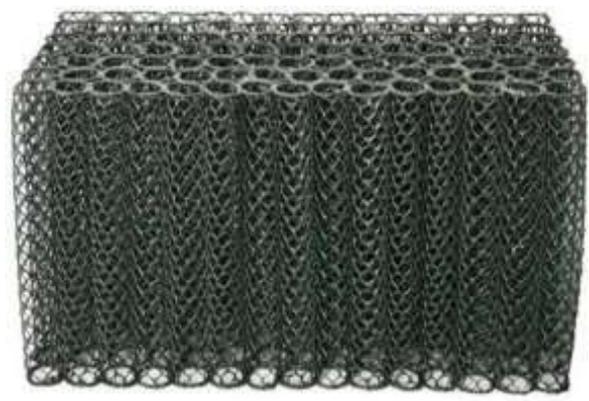
а



б



в



г

Рис. 50 Варианты загрузки биофильтров:
а, б – жесткая засыпная; в, г – жесткая блочная

Аэротенки

Аэротенки применяются для биологической очистки городских и производственных сточных вод. Концентрация взвешенных веществ в воде, подаваемой на аэротенки (после первичных отстойников) должна быть не более 150 мг/л.

Аэротенк – это проточное сооружение со свободно плавающим активным илом. Сооружения выполняют в виде длинных железобетонных прямоугольных резервуаров глубиной 3–6 м, шириной 6–10 м, длиной до 100 м. Аэротенки состоят из нескольких секций (коридоров), разделенных перегородками. В них происходит образование активного ила – совокупности микроорганизмов и твердых частиц. Активный ил включает в себя бактерии, простейшие, грибы, водоросли, способные сорбировать на своей поверхности органические загрязнения и окислять их в присутствии кислорода. Принципиальная схема работы аэротенка показана на рис. 51.

Сточная жидкость после осветления в первичных отстойниках поступает в аэротенк и смешивается с циркулирующим активным илом. Смесь сточных вод и активного ила по всей длине аэротенка продувается воздухом, поступающим из компрессорной станции. Аэробные микроорганизмы сорбируют органические вещества из сточных вод и в присутствии кислорода окисляют их. Из аэротенка смесь сточных вод с активным илом направляется во вторичный отстойник, где активный ил оседает.

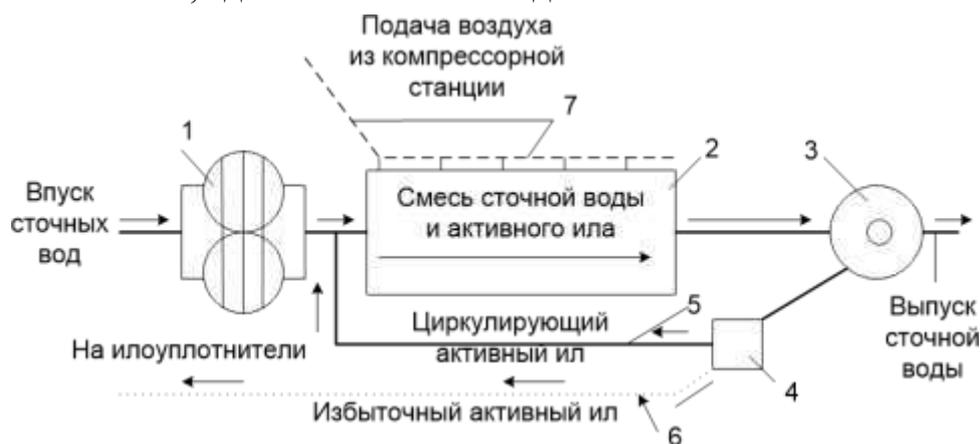


Рис 51 Принципиальная схема работы аэротенка: 1 – первичный отстойник; 2 – аэротенк; 3 – вторичный отстойник; 4 – насосная станция; 5 – циркулирующий активный ил; 6 – избыточный активный ил; 7 – подача воздуха в аэротенк

В результате роста микроорганизмов масса ила в аэротенке непрерывно возрастает. Поэтому насосная станция перекачивает избыточный активный ил из вторичного отстойника в илоуплотнители, а циркулирующий активный ил –

обратно в аэротенк. Вторичные отстойники служат для отделения очищенной воды от активного ила. Их конструкция практически не отличается от конструкции первичных отстойников (они бывают горизонтальные, вертикальные и радиальные).

При биологической очистке сточных вод протекают два процесса: сорбция загрязнений активным илом и их внутриклеточное окисление микроорганизмами. Скорость сорбции значительно превышает скорость биоокисления, поэтому после окончания процесса сорбции и достижения требуемого эффекта очистки по БПК отделившийся в отстойнике ил направляют в регенератор (секцию аэротенка) с целью биоокисления остаточных загрязнений сточных вод. Регенераторы устраивают для обеспечения устойчивой работы аэротенков. В них восстанавливается сорбирующая способность активного ила. Ил в регенераторах постоянно аэрируется. Под регенераторы обычно выделяют часть коридоров аэротенка.

Для обеспечения микроорганизмов кислородом, а также для поддержания ила во взвешенном состоянии применяют непрерывную искусственную аэрацию смеси сточных вод и активного ила. Таким образом, активная биомасса находится в аэротенке во взвешенном состоянии.

Различают следующие технологические схемы очистки сточных вод в аэротенках. В одноступенчатой схеме без регенерации (рис. 52, *а*) активный ил подается сосредоточенно вместе со сточной водой на вход в аэротенк. Получаемая иловая смесь в условиях аэрации протекает к выходу из аэротенка и далее подается на вторичный отстойник, где происходит ее разделение на очищенную воду и активный ил. Активный ил далее разделяется на избыточный и циркуляционный, последний возвращается в аэротенк. Особенностью этой схемы является снижение нагрузки на активный ил по длине аэротенка и снижение потребности активного ила в кислороде по длине. По гидравлическому режиму аэротенк является вытеснителем.

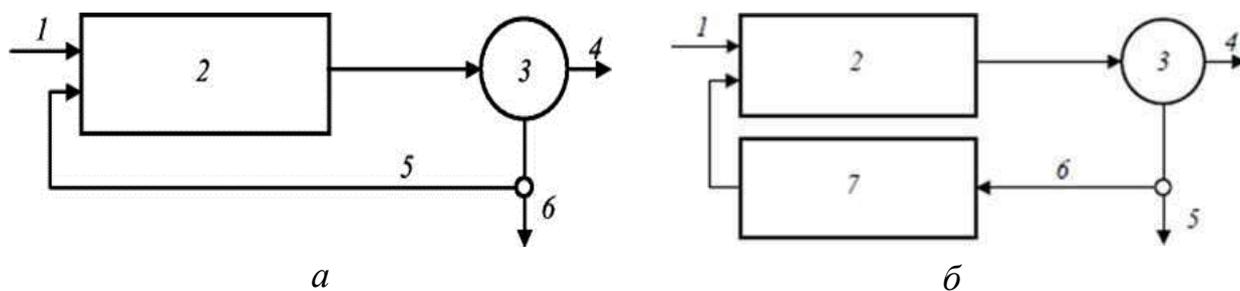


Рис. 52 Технологические схемы очистки сточных вод в аэротенках: *а* – одноступенчатая схема очистки в аэротенках: 1 – сточная вода; 2 – аэротенк; 3 – вторичный отстойник; 4 – очищенная вода; 5 и 6 – циркуляционный и избыточный активный ил; *б* – одноступенчатая схема очистки в аэротенках с регенерацией: 7 – регенератор ила

Одноступенчатая схема с регенерацией активного ила (рис. 52, б). Здесь реализовано раздельное протекание двух этапов биологической очистки: поглощение загрязнений активным илом из сточной воды, которое происходит непосредственно в аэротенке, и окисление этих загрязнений, которое протекает в регенераторе. В регенераторе активный ил аэрируется без сточной жидкости. В аэротенке сточная вода аэрируется примерно 1,5– 2,5 ч, в регенераторе – в несколько раз больше.

Двухступенчатая схема без регенерации (рис. 53) целесообразна при высокой концентрации органических веществ в сточной воде, а также при наличии в ней веществ, скорость окисления которых резко отличается. В аэротенках каждой ступени развивается активный ил, наиболее адаптированный к данным условиям. Разновидностью такой схемы является схемас регенераторами на каждой ступени.

По гидравлической схеме работы аэротенки делятся на три типа (рис. 54):

-аэротенки-вытеснители – сооружения с сосредоточенным впуском воды и активного ила в них и со снижающейся нагрузкой на активный ил вдоль сооружения (схема I). Такой вид аэротенка позволяет обеспечить высокое качество очистки, однако чувствителен к резким колебаниям расхода и состава стоков;

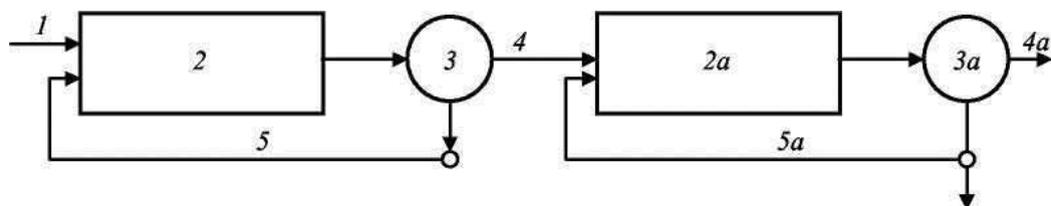


Рис. 53 Двухступенчатая схема очистки в аэротенках без регенерации: 2 и 2a – аэротенки I и II ступени; 3 и 3a – вторичный отстойник I и II ступени; 4 и 4a – очищенная вода после I и II ступени; 5 и 5a – циркуляционный активный ил I и II ступени; 6a – избыточный активный ил II ступени

-аэротенки-смесители с подводом воды и активного ила равномерно вдоль одной из длинных сторон аэротенка (схема II). По всему объему аэротенка наблюдается одинаковая нагрузка на активный ил. Достоинством аэротенка-смесителя является сглаживание залповых нагрузок на активный ил;

-аэротенки с рассредоточенным вдоль сооружения впуском сточной воды (схема III). Этот вид занимает промежуточное положение между двумя предыдущими. Нагрузка на активный ил меняется циклически по длине сооружения.

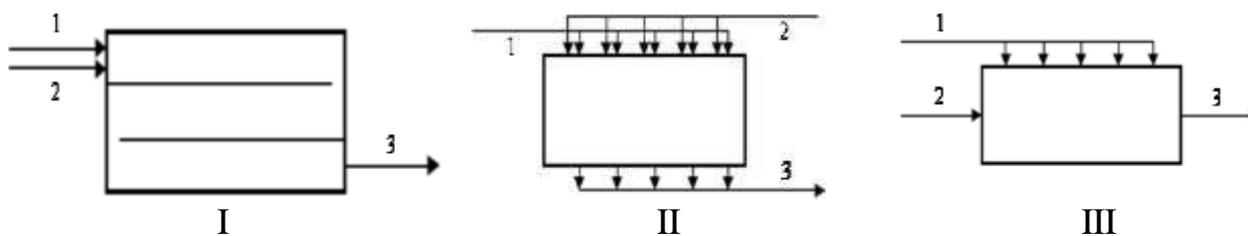


Рис 54 Виды аэротенков: 1 – сточная вода; 2 – активный ил; 3 – иловая смесь

Аэротенки-вытеснители без регенераторов рекомендуется применять для очистки городских и близких к ним по составу производственных сточных вод с БПК_п не более 150 мг/л, при БПК_п до 300 мг/л применяют аэротенки-вытеснители с регенераторами.

Аэротенки-смесители целесообразно применять для очистки производственных сточных вод при относительно небольших колебаниях их состава и присутствии в воде преимущественно органических веществ. При значительных колебаниях состава и расхода производственных стоков необходимо использовать аэротенки-смесители с регенераторами.

Аэротенк с рассредоточенной подачей сточной воды применяют для очистки смесей бытовых и производственных сточных вод.

Важнейшим конструктивным элементом аэротенка является система аэрации. Различают пневматическую, механическую, комбинированную (смешанную) и струйную (эжекторную) систему аэрации.

При пневматической системе аэрация воды осуществляется путем подачи воздуха под поверхность воды.

В зависимости от типа применяемого аэратора различают:

- мелкопузырчатую аэрацию с крупностью пузырьков воздуха 1–4 мм. В этом случае используются керамические, тканевые и пластиковые аэраторы;
- среднепузырчатую аэрацию, крупность пузырьков составляет 5–10 мм. Для этого применяют перфорированные трубы, щелевые аэраторы и др.;
- крупнопузырчатую аэрацию с крупностью пузырьков более 10 мм. Используются открытые снизу трубы и сопла.

В России наиболее распространенным типом мелкопузырчатого аэратора является фильтросная пластина, изготавливаемая из пористого стекловидного материала. Эти пластины заделывают в железобетонные каналы в днище аэротенка вдоль длинной его стороны. Резервуар оборудован воздухопроводами, из которых по стоякам воздух подается в фильтросные каналы, закрытые фильтросами. Через такие пластины происходит мелкопузырчатая аэрация смеси в аэротенке. Фильтросную пластину изготавливают из шамота

(огнеупорная глина, каолин), который связан смесью жидкого стекла с мелкой шамотной пылью. Размер пластин составляет 300×300 мм, толщина пластин – 35–40 мм. Средний размер пор отечественных фильтросов составляет 100 мкм. Конструкция типового четырехкоридорного аэротенка-вытеснителя показана на рис. 55 и 56 (соответственно план и разрез).

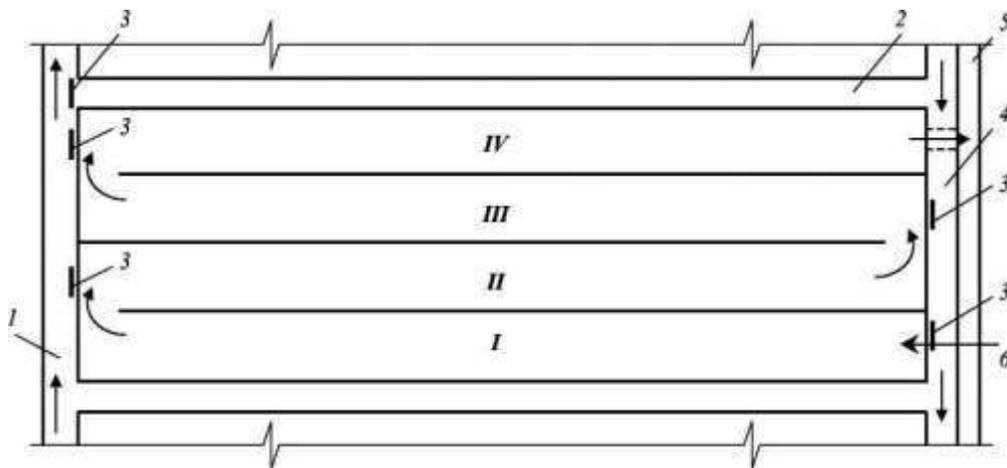


Рис. 55 План типового четырехкоридорного аэротенка: 1 – верхний распределительный канал; 2 – средний канал; 3 – щитовой затвор (шибер); 4 – нижний распределительный канал; 5 – канал сбора очищенной воды; 6 – циркуляционный активный ил; I...IV – коридоры аэротенка

На рис. 56 дополнительно показано устройство фильтросного канала с фильтросными пластинами. При работе без регенерации сточные воды проходят через все четыре коридора, при 25 %-й регенерации активного ила как регенератор работает коридор I, а сточная вода подается из верхнего канала в коридор II. При 50 %-й регенерации под нее отводятся коридоры I и II, при 75 %-й регенерации – коридоры I, II и III.

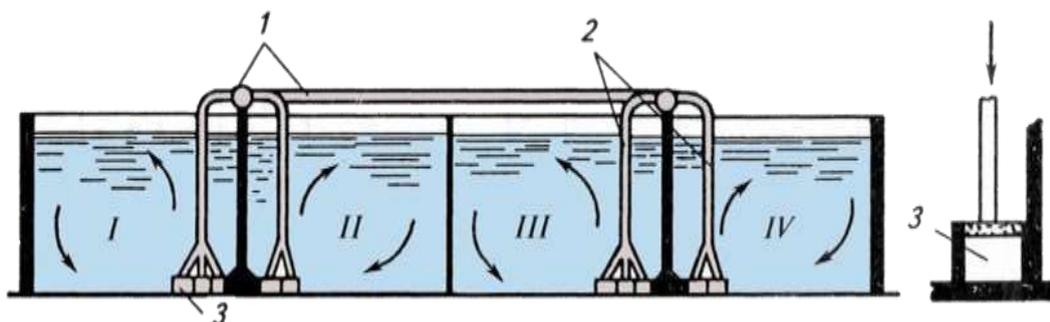


Рис. 56 Разрез типового четырехкоридорного аэротенка: 1 – воздухопроводы; 2 – стояки; 3 – фильтросный канал

Недостатком фильтросных пластин является их засоряемость и зарастаемость биопленкой. Использование пористых труб позволяет избежать

этих затруднений. Кроме того, трубы удобно извлекать из воды для ремонта целыми секциями. Дырчатые трубы, относящиеся к среднепузырчатым аэраторам, укладываются горизонтально у дна аэротенка. Трубы имеют отверстия диаметром 3–4 мм.

Недостаток дырчатых труб – засоряемость ржавчиной. Для крупнопузырчатой аэрации используют трубы диаметром 50 мм с открытыми концами, опущенные вертикально вниз на глубину 0,5 м от дна аэротенка.

В зависимости от давления, создаваемого на выходе, различают аэраторы низкого (до 10 кПа), нормального (10–50 кПа) и высокого (свыше 50 кПа) давления. Различные типы аэраторов показаны на рис. 57.

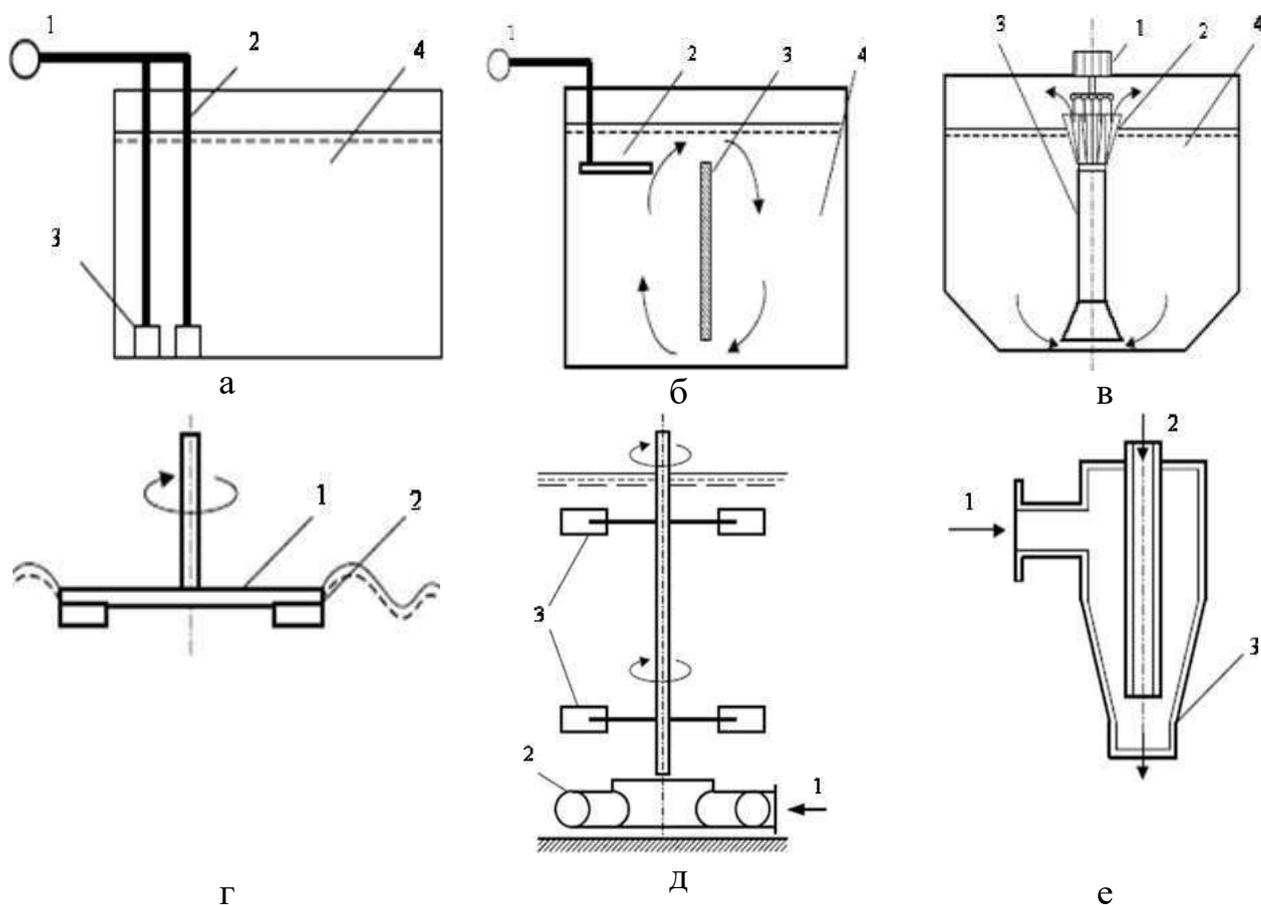


Рис. 57 Типы аэраторов: *a* – аэратор фильтросный: 1 – воздуховод; 2 – стояк; 3 – фильтросный канал; 4 – коридор аэротенка; *б* – аэратор системы ИНКА: 1 – воздуховод; 2 – решетка; 3 – перегородка; 4 – коридор аэротенка; *в* – аэратор «Симплекс»: 1 – электродвигатель; 2 – конус с лопастями; 3 – полая труба; 4 – коридор аэротенка; *г* – дисковый аэратор: 1 – диск; 2 – лопасти; *д* – пневмомеханический аэратор типа ПМ: 1 – подача воздуха; 2 – кольцевой ввоздухораспределитель; 3 – турбины с лопатками; *е* – струйный аэратор: 1 – сточная вода; 2 – подача воздуха; 3 – сжатое сечение

Принцип работы механических аэраторов заключается в вовлечении воздуха непосредственно из атмосферы вращающимися частями аэратора (ротором) и перемешивании его со всем содержимым аэротенка.

Все механические аэраторы классифицируют:

- по принципу действия: импеллерные (кавитационные) и поверхностные;
- плоскости расположения оси вращения ротора: с горизонтальной и вертикальной осью;
- конструкции ротора: конические, дисковые, цилиндрические, колесные, турбинные и винтовые.

Сточные воды с главной канализационной насосной станции поступают в приемную камеру очистных сооружений. Далее стоки проходят через решетки и аэрируемые песколовки. Отбросы с решеток собираются в накопительный бункер, обеззараживаются и автотранспортом вывозятся на полигон для захоронения твердых бытовых отходов. Песок из песколовок при помощи гидроэлеваторов удаляется на песковые площадки для обезвоживания.

После песколовок сточные воды поступают на первичные отстойники, где происходит удаление взвешенных веществ. Сырой осадок из первичных отстойников сгребается илоскребами и подается насосами на иловые площадки.

Затем осветленные стоки проходят биологическую очистку в аэротенках. Вторичные отстойники предназначены для отделения биологически очищенной в аэротенках сточной воды от активного ила. Очищенная вода после обеззараживания жидким хлором сбрасывается в водный объект. Возвратный (циркуляционный) активный ил подается насосами циркуляции в начало коридора-регенератора аэротенка, где происходит его восстановление, насыщение кислородом и доокисление трудноокисляемой органики.

Илоуплотнитель предназначен для уплотнения избыточного активного ила, который образуется в результате постоянного прироста активного ила в аэротенках. Уплотненный ил собирается скребками илоскреба в центральный приямок, откуда насосами, расположенными в насосной станции илоуплотнителей, перекачивается на иловые площадки. Иловые площадки являются сооружениями для обезвоживания осадка сточных вод и уплотненного избыточного активного ила. Осветленная вода с иловых площадок собирается в кольцевой лотке и насосами (автоматически) подается в голову сооружений.

4.6 Термические способы очистки сточных вод. Применяемое оборудование

Сточные воды разных предприятий содержат различные минеральные соли, а также органические вещества, среди которых могут быть и ценные компоненты. Как правило, содержание примесей в них мало, и прямое их извлечение нерационально с экономической точки зрения. Поэтому сточные воды проходят предварительную стадию концентрирования.

Этот метод в основном используют для обезвреживания минеральных сточных вод. Он позволяет выделять из стоков соли с получением условно чистой воды, пригодной для оборотного водоснабжения. Процесс разделения минеральных веществ и воды может быть проведен в две стадии (рис. 58): концентрирования и выделения сухих веществ. Во многих случаях вторая стадия заменяется захоронением концентрированных растворов



Рис. 58 Стадии разделения минеральных веществ и воды

Концентрирование сточных вод может быть проведено в испарительных, вымораживающих и кристаллогидратных установках непрерывного и периодического действия. Классификация установок термического концентрирования показана на схеме (рис. 59).

Наибольшее распространение получил метод выпаривания в специальных (выпарных) установках. Получаемый дистиллят воды пригоден для вторичного использования. Концентрат примесей подвергается захоронению или идет на дальнейшую переработку с выделением ценных компонентов.



Рис. 59 Классификация установок термического концентрирования

При выпаривании расходуется большое количество тепловой энергии, поэтому вопросу рекуперации тепла придается особое значение

Термическое обезвреживание газовых выбросов может быть осуществлено как чисто тепловыми способами, так и термохимическим путем.

К тепловым способам обработки газовых выбросов, основой которых является изменение теплового состояния взаимодействующих сред, относят нагревание, охлаждение и конденсацию газовых сред. Движущей силой этих процессов является разность температур (термических потенциалов) взаимодействующих сред.

Термохимическое обезвреживание, протекающее с изменением физических свойств и химического состава исходных загрязняющих веществ в газах, характеризуются превращением этих веществ в относительно безвредные. К этим процессам можно отнести процессы гомогенного и гетерогенного катализа, а также прямое сжигание органических примесей в газах.

Движущей силой химических процессов является разность химических (термодинамических) потенциалов. Химические превращения в таких процессах получают развитие под влиянием изменения внешних условий (температуры), в которых реализуется процесс.

Для обезвреживания газовых промышленных выбросов используют термохимические методы прямого и каталитического сжигания. Метод прямого сжигания применяют для обезвреживания промышленных газов, содержащих легко окисляющиеся органические примеси, например пары углеводородов. Продуктами сгорания углеводородов являются диоксид углерода и вода, а органических сульфидов - диоксид серы и вода.

Система, содержащая токсичные вещества, может быть обезврежена посредством термообработки, если реакции, происходящие в ней, приведут к образованию менее токсичных компонентов.

Процесс очистки газов в поверхностных конденсаторах

Конденсационную обработку отбросных газов обычно включают в технологический цикл, если процесс сопровождается ощутимыми потерями промежуточных или конечных продуктов. Часто посредством конденсации улавливают и возвращают в технологический процесс пары растворителей, удаляемых с поверхности изделий после нанесения функциональных, защитных и окрашивающих слоев.

Иногда конденсацию применяют для извлечения из газового потока ценных (дорогостоящих) или особо опасных веществ. При экономически и

технически приемлемых параметрах рабочей среды можно перевести в конденсированное состояние пары легкокипящих соединений (обычно используемых в качестве растворителей) с концентрациями не ниже 5...10 г/м³. Конденсация более разбавленных загрязнителей представляет технически сложную задачу и требует значительных затрат.

Степень улавливания (глубина извлечения) загрязнителя зависит от степени охлаждения и сжатия газовых выбросов. В производственных условиях температуру и давление принимают такими, чтобы энергозатраты на конденсацию составляли незначительную долю общих затрат на технологию. Поэтому степень извлечения даже дорогостоящих продуктов назначают невысокой, как правило, в пределах 70...80 %. По этой же причине использовать конденсацию в качестве самостоятельного средства санитарной очистки (т.е. с глубиной извлечения до санитарных норм) неприемлемо.

В то же время конденсационная обработка может успешно применяться в многоступенчатых схемах очистки выбросов.

Существуют три направления в области газоочистки, где конденсация не только полезна, но и необходима:

- предварительное осаждение основной массы паров загрязнителей перед адсорберами при высокой степени загрязнения выбросов;

- парциальное извлечение паров, содержащих соединения фосфора, мышьяка, тяжелых металлов, галогенов перед термообезвреживанием смеси загрязнителей;

- конденсация загрязнителей после химической обработки с целью перевода в легкоконденсируемые соединения, например, после хемосорбционных аппаратов.

Конденсация может быть применена для обработки систем, содержащих пары веществ при температурах, достаточно близких к их точке росы. Этот метод наиболее эффективен в случае углеводородов и других органических соединений, имеющих достаточно высокие температуры кипения, при обычных условиях и присутствующих в газовой фазе в относительно высоких концентрациях. Для удаления загрязнителей, имеющих достаточно низкое давление пара при обычных температурах, можно использовать конденсаторы с водяным и воздушным охлаждением. Для более летучих растворителей возможна двухстадийная конденсация с использованием водяного охлаждения на первой стадии и низкотемпературного - на второй. Максимальное снижение содержания инертных или неконденсирующихся газов в обрабатываемой смеси позволяет облегчить проведение процесса концентрации и повысить ее экономическую эффективность, поскольку дает возможность исключить необходимость охлаждения до очень низких температур, соответствующих точке росы.

Если газ необходимо охладить до температуры, лежащей на 40...50 К ниже точки росы, чтобы достичь требуемого удаления загрязняющих веществ, то в процессе конденсации в массе газового потока может начаться образование тумана. Размеры частиц этого тумана составляют обычно 1,0 мкм или еще меньше, что затрудняет улавливание.

Туман образуется тогда, когда скорость теплопередачи значительно превышает скорость массопереноса и основная часть газа охлаждается до температуры, лежащей значительно ниже точки росы конденсируемого пара. В паре затем возникают центры конденсации и начинается процесс конденсации капель в основной массе газового потока еще до того, как пар достигнет холодной поверхности. В конденсаторах с непосредственным контактом туман образуется редко, поскольку масса газа находится очень близко к холодным теплопроводящим поверхностям (капли или пленки жидкости).

Образование тумана в поверхностных конденсаторах можно предсказать путем расчета скоростей тепло- и массопередачи в процессе прохождения газа через конденсатор. Если масса газового потока при данной температуре становится пересыщенной, то образование тумана вероятно. Для предотвращения тумана следует использовать конденсацию с непосредственным контактом.

Другой метод состоит в том, чтобы заранее вызвать образование тумана и удалить его с помощью соответствующего устройства (электрофильтр, скруббер Вентури, соответствующие фильтры).

Конденсация может быть применена для предварительной обработки газов, при которой выделяются ценные растворители и уменьшается количество загрязнителей перед последующей стадией обработки. Парциальная конденсация может найти применение в тех случаях, когда обрабатываемый газ не выбрасывается, а снова возвращается в процесс или используется в процессе дожигания. Предварительная обработка конденсацией целесообразна в тех случаях, когда перед основной обработкой газовой поток необходимо охладить, например, при осуществлении адсорбции.

Различают два вида конденсации:

-поверхностную (или просто конденсацию), при которой конденсирующиеся пары и охлаждающий агент разделены стенкой и конденсация паров происходит на внутренней или внешней поверхности холодной стенки;

-конденсацию смешением, при которой конденсирующиеся пары непосредственно соприкасаются с охлаждающим агентом.

Если конденсации подвергаются пары нерастворимых в охлаждающем агенте (воде) жидкостей или пар, являющийся неиспользуемым отходом того или иного процесса, охлаждение и конденсацию этих паров можно проводить

путем непосредственного смешения с охлаждающим агентом (водой).

Эффективность работы конденсаторов смешения находится в прямой зависимости от поверхности соприкосновения охлаждающего агента и пара, поэтому поверхность соприкосновения увеличивают, распыливая охлаждающий агент при помощи различных устройств.

Типы и конструкции конденсаторов.

По способу взаимодействия охлаждающей и охлаждаемой среды конденсаторы разделяют на:

- контактные,
- поверхностные.

В контактных конденсаторах охлаждаемые газы и хладоноситель смешиваются, а в поверхностных разделены твердой стенкой.

Контактные аппараты по конструкции и методам расчета аналогичны абсорбционным устройствам.

Конденсация смешением осуществляется в аппаратах – конденсаторах смешения.

В зависимости от способа из аппаратов потоков различают:

- мокрые,
- сухие конденсаторы смешения.

В мокрых конденсаторах охлаждающий агент, конденсат и неконденсирующиеся газы (воздух) отводят из нижней части аппарата совместно при помощи мокровоздушного насоса, в сухих охлаждающий агент с конденсатом отводятся из нижней части аппарата, а воздух отсасывается вакуум-насосом из верхней части.

Кроме того, различают прямоточные конденсаторы смешения, в которых охлаждающий агент и пар движутся в одном направлении (сверху вниз), и противоточные, в которых пар и охлаждающий агент движутся в противоположных направлениях (агент сверху вниз, а пар снизу вверх).

Поверхностные конденсаторы по конструкции сходны с другими типами поверхностных теплообменников - подогревателями, холодильниками, испарителями (рис. 60).

Кожухотрубчатые конденсаторы со многими трубами могут компоноваться вертикально или горизонтально. Конденсируемые газы обычно направляют в их межтрубное, а хладоноситель - в трубное пространство.

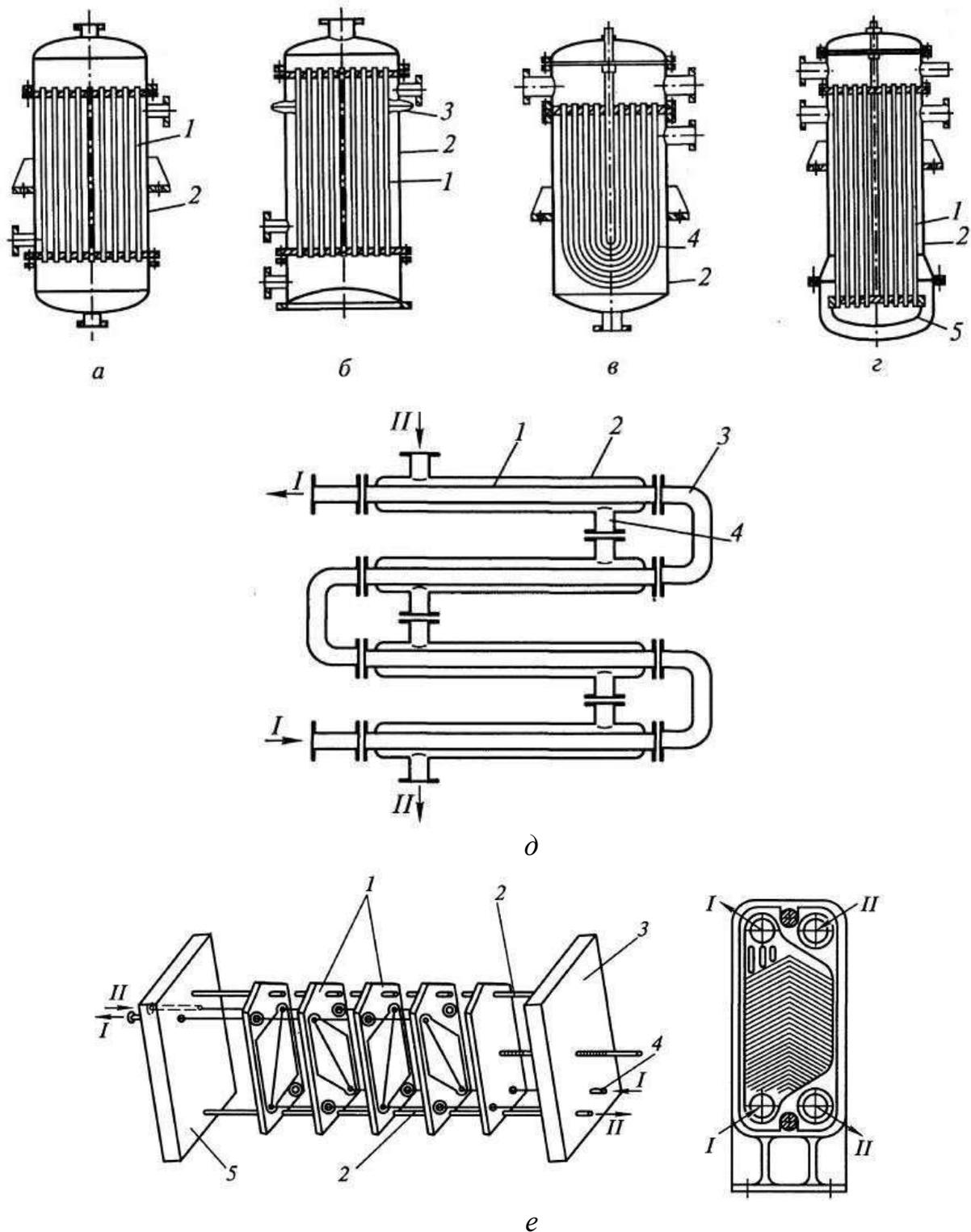


Рис.60 Конструкции теплообменников-конденсаторов: *a* - с жестким креплением труб в трубных решетках; *б* - с линзовым компенсатором на корпусе; *в* - с U-образными трубами; *г* - с нижней плавающей головкой; *д* - теплообменник типа «труба в трубе»: 1, 2 - трубы; 3- «калач»; 4 - патрубок; I, II - теплоносители; *е* - пластинчатый теплообменник: 1 - пластины; 2 - балка; 3, 5 - подвижная и неподвижная плиты; 4 - патрубок; I, II - теплоносители

Многотрубные конденсаторы более сложны по конструкции и имеют две разновидности:

- тип Н с неподвижной решеткой (рис. 60, а) предназначен для условий, не требующих компенсации температурных напряжений;
- тип К (рис. 60, б) имеет линзовый компенсатор на кожухе.

Еще более совершенны, но достаточно сложны конструктивно конденсаторы с плавающей головкой (рис. 60, в). Теплообменники с U- и W-образными трубками (рис. 60, в) имеют хорошие компенсационные показатели и проще по конструкции, но в качестве конденсаторов их не применяют.

Для аппаратов типа Н в зависимости от материала, диаметра и давления допускается максимальная разность температур охлаждающей и охлаждаемой сред 20...60 °С. При большей разности температур применяют аппараты типа К или с плавающей головкой. Максимальное давление для конденсаторов типа К составляет 1,6 МПа, а для конденсаторов с плавающей головкой до 1 МПа в трубном и 12,5 МПа в межтрубном пространстве. Все элементы кожухотрубчатых конденсаторов (трубы, перегородки, кожух и др.) могут изготавливаться из углеродистых или легированных сталей. Наиболее простыми являются конденсаторы типа "труба в трубе" (рис. 60, д), которые изготавливаются по нормам или индивидуальным проектам.

Пластинчатые конденсаторы более просты в изготовлении, имеют меньшие сопротивления и менее металлоемки. Пакетные пластинчатые теплообменники изготавливают из тонких металлических листов в виде многослойных разборных, полуразборных или неразборных пакетов. В разборных конструкциях (рис. 60, е) пластины 1 собираются между подвижной 3 и неподвижной 5 плитами на стяжных устройствах с герметизацией посредством больших и малых прокладок из термостойкой резины. В полуразборных или неразборных конструкциях пластины частично или полностью соединяются на сварке. Разборные конструкции используются при рабочих давлениях до 1 МПа в пределах температур - 20...180 °С, сварные - при давлениях до 4 МПа.

Очистка газовых выбросов в каталитических реакторах

Термоокисление газообразных загрязнителей может происходить в газовой фазе (в объеме) или на границе раздела фаз (на поверхности). Газофазный процесс осуществляют непосредственной огневой обработкой (сжиганием в пламени) газовых выбросов при температурах, превышающих температуру

воспламенения горючих компонентов выбросов.

Для организации процесса окисления на границе раздела фаз используют катализаторы.

Катализаторы – это вещества, которые ускоряют химические реакции, активно участвуют в них, но сами в итоге не расходуются.

Реакции, идущие под действием катализаторов, называют каталитическими.

Ингибиторы – это вещества, которые замедляют скорость химической реакции.

Явление ускорения химической реакции называется катализом, а замедления – ингибированием.

В рассматриваемом процессе катализаторы - конденсированные вещества, способные за счет активности поверхностных частиц ускорять процесс окисления того или иного загрязнителя при температурах ниже температуры воспламенения. Каталитические методы очистки газов основаны на гетерогенном катализе и служат для превращения примесей в безвредные или легко удаляемые из газа соединения.

Особенность процессов каталитической очистки газов заключается в том, что они протекают при малых концентрациях удаляемых примесей. Основным достоинством метода является то, что он дает высокую степень очистки, а недостатком - образование новых веществ, которые надо удалять из газа адсорбцией или абсорбцией. Посредством термокаталитического окисления возможно обезвреживание водорода H_2 оксида углерода CO , углеводородов C_mH_n и кислородных производных углеводородов $C_mH_nO_p$ только в газообразном состоянии.

Термокатализ неприемлем для обработки газов (паров) высокомолекулярных и высококипящих соединений, которые, плохо испаряясь с катализатора, коксуются, т.е. заполняют активную поверхность сажевыми продуктами неполного окисления.

Температурный уровень процесса термокаталитического окисления составляет диапазон $350...500$ °С, что требует соответствующих затрат топлива.

Процессы гетерогенного катализа протекают на поверхности твердых тел - катализаторов. Катализаторы должны обладать определенными свойствами: активностью, пористой структурой, стойкостью к ядам, механической прочностью, селективностью, термостойкостью, низким гидравлическим сопротивлением, иметь небольшую стоимость.

В качестве катализаторов обычно используют металлы или оксиды

металлов. Наилучшие катализаторы разрабатываются на основе благородных металлов, а среди других наиболее активны катализаторы из окислов кобальта, хрома, железа, марганца, никеля и др. Однако они имеют меньшую активность, чем катализаторы из благородных металлов, а также низкую химическую и термическую стойкость.

Обычно активирующие компоненты наносятся на нейтральные термостойкие носители (фарфор или шамот в виде таблеток, шариков, гранул; сетки из нихромовой проволоки). Катализаторы подбирают индивидуально для каждого конкретного случая, учитывая их стоимость, физико-химические свойства и концентрации загрязнителей, объемы выбросов, присутствие катализаторных ядов, другие условия. Универсальных катализаторов не существует.

Каталитическое окисление используют для удаления диоксида серы из дымовых газов, а каталитическое восстановление для обезвреживания газов от оксидов азота. Окисление проводят на ванадиевом катализаторе при 450...480°C. После окисления газы направляют на абсорбцию.

Каталитическое восстановление оксидов азота производят до элементного азота в присутствии газавосстановителя. В качестве восстановителей используют метан, коксовый и природный газ, оксид углерода, водород, аммиак. Катализаторами служат платиновые металлы, палладий, рутений, платина, родий либо сплавы, содержащие никель, хром, медь, цинк, ванадий, церий и др. Степень очистки достигает 96 %.

Использование каждого катализатора имеет определенные температурные ограничения. Превышение температуры приводит к его разрушению. Перегрев катализатора чаще всего происходит из-за нестабильности содержания окисляемых компонентов отбросных газов, концентрации которых за технологический цикл обычно несколько раз изменяются от нуля до максимума, достигающего иногда нескольких десятков грамм на кубометр выбросов.

Для предохранения от перегрева приходится оборудовать установки обезвреживания автоматикой регулирования подачи энергоносителя (обычно газового топлива) в зависимости от концентрации загрязнителя. Система автоматики основывается на особенностях конкретных технологических процессов и разрабатывается индивидуально.

Конструктивно установки термокатализа обычно состоят из топki с газогорелочными устройствами и реактора, в котором размещаются каталитические насадки (рис. 61 и рис. 62).

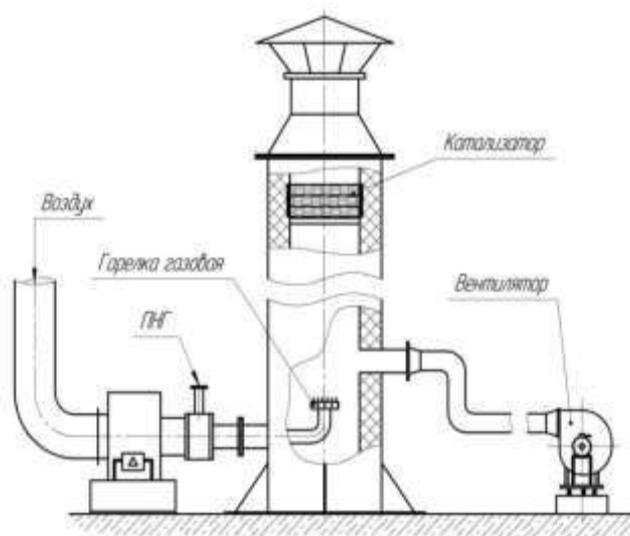


Рис. 61 Установка каталитического обезвреживания газов: 1 – катализатор; 2 – контактный аппарат; 3 – топка

Проектирование установки термокаталитического обезвреживания сводится к подбору конструкций и размеров топочных и горелочных устройств, типа катализатора и способа его размещения в реакторе. Выполняют также гидравлические расчеты воздухопроводов, газопроводов, дымоходов, подбирают вентиляторы и дымососы.

Количество топливного газа определяют по температуре процесса термокаталитического обезвреживания, которую находят опытным путем или по действующим аналогам. Размеры реактора зависят от количества обрабатываемых выбросов и объема катализаторной массы.

Последний параметр может быть определен лишь экспериментально или по сведениям о действующих аналогах, реально обеспечивающих требуемую степень очистки. Сведения подобного рода можно считать надежными, если они получены специалистом при непосредственном ознакомлении с действующей установкой.

Подачу обрабатываемых газов обычно задают в виде расхода, $\text{м}^3/\text{ч}$, приходящегося на 1 м^3 катализаторной массы. Такую характеристику называют скоростью обработки и используют для сравнения пропускной способности реакторов. С увеличением скорости обработки уменьшается степень конверсии исходных загрязнителей. Их превращения не дойдут до конечной стадии с безвредными продуктами - CO_2 и H_2O , а остановятся на какой-либо из промежуточных ступеней окисления с образованием соединений, возможно более опасных, чем исходные.

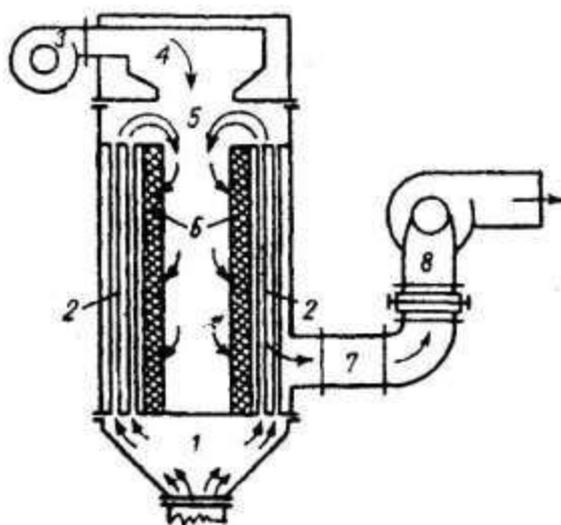


Рис. 62 Схема установки каталитического сжигания газовых отходов производства лаков: 1 – распределитель; 2 – теплообменник; 3 – вентилятор; 4 – камера сгорания; 5 – камера смешения; 6 – катализатор; 7 – газоход; 8 – регулировочный шибер

Установки термообезвреживания газовых выбросов

Газофазный процесс термоокисления осуществляют непосредственной огневой обработкой (сжиганием в пламени) газовых выбросов при температурах, превышающих температуру воспламенения горючих компонентов выбросов.

Огневой обработкой, как и термокаталитическим окислением, принципиально возможно обезвредить лишь вещества, молекулы которых не содержат каких-либо других элементов, кроме водорода H_2 углерода C и кислорода O . Посредством сжигания возможно обезвреживание перечисленных веществ в газообразном, жидком и твердом состояниях.

Загрязнители, содержащие какие-либо элементы, кроме H , C и O - серу S , фосфор P , галогены, металлы и др., нельзя подавать на термоокислительную обработку, так как продукты сгорания будут содержать высокотоксичные соединения. В реальных условиях и при сжигании чисто органических соединений не удастся обеспечить абсолютно полное окисление исходных компонентов до практически безвредных углекислого газа CO_2 и паров воды H_2O . В дымовых газах всегда присутствуют оксид углерода CO и другие продукты химического недожога (неполного окисления). Кроме того, при повышенных температурах заметно ускоряется реакция окисления азота, который поступает в зону горения с топливом и воздухом. Некоторые оксиды азота оказывают вредное воздействие на организм человека и окружающую среду.

Возможности термоокислительного метода обезвреживания ограничиваются также количеством отбросных газов и содержанием в них горючих компонентов. Если концентрация горючих компонентов выбросов не достигает нижнего предела воспламенения ("бедные" горючим выбросы), то их огневая обработка требует дополнительного расхода топлива на прогрев выбросов до температуры самовоспламенения, которая для паров углеводородов и кислородных производных углеводородов составляет около 500...750 °С.

При выборе способов обезвреживания ориентировочное количество отбросных газов, "бедных" горючим, которое может быть подвергнуто термоокислительной обработке с приемлемым расходом топлива, можно принимать не выше 1,5...2 м³/с.

Для крупных источников выбросов с невысоким содержанием загрязнителей более оптимальным решением является комбинированная двухступенчатая очистка с предварительным концентрированием горючих компонентов до нижнего предела воспламенения. Последующая огневая обработка подобных выбросов становится экономически приемлемой. Влияние горючих компонентов на параметры горения становится заметным при концентрациях более 50...100 мг/м³.

Газы сжигают на установках с открытым факелом или в печах различных конструкций. Прямое сжигание осуществляют при 700...800 °С с использованием газообразного или жидкого топлива. Для сжигания необходим избыток кислорода на 10...15 % больше стехиометрического количества. Если теплоты сгорания углеводородов достаточно, чтобы теплота реакции превышала 1,9 МДж/м³, газы также сжигают в факеле. Чтобы пламя факела было не коптящим, добавляют воду в виде пара. В этом случае происходит реакция водяного пара с углеводородами, сопровождаемая образованием водорода и оксида углерода. Количество пара в зависимости от концентрации углеводородов колеблется от 0,05 до 0,33 кг/кг.

Если концентрация горючих газов мала и выделяющегося тепла недостаточно для реакции сгорания, то газы предварительно подогревают. Для поджигания основной горелки во всех установках предусмотрена дежурная горелка, работающая на природном газе.

Можно выделить несколько видов факельных установок. Они бывают общезаводскими, где сжигаются близкие по своему составу газовые выбросы с самых разных производств – например, это могут быть углеводороды.

Также факельные установки могут быть специальными, которые находятся в составе отдельных технологических производств или установок.

Также бывают разные конструкции у факельных установок - это установки, рис. 63:

-открытого,

-закрытого типа.

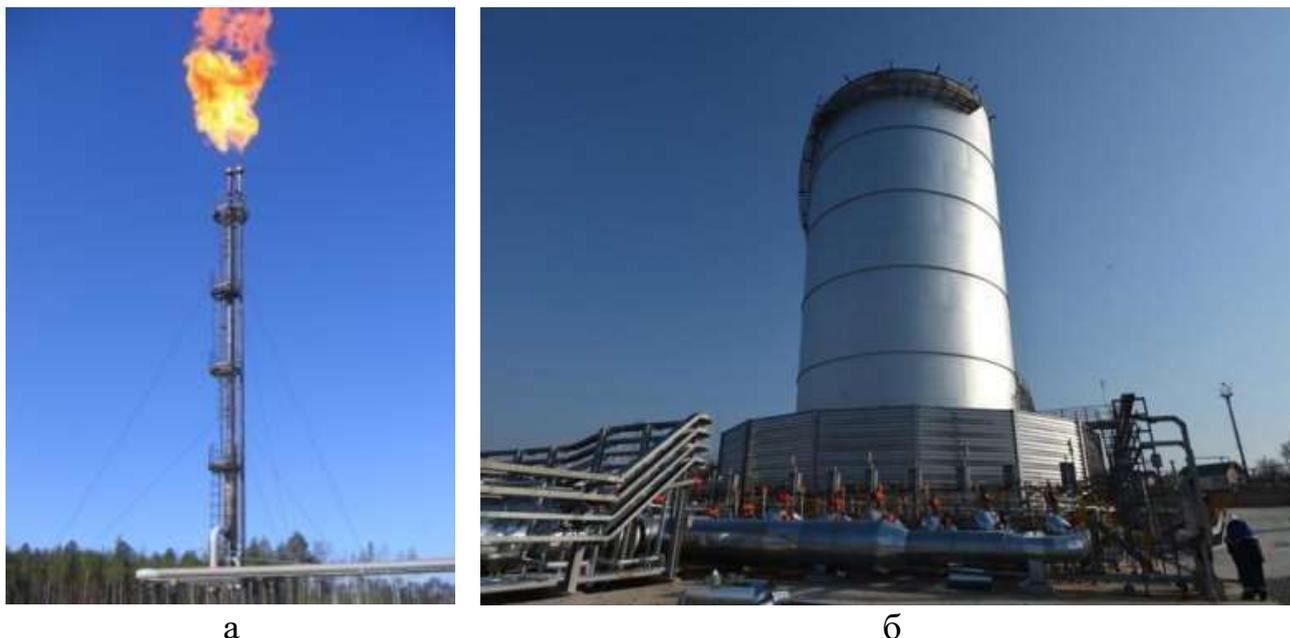


Рис. 63 Факельные установки

Открытая факельная система – это прямолинейный проход газа через ствол, который размещен вертикально и его высота не больше четырех метров.

Закрытые системы, которые часто называют наземными факелами, факелами термического окисления, хорошо подходят для густонаселенных районов.

Они изготавливаются в мобильном виде, горизонтальными, очень редко высотными, на треногах. Именно поэтому их называют наземной факельной установкой.

Факельные установки закрытого типа используются для утилизации без дыма аварийных, постоянных, периодических сбросов. Так как нефтеперерабатывающие заводы часто располагаются вблизи с населенными пунктами, то, как правило, используются закрытые факельные системы.

Это связано с их преимуществами:

- нет дыма, видимого пламени, пара и запаха;
- низкий уровень шума;
- контролируемые и небольшие выбросы;
- нет теплового шлейфа;
- простая система управления, легкий доступ;
- простота обслуживания;
- нет теплового излучения;
- надежное, а главное безопасное уничтожение любых отходов.

Особые меры безопасности требуется принимать при сжигании углеводородов в наземных факельных установках.

В этом случае факельную горелку устанавливают в чашу высотой около 2 м и постоянно контролируют состав, содержащегося в ней газа, чтобы предотвратить вытекание углеводородов в окружающую среду.

Для исключения опасности воспламенения газов и паров, выделяющихся из предохранительных клапанов и технологических установок, а также вредного воздействия на персонал теплового излучения пламени, вокруг факельных установок предусматривают свободную зону. Обычно для наземных факельных установок требуется зона радиусом не менее 50 м, а для высотных – радиусом 30-40 м.

Закрытая установка может иметь два варианта утилизации тепла – или предварительный нагрев потока отходов для последующего сжигания, или котел для образования водяного пара.

Факельная установка состоит из следующих элементов:

- ствол;
- оголовок;
- система автоматизации;
- лестницы;
- площадки обслуживания;
- газовый расширитель;
- емкость с насосом для откачки, с комплектом арматуры и средств автоматизации.

По месту расположения факельной горелки факельные установки разделяют на:

- высотные,
- наземные.

А также:

- вертикальные и горизонтальные, рис. 64

В высотных факельных установках факельная горелка расположена в верхней части факельной трубы; продукты сгорания поступают сразу в атмосферу.

В наземных установках горелка расположена на небольшом расстоянии от земли, а продукты сгорания отводятся в атмосферу через дымовую трубу.

Высотные факельные установки можно разделить на:

- средние (4-25 м),
- высокие (более 25 м).



а

б

Рис. 64 Факельные установки по расположению

В некоторых факельных установках высота факельной составляет 80-120 м.

На объектах нефтяной и газовой промышленности применяют факельные установки:

- низкого давления – для обслуживания цехов и установок, работающих под давлением до 0,2 МПа;
- высокого давления – для обслуживания цехов и установок, работающих под давлением выше 0,2 МПа.

Факельные газы из систем низкого и высокого давления могут (по возможности) собираться в газгольдер для дальнейшего целевого использования (на химическом предприятии).

Газгольдер — резервуар для хранения газообразных веществ, таких, например, как природный газ, биогаз, сжиженный нефтяной газ, воздух и т. д.

Существуют газгольдеры переменного и постоянного объёма, а также стационарные и мобильные.

К факельным установкам предъявляются следующие требования:

- полнота сжигания, исключая образование альдегидов, кислот, дыма, сажи и других вредных промежуточных продуктов;

- устойчивость факела при изменении расхода и состава сбрасываемых газов;
- безопасное воспламенение, бесшумность и отсутствие яркого свечения.

На практике применяют различные системы факельных установок:

- система со сбросом газов в факельную трубу, рис. 65.
- система для газов высокого давления с отбором факельных газов на переработку или для сжигания в котельных установках, рис. 566.

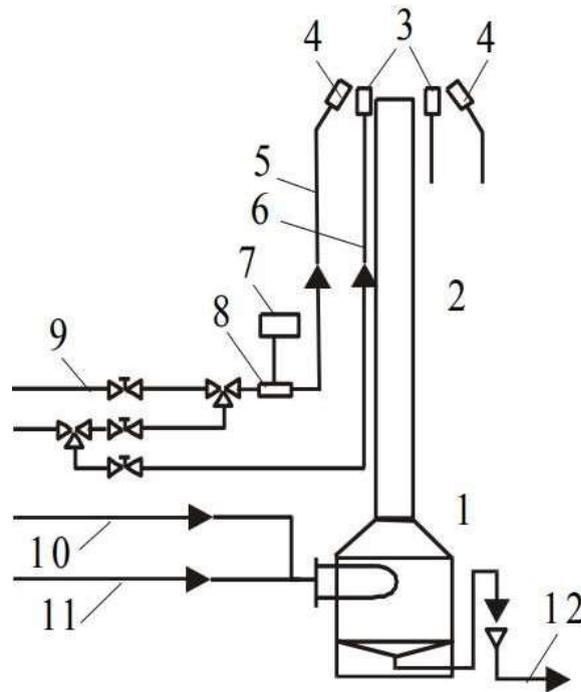


Рис. 65 Система сброса газов в факельную трубу: 1-сепаратор, 2-факельная труба, 3-дежурная горелка, 4- запальная горелка. I - сбросный (факельный) газ, II- азот для продувки, III- топливный газ, IV- воздух, V- конденсат.

Сбрасываемые газы перед попаданием в факельную трубу проходят сепаратор. Конденсат из сепаратора возвращают в производство или утилизируют другим способом или сливают в канализацию.

Факельная труба оснащается дежурными и запальными горелками. Такую систему применяют, когда газы не утилизируются (или не подлежат утилизации) или когда давление на технологических установках не достаточно для подачи сбросного(факельного) газа в газгольдер.

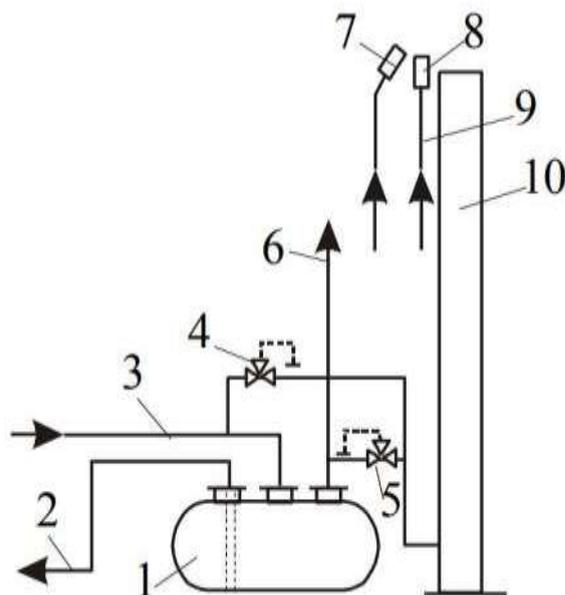


Рис. 66 Система для газов высокого давления с отбором факельных газов на переработку или для сжигания в котельных установках: 1-сепаратор, 10-факельная труба, 8-дежурная горелка, 7- запальная горелка, 4- регулирующий клапан. I-сбросный газ, II- газ потребителю, III-конденсат

В системах второго типа газы поступают в сепаратор, где отделяются от конденсата. Основная масса газа направляется потребителю, а избыток сбрасывается в факельную трубу через регулирующий клапан.

Воздействие теплового облучения от факелов чрезвычайно опасно для людей, животных и всей окружающей среды. В радиусе 50-100 м от факела погибает растительность.

Безопасность эксплуатации факельных установок зависит от правильного выбора режимных параметров: диаметра ствола факела, который должен обеспечить стабильное пламя в условиях переменной по составу и расходу нагрузке; высоты ствола и расстояния вокруг ствола, на котором тепловое излучение будет безопасным.

Термоокислительное обезвреживание концентрированных газов проводится в установках, которые обычно состоят из топочных и горелочных устройств с дымоходами для отвода продуктов сгорания и теплоутилизаторами.

Конструкция нейтрализатора должна обеспечивать нейтрализацию токсичного продукта. Для этого время пребывания его в нейтрализаторе составляет 0,1...1,0 с. Температура сжигания на 100...150°C превышает температуру самовоспламенения.

Конструкции топочных устройств для печей термообезвреживания можно разделить на камерные, циклонные, шахтные и барабанные. Наиболее распространены вертикальные и горизонтальные камерные (рис. 67), а также циклонные горизонтальные конструкции.

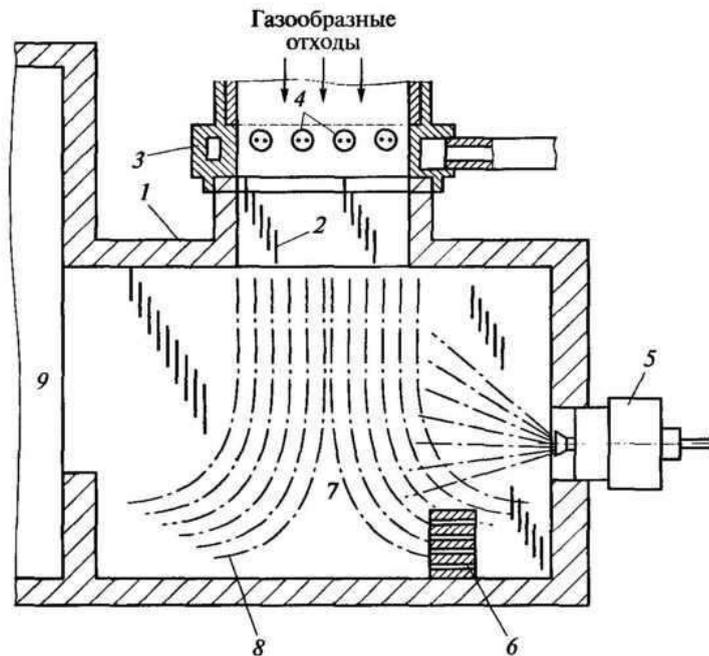


Рис. 67 Печь для сжигания газообразных отходов: 1 – корпус печи; 2 - отверстие; 3 – коллектор; 4 – газообразные отходы; 5 – распределительные патрубki; 6 – фронтальная стена; 7 - горелка; 8 – перфорированная стенка; 9 - под; 10 - камера; 11 – камера для утилизации тепла

В циклонных печах организуется вращательно-поступательное движение продуктов горения, что обеспечивает большее время пребывания обрабатываемых газов, чем в камерных печах таких же габаритов. Последние обычно конструируют одно- или двухходовыми по дымовым газам. Они могут быть прямоугольного или круглого сечения. Вертикальные прямоугольные конструкции имеют худшее заполнение объема топки дымовыми газами по сравнению с горизонтальными топками круглого сечения.

В камерных топках возможно устройство дополнительных сводов, повышающих температуру в реакционной зоне, что невозможно выполнить в циклонных печах. В конечном счете конструкция и габариты топочного устройства выполняются такими, чтобы обеспечить требуемое время пребывания отбросных газов в зоне высоких температур.

Тип горелочного устройства для установок термообезвреживания и схему подвода отбросных газов выбирают в зависимости от их состава.

Газовые выбросы с высоким содержанием кислорода, которые могут быть использованы в качестве дутьевого воздуха, выгоднее всего подавать в воздушные тракты дутьевых газогорелочных устройств.

Богатые горючим газовые выбросы с низким содержанием (или отсутствием) кислорода можно подавать непосредственно в газовые и воздушные тракты дутьевых горелок.

Горелки инжекционного типа для этих целей практически непригодны из-за нестабильности состава выбросов. В то же время инжекционные горелки, работающие на топливном газе стабильного состава, находят применение в качестве пилотных (поддерживающих горение) устройств. Высокая температура в зоне горения таких горелок обеспечивает термоокисление загрязнителя при колебаниях состава обрабатываемых газов. Кроме того, они не требуют затрат электроэнергии на подачу воздуха для горения.

Полнота термоокисления органических загрязнителей зависит от температуры процесса, времени пребывания частиц загрязнителя и кислорода в зоне высоких температур, теплонапряжения топочного объема, физико-химических свойств загрязнителей, параметров состояния и состава отбросных газов, а также множества других факторов.

§ 5 ЗАЩИТА ЛИТОСФЕРЫ. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ. ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Накопление значительных масс твердых отходов в промышленности обусловлено существующим уровнем технологии переработки сырья и недостаточностью его комплексного использования. В то же время значительная часть отходов промышленных предприятий может быть эффективно использована в народном хозяйстве.

Многообразие видов твердых отходов, значительное различие состава одноименных отходов усложняет задачи их утилизации. В то же время, различные технологии рекуперации твердых отходов в своей основе базируются на методах, совокупность которых обеспечивает возможность утилизации вторичных материальных ресурсов или их переработки в целевые продукты.

Порядок обращения с отходами регламентирован Федеральным законом Российской Федерации № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (в посл. редакции).

В соответствии с названным законом, обращение с отходами – деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов.

Рассмотрим основные понятия данного определения.

Сбор отходов – прием или поступление отходов от физических и юридических лиц в целях дальнейших обработки, утилизации, обезвреживания, транспортирования, размещения таких отходов.

Накопление отходов – временное складирование отходов на срок не более чем шесть месяцев, в местах, обустроенных в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации.

Транспортирование отходов – перемещение отходов с помощью транспортных средств вне границ земельного участка, находящегося в собственности юридического лица или индивидуального предпринимателя либо предоставленного им на иных правах.

Обработка отходов – предварительная подготовка отходов к дальнейшей утилизации, включая их сортировку, разборку, очистку.

Утилизация отходов – использование отходов для производства продукции, выполнения работ, оказания услуг, включая их повторное применение. Повторное применение отходов может осуществляться по прямому назначению – рециклинг, с возвратом в производственный цикл после регенерации, а также с извлечением – рекуперацией полезных компонентов для их повторного применения.

Обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов, изменение их

состава, физических и химических свойств в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду.

Размещение отходов – это их хранение и захоронение.

Хранение отходов – складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения.

Захоронение отходов – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду.

Объекты размещения отходов – специально оборудованные сооружения, предназначенные для размещения отходов и включающие объекты хранения и захоронения отходов. К сооружениям для размещения отходов относятся полигоны, шламохранилища, отвалы горных пород и др.

Классификация промышленных отходов (ПО), образующихся в результате производственной деятельности человека, необходима как средство установления определенных связей между ними с целью определения оптимальных путей использования или обезвреживания отходов.

Классификация отходов возможна по разным показателям, но самым главным из них является степень опасности для здоровья человека.

Вредными отходами, например, считаются инфекционные, токсичные и радиоактивные. Их сбор и ликвидация регламентируются специальными санитарными правилами.

Согласно вышеназванному федеральному закону, отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются на пять классов опасности:

- 1 класс – чрезвычайно опасные;
- 2 класс – высокоопасные;
- 3 класс – умеренно опасные;
- 4 класс – малоопасные;
- 5 класс – неопасные.

Отходы производства и потребления подлежат сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению, условия и способы которых должны быть безопасными для здоровья населения и среды обитания. Указанные процессы должны осуществляться в соответствии с санитарными правилами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Защита литосферы включает не только утилизацию отходов путем их размещения на полигонах и свалках, но и переработку жидких и твердых отходов с использованием различных методов.

Механическое обезвоживание осадков промышленных стоков может производиться экстенсивными и интенсивными методами. Экстенсивные методы осуществляются в различного рода уплотнителях, интенсивное обезвоживание и сгущение производится при помощи фильтрования, центрифугирования, гидроциклонирования и т. п.

В практике обработки осадков промышленных сточных вод чаще всего применяются химические (реагентные) методы обработки. При использовании термоокислительного метода все органические вещества, загрязняющие сточные воды, полностью окисляются кислородом воздуха при высоких температурах до нетоксичных соединений. К этим методам относят метод жидкофазного окисления, метод парофазного каталитического окисления и пламенный или «огневой» метод.

Переработка твердых и опасных отходов осуществляется по разным технологиям:

- физико-химическим,
- термическим,
- биотехнологиям.

Многие процессы утилизации твердых отходов основаны на использовании методов выщелачивания (экстрагирования), растворения и кристаллизации перерабатываемых материалов.

В практике рекуперации твердых отходов промышленности используют методы обогащения перерабатываемых материалов:

- гравитационные,
- магнитные,
- электрические,
- флотационные,
- специальные.

5.1 Физико-химические основы обработки и утилизации ОТХОДОВ

Большинство осадков, образующихся в процессе очистки промышленных и городских сточных вод, гальванические шламы и пр. представляют собой трудноразделяемые суспензии. Для их успешного обезвоживания необходима предварительная подготовка – кондиционирование.

Цель кондиционирования – улучшение водоотдающих свойств осадков путем изменения их структуры и форм связи воды. От условий кондиционирования зависит производительность обезвоживающих аппаратов,

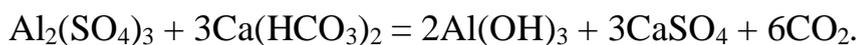
чистота отделяемой воды и влажность обезвоженного осадка. Кондиционирование может осуществляться несколькими способами, различающимися по своему физико-химическому воздействию на структуру обрабатываемого осадка. Наибольшее распространение из них получили: химическая (реагентная) обработка; тепловая обработка; жидкофазное окисление; замораживание и оттаивание.

В практике обработки осадков промышленных сточных вод чаще всего применяются химические (реагентные) методы обработки.

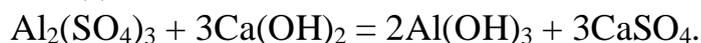
Реагентная обработка – это наиболее известный и распространенный способ кондиционирования, с помощью которого можно обезвоживать большинство осадков сточных вод. При реагентной обработке происходит коагуляция – процесс агрегации тонкодисперсных и коллоидных частиц, образование крупных хлопьев с разрывом сольватных оболочек и изменение форм связи воды, что приводит к изменению структуры осадка и улучшению его водоотдающих свойств. Для реагентной обработки используются минеральные и органические соединения – коагулянты и флокулянты.

В качестве минеральных коагулянтов применяют соли железа, алюминия и известь. Эти реагенты вводят в обрабатываемый осадок в виде 10%-ных растворов. Наиболее эффективным является хлорное железо, которое применяют в сочетании с известью.

Химический механизм взаимодействия коагулянтов с осадком следующий. Введенный в водную среду сернокислый алюминий взаимодействует с содержащимися в воде бикарбонатами, образуя первоначально гелеобразный гидрат оксида алюминия:

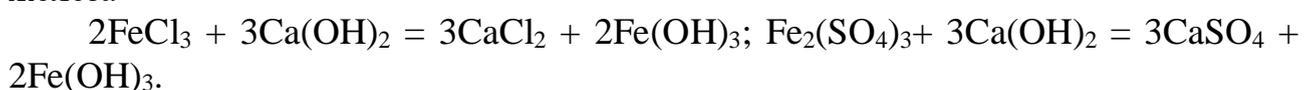


Если щелочность среды недостаточная, она увеличивается путем добавления извести, и тогда



Образующиеся хлопья гидрата захватывают суспендированные и находящиеся в водной среде в коллоидном состоянии вещества и при благоприятных гидродинамических условиях быстро оседают в уплотнителе и хорошо отдают воду на аппаратах для механического обезвоживания путем фильтрации или центрифугирования.

При применении солей железа образуются нерастворимые гидроксиды железа



Наибольший эффект коагулирования достигается при $\text{pH} = 4 \dots 8,5$. С точки зрения полноты реакции и экономии реагента большое значение имеет хорошее и быстрое его смешение с обрабатываемым осадком. Сернокислое оксидное железо менее эффективный, но зато более дешевый и легкодоступный реагент. Ориентировочно можно сказать, что при дозах сернокислого железа,

в 1,5...2 раза превышающих дозы хлорного железа, производительность обезвоживающих аппаратов и влажность обезвоженного осадка одинаковы.

Известь используют не только в сочетании с солями железа, но и как самостоятельный коагулянт, оказывающийся в ряде случаев весьма эффективным. При использовании в качестве коагулянта наблюдается тенденция к ее регенерации из золы после сжигания обезвоженных осадков. Недостатками минеральных реагентов являются дефицитность, высокая стоимость, коррозионность, а также трудности при их транспортировании, хранении, приготовлении и дозировании.

За рубежом для кондиционирования осадков промышленных сточных вод наряду с минеральными реагентами находят применение синтетические флокулянты.

Синтетические полиэлектролиты, или полимеры, вводятся в осадок непосредственно перед центрифугированием или фильтрованием. Эти полимеры уничтожают или уменьшают электрические отталкивающие усилия суспендированных твердых частиц, которые стремятся удержать их на расстоянии. За счет притяжения этих частиц образование хлопьев и сепарирование происходят значительно быстрее и эффективнее.

Синтетические органические флокулянты – линейные, водорастворимые макромолекулы со степенью полимеризации до $(50...200) \cdot 10^3$.

По физико-химическим свойствам они подразделяются на следующие группы:

- неионные (полиакриламид, полиоксиэтилен и т.д.);
- ионогенные гомополимеры (анионные – полиметакриловая кислота и др., катионные – полиамины и др.);
- ионогенные сополимеры (анионные, катионные).

Поскольку в осадках сточных вод в основном находятся отрицательно заряженные коллоиды, то наибольший интерес представляют катионные флокулянты. Катионные синтетические органические флокулянты содержат связанный с полимером атом азота, заряженный в воде положительно, и свободно движущийся противоион кислотного остатка (Cl^- , CH_3SO_4 , Br^- и т.д.).

Среди синтетических флокулянтов наибольшее распространение получил полиакриламид (ПАА) – растворимый в воде полимер, содержащий в своей цепочной молекуле ионогенные группы. При его диссоциации образуется высокомолекулярный поливалентный анион и много простых маловалентных катионов, поэтому такие вещества называют полиэлектролитами.

Действие ПАА объясняется адсорбцией его молекул на хлопьях гидроксида, образующегося при гидролизе коагулянтов. Из-за вытянутой формы молекулы ПАА адсорбция происходит в разных местах несколькими

частицами гидроксида, в результате чего последние оказываются связанными вместе.

5.2 Физико-химические методы извлечения компонентов из отходов

Многие процессы утилизации твердых отходов основаны на использовании методов выщелачивания (экстрагирования), растворения и кристаллизации перерабатываемых материалов.

Выщелачивание (экстрагирование) основано на извлечении одного или нескольких компонентов из комплексного твердого материала путем его (их) избирательного растворения в жидкости – экстрагенте. Различают простое растворение и выщелачивание с химической реакцией.

Скорость выщелачивания изменяется в ходе процесса и зависит от концентрации реагентов, температуры, величины поверхности твердой фазы:

$$dG/dt = -j \cdot F,$$

где G – количество выщелачиваемого вещества в твердой фазе; j – количество выщелачиваемого вещества, переходящее в раствор в единицу времени с единицы поверхности твердой фазы (поток выщелачивания, удельная скорость выщелачивания); F – поверхность взаимодействия фаз.

Растворение заключается в гетерогенном взаимодействии между жидкостью и твердым веществом, сопровождаемого переходом твердого вещества в раствор. Возможность самопроизвольного растворения твердого вещества оценивается знаком величины ΔG (изменение энергии Гиббса):

$$\Delta G = \Delta H_p - T \cdot \Delta S,$$

где ΔH_p – изменение энтальпии; T – абсолютная температура; ΔS – изменение энтропии.

При $\Delta G < 0$ возможно растворение, $\Delta G = 0$ соответствует равновесию в системе, при $\Delta G > 0$ вероятен процесс кристаллизации. Растворимость твердых веществ в жидкостях обычно ограничена концентрацией насыщения C_s . Скорость растворения можно рассматривать как массообменный процесс:

$$dG/d\tau = K_m \cdot F \cdot (C_s - C_0),$$

где G – количество растворенного вещества, кг.; K_m – коэффициент массопередачи (константа скорости процесса); F – общая поверхность растворенных частиц в момент времени τ , м²; C_0 – концентрация раствора в момент времени τ , кг/м³.

Кристаллизация – это процесс выделения твердой фазы в виде кристаллов из насыщенных растворов, расплавов или паров.

Для оценки поведения растворов при их кристаллизации и рационального выбора способа проведения этого процесса используют диаграммы состояния растворов, выражающие зависимость растворимости солей от температуры.

Скорость процесса кристаллизации зависит от степени пересыщения раствора, температуры, интенсивности перемешивания, содержания примесей и др. Она изменяется во времени, проходя через максимум.

Создание необходимого для кристаллизации пересыщения раствора обеспечивают охлаждением горячих насыщенных растворов (изогидрическая кристаллизация) и удалением частиц растворителя путем выпаривания (изотермическая кристаллизация) или комбинацией этих методов (вакуум-кристаллизация, фракционированная кристаллизация, кристаллизация с испарением растворителя в токе воздуха или другого газа-носителя)

В практике кристаллизации из растворов иногда используют кристаллизацию:

- высаливанием (введение в раствор веществ, понижающих растворимость соли),

- вымораживанием (охлаждением растворов до отрицательных температур с выделением кристаллов соли или их концентрирование удалением частиц растворителя в виде льда) или за счет химической реакции, обеспечивающей пересыщение раствора,

- высокотемпературную (автоклавную) кристаллизацию, обеспечивающую получение кристаллогидратов с минимальным содержанием влаги.

В практике рекуперации твердых отходов промышленности используют методы обогащения перерабатываемых материалов:

- гравитационные,

- магнитные,

- электрические,

- флотационные,

- специальные.

Рекуперация – возвращение части материалов или энергии для повторного использования в том же технологическом процессе.

Гравитационные методы – основаны на различии в скорости в жидкой (воздушной) среде частиц различного размера и плотности. Они объединяют обогащение отсадкой под действием переменных по направлению вертикальных струй воды (воздуха); обогащение в тяжелых суспензиях, плотность которых является промежуточной между плотностями разделяемых частиц; обогащение в перемещающихся по наклонным поверхностям потоках, а также промывку для разрушения и удаления глинистых, песчаных и других минеральных, а также органических примесей.

Магнитное обогащение используют для отделения парамагнитных (слабомагнитных) и ферромагнитных (сильномагнитных) компонентов (т.е.

веществ с удельной магнитной восприимчивостью выше $10 \text{ м}^3/\text{кг}$) смесей твердых материалов от их диамагнитных (немагнитных) составляющих. Удельной магнитной восприимчивостью (в $\text{м}^3/\text{кг}$) называют объемную магнитную восприимчивость веществ, отнесенную к его плотности.

Слабомагнитные материалы, обогащенные в сильных магнитных полях (напряженностью $H \sim 800-1600 \text{ кА/м}$), сильномагнитные – в слабых полях ($H \sim 70-160 \text{ кА/м}$).

Электрические методы обогащения основаны на различии электрофизических свойств разделяемых материалов и включают сепарацию в электростатическом поле, поле коронного разряда, коронно-электростатическом поле и трибоадгезионную сепарацию. Электростатическая сепарация основана на различии электропроводности и способности к электризации трением (трибоэлектрический эффект) минеральных частиц разделяемой смеси. При небольшой разнице в электропроводности частиц используют электризацию их трением. Наэлектризованные частицы направляют в электрическое поле, где происходит их сепарация.

Сепарация в поле коронного разряда, создаваемого между коронирующим (заряженным до 20-50 тыс. В) и осадительным (заземленным) электродами, основана на ионизации пересекающих это поле минеральных частиц оседающими на них ионами и на различии интенсивности передачи приобретенного заряда поверхности осадительного электрода, что выражается в различных траекториях движения частиц.

Трибоадгезионная сепарация основана на различии в адгезии (прилипанию) к поверхности наэлектризованных трением частиц разделяемого материала.

5.3 Механическая переработка твердых отходов

Утилизация твердых отходов приводит к необходимости либо их разделения на компоненты с последующей переработкой сепарированных материалов различными методами, либо придания им определенного вида.

Для тех промышленных отходов, утилизация которых не связана с необходимостью проведения фазовых превращений или воздействия химических реагентов, но которые не могут быть использованы непосредственно, применяются два вида механической обработки: измельчение или компактирование (прессование). Это в равной степени относится к отходам как органического, так и неорганического происхождения.

После измельчения, за которым может следовать фракционирование, отходы превращаются в продукты, готовые для дальнейшего использования. Твердый материал можно разрушить и измельчить до частиц желаемого размера раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, истиранием и различными комбинациями этих способов.

По размеру кусков исходного сырья и конечного продукта измельчение условно делят на несколько классов, исходя из которых выбирают измельчающее оборудование. Приблизительная характеристика принятой классификации измельчения приведена в табл.6.

Таблица 6 Классификация методов измельчения

Класс измельчения	Размер кусков до измельчения, мм	Размер кусков после измельчения, мм
Дробление:		
крупное	1000	250
среднее	250	20
мелкое	20	1...5
Помол:		
грубый	1.5	0,1...0,04
средний	0,1...0,04	0,005...0,015
тонкий	0,1...0,02	0,001...0,005
коллоидный	< 0,1	< 0,001

Один из недостатков, возникающих при измельчении вязких, упругих и вязкоупругих материалов (резина, некоторые виды термопластов и др.), заключается в том, что при комнатной температуре энергозатраты на их переработку очень велики, хотя непосредственно на измельчение расходуется не более 1 % энергии, основная же ее часть преобразуется в теплоту.

Поэтому в последние 15...20 лет все большее применение находит техника криогенного измельчения, которая позволяет охлаждать материал ниже температуры хрупкости. Как правило, в качестве охлаждающего агента используют жидкий азот, имеющий температуру -196°C , что ниже температуры хрупкости большинства полимерных материалов. При таком способе дробления резко возрастает степень измельчения, повышается производительность процесса, снижаются удельные энергозатраты, предотвращается окисление продукта.

Дробление. Интенсивность и эффективность химических диффузионных и биохимических процессов возрастает с уменьшением размеров кусков (зерен) перерабатываемых материалов. Метод дробления используется для получения из крупных кусков перерабатываемых материалов продуктов крупностью до 5 мм. В качестве основных технологических показателей дробления рассматривают степень и энергоемкость дробления.

Измельчение. Метод измельчения используют для получения из кусковых отходов зерновых и мелкодисперсных фракций крупностью менее 5 мм. При переработке твердых отходов используют агрегаты грубого и тонкого измельчения: стержневые, шаровые и ножевые мельницы, дезинтеграторы,

дисковые и кольцевые мельницы, бегуны. В качестве несущей среды при сухом измельчении чаще всего применяют воздух, реже дымовые или инертные газы, а при мокром – воду. Измельчение отходов пластмасс и резиновых технических изделий проводят при низких температурах (криогенное измельчение).

Работа A , затраченная при дроблении или измельчении на разрушение исходного материала прямо пропорциональна вновь образованной поверхности F :

$$A = k_1 \cdot \Delta F,$$

где k_1 – коэффициент пропорциональности; ΔF – приращение поверхности.

Степень дробления i выражает отношение размеров кусков подлежащего дроблению d_n и кусков раздробленного материала d_k :

$$i = d_n/d_k.$$

Работа внутренних сил упругости при отсутствии потерь равна работе внешних сил, вызвавших упругую деформацию тела:

$$A = \sigma^2 V / (2E),$$

где σ – напряжение, возникающее при деформации; V – объем деформированного тела; E – модуль упругости (модуль Юнга).

Работа измельчения одного куска размером D равна

$$A = k_2 D^3,$$

где k_2 – коэффициент пропорциональности.

В обобщенном виде работа, затрачиваемая на деформацию разрушаемых кусков и образование новых поверхностей, равна

$$A = \alpha \Delta V + \beta \Delta F,$$

где α , β – коэффициенты пропорциональности; ΔV – деформированный объем; ΔF – вновь образованная поверхность.

В чистом виде работа при дроблении пропорциональна среднегеометрическому между объемом V и вновь обнаженной (образованной) поверхностью S :

$$A = k_B \cdot (V \cdot S)^{0,5},$$

где k_B – коэффициент Бонда.

Классификация и сортировка (сепарация) отходов. В ряде случаев переработка измельченных отходов должна сопровождаться их разделением на фракции по крупности.

Для разделения кусковых и сыпучих материалов применяют различные способы:

- просеивание или грохочение;
- разделение под действием гравитационно-инерционных сил;
- разделение под действием гравитационно-центробежных сил.

Грохочение представляет собой процесс разделения на классы по крупности различных по размерам кусков (зерен) материала при его перемещении на ячеистых поверхностях (колосниковых решетках, решетках, проволочных сетках, щелевидных ситах).

Основным показателем грохочения является его эффективность E , определяемая отношением количества подрешетного продукта к его общему количеству в исходном материале в %.

Для разделения твердых материалов в виде пульп используются классификаторы грубой и тонкой классификации.

При гравитационном и центробежном способах разделение измельченных продуктов на классы или выделение целевого продукта осуществляется методом раздельного высаживания частиц из несущей среды под действием гравитационно-инерционных или гравитационно-центробежных сил. Разделение сыпучих материалов под действием гравитационно-инерционных сил производится в газовых осадителях и гидравлических классификаторах, а под действием гравитационно-центробежных сил – в сепараторах циклонного типа, с вращающимися лопастями и т.п.

В том случае, если отходы могут содержать металлические включения, их обычно пропускают через магнитный сепаратор (например, с движущейся лентой). В магнитном поле, создаваемом с помощью электромагнитов, происходит отделение магнитных металлов от органической части отходов.

Окускование отходов. Наряду с методами уменьшения размеров кусковых материалов и их разделения на классы крупности в рекуперационной технологии твердых отходов распространены методы, связанные с укрупнением мелкодисперсных частиц, использующие приемы гранулирования, таблетирования, брикетирования и высокотемпературной агломерации.

Гранулирование – процесс формирования агрегатов шарообразной или цилиндрической формы из порошков, паст, расплавов или растворов перерабатываемых материалов.

Эти процессы основаны на различных приемах обработки материалов:

- окачивание,
- прессование порошков в дисперсных потоках,
- гранулирование расплавов.

Брикетирование – подготовительные и самостоятельные операции в практике утилизации твердых отходов. Брикетирование дисперсных материалов проводят без связующего при давлениях прессования $P_{пл} > 80$ МПа и с добавками связующих при давлении $P_{пл} < 15...25$ МПа. На процесс брикетирования дисперсных материалов существенное влияние оказывают состав, влажность и крупность материала, температура, удельное давление и

продолжительность прессования. Необходимое удельное давление прессования обычно находится в обратной зависимости от влажности материала.

Прессование при высоких давлениях – один из способов улучшения условий эксплуатации полигонов (свалок). Уплотненные отходы дают меньшее количество фильтрата и газовых выбросов, при этом снижается вероятность возникновения пожаров, эффективнее используется земельная площадь полигона.

Для переработки твердых отходов применяются такие процессы, как дробление и измельчение, классификация и сортировка, обогащение в тяжелых средах, отсадка, магнитная и электрическая сепарация, сушка и грануляция, термохимический обжиг, экстракция и др.

Для тех промышленных отходов, утилизация которых не связана с необходимостью проведения фазовых превращений или воздействия химических реагентов, но которые не могут быть использованы непосредственно, применяются два вида механической обработки: измельчение или компактирование (прессование). Это в равной степени относится к отходам как органического, так и неорганического происхождения.

После измельчения, за которым может следовать фракционирование, отходы превращаются в продукты, готовые для дальнейшего использования.

Твердый материал можно разрушить и измельчить до частиц желаемого размера раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, истиранием и различными комбинациями этих способов.

Дробление и измельчение

В зависимости от размера кусков исходного материала и конечного продукта измельчение условно делят на несколько классов. Под степенью i дробления и измельчения понимают отношение размеров наибольших кусков исходных твердых отходов и конечных продуктов дробления, измельчения.

Дробление и измельчение могут быть:

- сухим,
- мокрым.

Для дробления и измельчения твердых отходов на минеральной основе применяют машины, в которых используются способы измельчения, основанные на раздавливании, раскалывании, разламывании, истирании и ударе.

Измельчение твердых отходов на органической основе осуществляют в машинах, принцип работы которых основан на распиливании, резании и ударе.

Дробление и измельчение осуществляют с помощью машин, называемых дробилками и мельницами.

Классификация основного оборудования для измельчения твердых продуктов следующая:

- измельчители раскалывающего и разламывающего действия (щековые, конусные, зубовалковые и другие дробилки);
- измельчители раздавливающего действия (гладковалковые дробилки, роliko-кольцевые, вертикальные, горизонтальные и другие мельницы; измельчители истирающе-раздавливающего действия);
- шнековые измельчители, бегуны, катково-тарельчатые, шаро-кольцевые, бисерные и другие мельницы;
- измельчители ударного действия (молотковые измельчители, бильные, шахтные мельницы, дезинтеграторы и дисмембраторы, центробежные, барабанные, газоструйные мельницы);
- ударно-истирающие и коллоидные измельчители-вибрационные, планетарные, виброкавитационные и прочие мельницы; реактроны;
- прочие измельчители (пуансоны, пилы и т.д.).

Для дробления применяют щековые, конусные, валковые дробилки, работающие по принципу раздавливания, и ударные дробилки (молотковые, роторные, дезинтеграторы) (рис. 68).

Щековые дробилки периодически раздавливают материал между металлической неподвижной и качающейся поверхностью (щеками).

Неподвижная щека устанавливается вертикально, подвижная - под углом к ней. Такой тип дробилок применяется для крупного, реже – среднего дробления. Их производительность достигает 1000 т/ч при размере пасти (загрузочного отверстия) 1500×2100 мм.

Конусные дробилки используют на стадиях крупного, среднего и мелкого дробления. Дробящие поверхности их выполнены в виде двух усеченных конусов, меньший из которых расширяющейся верхней частью входит в сужающуюся верхнюю часть большого конуса и эксцентрично движется (но не вращается) в последнем. Максимальный размер загрузочных отверстий конусной дробилки 2000 мм.

Конусные дробилки по высоте (7...10 м) значительно превышают щековые (3...5 м) и требуют более высокого здания. Их конструкция сложнее. Однако они более производительны (до 4500 т/ч руды), менее энергоемки, хорошо приспособлены к дроблению плитняка, который через прямоугольное сечение рабочего пространства щековой дробилки может проскочить без разрушения.

Валковые дробилки применяют для среднего и мелкого дробления. В них материал раздавливают между двумя вращающимися навстречу друг другу

гладкими, рифлеными или зубчатыми цилиндрическими валками с зазором между ними от 1 до 100 мм.

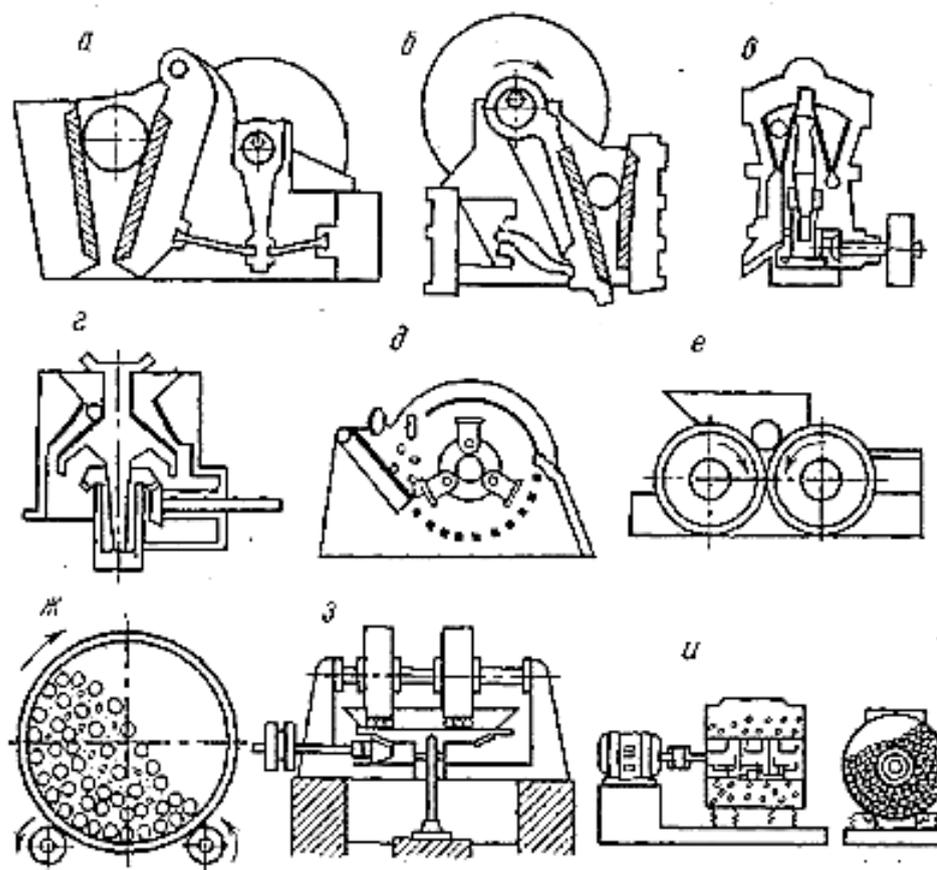


Рис. 68 Схемы дробильных машин: а – щековая дробилка с простым качанием щеки, б – щековая дробилка со сложным качанием щеки, в – конусная дробилка с крутым конусом, г – конусная дробилка с пологим конусом, д – молотковая дробилка, е – валковая дробилка; ж –шаровая мельница; з – бегунковая мельница, и -вибрационная мельница.

Скорость вращения валков варьирует от 0,5 м/с в тихоходных конструкциях до 4...6 м/с, в быстроходных при диаметре валков до 1500 мм и производительности до 250 т/ч. Валки предпочтительнее при дроблении хрупких пород, так как дают минимальное переизмельчение материала. Их используют для дробления агломерата, кокса, марганцевых руд.

Ударные дробилки молоткового типа разрушают отходы ударами молотков, находящихся на валу вращающегося со скоростью 800-1000 мин¹ барабана. Молотки закреплены шарнирно и при ударе по куску отклоняются.

Молотковые дробилки применяют для крупного дробления хрупких и пластичных материалов (известняк, мергель, гипсовый камень, сухая глина, уголь, агломерат и др.), рис. 69.

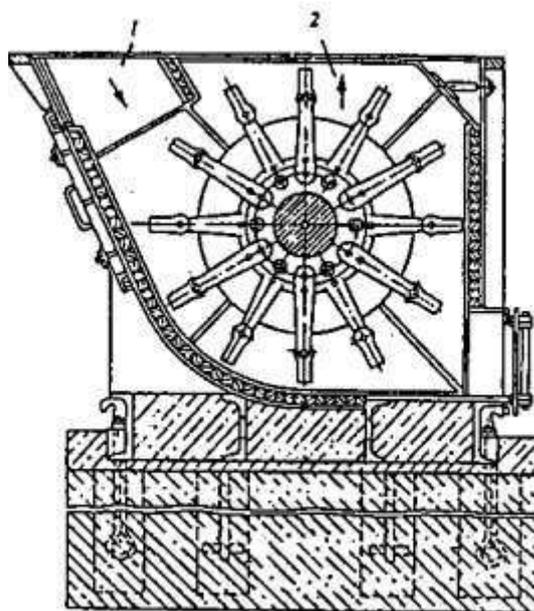


Рис 69 - Молотковая шахтная дробилка: 1 – подача компоста и частичная подача воздуха; 2 – вынос дробленого материала

Шахтная мельница представляет собой молотковую дробилку, материал из которой эвакуируется восходящим потоком воздуха. Корпус мельницы монтируется на отдельном фундаменте и соединен с двигателем упругой муфтой. Ротор вращения - в опорно-упорных подшипниках. На роторе шарнирно закреплены билдержатели и билы. Изнутри к корпусу крепятся съемные бронеплиты.

Со стороны загрузки в корпусе предусмотрены закрывающиеся люки для ревизии бил и билдержателей.

К достоинству конструкции следует отнести возможность доизмельчения недостаточно измельченных частиц, которые пневматически возвращаются в корпус мельницы. Основная сложность при эксплуатации дробилок и шахтных мельниц связана с необходимостью периодической замены изнашиваемых элементов.

В ряде случаев практикуют жесткое закрепление молотков, что обеспечивает вложение кинетической энергии всего ротора в дробление материала. Дробилки такого типа называют роторными.

Более высокая дисперсность в процессе измельчения может быть достигнута при использовании измельчителей (мельниц) других конструкций, которые основаны на ударном, ударно-режущем или ударно импульсном действии.

Для измельчения применяют мельницы (барабанные, вибрационные, струйные) и бегуны. Более распространены барабанные конструкции. В барабанных мельницах измельчение происходит при горизонтальном вращении барабана, внутрь которого загружают материал и мелющие тела - обычно

стальные шары, короткие цилиндры или стержни. Внутреннюю поверхность барабана футеруют стальными или чугунными износостойчивыми плитами.

При вращении барабана мелющие тела поднимаются на некоторую высоту и падают, разбивая куски материалов. Для хорошей работы мельницы необходимо правильно выбрать частоту вращения. При слишком большой (критической) скорости вращения дробящие тела центробежной силой прижимаются к стенкам барабана и вращаются вместе с ним, не измельчая полезные ископаемые.

При недостаточном числе оборотов мелющие тела перекатываются в нижней части барабана при незначительном эффекте измельчения. Оптимальная скорость составляет 75...80% критической.

Известны классификации барабанных мельниц по нескольким признакам, рис.70.

В зависимости от вида измельчающей нагрузки их подразделяют на:

- стержневые,
- шаровые,
- галечные,
- самоизмельчения.

Стержневые мельницы используют на стадии грубого, а шаровые - тонкого измельчения. В галечных мельницах дробящим телом является кремниевая галька. Она применяется тогда, когда недопустимо даже небольшое загрязнение измельчаемого материала железом от истираемых шаров или стержней. В мельницах самоизмельчения специальные мелющие загрузки отсутствуют, а материал разрушается при падении и перекатывании его кусков.

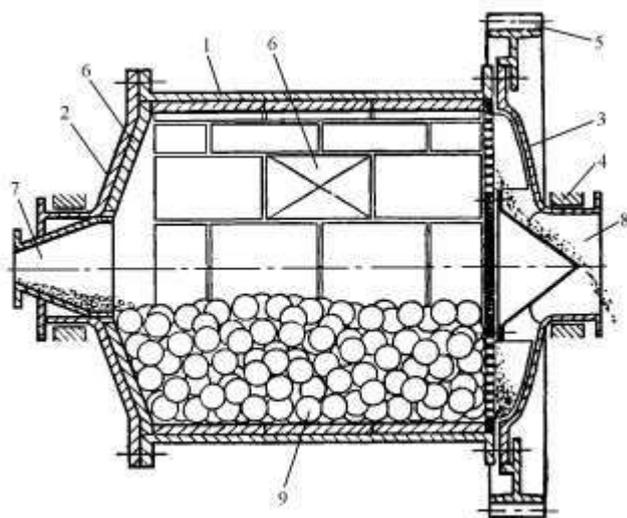


Рис. 70 Барабанная мельница: 1 – корпус; 2, 3 – крышки; 4 – подшипник; 5 – зубчатый венец; 6 – плита футеровки; 7 – загрузочная цапфа; 8 – разгрузочная цапфа; 9 – мелющие тела

Крупность материала, образующегося при самоизмельчении, весьма неоднородна, и мельница должна работать в замкнутом цикле.

По форме барабана мельницы делятся на:

- конические,
- цилиндрические.

Цилиндрические шаровые мельницы длиной, в 3...6 раз превышающей диаметр, называют трубными. Последние могут быть одно-, двух и многокамерными. Увеличение числа камер повышает равномерность и степень измельчения материала. Первая, со стороны загрузки, камера заполняется наиболее крупными шарами, следующие - все более мелкими.

В зависимости от среды, в которой проводят измельчение, различают барабанные мельницы:

- сухого,
- мокрого помола.

При мокром помоле измельчение проводят в жидкой среде (обычно водной), что предупреждает агрегацию тонких частиц, пыление материала и обеспечивает более равномерный гранулометрический состав готового продукта. Воду в мельницу подают через полую цапфу на одном из торцов барабана, а на противоположном конце через цапфу сливают пульпу. При сухом измельчении материал из мельницы разгружают по ее периферии через решетку. Желаемая степень измельчения в обоих случаях достигается регулированием производительности мельницы и массой мелющей загрузки.

По схеме измельчения материала мельницы разделяют на:

- работающие в открытом
- замкнутом циклах.

В последнем случае производится классификация измельчаемого материала по крупности, и недоизмельченная его часть возвращается в мельницу. Замкнутый цикл обеспечивает большую степень и равномерность помола материала, но снижает производительность оборудования.

Современные барабанные мельницы отличаются крупными габаритами и высокой единичной мощностью. Диаметр и длина барабанов стержневых мельниц достигают 4×11 м, шаровых трубных - 4,5×16 м, шаровые мельницы при сухом измельчении и воздушной классификации материала имеют диаметр до 8,5 м. Производительность стержневого агрегата в открытом цикле - до 9 тыс. т в сутки. Скорость вращения мельницы большого диаметра не превышает

12 мин. Мелющая загрузка равна 40...50% объема аппарата и представляет собой стержни и шары диаметром соответственно 75...100 и 30...120 мм.

К достоинствам барабанных конструкций относятся высокая степень и легкость регулирования помола, однородность готовой продукции, простота и надежность.

Их недостатки - большие расходы энергии и габариты, металлоемкость, значительный уровень шума во время работы.

Вибрационные и струйные мельницы предназначены для сверхтонкого помола материалов (до нескольких микрон и менее). Принцип действия вибромельницы заключается в том, что материал и мелющие тела загружают в барабан, которому сообщают колебательные движения с ускорением, значительно превосходящим ускорение силы тяжести. Это ускорение передается мелющим телам, что значительно интенсифицирует разрушение материала. Частота колебаний составляет 25...50 мин⁻¹, их амплитуда равна 2...4 мм.

Принцип действия струйных мельниц состоит в самоизмельчении частиц материала, двигающегося с большой скоростью (до нескольких сотен метров в секунду) в воздушном потоке по пересекающимся или встречным направлениям. Их используют в тех случаях, когда недопустимо загрязнение конечного продукта металлическими примесями. Наиболее распространены противоточные струйные мельницы. В них сжатый воздух или перегретый пар поступает по трубопроводу в эжектор, захватывает материал, разгоняет его в трубе и с большой скоростью вдувает в камеру навстречу другому потоку. Измельченный материал передается в сепаратор, из которого мелкая фракция уносится в осадительные устройства и используется, а крупная возвращается на домол.

Производительность струйной противоточной мельницы достигает 300 кг/ч. Измельчение материалов в бегунах является одним из наиболее давних способов. Оно реализуется за счет раздавливающих и истирающих нагрузок, возникающих при качении тяжелых жерновов по твердой кольцеобразной плите. Бегуны используют для измельчения, с одновременным растиранием и перемешиванием, вязких и мягких пластичных масс (сухой и увлажненной глины, шамота, распушки асбеста, приготовления формовочных смесей и т.п.) и для грубого помола (не тоньше 0,1 мм) других материалов. Они могут работать в сухом и мокром вариантах измельчения, непрерывно и периодически, но, как правило, в открытом цикле. Самые мощные бегуны мокрого измельчения имеют катки диаметром и шириной 1800×800 мм, чаши диаметром до 3,6 м в виде кольцевого желоба, скорость вращения 10...15 мин⁻¹, производительность до 43 т/ч.

При необходимости получения особой тонины помола, например, в конечной стадии процесса регенерации лакокрасочных отходов, применяют ударно-истирающие измельчители.

На рис. 71 показана вибрационная мельница с внутренним вибратором, предназначенная для измельчения материалов с исходным размером частиц 1...2 мм до 1...5 мкм.

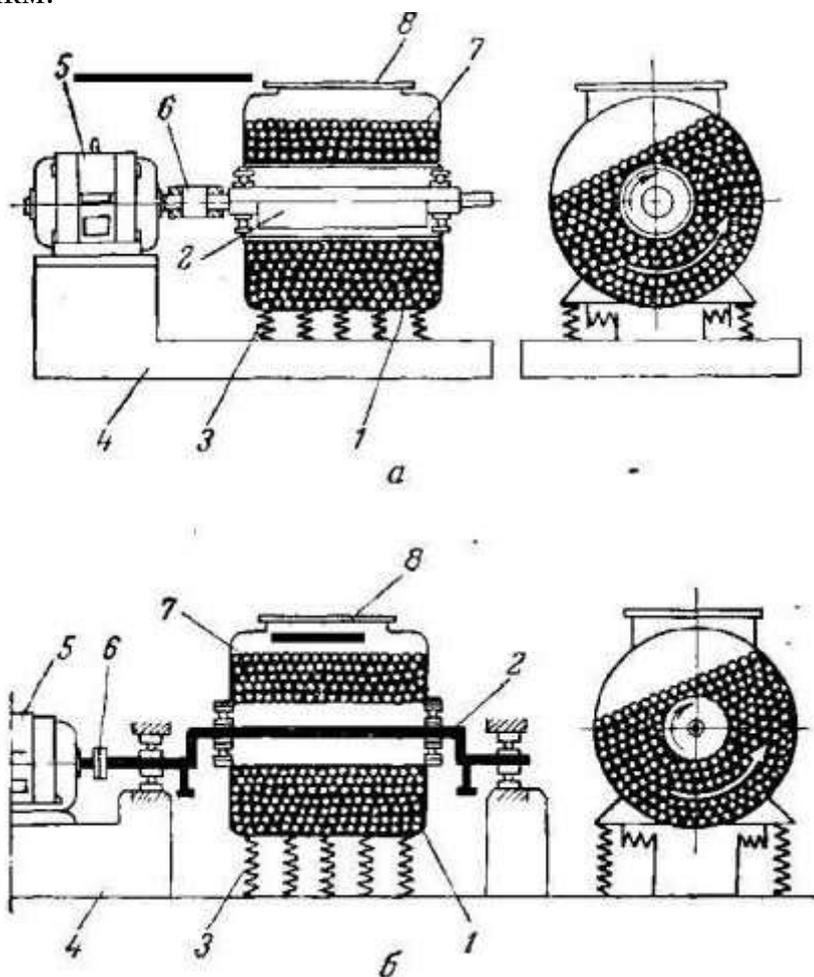


Рис. 71 Схема вибрационной мельницы с внутренним вибратором: а – инерционным; б - вибрационным; 1 – корпус; 2 - вибратор; 3 - опоры; 4 - рама; 5 – электродвигатель; 6 - муфта; 7 - мелющие тела (шары); 8 – люк.

Высокая степень измельчения и такая дисперсность продуктов измельчения достигаются как за счет самого способа обработки (удар с истиранием), так и за счет состояния материала в измельчителе. Частицы материала все время находятся во взвешенном состоянии и вибрируют. За счет соударения вибрирующих шаров, заполняющих корпус мельницы, а также их взаимного перемещения происходит интенсивное измельчение поступающего в корпус материала

Более тонкую степень помола (порядка единиц или даже долей мкм) можно получить только в коллоидных мельницах различных вариантов.

Коллоидная мельница – это система, построенная по принципу ротор-статор, где эмульгируемая среда обрабатывается трущимися частями мельницы.

Дисперсность получаемых в ней смесей прямо пропорциональна скорости вращения и времени обработки. Исследования показали, что устойчивость получаемых в коллоидной мельнице эмульсий обратно пропорциональна величине рабочей щели между конусами, ее увеличение во многом снижает эффективность эмульгирования. В связи с этим для получения в коллоидных мельницах более высокодисперсных эмульсий целесообразно увеличивать коэффициент трения или уменьшать величину зазора, что в прочем, одно и то же. Однако следует учитывать тот факт, что при работе на малых зазорах заметно снижается производительность коллоидной мельницы.

Материал измельчается в несколько стадий: первоначально при многократном соударении с пальцами ротора и статора дисмембратора мельницы. Впоследствии измельчается режущей гарнитурой дисков ротора и статора, с одновременным воздействием на него гидродинамических эффектов - разрывающих касательных напряжений и кавитации, возникающих в несущей фазе.

Как и для дробления, для измельчения, помимо механических средств, используют специальные способы, основанные на различных физических явлениях, в частности на электрогидравлическом эффекте, разрушении взрывом.

Один из недостатков, возникающих при измельчении вязких, упругих и вязкоупругих материалов (резина, некоторые виды термопластов и др.), заключается в том, что при комнатной температуре энергозатраты на их переработку очень велики, хотя непосредственно на измельчение расходуется не более 1 % энергии, основная же ее часть преобразуется в теплоту.

Поэтому в последние 15...20 лет все большее применение находит техника криогенного измельчения, которая позволяет охлаждать материал ниже температуры хрупкости. Как правило, в качестве охлаждающего агента используют жидкий азот, имеющий температуру - 196°С, что ниже температуры хрупкости большинства полимерных материалов. При таком способе дробления резко возрастает степень измельчения, повышается производительность процесса, снижаются удельные энергозатраты, предотвращается окисление продукта.

5.4 Уплотнители твердых бытовых и промышленных отходов

Уплотнители твердых бытовых и промышленных отходов (компакторы) это высокоэффективные многоцелевые машины, выполняющие операции

уплотнения, измельчения и планировки отходов и изолирующих слоев грунта. Операции уплотнения являются важнейшими операциями технологии утилизации отходов. Машины, помимо высокоэффективного уплотнения и измельчения отходов, должны обеспечивать требуемую ровность поверхности после укладки изолирующих материалов.

Обеспечение максимально возможной плотности закладки твердых бытовых и промышленных отходов (ТБПО) является ключевым элементом современной технологии эксплуатации полигонов ТБПО. Высокая плотность закладки ТБПО достигается только применением в технологическом цикле специальных уплотняющих машин. Компакторы обеспечивают экономное использование проектного объема размещения отходов на полигонах, сокращают в разы потребные земельные площади, повышают уровень экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности, уменьшают вероятность возникновения пожаров и существенно улучшают агрохимические свойства участков полигонов, а также создают благоприятные условия их рекультивации.

Уплотнитель (компактор) твердых бытовых и промышленных отходов (ТБПО) — это технологическая машина, предназначенная для измельчения, распределения и уплотнения отходов на полигонах хранения отходов. ГОСТ Р ИСО 6165–2010 (ISO 6165:2006) дает этой машине следующее определение [24]:

«Уплотняющей машиной (landfill compactor) называется самоходная колесная машина, оснащенная устанавливаемым спереди бульдозерным или погрузочным оборудованием, имеющая колеса с устройством для разрушения и уплотнения отходов материала, которая перемещает, разравнивает и уплотняет почву, производит захоронение отходов или обеспечивает санитарную обработку материалов в процессе своего движения».

В соответствии со своим назначением машина должна максимально соответствовать технологии закладки и утилизации ТБПО, сочетать в себе функции бульдозера, планировщика, измельчителя и уплотнителя отходов.

Уплотнители (компакторы) оснащаются вальцами или колесами, на рабочей поверхности которых установлены кулачки, расставленные в шахматном порядке. От кулачковых катков уплотнители ТБПО отличаются большим контактным давлением, создаваемым на опорной поверхности. Если давление грунтовых кулачковых катков ограничивается пределом прочности грунта, то уплотнители ТБПО наоборот предназначены в первую очередь для разрушения отходов, т.е. их контактное давление должно для более эффективного измельчения превышать предел прочности отходов.

В соответствии с ГОСТ 25100–2011 твердые отходы производства и потребления (бытовые, промышленные и строительные отходы, шлаки, шламы, золы, золошлаки и др.) относятся к дисперсным несвязным техногенным антропогенно образованным грунтам.

Целый ряд особенностей этого типа грунтов, отличающих их от

традиционных природных грунтов, состоит в высоком содержании в них органических и иных компонентов техногенного происхождения. Эти грунты, согласно действующим строительным нормам и правилам, исключают возможность их применения при производстве земляных работ при строительстве новых и реконструкции действующих сооружений.

Указанные особенности этих грунтов создают потенциальную опасность, при неорганизованном и бесконтрольном их размещении, как для людей, так и для окружающей природной среды.

Существует множество методов обезвреживания твердых бытовых и промышленных отходов (ТБПО). Основным методом обезвреживания ТБПО остается полигонный метод, основанный на применении современных технологий.

Назначение полигона ТБПО состоит в обеспечении гарантированно безопасного для человека и окружающей природной среды, бессрочного по времени захоронения отходов.

Основными нормативными документами, определяющими на территории России организацию и порядок эксплуатации полигонов ТБПО, являются СП 2.1.7.1038–01 и «Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов», разработанная Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова.

С учетом этих нормативов, зарубежной теории и практики, определяющих организацию и порядок эксплуатации полигонов ТБПО, рассматриваются основы современной технологии и организации работ с применением уплотнителей на полигонах ТБПО.

Закладка ТБПО – это заполнение отходами максимально возможной плотности проектного пространства их размещения (полигона ТБПО).

Техногенный (отходный) грунт – твердые инертные и приравненные к ним отходы производства и потребления, разрешенные к размещению на полигоне в соответствии с действующим законодательством и иными нормативными документами.

Традиционные грунты, наряду с подходящими строительными и промышленными отходами, используются для послойной изоляции закладок отходов, а также для строительства обваловки (дамбы) тела захоронения ТБПО.

Обеспечение максимально возможной плотности закладки ТБПО является ключевым элементом современной технологии эксплуатации полигона ТБПО. Высокая плотность закладки ТБПО, как показано в настоящей работе, достигается только применением в технологическом цикле по размещению отходов специальных уплотняющих машин самоходных уплотнителей (компакторов) типа РЭМ-25.

Высокое дробящее усилие на торце кулачков такой машины, а также размер кулачков и их особое размещение на поверхности вальцов, обеспечивают эффективное дробление и перемешивание отходов в слое, их прессование до

значений плотности, не доступных в полигонных условиях иным известным уплотняющим машинам. Развиваемое при этом тяговое усилие дает возможность машине использовать и бульдозерный отвал для перемещения и планировки отходов на рабочей карте полигона.

Полигон ТБПО представляет собой специальное инженерное сооружение для обезвреживания твердых отходов производства и потребления. Согласно действующим нормативам, полигон ТБПО предназначен для изоляции и обезвреживания твердых бытовых отходов, некоторых видов промышленных отходов 3–4 класса опасности, строительных отходов, а также иных неопасных отходов, класс которых устанавливается экспериментальным методом, см. СП 2.1.7. 1386–03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления».

Современный полигон включает: участок складирования отходов, инженерно-хозяйственную зону, инженерные сооружения, подъездную дорогу, коммуникации и др.

Главное сооружение полигона – участок складирования ТБПО. Он занимает основную (до 95%) площадь полигона, которая зависит от проектной вместимости (емкости) полигона – пространства, измеряемого объемом в м³.

Проектная емкость полигона определяется на основе удельной обобщенной годовой нормы накопления ТБПО в муниципальном образовании (регионе), для которого строится полигон, а также зависит от количества населения, числа учреждений и предприятий в обслуживаемом муниципальном образовании (регионе), планируемого срока эксплуатации (обычно 15–20 лет) и степени уплотнения отходов, размещаемых на полигоне.

Требуемая для отвода площадь участка складирования определяется делением проектируемой емкости полигона, м³, на среднюю высоту складирования отходов, м, с учетом их уплотнения.

Участок складирования разбивается на очереди эксплуатации, каждая из которых обеспечивает прием отходов в течение 3–5 лет; в составе первой очереди выделяется пусковой комплекс на 1–2 года эксплуатации.

Складирование отходов на площадях каждой очереди эксплуатации ведется последовательно в 2–3 яруса (пласта); рекомендуемая мощность (высота) каждого пласта составляет 2...2,5 м.

Поверхность каждого сформированного пласта закладки изолируется слоем материала, уплотняемого до толщины 0,15...0,25 м. В качестве изолирующего материала используется традиционный, предпочтительно связный (глинистый) грунт, или подходящие промышленные (строительные) отходы (отходы извести, мела, соды, графита, строительный мусор, шлак и т.д.).

В свою очередь, пласт (ярус) отходов формируется за счет 5–10 закладок уплотненных слоев отходов толщиной 0,2...0,4 м в каждой закладке. В летнее время эксплуатации полигона сформированная закладка отходов ежесуточно (в зимнее время – один раз в три дня) покрывается, а позднее и пласт закладки,

слоем изолирующего материала – грунтом или строительными (промышленными) отходами.

На полигоне не допускается беспорядочное складирование отходов на всей его площади. Каждая эксплуатируемая очередь полигона разбивается на рабочие карты – площадки складирования ТБПО, устанавливающие место выполнения работ на текущие сутки. В соответствии с инструкцией по эксплуатации полигона, рекомендованы следующие размеры рабочей карты: ширина 5 м, длина 30...150 м.

В зависимости от скорости поступления отходов на полигон (число мусоровозов в час), типов и производительности машин, используемых в работах по укладке отходов, методов укладки отходов на рабочей карте и местных климатических условий.

Площадка для разгрузки мусоровозов организуется на слое ТБПО, со времени укладки и изоляции которого прошло не менее трех месяцев. Размер разгрузочной площадки определяется с учетом следующих условий. Продолжительность приема отходов под разгрузку на одном участке площадки принимается равной 1–2 ч, учитывая, что за это время с другого участка разгрузочной площадки отходы будут уложены на рабочую карту.

Минимальная площадь одного участка разгрузочной площадки должна обеспечивать одновременную разгрузку не менее 12% мусоровозов, прибывающих на полигон в течение суточного рабочего времени приема отходов на полигон. При разгрузке, для соблюдения мер техники безопасности при производстве работ, мусоровозы должны устанавливаться с интервалом (по фронту разгрузки) не менее 4 м. Кроме того, участок разгрузочной площадки должен обеспечивать беспрепятственный въезд и выезд мусоровозных машин.

Укладка отходов включает следующие виды работ: перемещение отходов с разгрузочной площадки на рабочую карту; укладка отходов на рабочей карте слоями толщиной до 0,5 м; дробление (измельчение), перемешивание и уплотнение уложенного слоя отходов на рабочей карте для получения закладки отходов максимально достижимой плотности.

Два первых вида работ могут выполняться бульдозерами – машинами на гусеничном или колесном ходу, оборудованными отвалом для перемещения и разравнивания (планировки) отходов, а также ковшовыми погрузчиками.

Третий вид работ – дробление (измельчение), перемешивание и уплотнение слоя отходов, качественно может выполняться только специальной машиной-уплотнителем отходов, специально разработанной для выполнения таких работ на полигонах ТБПО.

Закладка отходов это заполненное отходами максимально возможной плотности проектное пространство их размещения при эксплуатации полигона ТБПО.

Размещение отходов с их максимально возможной плотностью

предусматривает последовательное выполнение следующих видов работ: перемещение отходов с разгрузочной площадки на рабочую карту; укладка отходов на рабочей карте; дробление (размельчение), перемешивание и уплотнение уложенного слоя отходов на рабочей карте для получения закладки отходов максимальной плотности.

Одним из важнейших условий получения высокой плотности закладки отходов на полигоне является применение современных способов их укладки на рабочей карте. При любом методе укладки принципиально важной в современной технологии эксплуатации полигона ТБПО является необходимость выполнения операций измельчения (дробления) и перемешивания отходов для получения их устойчивой смеси и максимального уплотнения.

В мировой практике при работе уплотнителей используются следующие методы укладки отходов на рабочей карте: тонкослойная укладка отходов с незначительным, пологим (более 1:5) уклоном плоскости закладки (так называемый «площадной метод»); тонкослойная укладка отходов на наклонной поверхности рабочей карты (с уклоном не круче 1:4); укладка отходов в отвал.

Метод тонкослойной укладки отходов на плоскости рабочей карты (рис. 72) предусматривает выполнение следующих технологических операций: перемещение отходов на рабочую карту с укладкой их слоем толщиной около 0,5 м; дробление, измельчение и перемешивание отходов в слое; уплотнение слоя укладки отходов многократным (не менее 10 раз) проходом уплотнителя по одному следу дотолщины слоя 0,2...0,3 м.

Метод тонкослойной укладки отходов на наклонной поверхности рабочей карты имеет две разновидности: укладка на наклонной поверхности снизу вверх (метод надвига), рис. 73; укладка на наклонной поверхности сверху вниз (метод сталкивания).

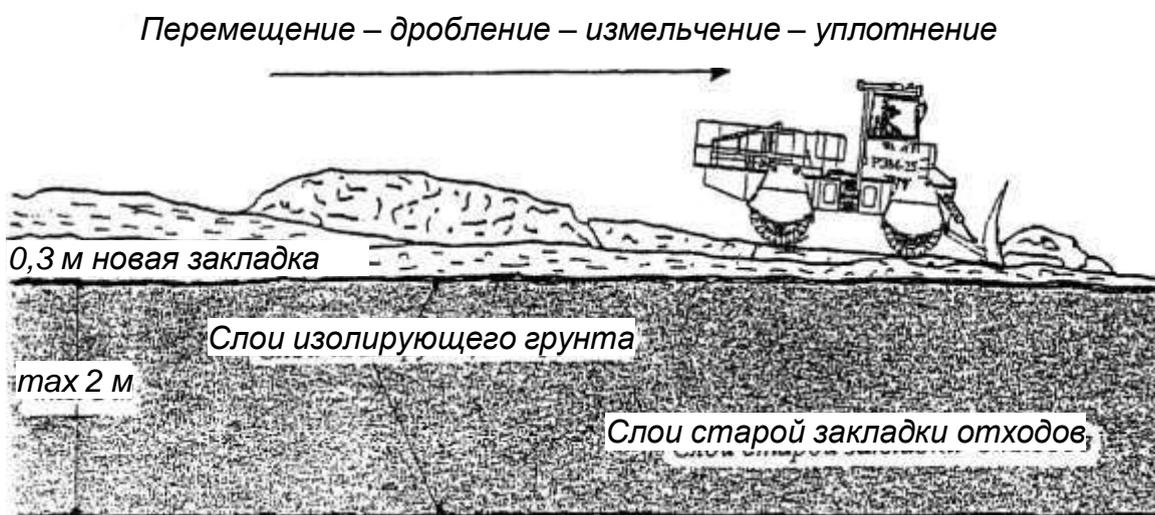


Рис. 72 Метод тонкослойной укладки отходов на плоскости рабочей карты («площадной метод»)

При рассматриваемом методе выполняются те же операции, что и при методе тонкослойной укладки. Отличие состоит в том, что отходы располагают на наклонной плоскости рабочей карты с уклоном не круче 1:4...1:5. Высота образующейся послойно уплотненной закладки отходов формируется равной 2 м.

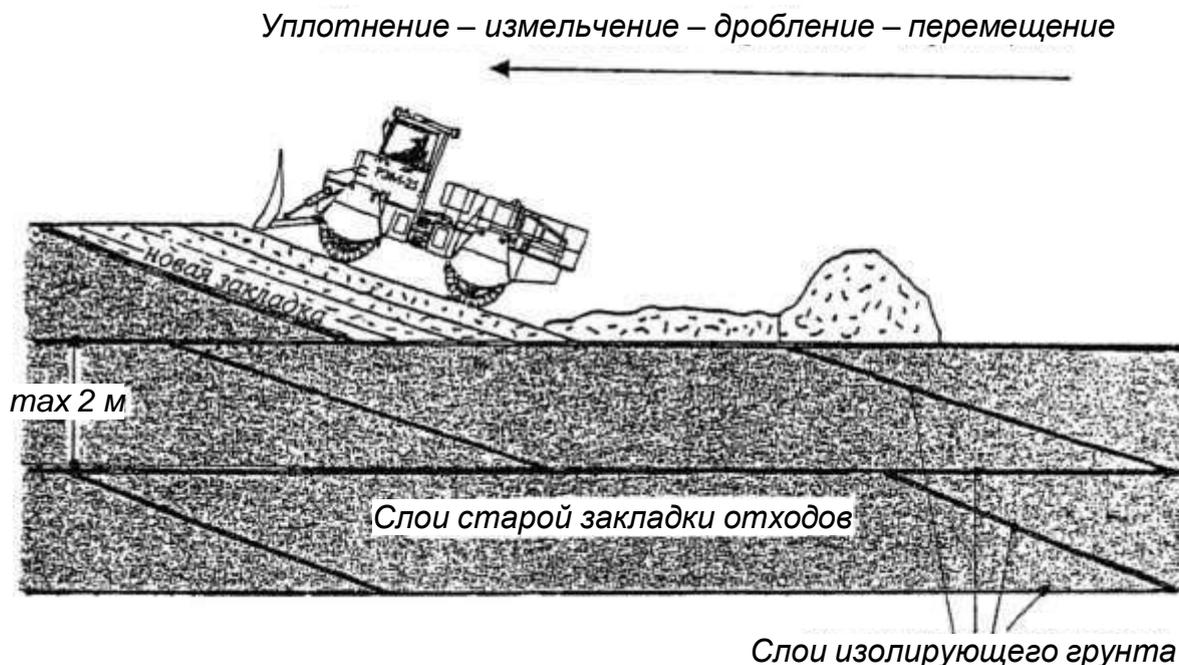


Рис. 73 Метод тонкослойной укладки отходов на наклонной поверхности рабочей карты (укладка снизу вверх, «надвиг»)

Метод укладки отходов в отвал рекомендуется использовать при размещении на полигоне преимущественно малосыпучих или трудно поддающихся раздроблению (размельчению) отходов.

Уплотнитель (компактор) (на примере РЭМ-25)

РЭМ-25 производства ОАО «Раскат» предназначен для предварительного планирования (разравнивания) и последующего послойного уплотнения мусора на полигонах ТБПО. Уплотнитель пригоден для работы на открытом воздухе в условиях умеренного климата, при этом нижнее значение температуры окружающего воздуха не должно быть менее $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Уплотнитель (рис. 74) представляет собой самоходную двухвальцовую кулачковую машину массой 26 т с бульдозерным отвалом и шарнирно-сочлененными рамами с относительным углом поворота относительно продольной оси на угол 30° только в горизонтальной плоскости, что обеспечивает машине хорошую маневренность при работе в условиях полигона, а также достижение максимального дробящего усилия величиной более 26 МПа

(260 кг/см²) на опорной плоскости вершины кулачка. Вертикальная ось вращения шарнира сочленения расположена на равном расстоянии от осей валцов, что позволяет осуществлять движение валцов при поворотах по одному следу.

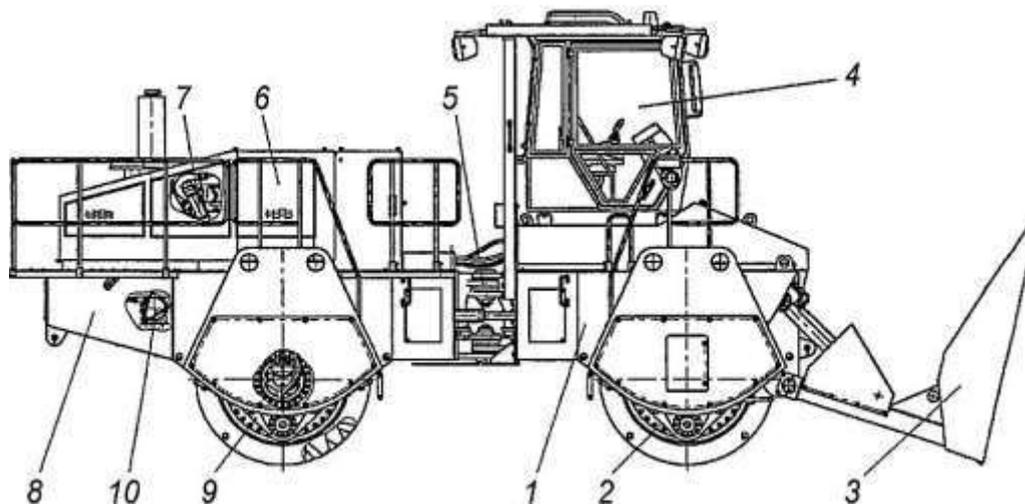


Рис. 74 Общий вид уплотнителя РЭМ-25: 1 – рама переднего вальца с топливным баком; 2 – передний кулачковый валец; 3 – отвал; 4 – кабина оператора; 5 – шарнир сочленения; 6 – капот; 7 – силовой агрегат; 8 – рама заднего вальца; 9 – задний кулачковый валец; 10 – подогреватель двигателя

Рама переднего вальца служит для крепления переднего кулачкового вальца, топливного бака, рабочего места с кабиной. На ней же установлен отвал. Рама заднего вальца служит для крепления заднего кулачкового вальца, силового агрегата, капота.

Уплотнитель оснащен двумя вальцами, с расположенными по их цилиндрической поверхности кулачками, и бульдозерным отвалом.

Кулачковые вальцы выполняют две функции: движителя машины и рабочего органа, обеспечивающего дробление (разрушение, измельчение) крупногабаритных отходов с их перемешиванием для получения как можно более однородной (гомогенной) по составу массы. А также уплотнение полученной смеси отходов до плотности, которую невозможно получить на полигоне ТБПО иными типами машин: гусеничными или колесными тракторами, прицепными или самоходными уплотнителями традиционных грунтов и т.п.

Бульдозерный отвал обеспечивает перемещение отходов с разгрузочной площадки на рабочую карту, укладку их слоями требуемой толщины, планировку поверхности рабочей карты. Для улучшения обзора рабочей зоны с рабочего места оператора верхняя часть отвала выполнена решетчатой. На нижней части отвала установлены сменные ножи, которые необходимо заменять по мере их

износа.

Уплотнитель обеспечивает выполнение всех видов работ, предусмотренных на рабочей карте полигона твердых бытовых и промышленных отходов, и позволяет отказаться при этом от использования гусеничного бульдозера.

Учитывая специфику отходов, уплотнитель имеет броневую защиту двигателя и трансмиссии, гидросистем отвала, шарнира сочленения; предусмотрена защита узлов и агрегатов уплотнителя от про никновения в них пыли, влаги, мусора и шлака, а также чистка межкулачкового пространства вальцов от налипающих (наматывающихся) отходов.

Силовой агрегат включает в себя подmotorную раму, с расположенными на ней двигателем, блоком гидронасосов, радиаторами охлаждения, баками гидравлики. На подmotorной раме также закреплен капот.

Кабина установлена на резиновых амортизаторах, на силовых элементах топливного бака. С целью минимизации нагрузки на оператора уплотнителя, кабина и его рабочее место выполнены с учетом целого ряда требований: простое и эргономичное управление, минимальные вибрационные и шумовые нагрузки, оптимальный температурный режим и кондиционирование воздуха в кабине и т.д. Рабочее место оператора одноместное, с регулируемым сиденьем оператора. Справа от рабочего места расположены джойстики управления ходом поворотом уплотнителя, а также подъемом и опусканием отвала.

Бульдозер-компактор БКК-1Л

Бульдозер-компактор БКК-1Л производства ООО «ЧТЗ-Уралтрак» предназначен для перемещения, разравнивания, уплотнения твердых бытовых и промышленных отходов, закрытия их покрывающим грунтом в макроклиматических районах с теплым умеренным климатом при нижнем значении температуры окружающего воздуха -20°C .

Компактор (рис. 75) состоит из двух модулей, рамы которых со единены между собой шарниром: рабочий модуль с отвалом и передними колесами и силовой модуль с моторно-трансмиссионной установкой, кабиной и задними колесами. Колеса стальные с зубьями и чистиками. Бульдозерное оборудование (рис. 65) состоит из рамы, тяги, отвала и гидросистемы управления.

На компакторе установлен V-образный шестицилиндровый дизельный двигатель с турбонаддувом ЯМЗ-236НЕ, жидкостного охлаждения, с системой электростартерного пуска. Двигатель установлен на раме компактора на опорах с резиновыми амортизаторами. Пуск двигателя осуществляется из кабины оператора. Применение гидростатической трансмиссии обеспечивает бесступенчатое регулирование скоростей, плавность передачи крутящего момента к ведущим колесам и реверсивность движения компактора. Передача мощности осуществляется через согласующий редуктор и карданный вал на

редукторы гидромоторов и бортовые редукторы привода ведущих колес, и на редукторы привода передних колес.

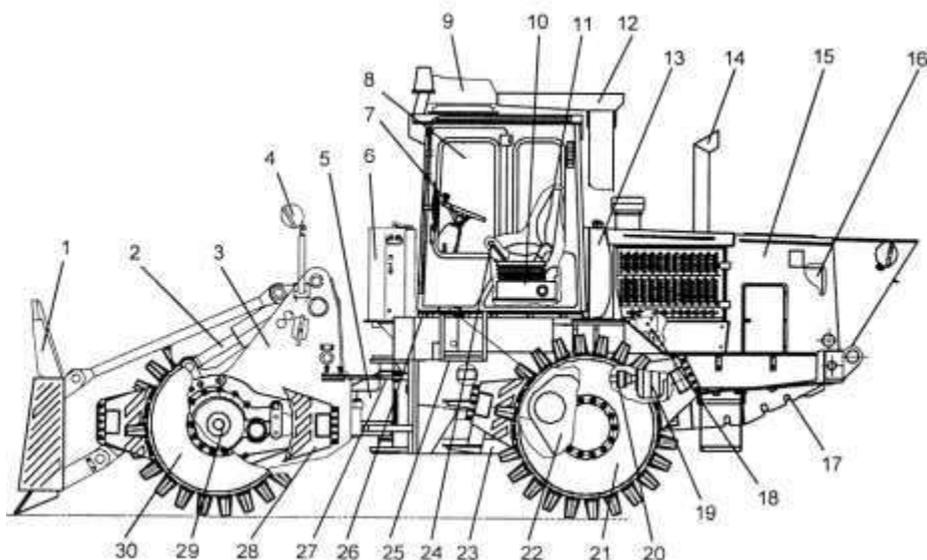


Рис. 75 Компактор БКК-1Л: 1 – оборудование бульдозерное; 2 – гидроцилиндр; 3 – рама переднего моста; 4 – электрооборудование; 5 – установка шарнира; 6 – гидросистема; 7 – управление поворотом; 8 – кабина; 9 – кондиционер; 10 – отопитель-вентилятор; 11 – сиденье; 12 – устройство защиты оператора; 13 – топливный бак; 14 – установка двигателя; 15 – капот; 16 – установка радиаторов; 17 – установка защиты двигателя; 18 – установка подогревателя; 19 – установка редуктора согласующего; 20 – установка передачи карданной; 21 – установка задних колес; 22 – трансмиссия; 23 – установка защиты трансмиссии; 24 – управление двигателем; 25 – установка подножек и поручней; 26 – платформа; 27 – установка стопора; 28 – установка чистиков; 29 – привод передних колес; 30 – установка передних колес

Бульдозер-компактор БКК-2

Бульдозер-компактор колесный БКК-2 выпускается ООО «ЧТЗ- Уралтрак» с 2012 г. и предназначен для перемещения, разравнивания, уплотнения твердых бытовых и промышленных отходов, закрытия их покрывающим грунтом в макроклиматических районах с холодным, умеренным и тропическим климатом при температуре окружающего воздуха до -30°C .

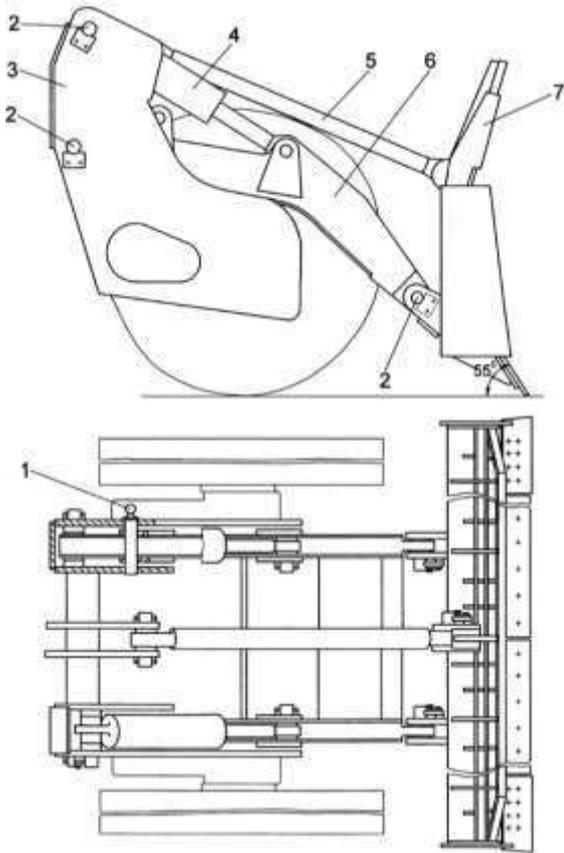


Рис. 76 Бульдозерное оборудование: 1 – палец; 2 – пробка; 3 – рама переднего моста; 4 – гидроцилиндр; 5 – тяга; 6 – рама; 7 – отвал

Компактор БКК-2, созданный на базе колесного погрузчика ПК65, является многофункциональной самоходной машиной, обеспечивающей выполнение всего комплекса работ по утилизации твердых бытовых и промышленных отходов. Общий вид и состав компактора приведен на рис. 77.

На компакторе БКК-2 установлен 8-цилиндровый, V-образный, дизельный двигатель ЯМЗ-238М2-51 мощностью 176 кВт. Трансмиссия с гидромеханической передачей 4WG-210 фирмы Zahnradfabrik Passau GmbH (Германия), включающей гидротрансформатор (ГТ), коробку передач (КП) и стояночный тормоз.

Включение передач осуществляется фрикционными муфтами, управляемыми электрогидравлическими клапанами. Передача мощности к переднему и заднему мостам осуществляется через карданную передачу. Компактор имеет два ведущих моста. Передний мост жестко крепится к раме компактора, задний – качается в поперечной плоскости.

5.5 Особенности хранения и захоронения отходов

Радиоактивные отходы

Радиоактивный мусор имеет и иное название — ядерные отходы. Также

существует понятие «отработавшее ядерное топливо» – ОЯТ.

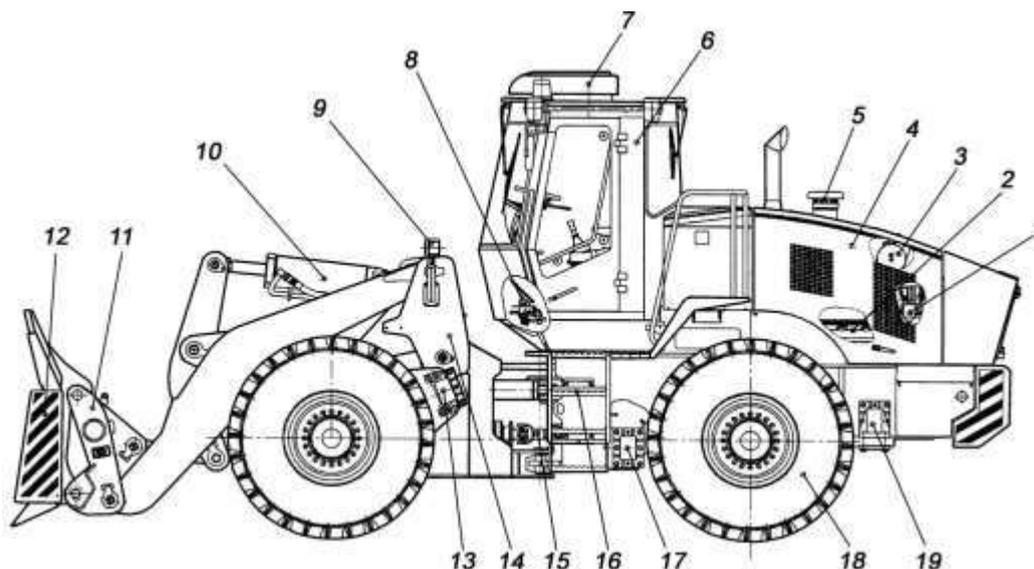


Рис. 77 Компактор БКК-2: 1 – топливная система; 2 – двигатель; 3 – система охлаждения; 4 – капот; 5 – система всасывания и выхлопа; 6 – кабина; 7 – кондиционер; 8 – система привода тормозов; 9 – электрооборудование; 10 – гидросистема; 11 – быстросъемное устройство; 12 – рабочее оборудование; 13 – передняя балка с очистителями; 14 – рама; 15 – трансмиссия; 16 – система доступа; 17 – защитная балка; 18 – металлические колеса с кулачками; 19 – задняя балка с очистителями

Будучи использованным сырьем, топливо используют неоднократно в качестве материала для ядерного реактора.

Уничтожение радиоактивного мусора состоит из нескольких стадий. В первую очередь сортируют опасные отходы с радиоактивными элементами по степени радиационной активности, разновидности и длительности распада.

Далее отходы сжигают, выпаривают, прессуют и фильтруют, что уменьшает объемы вредных изотопов и нейтрализует радионуклиды.

Далее жидкие радиоактивные отходы фиксируют при помощи остекления или смешивания с битумом или цементом. После фиксации изотопы размещают в специальные капсулы с толстыми стенками, для транспортировки к месту захоронения.

Кроме того, каждая капсула помещается в дополнительную упаковку, для надежного перемещения и хранения.

В зависимости от особенностей отходов, их утилизация может включать в себя процессы сжигания, выпаривания, фильтрации, прессовки и отвердения.

При этом важно при взаимодействии с опасным мусором руководствоваться санитарными правилами обращения с радиоактивными отходами.

Ионизирующее излучение — потоки фотонов и других элементарных частиц или атомных ядер, способные ионизировать вещество.

В Международной системе единиц (СИ) единицей поглощённой дозы является грэй (русское обозначение: Гр, международное: Gy), численно равный поглощённой энергии в 1 Дж на 1 кг массы вещества.

Иногда встречается устаревшая внесистемная единица рад (русское обозначение: рад; международное: rad): доза, соответствующая поглощённой энергии 100 эрг на 1 грамм вещества. $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$.

Также широко применяется устаревшее понятие экспозиционная доза излучения — величина, показывающая, какой заряд создаёт фотонное (гамма- или рентгеновское) излучение в единице объёма воздуха. Для этого обычно используют внесистемную единицу экспозиционной дозы рентген (русское обозначение: Р; международное: R).

Для учёта биологического эффекта поглощённой дозы была введена эквивалентная доза ионизирующего излучения, численно равная произведению поглощённой дозы на взвешивающий коэффициент излучения. Для рентгеновского, гамма- и бета-излучений коэффициент принят за 1.

Для альфа-излучения и осколков ядер коэффициент 20. Нейтроны — 5...20 в зависимости от энергии. В системе СИ эффективная и эквивалентная доза измеряется в зивертах (русское обозначение: Зв; международное: Sv).

Ранее широко применялась единица измерения эквивалентной дозы бэр (от биологический эквивалент рентгена для гамма-излучения; русское обозначение: бэр; международное: rem). Первоначально единица определялась как доза ионизирующего излучения, производящего такое же биологическое действие, как и доза рентгеновского или гамма-излучения, равная 1 Р. После принятия системы СИ под бэром стали понимать единицу, равную $0,01 \text{ Дж/кг}$. $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв} = 100 \text{ эрг/г}$.

Помимо биологической эффективности, необходимо учитывать проникающую способность излучений. Например, тяжёлые ядра атомов и альфа-частицы имеют крайне малую длину пробега в сколько-нибудь плотном веществе, поэтому радиоактивные альфа-источники опасны не при внешнем облучении, а лишь при попадании внутрь организма. Наоборот, гамма-излучение обладает значительной проникающей способностью.

Рассмотрим наиболее значимые показатели радиоактивного утильсырья.

Степень концентрации. Характеристика отражает величину удельной активности (активность элемента, приходящаяся на единицу веса). Чаще используют единицу измерения Ки/Т. Чем выше этот показатель, тем опаснее влияние радиоактивного мусора на окружающую среду и человека в частности.

Период полураспада. Отображает длительность распада 50 % атомов в радиоактивном веществе. Чем выше скорость распада, тем больший вред

причинит вещество, но и скорее потеряет свою эффективность.

По форме радиоактивные элементы бывают нескольких разновидностей:

-Газообразная форма (в первую очередь это отходы из систем вентиляции на предприятиях по переработке радиоактивных отходов)

-Жидкая форма (к примеру, жидкие отходы после переработки использованного топлива – с высокой активностью, потому крайне опасны для окружающей среды)

-Твердая форма (стеклянные пробирки, колбы, куски стекла из лабораторий и больниц)

Классифицируется радиоактивный мусор по следующим критериям.

По серьезности риска:

-Удаляемые отходы. Риск возникает при извлечении или применении. Однако этот риск не должен быть выше риска, который может возникнуть при создании и использовании, так называемого, могильника.

-Особые отходы. Здесь опасная ситуация может возникнуть в случае возможного воздействия радиации, или при извлечении и эксплуатации опасного вторсырья из хранилищ. Эти риски должны быть ниже, чем опасность их закапывания на той местности, где они расположены.

По длительности полураспада радионуклеидных веществ:

-Долгоживущие отходы.

-Короткоживущие отходы.

По удельной активности:

-Со слабой активностью.

-Со средней активностью.

-С низкой активностью.

С очень низкой активностью.

Отдельно выделяют еще одну разновидность радиоактивного мусора – трансурановую. Это высокоактивные отходы характеризуются содержанием трансурановых радионуклидов с долгим периодом полураспада. Представить степень опасности данных отходов для человека затруднительно.

По агрегатному состоянию:

-Жидкая форма.

-Твердая форма.

-Газообразная форма.

Присутствие в составе ядерных элементов:

-Присутствие.

-Отсутствие.

Отдельно выделяются отходы:

-Мусор, образуемый во время добычи или использования урана.

-Мусор, появившийся в процессе добывания минеральных ресурсов, не связанных с использованием атомной энергии.

-Мусор такого типа очень опасен для окружающей среды, так как повышается уровень радиации вокруг скопления отходов.

Для людей это представляет прямую угрозу, так как продукты распада могут попасть в еду и воду. Последствия могут быть серьезными, вплоть до мутаций, серьезной интоксикации и даже летального исхода.

Для предотвращения данной угрозы всем организациям надлежит использовать в производстве всевозможные фильтры, очистители для минимизации попадания вредных отходов в окружающую среду.

Степень радиационной опасности зависит от нескольких факторов:

-Массы радиоактивного мусора в биосфере.

-Силы единовременной полученной дозы радиации, гамма-лучей.

-Масштабов радиационного загрязнения.

-Количества людей, подвергшихся излучению.

Опасность отходов, в первую очередь, объясняется их возможностью беспрепятственно проникать в организм человека.

Потому важно купировать их вредное воздействие прямо на месте их возникновения. Также, необходимо устранить возможность попадания токсических отходов в пищевую цепочку людей и животных.

Сбор. Радиоактивный мусор должен собираться, сортироваться и уничтожаться отдельно от отходов иного класса опасности.

Во время данного процесса учитываются некоторые характеристики отходов:

-В каком состоянии находится вещество (жидком, твердом, в форме газа).

-Категория, к которой относится вещество.

-Объемы отходов, которые необходимо собрать.

-Физические и химические показатели, и свойства каждого элемента.

-Средняя продолжительность полураспада.

-Возможная опасность (к примеру, некоторые вещества могут загореться или взорваться во время проведения каких-либо манипуляций).

-Возможное использование или обращение с опасным отходом в будущем.

-Собрать и удалить можно только отходы низко- или среднеактивные.

К примеру, низкой активностью обладают выбросы в вентиляцию, которые собираются через трубу, и потом рассеиваются в воздухе или воде на определенной высоте и при особых условиях сброса.

Таким образом, можно контролировать предел допустимого поступления радионуклеидов в организм человека через воздух или воду.

Хранение и перевозка. Стоит различать такие понятия, как хранение и захоронение радиоактивного мусора. Для хранения отходов их вначале собирают, а потом осуществляют перевозку и размещают в могильнике.

Захоронение – это складывание мусора в могильниках. Тем самым радиоактивное утильсырье перестанет представлять угрозу для экологии.

В могильниках располагается только твердый мусор, поэтому жидкие отходы кристаллизуют или купируют при помощи цемента и битума.

При этом длительность радиоактивности веществ должна быть ниже, чем срок эксплуатации сооружений и капсул, в которых хранятся опасные элементы.

Захоронению подлежат не все виды опасного мусора. Отходы с радиоактивным излучением, максимальный срок опасности которых составляет пятьсот лет, будут захоронены в отдаленных территориях вдали от населенных пунктов.

Если же вещества представляют опасность несколько десятков лет, организация может этот период хранить его у себя на территории предприятия.

Допустимое количество отходов, которое можно хранить на специальной территории или отправлять на захоронение, определено в нормативных документах.

Контейнеры. Емкости и упаковка для опасных отходов могут изготавливаться из бумаги, пластмассы или резины. Представляют собой они одноразовые пакеты.

Специальный оборудованный радиоактивный контейнер помогает осуществить сбор, хранение и перевозку отходов. Хранится он в помещениях с защитными экранами, контейнерами и холодильным оборудованием.

Хранятся РАО различными способами:

-При помощи холодильников (в них содержат трупы животных, на которых проводились исследования, иные органические материалы).

-В барабанах из металла (для хранения порошкообразных отходов) с запаянными крышками.

-При помощи стойкой водоупорной краски (ими обрабатывают оборудование лабораторий перед перемещением в другое место).

Дезактивация. Окружающая среда загрязняется постоянно, и большинство

стран заинтересованы в решении этой проблемы и, в частности, поиске наилучшего пути уничтожения радиоактивного мусора.

Захоронение радиоактивного мусора является эффективным способом его нейтрализации, но все равно негативно отражается на состоянии экологии.

Сейчас существует несколько способов дезактивации опасных отходов.

При помощи карбоната натрия. Применим только для твердого радиоактивного мусора, который загрязняет почву. Карбонат натрия вступает в реакцию с радионуклидами. Далее, из щелочного раствора извлекают опасные вещества разными путями. Способ удаления вредных элементов эффективен, хоть имеет и свои минусы: невозможность стопроцентного извлечения радионуклидов из грунта и перевод их в состояние жидкости, а также большие затраты.

Растворение в азотной кислоте. Осадки и пульпы с радионуклидами поддаются диффузии в смеси азотной кислоты и гидразина. После этого раствор плотно упаковывается и переводится в твердое состояние. Идеальным такой способ назвать нельзя, так как процесс является довольно дорогостоящим.

Элюирование почвы. Способ подходит для нейтрализации вредного воздействия радиационных отходов на почву. Преимущество метода – в наименьшем повреждении окружающей среды.

Процесс представляет собой заливание пораженных участков грунта специальными растворами с аммониевой солью и аммиаком для извлечения радионуклидов. Недостаток способа – в низкой эффективности.

Дезактивация жидких отходов. Наибольшую сложность при хранении и нейтрализации представляют отходы в жидкой форме. Потому легче всего проводить дезактивацию жидких РАО.

Путей дезактивации несколько:

-Физическим способом (жидкость выпаривается и вымораживается, герметично упаковывается и закапывается).

-Физико-химическим способом (радионуклиды извлекаются путем экстракции со специальными растворами).

-Химическим способом (отходы очищаются от радионуклидов природными реагентами, но при этом остается много утильсырья, которое направляют на захоронение).

Минусы методов – в дороговизне и большом количестве отходов, которые направляют на захоронение.

Захоронение РАО. Захоронение опасных отходов в России проводится в

специально отведенных местах – федеральных и государственных могильниках для РАО. Место захоронения радиоактивных отходов должно быть расположено в максимальном отдалении от грунтовых вод, строек, населенных пунктов и пастбищ.

Захоронения бывают нескольких видов, их выбор зависит от особенностей отходов:

-Для длительного захоронения – около десяти лет (траншеи, специальные сооружения под землей или на ней). Отходы хранятся на специальных площадках в контейнерах до тех пор, пока отходы перестанут быть опасными, а далее могут утилизироваться как обычный мусор. К таким отходам относятся материалы ЛПУ (больниц, клиник, медицинских лабораторий). Контейнером в данном случае может служить обычная металлическая бочка объемом в 200 литров. Для герметичности отходы заливаются битумом или цементом.

-На несколько сотен лет. Могильники располагаются гораздо глубже, часто на дне океанов.

Утилизация ядерных отходов после трансмутации. Радиоактивный мусор с особенно длительным периодом полураспада предварительно облучают с целью сокращения периода разложения. Выбор способа захоронения зависит от активности элементов, герметичности упаковок и приблизительного срока хранения.

Сжигание. Предметы, подвергшиеся облучению (бумажные, деревянные изделия, твердые бытовые отходы, одежда и т.д.) сжигают в специальных печах.

Плюсы плазменной обработки радиоактивного мусора:

- Отсутствие необходимости тщательной сортировки отходов.
- Многоступенчатая очистка минимизирует выделение вредных газов с примесями в воздух.
- Обработка проходит автономно.
- Утилизация радиоактивных отходов в больших объемах.

Сжигание применяют как для твердого, так и для жидкого радиоактивного мусора.

Плазменная обработка применяется в атомных электростанциях, так как в данной промышленности опасные отходы образуются постоянно.

Мусор при этом превращается в стекловидное тело, которое подвергается помещению в хранилище радиоактивных отходов безвозвратно.

Медицинские отходы. Сбор, хранение и утилизация отходов медицинских организаций

Правильный сбор отходов является главной мерой для уменьшения распространенности инфекций.

Медицинские отходы в зависимости от степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания подразделяются на пять классов опасности (п. 2.1 Сан - ПиН 2.1.7.2790-10

«Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами»):

Класс А – эпидемиологически безопасные отходы, приближенные по составу к твердым бытовым отходам (далее – ТБО).

Класс Б – эпидемиологически опасные отходы.

Класс В – чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы.

Класс Г – токсикологически опасные отходы 1–4 классов опасности.

Класс Д – радиоактивные отходы.

Таблица 7 – Классы опасности отходов

Класс опасности	Характеристика морфологического состава
Класс А (эпидемиологически безопасные отходы, по составу приближенные к ТБО)	Отходы, не имеющие контакта с биологическими жидкостями пациентов, инфекционными больными. Канцелярские принадлежности, упаковка, мебель, инвентарь. Смет от уборки территории и так далее. Пищевые отходы пищеблоков, кроме инфекционных, в том числе фтизиатрических.
Класс Б (эпидемиологически опасные отходы)	Инфицированные и потенциально инфицированные отходы. Материалы и инструменты, предметы, загрязненные кровью и/или другими биологическими жидкостями. Патологоанатомические отходы. Органические операционные отходы (органы, ткани и так далее). Пищевые отходы из инфекционных отделений. Биологические отходы вивариев. Живые вакцины, непригодные к использованию.
Класс В (чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы)	Материалы, контактировавшие с больными инфекционными болезнями, отходы лечебно-диагностических подразделений фтизиатрических стационаров (диспансеров), загрязненные мокротой пациентов, отходы микробиологических лабораторий, осуществляющих работы с возбудителями туберкулеза.

Класс Г (токсикологически опасные отходы)	Лекарственные (в том числе цитостатики), диагностические, дезинфицирующие средства, не подлежащие использованию. Ртутьсодержащие предметы, приборы и оборудование.
Класс Д Радиоактивные отходы	Все виды отходов, в любом агрегатном состоянии, в которых содержание радионуклидов превышает допустимые уровни, установленные нормами радиационной безопасности.

Система сбора, временного хранения и транспортирования медицинских отходов должна включать следующие этапы:

- сбор отходов внутри организаций, осуществляющих медицинскую и/или фармацевтическую деятельность;
- перемещение отходов из подразделений и временное хранение отходов на территории организации, образующей отходы;
- обеззараживание/обезвреживание;
- транспортирование отходов с территории организации, образующей отходы;
- отходов различных классов в общей емкости недопустимо;
- процессы перемещения отходов от мест образования к местам временного хранения и/или обеззараживания, выгрузки и загрузки многоразовых контейнеров должны быть механизированы;
- к работам по обращению с медицинскими отходами не допускается привлечение лиц, не прошедших предварительный инструктаж по безопасному обращению с медицинскими отходами.

Требования к сбору медицинских отходов:

- к работе с медицинскими отходами не допускаются лица моложе 18 лет. Персонал проходит предварительные (при приеме на работу) и периодические медицинские осмотры в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации;
- персонал должен быть привит в соответствии с национальным и региональным календарем профилактических прививок. Персонал, не иммунизированный против гепатита В, не допускается к работам по обращению с медицинскими отходами классов Б и В;
- при приеме на работу и затем ежегодно персонал проходит обязательный инструктаж по правилам безопасного обращения с отходами;
- персонал должен работать в спецодежде и сменной обуви, в которых не допускается выходить за пределы рабочего помещения. Личную одежду и спецодежду необходимо хранить в разных шкафах;
- персонал обеспечивается комплектами спецодежды и средствами индивидуальной защиты (халаты/комбинезоны, перчатки,

маски/респираторы/защитные щитки, специальная обувь, фартуки, нарукавники);

-стирка спецодежды осуществляется централизованно. Запрещается стирка спецодежды на дому.

Сотрудник, проводящий сбор медицинских отходов, должен надеть комплект спецодежды средства защиты рук и лица.

Порядок действий при сборе отходов класса А. Сбор отходов класса А осуществляется в многоразовые емкости или одноразовые пакеты. Цвет пакетов может быть любой, за исключением желтого и красного. Одноразовые пакеты располагаются на специальных тележках или внутри многоразовых контейнеров.

Емкости для сбора отходов и тележки должны быть промаркированы "Отходы. Класс А". Заполненные многоразовые емкости или одноразовые пакеты доставляются с использованием средств малой механизации и перегружаются в маркированные контейнеры, предназначенные для сбора отходов данного класса, установленные на специальной площадке (помещении). Многоразовая тара после опорожнения подлежит мытью и дезинфекции. Пищевые отходы, предназначенные к вывозу для захоронения на полигонах твердых бытовых отходов, должны помещаться для временного хранения в многоразовые контейнеры в одноразовой упаковке. Временное хранение пищевых отходов при отсутствии специально выделенного холодильного оборудования допускается не более 24 часов.

Порядок действий при сборе отходов класса Б. Персонал, проводящий сбор отходов класса Б, должен пройти квалифицированный инструктаж по обращению с опасными материалами. Контроль за проведением сбора медицинских отходов несут старшие медицинские сестры отделений.

Отходы класса Б подлежат обязательному обеззараживанию (дезинфекции)

Отходы класса Б собираются в одноразовую мягкую (пакеты) или твердую (непрокальваемую) упаковку (контейнеры) желтого цвета или имеющие желтую маркировку. Выбор упаковки зависит от морфологического состава отходов.

Для сбора острых отходов класса Б должны использоваться одноразовые непрокальваемые влагостойкие емкости (контейнеры). Емкость должна иметь плотно прилегающую крышку, исключая возможность самопроизвольного вскрытия.

Для сбора органических, жидких отходов класса Б должны использоваться одноразовые непрокальваемые влагостойкие емкости с крышкой (контейнеры), обеспечивающей их герметизацию и исключаяющей возможность самопроизвольного вскрытия.

Мягкая упаковка (одноразовые пакеты) для сбора отходов класса Б должна быть закреплена на специальных стойках-тележках или контейнерах.

После заполнения пакета не более чем на 3/4 сотрудник, ответственный за

сбор отходов в данном медицинском подразделении, завязывает пакет или закрывает его с использованием бирок-стяжек или других приспособлений, исключающих высыпание отходов класса Б. Твердые (непрокальываемые) емкости закрываются крышками. Перемещение отходов класса Б за пределами подразделения в открытых емкостях не допускается.

При окончательной упаковке отходов класса Б для удаления их из подразделения (организации) одноразовые емкости (пакеты, баки) с отходами класса Б маркируются надписью "Отходы. Класс Б" с нанесением названия организации, подразделения, даты и фамилии ответственного за сбор отходов лица.

Медицинские отходы класса Б из подразделений в закрытых одноразовых емкостях (пакетах) помещают в контейнеры и затем в них перемещают на участок по обращению с отходами или помещение для временного хранения медицинских отходов до последующего вывоза транспортом специализированных организаций к месту обеззараживания/обезвреживания. Доступ посторонних лиц в помещения временного хранения медицинских отходов запрещается.

Патологоанатомические и органические операционные отходы класса Б (органы, ткани и так далее) подлежат кремации (сжиганию) или захоронению на кладбищах в специальных могилах на специально отведенном участке кладбища в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации. Обеззараживание таких отходов не требуется.

Допускается перемещение необеззараженных медицинских отходов класса Б, упакованных в специальные одноразовые емкости (контейнеры), из удаленных структурных подразделений (здравпункты, кабинеты, фельдшерско-акушерские пункты) и других мест оказания медицинской помощи в медицинскую организацию для обеспечения их последующего обеззараживания/обезвреживания.

Порядок действий при сборе отходов класса В. Персонал, проводящий сбор отходов класса В, должен пройти квалифицированный инструктаж по обращению с опасными материалами. Контроль за проведением сбора медицинских отходов несут старшие медицинские сестры отделений. Отходы класса В подлежат обязательному обеззараживанию (дезинфекции) физическими методами (термические, микроволновые, радиационные и другие). Применение химических методов дезинфекции допускается только для обеззараживания пищевых отходов и выделений больных.

Отходы класса В собирают в одноразовую мягкую (пакеты) или твердую (непрокальываемую) упаковку (контейнеры) красного цвета или имеющую красную маркировку. Выбор упаковки зависит от морфологического состава отходов. Жидкие биологические отходы, использованные одноразовые колющие (режущие) инструменты и другие изделия медицинского назначения помещают в твердую (непрокальываемую) влагостойкую герметичную

оболочку.

Мягкая упаковка (одноразовые пакеты) для сбора отходов класса В должна быть закреплена на специальных стойках(тележках) или контейнерах.

После заполнения пакета не более чем на 3/4 сотрудник, ответственный за сбор отходов в данном медицинском подразделении, с соблюдением требований биологической безопасности завязывает пакет или закрывает с использованием бирок-стяжек или других приспособлений, исключающих высыпание отходов класса В. Твердые (непрокальваемые) емкости закрываются крышками. Перемещение отходов класса В за пределами подразделения в открытых емкостях не допускается.

При окончательной упаковке отходов класса В для удаления их из подразделения одноразовые емкости (пакеты, баки) с отходами класса В маркируются надписью "Отходы. Класс В" с нанесением названия организации, подразделения, даты и фамилии ответственного за сбор отходов лица.

Медицинские отходы класса В в закрытых одноразовых емкостях помещают в специальные контейнеры и хранят в помещении для временного хранения медицинских отходов.

Порядок действий при сборе отходов класса Г. Использованные ртутьсодержащие приборы, лампы (люминесцентные и другие), оборудование, относящиеся к медицинским отходам класса Г, собираются в маркированные емкости с плотно прилегающими крышками любого цвета (кроме желтого и красного), которые хранятся в специально выделенных помещениях.

Сбор, временное хранение отходов цитостатиков и генотоксических препаратов и всех видов отходов, образующихся в результате приготовления их растворов (флаконы, ампулы и другие), относящихся к медицинским отходам класса Г, без дезактивации запрещается. Отходы подлежат немедленной дезактивации на месте образования с применением специальных средств. Также необходимо провести дезактивацию рабочего места. Работы с такими отходами должны производиться с применением специальных средств индивидуальной защиты и осуществляться в вытяжном шкафу.

Лекарственные, диагностические, дезинфицирующие средства, не подлежащие использованию, собираются в одноразовую маркированную упаковку любого цвета (кроме желтого и красного).

Сбор и временное хранение отходов класса Г осуществляется в маркированные емкости ("Отходы. Класс Г") в соответствии с требованиями нормативных документов в зависимости от класса опасности отходов. Вывоз отходов класса Г для обезвреживания или утилизации осуществляется специализированными организациями, имеющими лицензию на данный вид деятельности.

Порядок действий при сборе отходов класса Д. Сбор, хранение, удаление отходов класса Д осуществляется в соответствии с требованиями

законодательства Российской Федерации к обращению с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, нормами радиационной безопасности.

Вывоз и обезвреживание отходов класса Д осуществляется специализированными организациями по обращению с радиоактивными отходами, имеющими лицензию на данный вид деятельности.

Правила сбора медицинских отходов.

Запрещается:

- вручную разрушать, разрезать отходы классов Б и В, в том числе использованные системы для внутривенных инфузий, в целях их обеззараживания;

- снимать вручную иглу со шприца после его использования, надевать колпачок на иглу после инъекции;

- пересыпать (перегружать) неупакованные отходы классов Б и В из одной емкости в другую;

- утрамбовывать отходы классов Б и В;

- осуществлять любые операции с отходами без перчаток или необходимых средств индивидуальной защиты и спецодежды;

- использовать мягкую одноразовую упаковку для сбора острого медицинского инструментария и иных острых предметов;

- устанавливать одноразовые и многоразовые емкости для сбора отходов на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов;

- перемещение отходов класса Б за пределами подразделения в открытых емкостях;

- перемещение отходов класса В за пределами подразделения в открытых емкостях;

- доступ посторонних лиц в помещения временного хранения медицинских отходов;

- применение холодильного оборудования, предназначенного для накопления отходов, для других целей.

Требования к условиям временного хранения (накопления) медицинских отходов:

- сбор отходов в местах их образования осуществляется в течение рабочей смены. При использовании одноразовых контейнеров для острого инструментария допускается их заполнение в течение 3-х суток;

- хранение (накопление) более 24 часов пищевых отходов, необеззараженных отходов класса Б осуществляется в холодильных или морозильных камерах;

- одноразовые пакеты, используемые для сбора отходов классов Б и В должны обеспечивать возможность безопасного сбора в них не более 10 кг

отходов;

-накопление и временное хранение необеззараженных отходов классов Б и В осуществляется отдельно от отходов других классов в специальных помещениях, исключающих доступ посторонних лиц.

В небольших медицинских организациях (здравпункты, кабинеты, фельдшерско-акушерские пункты и так далее) допускается временное хранение и накопление отходов классов Б и В в емкостях, размещенных в подсобных помещениях (при хранении более 24-х часов используется холодильное оборудование).

- применение холодильного оборудования, предназначенного для накопления отходов, для других целей не допускается;

-контейнеры с отходами класса А хранятся на специальной площадке. Контейнерная площадка должна располагаться на территории хозяйственной зоны не менее чем в 25 м от лечебных корпусов и пищеблока, иметь твердое покрытие.

Размер контейнерной площадки должен превышать площадь основания контейнеров на 1,5 метра во все стороны. Площадка должна быть ограждена.

Учет и контроль за движением медицинских отходов.

Учет и контроль движения отходов классов А, Г, Д осуществляется в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации.

Для учета медицинских отходов классов Б и В служат следующие документы:

-технологический журнал учета отходов классов Б и В в структурном подразделении; в журнале указывается количество единиц упаковки каждого вида отходов;

-технологический журнал учета медицинских отходов организации. В журнале указывается количество вывозимых единиц упаковки и/или вес отходов, а также сведения об их вывозе с указанием организации, производящей вывоз, рис. 78;

-документы, подтверждающие вывоз и обезвреживание отходов, выданные специализированными организациями, осуществляющими транспортирование и обезвреживание отходов.

Частые нарушения

- нарушение режима дезинфекции медицинских отходов;
- отсутствие либо несоответствие имеющихся помещений для временного хранения отходов;
- отсутствие единого поставщика КБУ и других упаковочных материалов;
- хранение необеззараженных медицинских отходов в контейнерах для бытового мусора;
- отсутствие безопасной транспортировки отходов.

одной минуты.

Вторая группа АХОВ имеет температуру кипения от — 40°С до +40°С и критическую температуру выше температуры окружающей среды.

Для приведения таких АХОВ в жидкое состояние их надо сжать и хранить в охлажденном виде или под давлением при обычной температуре (хлор, аммиак, оксид этилена). Их выброс обычно дает первичное и вторичное облако зараженного воздуха (ОЗВ). Характер заражения зависит от соотношения между температурами кипения АХОВ и температурой воздуха.

Так, бутан в жаркую погоду будет по действию подобен АХОВ первой группы, т.е. появится только первичное облако, а в холодную — третьей группы. Но если температура кипения ниже температуры воздуха, то при разрушении емкости и выходе АХОВ в первичном ОЗВ может оказаться его значительная часть, так как жидкость вскипает при значительно меньшем давлении в резервуаре. При этом в месте аварии может наблюдаться значительное переохлаждение воздуха и конденсация влаги.

Третья группа АХОВ характеризуется температурой кипения выше 40°С, т.е. все АХОВ, находящиеся при атмосферном давлении в жидком состоянии. При их выливе происходит заражение местности с опасностью заражения грунтовых вод. С поверхности грунта жидкость испаряется долго, т.е. возможно образование вторичного ОЗВ, что расширяет зону поражения. Наиболее опасны АХОВ третьей группы, если они хранятся при повышенной температуре и давлении (бензол, толуол).

§ 6 ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, МЕХАНИЧЕСКИХ И АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ, ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ.

6.1 Общие сведения об энергетическом воздействии

В настоящее время наибольшее внимание привлекают изменения электромагнитных и виброакустических параметров (условий) окружающей среды. Как правило, в литературе они рассматриваются как волновые или энергетические загрязнения.

Спектр частот известных сегодня электромагнитных колебаний чрезвычайно широк: от близких к нулю до $3 \cdot 10^{22}$ Гц (рентгеновское излучение). В связи с этим обстоятельством и различием способов получения и регистрации, а также в связи с многообразием проявлений электромагнитных колебаний весь спектр разбит на несколько диапазонов:

1) радиоволны возбуждаются при движении электрических зарядов в системах, образованных телами макроскопических (надмолекулярных) размеров, частоты $0 < f < 6 \cdot 10^{12}$ Гц, $\lambda > 5 \cdot 10^{-5}$ м; согласно международному регламенту радиосвязи длины (частоты) радиоволн делятся на 12 диапазонов, начиная с крайне низких частот (3...30) Гц, заканчивая гипервысокими частотами (0,3...3) ТГц;

2) оптические волны (излучения) возбуждаются при движении электрических зарядов в системах атомно-молекулярных размеров. Спектр частот $f = 3 \cdot 10^{11} \dots 3 \cdot 10^{16}$ Гц (границы условные), $\lambda = 10^{-3} \dots 10^{-8}$ м. Весь спектр оптического излучения разделён на три диапазона:

-инфракрасное, $f = (3 \cdot 10^{14} \dots 3,9 \cdot 10^{14})$ Гц, $\lambda = (10^{-3} \dots 0,77 \cdot 10^{-6})$ м или тепловое излучение;

-видимое, $f = (3,9 \cdot 10^{14} \dots \sim 7,9 \cdot 10^{14})$ Гц, $\lambda = (0,77 \cdot 10^{-6} \dots 0,38 \cdot 10^{-6})$ м или световое излучение;

-ультрафиолетовое излучение, $f = (7,9 \cdot 10^{14} \dots 3 \cdot 10^{16})$ Гц, $\lambda = (0,38 \cdot 10^{-6} \dots 10^{-8})$ м;

3) рентгеновское излучение возникает при взаимодействии заряженных частиц и фотонов с атомами вещества, $f = (3 \cdot 10^{15} \dots 3 \cdot 10^{22})$ Гц, $\lambda = (10^{-8} \dots 10^{-14})$ м.

4) гамма-излучение, генерируется возбуждёнными ядрами атомов при радиоактивных превращениях и ядерных реакциях, при распаде частиц и т.п., $f > 3 \cdot 10^{18}$ Гц, $\lambda < 10^{-10}$ м.

Наибольший вклад в энергетическое загрязнение окружающей среды

вносят изменения её электромагнитных параметров в диапазонах частот, соответствующих областям радиоволн, инфракрасного или теплового излучения, рентгеновского и гамма-излучения, которые вместе с α - и β - частицами являются причиной радиоактивного загрязнения биосферы.

Радиоактивность – самопроизвольное превращение (распад) атомных ядер.

При этом изменение атомного номера приводит к превращению одного химического элемента в другой, изменение массового числа – к превращению изотопов данного элемента. Каждый акт распада сопровождается испусканием α - или β - частицы, или нейтрона, или γ - кванта (фотона), или определённым их сочетанием. Данные частицы способны прямо или косвенно ионизировать среду.

Нуклид - общее название атомов, различающихся числом нуклонов в ядре или, при одинаковом числе нуклонов, содержащих разное число протонов или нейтронов.

Радионуклид – нуклид, обладающий радиоактивностью.

Радиоактивное вещество (РВ) - вещество, имеющее в своём составе радионуклиды.

Доза эквивалентная – поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения:

$$H_{T,R} = D_{T,R} W_R,$$

где $D_{T,R}$ – средняя поглощенная доза в органе или ткани; W_R – взвешивающий коэффициент для излучения R; R – индекс вида и энергии излучения.

Единица дозы эквивалентной – зиверт, Зв.

Взвешивающий коэффициент W_R учитывает относительную эффективность различных видов излучений в индуцировании биологических эффектов. Значения его составляют:

1 – для электронного, позитронного, рентгеновского, гамма- и бета-излучений;

20 – для альфа-излучений;

5 – для протонов с энергией более 2 МэВ;

5-20 – для нейтронов с энергией от менее 10 кэВ до и более 20 МэВ.

Доза эффективная – величина, используемая как мера риска

возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности:

$$E = \sum_T H_T W_T ,$$

где H_T - эквивалентная доза в органе или ткани, T ; W_T – взвешивающий коэффициент для органа или ткани T для учета различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации.

Единица дозы эффективной – зиверт, Зв.

Если просуммировать индивидуальные эффективные эквивалентные дозы группы людей, то получится коллективная эффективная эквивалентная доза, на основе которой возможна оценка стохастического эффекта воздействия ионизирующих излучений на группы людей.

Предел дозы (ПД) – величина годовой эффективности или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы.

Предел годового поступления (ПГП) – допустимый уровень поступления данного радионуклида в организм в течение года, который при многофакторном воздействии приводит к облучению условного человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу годовой дозы.

Для фотонного (рентгеновского и гамма – излучения) существует экспозиционная доза D_x – отношение заряда одного знака, образовавшегося в данном объёме воздуха, к массе воздуха в данном объёме. Единица измерения – кулон/кг, Кл/кг. Внесистемная единица – рентген, Р, $1P = 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

Мощность дозы излучения P – отношение приращения дозы за некоторый интервал времени к этому интервалу времени; единицы мощности дозы: Гр/с, Зв/с, Р/с.

Естественный радиационный фон - мощность эквивалентной дозы ИИ, создаваемая космическим излучением и излучением природных радионуклидов, естественным образом распределённых в биосфере, в том числе в живом веществе и в организме человека. Для России он составляет 0,1...0,2 мкЗв/ч, что примерно соответствует годовой эквивалентной дозе 0,9 мЗв.

Технологически изменённый естественный радиационный фон - связан с использованием материалов с повышенным содержанием естественных радионуклидов, сжиганием ископаемого топлива, применением сельскохозяйственных удобрений и т.п.

Техногенный или искусственный радиационный фон - сформировавшийся из радионуклидов, возникших при испытаниях ядерного оружия и ядерных авариях и поступающих в биосферу при работе предприятий ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) и атомной промышленности.

Значит, люди подвергаются облучению за счёт естественного и искусственного радиационных фонов, а также за счёт медицинских процедур.

Категории облучаемых лиц включают:

-персонал (группы А и Б): А – лица, работающие с техногенными источниками излучения; Б – находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия;

-все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Санитарно–защитная зона (СЗЗ) – территория вокруг источника излучения (ИИ), на которой уровень облучения людей в условиях нормального (штатного) режима работы источника ИИ может превысить установленный предел дозы (ПД). В СЗЗ устанавливается режим ограничений и проводится радиационный контроль дозиметрической службой предприятия.

Зона наблюдения - территория вокруг источника ИИ, где возможно влияние радиоактивных сбросов и выбросов источника ИИ, и облучение проживающего населения может достигать ПД. Радиационный контроль проводится радиологическими службами СЭС.

Уровни воздействия источников ИИ регламентируются основным документом – “Нормы радиационной безопасности (НРБ)-99”. Согласно НРБ-99, дозовые пределы не включают в себя дозу, вызванную естественным радиационным фоном, и дозу, получаемую человеком при медицинских процедурах, табл. 8.

Таблица 8 - Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год (1000 мЗв за 50 лет трудовой деятельности)	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год (70 мЗв за 70 лет жизни)
Эквивалентная доза за год:		
в хрусталике глаза	150 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Основные пределы доз для персонала группы Б равны 1/4 значений для персонала группы А.

Нарушение НРБ-99 и ОСПОРБ - 99 влечёт дисциплинарную, административную и уголовную ответственности.

Одной из составляющих радиационного загрязнения биосферы является технологически изменённый естественный радиационный фон – за счёт поступления в природную среду естественных радионуклидов, извлекаемых из глубин земли вместе с углём, газом, нефтью, минеральными удобрениями, строительными материалами и др.

К нему также относят: дополнительное облучение при полётах в самолётах; радионуклиды радий-226, прометий-147, тритий, используемые для светосоставов постоянного действия, цветные телевизоры и другие устройства, содержащие радионуклиды или излучающие рентгеновское излучение; радионуклид Po-210, используемый для снятия статического электрического заряда в некоторых производствах; некоторые пожарные дымовые детекторы; керамическую и стеклянную посуду, содержащую уран и торий и др.

Значительное количество радионуклидов содержится в удобрениях, применяемых в сельском хозяйстве. После внесения удобрений в почву радионуклиды по пищевым цепям поступают в живые организмы.

После обогащения урановый концентрат перерабатывают на химических и аффинажно-металлургических заводах с целью извлечения урана и очистки его от примесей. При этом образуются газообразные и жидкие отходы (альфа- и бета-излучатели), но доза облучения от них намного меньше, чем на других стадиях ЯТЦ. Обогащённый уран (в виде оксида урана) – исходное сырьё для производства ядерного топлива в виде таблеток массой до 15 г. Последние размещаются в оболочках из термостойких сплавов. Это – тепловыделяющие элементы. ТВЭЛами загружают активную зону (ядерную «топку») ядерного реактора. Безопасность работы реактора обеспечивается регулированием цепной реакции, охлаждением активной зоны и радиационной защитой.

Аффинаж — металлургический процесс очистки некоторых тяжёлых металлов от примесей.

Современные реакторы разделяются на два основных типа: на тепловых нейтронах и на быстрых нейтронах.

Реакторы первого типа: водо-водяные (ВВЭР), паро-водяные (ПВР), водо-графитовые (ВГР, РБМК), графито-газовые (ГГР). В них тепло-носитель – вода (пар) или газ (гелий, углекислый газ), замедлитель – вода или графит, топливо – таблетки оксида урана – 238, слабообогащённого ураном-235, способным на самопроизвольную цепную реакцию. Теплоноситель прокачивается через активную зону (первый контур) и полученное в ней тепло передаёт на парогенератор (второй контур). Из него пар подаётся на турбину электрогенератора.

В реакторах второго типа теплоноситель – жидкий натрий, он

прокачивается через активную зону и отводит тепло в теплообменник, в котором отдаёт тепло натрию второго контура. Натрий второго контура проходит в парогенератор, испаряя воду третьего контура, пар поступает в турбину электрогенератора. Топливо – уран, обеднённый ураном – 235 (практически чистый уран-238), не «работающий» в тепловых реакторах.

Жидкие РАО: пульпа ионо-обменных смол, фильтроматериалы, кубовые остатки выпарных аппаратов, в которые поступает загрязнённая радионуклидами вода при эксплуатации или ремонте реактора, дебалансные воды, активность которых создаётся в основном за счёт трития, т.к. система очистки не позволяет извлекать тяжёлую воду из воды.

Твёрдые РАО: отверждённые жидкие концентрированные РАО, детали оборудования реактора, снятые с эксплуатации, отработавшие материалы.

Доза облучения населения зависит от времени, расстояния и типа реактора. Например, расчётная индивидуальная средняя эффективная эквивалентная годовая доза облучения населения от газоаэрозольных выбросов составляет на расстоянии 10 и 100 км соответственно: для РБМК – 0,0013 и 0,0000135 мЗв/ГВт; для ВВЭР – 0,000079 и 0,0000036 мЗв/ГВт.

На конечной стадии ЯТЦ производится захоронение высокоактивных РАО. До сих пор не определены оптимальные способы захоронений. Есть проекты захоронений в глубоких подземных выработках, например, в соляных шахтах, в герметичных ёмкостях глубоко под землёй или на дне океана и т.д. – каждый способ имеет свои недостатки, создающие угрозу глобального загрязнения в будущем. Оптимистические оценки лучших вариантов, например, отверждение отходов с последующим захоронением в геологически стабильных районах, показывают, что заметные количества радиоактивных веществ достигнут биосферы через $10^5 \dots 10^6$ лет.

Облучение человека при медицинских обследованиях и радиационной терапии превышает воздействие всех других искусственных источников. Дозы облучения создаются при рентгеновской диагностике человека и диагностике состояния отдельных органов с помощью радиоактивных фармацевтических препаратов, а также при радиотерапии с использованием радиоактивных источников (кобальт-60, цезий-137), бетатронов, линейных ускорителей и радиофармпрепаратов.

Максимальная средняя годовая доза от рентгенодиагностических процедур приходится на костный мозг, желудочно-кишечный тракт и всё тело: 1310, 860 и 1386 мкГр, в то же время средняя эффективная эквивалентная годовая доза облучения человека, проживающего в районе с «нормальным» природным радиационным фоном, составляет 2000 мкЗв.

При радиотерапии поглощённые дозы составляют 20...60 Гр за несколько сеансов.

6.2 Защита окружающей среды от ионизирующих излучений

Радиоактивные вещества, попадая в воду, воздух, почву, включаются в биосферный круговорот. Они представляют опасность как источники внешнего и особенно внутреннего облучения. Накапливаясь в растениях, они по пищевым цепям поступают в ткани и органы животных и человека. Многие радионуклиды обладают свойством избирательного накопления в различных органах и тканях в силу совпадения или близости их химических свойств свойствам элементов, которые естественным образом входят в живые организмы. Так, Sr-90, сходный по химическим свойствам с кальцием, переходит из растений в организм сельскохозяйственных животных, затем с мясной или молочной пищей поступает в организм человека и накапливается в костной ткани и костном мозге, вызывая опухоли костей и лейкозы.

Защитить окружающую среду от ИИ – значит обеспечить неперевышение предела дозы (ПД) облучения для населения, установленного в НРБ-99 (п. 4.2.1).

Соблюдение ПД достигается регламентацией и контролем допустимых уровней ИИ, установленных в НРБ-99.

При внутреннем облучении: предел годового поступления (ПГП) радионуклида через органы дыхания и пищеварения, допустимая объёмная концентрация (ДК) радионуклида в атмосферном воздухе и в воде. При внешнем облучении: допустимая мощность дозы (ДМД), допустимая плотность потока частиц (ДПП), допустимое загрязнение поверхностей (ДЗ).

Величину ДК вычисляют как отношение ПГП радионуклида к объёму воды или воздуха, с которыми он поступает в организм человека в течение года.

На человека могут воздействовать несколько радионуклидов и источников ИИ, создавая внешнее и внутреннее облучение. В этом случае для каждого критического органа должно соблюдаться условие:

$$\frac{H_{M\Sigma}}{ПД} + \sum_j \frac{П_j}{ПГП_j} + \sum_k \frac{П_k}{ПГП_k} \leq 1,$$

где $H_{M\Sigma}$ - максимальная эквивалентная доза внешнего источника облучения; $П_j$, $П_k$ – среднегодовые поступления соответственно j-го радионуклида в органы дыхания и k-го радионуклида с рационом (пищевым).

Должно также соблюдаться аналогичное условие для среднегодовой мощности максимальной дозы $H_{M\Sigma}$ и среднегодовых концентраций C_j , C_k радионуклидов в воздухе и в рационе:

$$\frac{\dot{H}_{M\Sigma}}{DMДБ} + \sum_j \frac{C_j}{DK_{Бj}} + \sum_k \frac{P_k}{DK_{Бk}} \leq 1.$$

При аварийных ситуациях однократное внешнее переоблучение человека при дозе свыше 5ПДД или однократное поступление в организм радионуклидов свыше 5ПДП (предел допустимого поступления) рассматривается как потенциально опасное и должно быть медицински освидетельствовано.

Жидкие, газообразные и твёрдые РАО делятся на слабо -, средне -, и высокоактивные.

Сбор твёрдых РАО должен производиться на местах их образования отдельно от обычного мусора и отдельно, с учётом их природы (неорганические, органические, биологические), периода полураспада (до 15 сут., более 15 сут.), взрывопожароопасности, методов переработки РАО.

Остатки от переработки облучённого топлива, источники излучения, ионитные смолы, использованное оборудование и т.п. подлежат захоронению. Фильтры и обтирочный материал предварительно сжигаются, остатки от сжигания подвергаются захоронению. Удаление РАО производится на специальных пунктах захоронения в контейнерах. Мощность дозы излучения на расстоянии 1 м от сборника с РАО не должна превосходить 0,1 мЗв/ч. Уровни загрязнения наружных поверхностей транспортных контейнеров и их тары β - частицами не должны превосходить, соответственно, 2000 и 200 частиц/(см²·мин.).

Транспортировка РАО к местам захоронения осуществляется на специально оборудованных автомашинах с крытым кузовом или цистерной (для жидких РАО), автомашины и сменные сборники после каждого рейса должны быть дезактивированы.

Если для захоронения низкоактивных РАО допускается использование резервуаров и траншей, то для средне- и высокоактивных РАО предусматривается их захоронение в отвержденном состоянии в подземных хранилищах на глубине 300...1000 м. Из-за больших тепловыделений РАО и опасности взрывов такое захоронение не всегда возможно. Проблема захоронения РАО ещё не нашла своего надёжного решения.

По рекомендациям МАГАТЭ низкоактивные радиоактивные пылегазовые выбросы ($A \leq 3,7$ Бк/м³) могут не подвергаться очистке и рассеиваются в окружающей среде через трубы, высота которых обеспечивает соблюдение ДК.

Для очистки вентиляционных выбросов и технологических сдувок от радиоактивных инертных газов (изотопы криптона, ксенона, аргон-41) используют адсорбционные колонны или газгольдеры. В последних короткоживущие радионуклиды (как правило, период их полураспада измеряется несколькими часами) снижают свою активность за счёт радиоактивного распада.

Методы радиационного контроля основаны на измерениях параметров ИИ с помощью дозиметрических приборов. Типы и параметры дозиметров устанавливаются в зависимости от измеряемой величины и вида ИИ.

6.3 Электромагнитное загрязнение биосферы

Многолетние наблюдения и результаты специальных экспериментов показывают, что электромагнитные поля (ЭМП) космического происхождения, околоземного происхождения, литосферного происхождения, составляющие естественный электромагнитный фон Земли, играют важную роль в формировании жизненных процессов на Земле. Так, известно влияние солнечной активности, например, магнитных бурь на биологическую деятельность всех организмов, на рост эпидемий инфекционных заболеваний. Изменение геомагнитного поля значимо коррелирует с годовым приростом деревьев, урожаем сельхозкультур, обострением психических, сердечно-сосудистых заболеваний, числом дорожных катастроф.

ЭМП, в частности, ЭМП радиоволновых частот, $0 < f < 6 \cdot 10^{12}$ Гц, сформированные человеком в ходе промышленно-технической деятельности, по энергетическим, и информационным характеристикам могут существенно отличаться от ЭМП естественного фона, к которым человек адаптировался в течение длительного периода эволюции. Так, суммарная напряжённость ЭМП во многих местах земной поверхности возросла по сравнению с естественным фоном на 2...5 порядков.

В связи с особенностями взаимодействия ЭМП с биологическими объектами диапазон частот радиоволн можно разделить на три поддиапазона:

- 1) $0 \dots 10^6$ Гц – влияние магнитной и электрической составляющих ЭМП на биосферу можно рассматривать отдельно;
- 2) $10^6 \dots 10^9$ Гц – влияние магнитной и электрической составляющих ЭМП на биообъекты разделить невозможно;
- 3) $10^9 \dots 10^{12}$ Гц – указанное влияние разделить также невозможно; в данной области частот на биообъекты всегда действует сформировавшаяся электромагнитная волна.

Эти особенности электрических, магнитных и электромагнитных полей определяют механизмы влияния ЭМП на биообъекты. Так, постоянное магнитное поле приводит к проявлению диа- и парамагнитных эффектов, постоянное электрическое поле – поляризационных эффектов, переменное магнитное поле индуцирует электрический ток в биообъектах, переменное электрическое поле вызывает токи смещения в живом веществе биообъектов.

Основные искусственные источники ЭМП: радиолокационные, радио- и телепередающие станции, электростанции и трансформаторные подстанции,

энергосиловые установки, воздушные линии электропередачи (ЛЭП), наконец, телеприёмники, СВЧ-печи, радиотелефоны, компьютеры, широко разветвлённые электрические, в том числе кабельные сети и др. Как отмечалось, напряжённость техногенных ЭМП на значительных территориях на 2...5 порядков превышает естественный ЭМП-фон населённой местности – по крайней мере, в отдельных областях радиоволнового диапазона. Суточные колебания техногенного ЭМП изменяют электромагнитную обстановку в биосфере в целом.

Нельзя не обратить внимание на статические электрические поля: на поверхности таких широко распространённых материалов, как линолеум, пластиковые плитки, синтетические ткани одежды образуются большие электрические заряды. Последние способны возбудить огромные напряжённости электростатического поля – до 3000 кВ/м, вызывающие электрический пробой воздуха (напомним, что напряжённость электростатического поля Земли составляет ~ 130 В/м). Эти поля создают своеобразный техногенный фон локальных электростатических полей. То же можно сказать о статических магнитных полях, например, в электрометаллургии, об электрических полях 50 Гц в приземном слое вдоль высоковольтных ЛЭП. Уровни электромагнитных излучений (ЭМИ, радиочастотный диапазон) очень часто превосходят допустимые санитарные нормы: в районах аэропортов, радио- и телестанций, военных, радиотехнических и других объектов. Например, в районе расположения теле- и радиостанции плотность потока энергии достигает сотен Вт/м² при ПДУ в рабочей зоне 10 Вт/м² (в населённой местности ПДУ должен быть на порядки величины меньше).

Природные ЭМП – естественные синхронизаторы ритмов организма. В то же время в периоды солнечных вспышек, когда радиоизлучение Солнца возрастает в 1000 и более раз, данные природные ЭМП фактически выступают в роли десинхронизатора, и у ослабленных людей (с зауженной зоной толерантности) могут обостряться сердечно-сосудистые, психические и другие заболевания.

Техногенные ЭМП, особенно когда их информационные характеристики близки к аналогичным характеристикам биоэлектрической активности органов человека, определённо приводят к десинхронизации функциональных процессов в организме.

Биологический эффект воздействия ЭМП зависит от его частоты, интенсивности, продолжительности, характера и режима облучения. ЭМП может усилить тепловое движение молекул в живой ткани. Это приводит к повышению температуры тела и может вызвать такие вредные последствия, как ожоги, катаракты, нарушения нормального развития утробного плода. Не исключена вероятность разрушения сложных биологических структур (например, клеточных мембран). То есть, возможны последствия более тонкие,

чем простое повышение температуры, хотя экспериментальных свидетельств этого пока недостаточно.

Больше всего экспериментального материала относится к радиочастотному диапазону. Установлено, что плотности потока энергии больше 100 мВт/см² ведут к тепловому повреждению и к развитию катаракты в глазу, при 10...100 мВт/см² наблюдались изменения, обусловленные термическим стрессом, включая аномалии у потомков, при 1 ... 10 мВт/см² отмечались изменения в иммунной системе. В диапазоне от 100 до 1 мкВт/см² достоверно не установлено почти никаких последствий.

Имеются данные о том, что рабочие, длительно работающие в условиях воздействия микроволн, или живущие рядом с ЛЭП, могут быть больше подвержены раку, лейкемии, опухолям мозга, рассеянному склерозу и другим тяжёлым заболеваниям. Наиболее чувствительными к воздействию радиоволн являются нервная и сердечно-сосудистая системы.

Нормирование электромагнитных полей

Для оценки уровня ЭМП используются разные характеристики ЭМП: в диапазоне 0... 300 МГц используется электрическая и магнитная напряжённости ЭМП (Е и Н, В/м, А/м), в диапазоне 300 МГц...300 ГГц – плотность потока энергии (ω , Вт/м² или мкВт/см²). Для измерения напряжённостей ЭМП используют прибор ИЭМП с дипольной и рамочной антеннами и преобразователями для измерения напряжённостей в разных частотных диапазонах, для измерения мощности излучения – прибор ПЗ - 40, снабжённый сменными антеннами.

В настоящее время допустимо считать, что биологический эффект ЭМП в диапазоне 300 МГц ... 300 ГГц слабо зависит от частоты, поэтому обсуждение различных аспектов нормирования в этом диапазоне ведётся на примере СВЧ-полей.

СВЧ-поля проникают в биообъекты на глубину, равную 1/40 длины волны, поэтому сантиметровые и миллиметровые волны поглощаются, в основном, кожей, при этом большая часть энергии выделяется в виде тепла. Излучения с большими длинами волн проникают глубже и влияют на внутренние органы.

Логика нормирования СВЧ-полей: под ПДУ следует понимать минимальную ω , выше которой в организме возникают стойкие функциональные изменения, то есть в зоне запредельного торможения (см. начало раздела 4). Так, для излучения с $\lambda = 10$ см такие нарушения установлены при $\omega > 1000$ мкВт/см². Взяв коэффициент запаса, равный 10, можно определить, таким образом, предельно допустимый уровень (ПДУ) = 100 мкВт/см².

Согласно СанПиН 2.2.4.1191 – 03, определяющих нормирование ЭМП в производственных условиях для диапазона 10 кГц...300 ГГц ПДУ определяется

по формуле:

$$ПДУ = \frac{W}{t},$$

где W – нормированное значение допустимой энергетической нагрузки; $W = 200 \text{ мкВт}\cdot\text{ч}/\text{см}^2$ для всех случаев облучения, кроме случая вращающихся и сканирующих антенн, когда $W = 2000 \text{ мкВт}\cdot\text{ч}/\text{см}^2$; t – время пребывания в зоне облучения.

Однако значения ПДУ не должны превосходить $1000 \text{ мкВт}/\text{см}^2$ в любых случаях, а при наличии рентгеновского излучения (в пределах норм радиационной безопасности) или температуры выше 28°C ПДУ не должен превосходить $100 \text{ мкВт}/\text{см}^2$.

ПДУ ЭМИ радиочастот для населения приведены в таблицах 9,10.

Таблиц 9 - ПДУ ЭМИ для населения

Места Нахождения людей	Участок диапазона, единица измерения				
	30 кГц ...300 кГц, В/м	0,3 МГц ...3 МГц, В/м	3 МГц ...30МГц, В/м	30 МГц ...300 МГц, В/м	300 МГц ...300ГГц, мкВт/см ²
Территория жилой застройки, места отдыха, помещения, рабочие места лиц до 18 лет и беременных женщин	25	15	10	3*	10 100**

Низкочастотные ЭМП (0...10кГц) представляют собой значимый экологический фактор. Так, геомагнитное поле (ГМП) защищает живое вещество планеты от электрически заряженных частиц космического происхождения, и существенное изменение ГМП может привести к дестабилизации биосферы, причём не на энергетическом, но на информационном уровне: например, сезонная миграция большого числа разнообразных животных связана с их способностью ориентироваться по силовым линиям ГМП.

Таблица 10- ПДУ ЭМИ радиочастот, создаваемые телевизионными станциями

Частота ТВ-станции, МГц	48,4	88,4	192	300
Напряжённость, E (В/м)	5,4	4,0	3,0	2,5

Низкочастотные магнитные поля в связи с практическим отсутствием ослабления тканью живого вещества оказывают влияние на все органы, ткани, клетки, молекулы биообъекта. Так, хроническое воздействие магнитного поля 50 Гц напряжённостью около 640 А/м приводит к возрастанию летальности лабораторных животных (на 20 %) и к напряжению адаптационных процессов в системе надпочечных желёз, снижению половой потенции у самцов белых мышей. Низкочастотные электрические поля экранируются и ослабляются живыми организмами, но отрицательно влияют на физиологическое состояние животных.

В качестве ПДУ ЭМП 50Гц – основной источник ЭМП 50Гц – воздушные линии электропередачи (ЛЭП) – приняты следующие значения напряжённости электрического поля, кВ/м: в жилых помещениях – 0,5; в зоне жилой застройки – 1,0; в населённой местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зелёные зоны, земли посёлков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населённых пунктов в пределах черты этих пунктов), а также на территории огородов и садов – 5; на участках пересечения ЛЭП с автомобильными дорогами I – IV категорий - 10; в ненаселённой местности – 15; в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельхозмашин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения - 20 кВ/м.

Для зон около радиотехнических объектов и телевизионных станций СВЧ-диапазона в основу нормирования положены «Санитарные правила ...» .

При одновременном воздействии нескольких источников суммарное значение параметров ЭМП, например, напряжённости электрической составляющей ЭМП, определяется из соотношения:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2} ,$$

где E_1, E_2, \dots, E_n – напряжённости электрического поля, создаваемые каждым передатчиком в контролируемой точке данного диапазона, В/м.

Суммарная плотность потока энергии, ω , от n источников на прилегающей территории для диапазона частот ЭМИ 300МГц ... 300ГГц равна:

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n .$$

При наличии нескольких источников излучения, работающих в разных радиочастотных диапазонах, напряжённости поля E_1, E_2, \dots, E_n , создаваемые n источниками ВЧ, и плотности потока энергии $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$, создаваемые N

источниками СВЧ, на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) должны соответствовать требованию:

$$\left(\frac{E_1}{E_{\text{ПДУ}_1}}\right)^2 + \left(\frac{E_2}{E_{\text{ПДУ}_2}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{E_n}{E_{\text{ПДУ}_n}}\right)^2 + \frac{\omega_1}{\omega_{\text{ПДУ}_1}} + \frac{\omega_2}{\omega_{\text{ПДУ}_2}} + \dots + \frac{\omega_n}{\omega_{\text{ПДУ}_n}} \leq 1.$$

6.4 Защита персонала от радиоволнового облучения

Такая защита производится путём экранирования, ограничения мощности источника, сокращением времени работы в условиях облучения, увеличением расстояния между работающим и источником. При планировании работ намечаются нужные мощности источника и расстояния, чтобы не превышать допустимого уровня при длительной работе. Эффективное средство защиты – дистанционное управление излучателем. При работе с излучателем заранее известной мощности и при известном расстоянии необходимо определить допустимое время работы, чтобы не было переоблучения.

Эффективна защита экранами, наиболее рационально экранирование генераторов и фидерных линий. Рабочие места экранируют поглощающими сетчатыми и эластичными экранами. Индивидуальные средства: защитная одежда, защитные очки, халаты, отражающие ЭМП.

Защита от ЭМИ 50 Гц осуществляется экранированием поля и ограничением времени пребывания в нём. Электрические и магнитные поля 50 Гц разных объектов представлены в таблице 11.

При кратковременной работе в условиях действия электрических и магнитных полей рекомендуются следующие граничные значения: безопасные напряжённости – 30 кВ/м (пребывание в электрическом поле до 2 часов в сутки), 10^4 А/м (пребывание в магнитном поле 5 мин. в час по нормам DIN VDE 0848); допустимые напряжённости – 10 кВ/м и 800 А/м (пребывание в обоих полях несколько часов в сутки по нормам B03, RPA). Данные предельные значения отличаются от нормативов РФ: допускается длительное пребывание в поле напряжённостью до 5 кВ/м, не разрешается пребывание в поле с напряжённостью более 25 кВ/м без защитных средств; в интервале напряжённостей от 5 до 20 кВ/м время пребывания t ограничивается в соответствии с формулой:

$$t = \frac{50}{E} - 2(\text{час}),$$

где E , кВ/м – напряжённость электрического поля.

ПДУ напряжённости магнитного поля 50 Гц в зависимости от продолжительности и режима воздействия (непрерывный или прерывистый) находятся в пределах 1,4 ... 10 кА/м.

Таблица 11 – Электрические и магнитные поля 50Гц разных объектов

Наименование параметра или объекта	Напряжённость электрического поля, В/м	Напряжённость магнитного поля, А/м
ОРУ 500, 750 кВ	$10^3 \dots 5 \cdot 10^4$	10 ... 100
ЛЭП 380 кВ	$10^3 \dots 10^4$	1 ... 4
ЛЭП 330 кВ	$10^3 \dots 5 \cdot 10^3$	10 ... 100
ВЛ 6 – 35 кВ	$10 \dots 5 \cdot 10^2$	0,1 ... 2
Шинный мост 6кВ	10^3	40 ... 100
ЗРУ 6кВ	-	200
Жилые помещения	1 ... 100	0,01 ... 0,5
Электробытовые приборы	5 ... 500	0,1 ... 300
Порог индивидуальной восприимчивости	$10^4 \dots 2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3 \dots 3 \cdot 10^4$
Электрическая прочность воздуха	$5 \cdot 10^5 \dots 3 \cdot 10^6$	-
Расчётные и экспериментальные безопасные напряжённости по условиям возбуждения клеток организма	$2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$
Нормативные напряжённости по данным ВОЗ, IРРА, с учётом других возможных воздействий на организм	$5 \cdot 10^3$	80
То же по данным DIN VDE 0848	$7 \cdot 10^3$	320

Перспективные методы защиты персонала от воздействия импульсных ЭМИ: использование частотно-избирательных пространственно-распределённых аттенюаторов, широкополосных согласующих устройств, поглощающих подстилающих поверхностей, индивидуальной защитной одежды (комбинезоны и халаты из металлизированной ткани; очки марки ЗП5-90), электрогерметизации элементов схем, блоков, узлов и установки в целом, экранирования рабочего места, увеличения высоты подвеса фазных проводов ЛЭП, уменьшения расстояния между ними и др.

Аттенюатор — устройство для плавного, ступенчатого или фиксированного понижения интенсивности электрических или электромагнитных колебаний, его также его можно рассматривать и как измерительный преобразователь. ГОСТ 28324-89 определяет аттенюатор как элемент для снижения уровня сигналов, обеспечивающий фиксированное или регулируемое затухание.

Трудностей защиты населения не меньше, а возможно, и больше, чем для лиц, связанных с ЭМИ на производстве: отсутствие надёжного экранирования от ЭМИ, высокая степень влияния на формирование ЭМИ металлических переотражающих предметов, соизмеримость размеров тела и органов человека с долями длин излучаемых волн, эффект кумуляции и др. непосредственно отражаются на здоровье человека.

Основной путь защиты от ЭМИ в окружающей среде – защита расстоянием. Для соблюдения нормативных ПДУ для ЭМИ в населённой местности планировочные решения при размещении радиотехнических объектов (РТО) выбирают с учётом мощности передатчиков, характеристики направленности, высоты размещения и конструктивных особенностей антенн, рельефа местности, функционального значения прилегающих территорий, этажности застройки. Площадка РТО оборудуется согласно строительным нормам и правилам, на её территории не допускается размещение жилых и общественных зданий. Для защиты населения от воздействия ЭМИ устанавливаются, при необходимости, санитарно-защитные зоны (СЗЗ) и зоны ограничения застройки. Внешняя граница СЗЗ определяется на высоте 1,8...2 м от поверхности земли по нормативным ПДУ. Зона ограничения застройки – территория, где на высоте более 2 м от поверхности земли превышает нормативный ПДУ. Внешняя граница этой зоны определяется по максимальной высоте зданий перспективной застройки, на уровне верхнего этажа которых уровень ЭМИ не превышает нормативного ПДУ.

Размеры СЗЗ и зоны ограничений определяют по методикам Правил СН 2963-84, границы зон уточняют на основе измерений при приёмке объекта в эксплуатацию.

В таблице 12 представлены размеры СЗЗ типовых передающих радиостанций.

6.5 Защита окружающей среды от тепловых загрязнений

По распространению и по масштабам воздействия тепловое загрязнение – один из наиболее крупных видов физического загрязнения окружающей среды: с довольно большой степенью достоверности можно считать объёмы потребления энергопотребителем топлива, горячей воды, пара одновременно и объёмами теплового загрязнения прилегающего района.

Температура – пожалуй, важнейший из абиотических факторов, влияющих на процессы в мире микроорганизмов, на выживание животных и растений. Последнее сегодня особенно актуально для водной фауны и флоры, поскольку по сложившейся технологии сброса избыточного тепла значительная его часть отводится в водоёмы, что при относительно малом объёме поверхностных вод

(средний расход планетарного поверхностного стока составляет $\sim 1,24 \cdot 10^3$ км³/с) приводит к их значимому подогреву.

Таблица 12 - Размеры СЗЗ типовых передающих радиостанций

Мощность одного передатчика, кВт	Наименование объекта	Санитарно-защитная зона, м
Малой мощности до 5	Длинноволновые	10
	Средневолновые	20
	Коротковолновые	175
Средней мощности – от 5 до 25	Длинноволновые	10...75
	Средневолновые	20...150
	Коротковолновые	175...400
Большой мощности от 25 до 100	Длинноволновые	75...480
	Средневолновые	150...960
	Коротковолновые	400...2500
Сверхмощные, свыше 100	Длинноволновые	Более 480
	Средневолновые	Более 960
	Коротковолновые	Более 4500

В большинстве промышленных стран установлены пределы теплового загрязнения. Они относятся, как правило, к режимам водоёмов, так как по сложившейся технологии отвода «тепловых отходов» водоёмы (реки, озёра, моря) принимают основную часть сбросного тепла и наиболее страдают от теплового загрязнения. В Европе принято, что вода водоёма не должна подогреваться больше, чем на 3°C по сравнению с естественной температурой водоёма. В США нагрев воды в реках не должен превышать 3°C, а озёрах – 1,6°C, в прибрежных водах морей и океанов – 0,8°C летом и 2°C в остальное время. В России, согласно «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», действующим с 1975 г., температура воды в водоёмах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения не должна повышаться более чем на 3°C по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца в последние 10 лет. Для водоёмов, в которых обитают холодноводные рыбы (лососевые и сиговые), температура не должна повышаться более чем на 5°C с общим повышением не более чем до 20°C летом и 5°C зимой.

В настоящее время около 30 % энергопотребления приходится на электроэнергетику, 35 % - на отопление и горячее водоснабжение, 30 % - на технологическое потребление тепла. Согласно статистике, из всех тепловых

сбросов 18 % приходится на отходы использования тепла, 22 % – отопления и горячего водоснабжения и 42 % - теплоконденсации на ТЭС. Первый и третий виды сбросов, как правило, отводят непосредственно в атмосферу, вторые и четвёртые – через системы водяного охлаждения.

К перспективным способам утилизации тепловых отходов электростанций можно отнести:

- орошение сельскохозяйственных земель (правда, это ведёт к возрастанию безвозвратных потерь воды, раздел;
- использование в тепличном хозяйстве;
- подогрев свежей воды, поступающей на электростанцию, для предупреждения осаждения солей на стенках трубопроводов;
- поддержание северных морских гаваней в свободном ото льда состоянии;
- перегонка мазута и других тяжёлых нефтепродуктов;
- аквакультура – разведение рыб для вылова, выращивание тепло-любивых видов в северных районах;
- получение дополнительной электроэнергии, например, с помощью термоэлементов;
- защита животных в природе путём устройства подогреваемых зимой прудов для водоплавающей птицы;
- ликвидация туманов и очистка посадочных и рулевых дорожек при обеспечении безопасности в аэропортах.

6.6 Защита окружающей среды от виброакустических загрязнений

Изменение виброакустических параметров окружающей среды связано с возникновением либо малых механических колебаний (вибраций) в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, либо упругих колебаний (звуковых, или акустических полей) в твёрдой, жидкой или газообразной среде вследствие воздействия на среду какой-либо возмущающей силы.

Шум в окружающей среде – в жилых и общественных зданиях, на прилегающих к ним территориях, в городской среде в целом вызывается одиночными или комплексными источниками, находящимися снаружи или внутри здания: средства транспорта, оборудование предприятий, вентиляторы, компрессорные установки, станции для испытания двигателей и генераторов, аэрогазодинамические установки, средства аудиотехники, санитарно-техническое оборудование жилых зданий, электрические трансформаторы.

В городе интенсивность шума каждые 25...30 лет возрастает примерно в 10 раз, т.е. на 10 децибел (дБ). Человек реагирует на шум в зависимости от

субъективных особенностей организма, привычного шумового фона. Раздражающее действие шума зависит от его уровня, спектральных и временных характеристик. Считается, что даже шумы с уровнем ниже 60 дБ вызывают нервное раздражение, и существует прямая связь между уровнем шума в городах и увеличением числа нервных заболеваний. Специфическим характером воздействия на организм человека отличаются инфразвуковые волны. Они могут иметь естественное (обдувание сильным ветром крупных неоднородностей ландшафта, строительных сооружений, водных поверхностей) или искусственное происхождение (механизмы с большой поверхностью с числом рабочих циклов не более 20 в секунду, реактивные двигатели, двигатели внутреннего сгорания, турбины, вентиляторы, компрессоры и другие установки, создающие большие турбулентные массы потоков газов, транспорт).

Источники вибраций: оборудование ударного действия (молоты, машины для забивания свай под фундаменты зданий), рельсовый транспорт, мощные энергетические установки (насосы, компрессоры, двигатели), инженерное оборудование зданий (лифты, насосные установки), системы отопления, канализации. Вибрации, часто сопровождаемые звуковыми колебаниями, распространяются по грунту и достигают фундаментов жилых и общественных зданий, инженерных сооружений.

Во всех случаях вибрации вызывают раздражающее действие и помехи для работы в производственных, общественных и жилых зданиях. Протяжённость зоны воздействия вибрации в окружающей среде определяется интенсивностью (амплитудой) вибрации источника (фундамента машины), а также величиной затухания вибрации в грунте и может достигать 150...200 м.

Характеристики и биологическое действие вибраакустических колебаний. Нормирование

Акустические колебания

Акустические колебания в диапазоне 16 Гц...20 кГц, воспринимаемые человеком, называются звуковыми, с частотой менее 16 Гц – инфразвуковыми, выше 20 кГц – ультразвуковыми.

Энергетическая характеристика звуковых волн – интенсивность, или – что тоже – плотность потока энергии в акустике обычно обозначается как J , Вт/м².

В каждой точке пространства, в котором распространяются звуковые волны, давление среды изменяется во времени. Разность между его мгновенным значением и средним значением, наблюдаемым в невозмущенной среде, то есть переменная составляющая, называется звуковым давлением P , Па. На слух действует средний квадрат звукового давления

$$\overline{P^2} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} P^2(t) dt,$$

где T_0 – время осреднения (черта над P и означает осреднение) звукового давления в слуховом аппарате человека, $T_0 = 30 \dots 100$ мс.

Интенсивность звуковой волны (волн) связана с $\overline{P^2}$:

$$J = \frac{\overline{P^2}}{\rho c},$$

где ρ , c – плотность среды, в которой распространяются звуковые волны, и скорость распространения звуковых волн в данной среде соответственно.

Величины интенсивностей звуковых волн, которые наблюдаются в практической деятельности, могут изменяться в очень широких пределах, до 10^{16} раз. Измерять интенсивность в таких пределах сложно, а главное – ощущения человека, возникающие при воздействии звуковых волн, пропорциональны логарифму количества энергии раздражителя. Поэтому пользуются логарифмическими величинами – уровнем интенсивности звука L_J и уровнем звукового давления L , измеряемыми в децибелах:

$$L_J = 10 \lg \frac{J}{J_0}, \text{ дБ},$$

$$L = 10 \lg \frac{J}{J_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ},$$

где J_0 , P_0 – пороги слышимости по интенсивности и давлению, ($J_0 = 10^{-12}$ Вт/м², $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па); J , P – интенсивность и среднеквадратичное давление данной звуковой волны (волн).

Область слышимых звуков ограничена двумя порогами: порогом слышимости ($L = 10 \lg J_0 / J_0 = 0$) и порогом болевого ощущения, $J = 100$ мВт/м² ($L = 10 \lg 100 \text{ Вт/м}^2 / 10^{-12} \text{ Вт/м}^2 = 140$ дБ).

Шум – совокупность периодических и аperiodических звуков различной интенсивности и частоты.

Непостоянные шумы особенно негативно воздействуют на организм человека, они делятся на импульсные, прерывистые, колеблющиеся, продолжительные и кратковременные.

В биологическом отношении шум – заметный стрессовый фактор, вызывающий срыв приспособительных реакций. Биологические последствия его действия: от функциональных нарушений регуляции центральной нервной системы (ЦНС) до морфологически выраженных разрушительных процессов в разных органах. Степень шумовой патологии зависит от интенсивности, нестационарности и продолжительности действия, состояния ЦНС, от

индивидуальной чувствительности организма к шуму.

Шум угнетает ЦНС, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, может способствовать нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям. Шум с уровнем звукового давления 40 ... 70 дБ в условиях среды обитания создаёт значительную нагрузку на нервную систему и может стать причиной неврозов. Шум выше 75 дБ может привести к потере слуха - профессиональной глухоте. При воздействии шума более 140 дБ возможно разрушение барабанных перепонки, контузия, а при шумах более 160 дБ и смерть.

Критерий профессионального снижения слуха – показатель средней арифметической величины снижения слуха, равный или больший, чем 11 дБ. Помимо патологии органа слуха при воздействии шума возникают нарушения вестибулярной функции, а также общие изменения в организме: головные боли и головокружение, боли в области желудка и желчного пузыря и т.д. В целом, шум вызывает снижение функции защитных систем и общей устойчивости организма к внешним воздействиям.

Нормируемые параметры шума определены Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 “Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки”, а также ГОСТ 12.1.003-83.

Для нормирования постоянных шумов определены допустимые уровни звукового давления в девяти октавных полосах в зависимости от вида производственной деятельности (семнадцать видов) и назначения помещений или территорий (12 видов).

Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допустимо принимать уровень звука (дБА), определяемый, как отмечалось, по шкале А шумомера с коррекцией низкочастотной составляющей по закону чувствительности органов слуха. Нормируемая характеристика непостоянного шума – эквивалентный по энергии уровень звука, дБА,

$$L_{A_{\text{эkv}}} = 10 \lg \left(\frac{1}{100} \sum_{i=1}^n t_i 10^{0,1L_i} \right),$$

где t_i – относительное, в процентах от всего времени измерения, время воздействия шума класса L_i ; L_i – уровень класса i , дБА.

Вибрация

Воздействия вибрации на человека классифицируются по способу передачи колебаний; по направлению действия вибрации; по временной характеристике её.

Общая вибрация передаётся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, локальная – через руки, через ноги сидящего человека, через предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями.

Вибрация называется постоянной, если за время наблюдения контролируемый параметр изменяется не более чем в 2 раза; при непостоянной вибрации контролируемый параметр изменяется более чем в 2 раза.

Вибрация – фактор высокой биологической активности. Характер реакции организма определяется силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы.

Между вибрационным воздействием и реакцией нет прямой зависимости. Причина этого видится в резонансном эффекте. Последний возможен при частотах вибраций, больших чем 0,7 Гц. Так, область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях, располагается в зоне между 20...30 Гц, при горизонтальных – 1,5...2,0 Гц; расстройство зрительных восприятий проявляется в диапазоне 60...90 Гц; для органов в грудной клетке и брюшной полости резонансная область составляет 3,0...3,5 Гц и т.д.

Частота заболеваний определяется величиной дозы, клинические проявления определяются спектром вибраций.

При действии общей вибрации страдают нервная система и вестибулярный, зрительный, тактильный анализаторы: головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, сужение и выпадение отдельных секторов поля зрения, снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности.

Толчкообразная вибрация вызывает микротравмы тканей. Общая низкочастотная вибрация влияет на обменные процессы, проявляющиеся изменением углеводного, белкового и других обменов, биохимических показателей крови.

Чрезвычайно распространена локальная вибрация – при работе с ручным механизированным инструментом. Она вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, чем нарушается снабжение конечностей кровью. Кроме того, колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, что вызывает снижение кожной чувствительности и отложение солей в суставах пальцев.

Время развития периферических расстройств, в основном, зависит не столько от уровня, сколько от дозы вибрации в течение рабочей смены. Заболевания развиваются в течение 8...15 лет.

Усугубляют действие вибрации большие мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия.

Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни (ВБ).

При гигиенической оценке нормируемыми параметрами вибраций

являются среднеквадратичные величины L_v , дБ, уровней виброскорости, выраженных в виде:

$$L_v = 20 \lg \left(\frac{V}{V_0} \right),$$

где V – среднеквадратичная виброскорость, м/с; V_0 – пороговая виброскорость, равная $5 \cdot 10^{-8}$ м/с, или виброускорения для локальных вибраций в октавных полосах частот, а для общей вибрации – в октавных или треть октавных полосах.

Допустима интегральная оценка вибрации во всём частотном диапазоне нормируемого параметра (эквивалентный уровень), а также по дозе вибрации, учитывающий время воздействия.

Допустимые уровни вибрации в жилых домах, условия и правила их измерения и оценки регламентируются Санитарными нормами СН 2.2.4/2.18.566-96. Основные нормируемые параметры вибрации – средние квадратичные величины уровней виброскорости и виброускорения в октавных полосах частот.

Инфразвук

В условиях производства инфразвук часто сочетается с низкочастотным шумом, в ряде случаев – с низкочастотной вибрацией.

При инфразвуке уровня 110 ... 150 дБ наблюдается нарушения в ЦНС, сердечно сосудистой и дыхательной системах, в вестибулярном анализаторе. Особенности реакции организма: головные боли, головокружение, осязаемые движения барабанных перепонки, звон в ушах и голове, снижение внимания и работоспособности; возможно появление чувства страха, сонливость, затруднённая речь; специфическая для инфразвука реакция – нарушение равновесия. При 105 дБ наблюдается повышение тревожности и неуверенности, эмоциональной неустойчивости.

Установлено, что инфразвук и низкочастотные шумы близки по характеру воздействия на организм.

Гигиенические нормативы для инфразвука установлены в СН-2274-80. Для условий городской застройки нормирование инфразвука обеспечивается санитарными нормами допустимых уровней инфразвука и низкочастотного шума на территории жилой застройки № 42-128-4948-89 таблица 13.

Таблица 13 - Предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах и на территории жилой застройки

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц					Общий уровень звукового давления, дБ
2	4	8	16	31,5	
на рабочих местах					
105	105	105	105	102	110
на территории жилой застройки					
90	90	90	90	90	-

Необходимость защиты от действующих источников шума определяется сравнением результатов измерений уровней L , $L_{A_{ЭКВ}}$ с нормативами для рабочей зоны или окружающей среды. Для проектируемых объектов необходимость защиты определяется на основании акустического расчёта, выполняемого по следующей схеме:

1) исходный момент расчёта – шумовые характеристики источников шума: уровень звуковой мощности (УЗМ) L_p на стандартных средне-геометрических частотах ($L_p = 10 \lg P/P_0$, P – звуковая мощность источника, Вт; $P_0 = 10^{-12}$ Вт) и показатель направленности излучения шума G , дБ, $G = 10 \lg \Phi$. Здесь Φ – коэффициент направленности излучения шума.

Эти характеристики определяются в соответствии с ГОСТ 12.1.024-81 и др. и приводятся заводом – изготовителем в технической документации на стационарные машины и оборудование;

2) выбор т.н. расчётной точки (РТ): для источников шума, излучающих его в окружающую среду, РТ выбирают на расстоянии 2м от плоскости окон ближайших жилых или общественных зданий. На территории жилых микрорайонов, больниц, санаториев, школ и детских садов РТ выбирают на расстоянии 2 м от границ территории на высоте 1,2 м от поверхности земли;

3) определение ожидаемых УЗД в РТ. Например, для общего случая шума звуковой мощностью P , Вт, интенсивность звука в РТ

$$J = \frac{P\Phi}{Sk},$$

где P – звуковая мощность источника, Вт; Φ – коэффициент направленности излучения шума; S – площадь, на которую излучается звуковая энергия, м²; k – коэффициент затухания звука; $S = \Omega r^2$. Для источника, расположенного в пространстве, $\Omega = 4\pi$, на поверхности территории или ограждающих конструкций, зданий - $\Omega = 2\pi$.

Деление на J_0 и логарифмирование его даёт искомый для РТ уровень

звукового давления:

$$L = L_{\text{р}}^{\text{изл}} + 10 \lg \Omega - 20 \lg r - \Delta L_{\text{р}}^{\text{оп}},$$

где $\Delta L_{\text{р}}^{\text{оп}}$ – снижение УЗМ на пути распространения в открытом пространстве (из-за затухания звуковых волн); при отсутствии препятствий и расстояниях $r < 50\text{м}$ величиной $\Delta L_{\text{р}}^{\text{оп}}$ можно пренебречь;

4) определение требуемого снижения шума

$$\Delta L_{\text{ТР}} = L - L_{\text{доп.}}$$

Величину $\Delta L_{\text{ТР}}$ можно обеспечить, снижая шум в источнике или на пути его распространения;

5) выбор мер для обеспечения требуемого снижения УЗД:

-замена шумного устаревшего оборудования, а при проектировании – выбор оборудования с лучшими шумовыми характеристиками;

-оптимальная ориентация источника шума по отношению к РТ для снижения показателя G: устройства для забора и выброса воздуха аэродинамических установок необходимо устанавливать так, чтобы излучение шума шло в противоположную сторону от жилых и общественных зданий;

-обеспечение максимально возможного расстояния между РТ и источниками шума за счёт проведения архитектурно-планировочных мероприятий;

-акустическая обработка средствами звукопоглощения шумных помещений, через окна которых шум излучается в атмосферу.

Звукопоглощающие материалы и конструкции используются для поглощения звука как в помещении самого источника шума, так и в изолируемых от шума помещениях. В последнем случае звукопоглощение и звукоизоляция используются совместно. Звукопоглощающие материалы – пористые и рыхлые волокнистые материалы (ультратонкое стеклянное и базальтовое волокно, минеральная вата и плиты на её основе и т.п.). Падающие на них звуковые волны вызывают колебания в мелких порах материала, которые сопровождаются трением (из-за вязкости воздуха) и переходом кинетической энергии в тепловую;

- уменьшение шума на пути его распространения от источника до РТ. Это мероприятие включает в себя следующее:

а) использование звукоизоляционных материалов и конструкций для наружных стен, окон, ворот, дверей и т.д., которые обеспечивают требуемую звукоизоляцию. Для звукоизолируемых помещений звукоизоляция более эффективна, чем звукопоглощение: с её использованием можно обеспечить снижение шума на 20...50 дБ, а при обработке стен звукоизолируемого помещения звукопоглощающим материалом снижение шума может составить только 5...8 дБ.

Для звукоизолирующих ограждений конечных размеров (в виде листов) с поверхностной плотностью m (массой одного квадратного метра ограждения,

кг/м²) при частоте f звуковых волн получено выражение для звукоизоляции ограждения R , выраженной в децибелах:

$$R = 20 \lg mf - 47,5.$$

Подбирая величину m (за счёт удельного веса материала и толщины листа), можно получить величину требуемой звукоизоляции $R_{\text{тр}}$, равную или большую требуемого снижения шума $\Delta L_{\text{тр}}$.

На практике применяют однослойные и многослойные конструкции, например, однослойные (два или более) ограждения из твёрдых плотных материалов (газобетон, металл) в сочетании со слоями пористых металлов (минеральная вата и др.);

б) устройство звукоизолирующих кожухов для размещения шумного оборудования. Эффективность кожуха зависит не только от звукоизоляции его элементов, но и от герметичности. Стенки кожуха изготавливают из листовых негорючих материалов (сталь, дюралюминий и др.), облицованных изнутри звукопоглощающим материалом толщиной до 100 мм. Воздухопроводы (если они есть) подсоединяются к изолируемому оборудованию через гибкие вставки и часто вводятся в кожух посредством глушителей. Эффективность кожуха определяется величиной его звукоизоляции R ;

в) применение экранов, препятствующих распространению звука от оборудования предприятия. Как правило, они устанавливаются на территории предприятия для экранирования открыто установленных источников шума в окружающей среде. Экраны могут быть плоскими или П-образными, чаще всего со звукопоглощающей облицовкой толщиной не менее 50 мм со стороны источника шума. Ширина и высота экрана должны в три и более раз превышать размеры источника, чтобы зона акустической тени и $\Delta L_{\text{экр}}$ были возможно большими;

г) использование средств виброизоляции и вибродемпфирования. Интенсивные вибрации практически всегда сопровождаются возникновением шумов. Один из методов борьбы с вибрацией и шумом – установка виброгенерирующего оборудования без фундаментов, непосредственно на виброизолирующих опорах (одиночные или составные цилиндрические пружины, листовые рессоры, резиновые или пластмассовые прокладки, а также комбинированные виброизоляторы: пружинно-рессорные, пружинно-пластмассовые и др.). Этим значительно удешевляется монтаж оборудования и снижается уровень шумов. Для уменьшения вибраций и шумов виброизоляция может быть размещена между оборудованием и фундаментом. Цели уменьшения шума служит установка виброизоляции при прокладке воздуховодов систем вентиляции и трубопроводов внутри строительных конструкций.

Уменьшение вибраций и шумов достигается также вибродемпфированием, основанном на увеличении потерь энергии в колебательных системах, например, за счёт применения материалов с большим внутренним

трением – чугунов с малым содержанием углерода и кремния, сплавов цветных металлов.

При этом увеличение коэффициента η потерь энергии происходит за счёт возрастания коэффициента вязкого трения μ :

$$\eta = \omega\mu/b.$$

Здесь ω - угловая частота вибраций, Гц; b - жёсткость системы, Н/м. Больших потерь энергии вибрационных колебаний и снижения уровня шумов достигают использованием вибродемпфирующих покрытий для трубопроводов и газопроводов компрессорных станций и воздухопроводов систем вентиляции. Покрытия изготавливаются в виде мастик (мастика А-2, ВД-17-63, Адем НШ-2, СКЛ-25 и др.) и листового материала (пенопласт ПХВ-Э, минераловатная плита, винипор технический, фольгоизол и др.);

д) установка глушителей в источниках шума. Генерация шума в таких источниках связана со сбросом (выхлопом) сжатого воздуха, продуктов горения и т.п.

Глушители абсорбционного типа устроены так, что газ на выходе в атмосферу проходит через звукопоглощающие материалы и конструкции, где и теряет энергию. Так, в простейших, трубчатых глушителях газ проходит по каналам круглого или квадратного сечения, выполненным из перфорированного листового материала с коэффициентом перфорации не менее 0,2; каналы облицованы слоем звукопоглощающего материала (супертонкое стеклянное или базальтовое волокно), защищённого от выдувания слоем прочной ткани, например, стеклоткани ЭЗ-100.

Глушители реактивного типа применяют в основном для снижения шума с резко выраженными дискретными составляющими. Снижение шума в них происходит в результате отражения звука обратно к источнику. Так, камерный глушитель представляет собой внезапное расширение участка трубопровода (то есть неоднородность в канале передачи вещества и энергии, от которой и происходит отражение части энергии).

Комбинированный глушитель содержит в себе и абсорбционный, и реактивный глушители, каждый из которых рассчитан на снижение шума в определённой области частот. При этом "реактивная" часть комбинированного глушителя ответственна за снижение уровня низкочастотных шумов, абсорбционная – за снижение уровня средне- и высокочастотных шумов.

Защита от вибраций

Как и в случае любого другого загрязнителя, вибрацию можно снизить либо путём совершенствования технологий, то есть путём снижения вибрации в источнике её возникновения, либо путём принятия мер по снижению этого загрязнения после его выхода из источника – на путях распространения

вибрации в окружающей среде. Эти меры – аналог устройств (сооружений) очистки выбросов или сбросов от химических загрязнителей биосферы.

Минимизация вибраций в источнике производится и на этапе проектирования, и в период эксплуатации. При проектировании машин и оборудования следует отдавать предпочтение кинематическим и технологическим схемам, которые исключают или максимально снижают динамику процессов, вызываемых ударами, резкими ускорениями и т.п.

Одна из причин вибраций оборудования с вращающимися элементами – смещение центра масс относительно оси вращения, что приводит к возникновению неуравновешенной центробежной силы

$$F = me\omega^2,$$

где m – масса вращающейся системы, ω – угловая скорость, e – эксцентриситет центра массы относительно оси вращения.

Для снижения уровня возникающих вибраций необходимо применять балансировку вращающихся частей в соответствии с ГОСТ 22.061-76 "Машины и технологическое оборудование. Системы классов точности балансировки", а также принимать меры по устранению излишних люфтов и зазоров в рамках периодического освидетельствования машин и механизмов как источников вибрации.

Другой путь снижения вибраций в источнике – устранение резонансных режимов работы оборудования. При проектировании это должно быть достигнуто выбором режимов работы при тщательном учёте собственных частот машин и механизмов. При эксплуатации возможны изменения характеристик жёсткости агрегатов и даже их массы, что приводит к изменению собственных частот, возможны и изменения режимов работы. Всё это может приблизить собственную частоту машины к частоте вынуждающей силы и стать причиной возникновения интенсивных вибраций.

Поскольку собственная частота систем

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{b}{m}},$$

где b и m – жёсткость и масса системы, то изменяя b или m , или обе характеристики, можно исключить режим резонанса.

Метод виброгашения основан на увеличении жёсткости и массы корпуса машин или станин станков путём их объединения в единую систему с фундаментом – с помощью анкерных болтов или цементной подливки. Образующееся при этом виброзащитное устройство, увеличивающее рассеяние энергии в результате повышения диссипативных свойств системы, является поглотителем вибраций.

В методе виброизоляции снижение уровня вибрации на пути её распространения достигается установкой упругодемпфирующего устройства – виброизолятора между источником вибрации и её приёмником, например,

фундаментом, являющимся одновременно объектом защиты.

Защита от инфразвука

Длины волн инфразвуковых колебаний значительно превосходят длины волн звуковых колебаний. Это во многом предопределяет отличие средств инфразвуковой защиты от применяемых для защиты от шума: длины инфразвуковых волн значительно больше размеров препятствий на пути их распространения. Защита расстоянием в данном случае неэффективна: затухание инфразвуковых колебаний в приземном слое атмосферы не превышает $8 \cdot 10^{-6}$ дБ/км.

Основные направления защиты:

-изменение режима работы технологического оборудования, чтобы основная частота следования силовых импульсов $f = n/60$ лежала за пределами инфразвукового диапазона. Следует также предусматривать ограничение (там, где возможно) скорости движения транспорта и скорости истечения паров, газов, сжатого воздуха, при выборе конструкции отдавать предпочтение компактным (малогабаритным) машинам;

-целесообразно использование глушителей шума для подавления инфразвуковых гармоник всасывания и выхлопа мощных стационарных дизельных, компрессорных установок, ДВС и турбин.

Звукоизоляция инфразвука требует применения мощных строительных конструкций с массой одного квадратного метра $10^5 \dots 10^6$ кг. Для обычной же звукоизоляции, например, для двойных оконных рам в инфразвуковом диапазоне эффект звукоизоляции полностью отсутствует.

Метод звукопоглощения инфразвуковых колебаний может быть осуществлён при использовании резонирующих панелей типа конструкций Бекеши: прямоугольные рамы, например, размером 4х2 м, на которые крепится тонкостенная мембрана (металл, фанера, воздухонепроницаемая плёнка). Конструкция может быть настроена на определённую частоту инфразвука и может эффективно использоваться в диапазоне более высоких частот звуковых колебаний – при заполнении полости резонатора звукопоглощающим материалом, фиксируемым мелкоячеистой сеткой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Загрязнения окружающей среды является серьезной проблемой. По мере роста народонаселения, развития производства экологические последствия становятся все более значительными.

Инженерная защита окружающей среды является одним из условий повышения безопасности и качества жизни.

В настоящее время научные интересы ученых и технологов направлены на разработку малоотходных и ресурсосберегающих технологий (в задачи которых входит создание производства с минимальным количеством отходов, вредные воздействия которых не превышают допустимой санитарно-гигиенической нормы), а также на экономное использование природных ресурсов.

Экологизация производства - сложный и длительный процесс. Его основой является усовершенствование технологий, развитию и модернизации очистных сооружений, минимизации отходов, что требует научных исследований, практических реализаций и подготовки компетентных кадров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балабанов В.И., Ищенко С.А. Наноматериалы и нанотехнологии в сельском хозяйстве. Учебник / М., Из-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011 – 311 с.
2. Балабанов В.И., Федоренко В.Ф. и др. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2016 – 240 с.
3. Балабанов В.И. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. [Учебное пособие]. / В.И. Балабанов, С.В Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. М.: Из-во РГАУ- МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013 - 143 с.
4. Балабанов В.И. Полевая стратегия. Внедрение инноваций в координатном земледелии. Агротехника и технологии. 2016 № 5 С. 50-53.
5. Баловнев В.И. Компакторы. Уплотнители твердых бытовых и промышленных отходов. Устройство, основы расчета: учеб. пособие / В.И Баловнев., Р.Г. Данилов, Г.В. Кустарев [и др.]; под общей ред. Г.В. Кустарева. – М.: МАДИ, 2014. – 100 с.
6. Барсуков О.А., Барсуков К.А. Радиационная экология. – М.: Научный мир, 2003. – 253с.
7. Баутин В.М., Балабанов В.И., Березовский Е.В. Умные кадры для «умных ферм» // Вестник ГЛОНАСС, 2012, № 1 – с. 41-44.
8. Безопасность жизнедеятельности. Учебник. /Под ред. С.В.Белова. 2-е изд. - М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.
9. Белевицкий А.М. Проектирование газоочистительных сооружений. – Л.: Химия, 1990.– 288 с.
10. Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Соловьев С.А., Балабанов В.И. Цифровые технологии и системы управления сельскохозяйственным производством. аналит. обзор – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021 – 88 с.
11. Ветошкин А.Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы). Учеб. пособие. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. - 380 с.
12. Ветошкин А.Г. Защита окружающей среды от энергетических воздействий. Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. - 456 с.
13. Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды. Учебное пособие.– М.: Высшая школа, 2007. - с.
14. Гольпяпин В.Я., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Соловьев С.А., Балабанов В.И., Алдошин Н.В. Инновационные технологии и сельскохозяйственная техника за рубежом: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020 – 186 с.

15. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Учеб. пос./Д.А. Кривошеин, П.П.Кукин, В.Л.Лапин. – М.: Высшая школа, 2003.
16. Инженерная экология: защита литосферы от твердых промышленных и бытовых отходов : учеб. пособие / А.В. Луканин. — Москва : ИНФРА-М, 2019 — 556 с.
17. Инженерная экология. /Под ред. В.Т.Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с
18. Журавлева Л.А. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических машин/ Л.А. Журавлева, М.В. Карпов. Учебное пособие. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. ISBN 978-5-00140-986-1Москва 2022 — 79 с
19. Журавлева Л.А. Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях/ Л.А. Журавлева, М.В. Карпов. Учебное пособие ISBN 978-5-00140-989-2. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
- 20.Журавлева Л.А. Технология и организация работ по природообустройству и водопользованию. Краткий курс лекций / Л.А. Журавлева, М.В. Карпов. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Москва 2022 — 217 с. ISBN 978-5-00140-985-4
21. Козубенко И.С., Балабанов И.В. «Интернет вещей» в управлении агропромышленным комплексом // Техника и оборуд. для села. – 2017 – № 8 – С. 46-48.
- 22.Сытник Н.А.. Назимко Е.И. Промышленная экология. Учебник для студентов направления подготовки 05.03.06 Экология и природопользование очной и заочной форм обучения. ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2019, 134 с.
23. Халанский В.М. Механизация растениеводства/В.М. Халанский и др. - М.: РГАУ-МСХА, -2014 -524с.
- 24.Цифровые технологии для обследования состояния земель сельскохозяйственного назначения беспилотными летательными аппаратами / Гольтяпин В.Я., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Голубев И.Г., Балабанов В.И., Петухов Д.А. // науч. анализ. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020 – 81 с.
25. Яковлев С.В., Волков Л.С., Воронов Ю.В. Обработка и утилизация осадков производственных сточных вод. –М.: Химия, 1999.-448с.

СОДЕРЖАНИЕ

		СТР
	ВВЕДЕНИЕ.....	3
§ 1	ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ ЗНАНИЙ О ЧЕЛОВЕКЕ И ПРИРОДЕ.....	5
§ 2	ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ЕЕ ЗАЩИТЫ.....	10
	2.1 Показатели качества окружающей среды.....	10
	2.2 Источники загрязнения атмосферы	14
	2.3 Основные методы защиты окружающей среды.....	24
§ 3	ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ АЭРОЗОЛЬНЫХ ПРИМЕСЕЙ И ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ. РАССЕЙВАНИЕ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРЕ	29
	3.1 Законодательство об охране атмосферного воздуха.....	29
	3.2 Источники загрязнения атмосферы	34
	3.3 Пути устранения загрязнений атмосферного воздуха.....	43
§ 4	ЗАЩИТА ГИДРОСФЕРЫ. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД. ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	69
	4.1 Виды загрязнения воды	69
	4.2 Экозащитные мероприятия	70
	4.3 Оборудование для очистки сточных вод.....	74
	4.4 Основы химической и физико-химической очистки сточных вод.....	104
	4.5 Биологические способы очистки сточных вод. Применяемое оборудование	121
	4.6 ТЕРМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД. ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	135
§ 5	ЗАЩИТА ЛИТОСФЕРЫ. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ. ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	154
	5.1 Физико-химические основы обработки и утилизации отходов....	156
	5.2 Физико-химические методы извлечения компонентов из отходов.....	159
	5.3 Механическая переработка твердых отходов.....	161
	5.4 Уплотнители твердых бытовых и промышленных отходов	173
	5.5 Особенности хранения и захоронения отходов.....	183
§ 6	ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, МЕХАНИЧЕСКИХ И АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ, ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ.....	200
	6.1 Общие сведения об энергетическом воздействии.....	200
	6.2 Защита окружающей среды от ионизирующих излучений.....	206
	6.3 Электромагнитное загрязнение биосферы.....	208

6.4	Защита персонала от радиоволнового облучения	213
6.5	Защита окружающей среды от тепловых загрязнений.....	215
6.6	Защита окружающей среды от виброакустических загрязнений	217
	Заключение.....	229
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	230