

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

ПОСОБИЕ

**для студентов технических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2022

УДК 628.5:669(075.8)
ББК 38.91я73
О-75

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 07.12.2020 г.)*

Составители: *Л. Н. Русая, С. И. Красюк*

Рецензент: декан машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Г. В. Петришин*

О-75 Основы эколого-энергетической устойчивости производства : пособие для студентов техн. специальностей днев. и заоч. форм обучения / сост.: Л. Н. Русая, С. И. Красюк. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – 120 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Представлены основные экологические проблемы, характерные для металлургии и машиностроения, методы и оборудование для очистки выбросов, способы получения и преобразования энергии, основы энергосбережения на производстве..

Для студентов технических специальностей.

**УДК 628.5:669(075.8)
ББК 38.91я73**

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ТЕМА 1. ГЛОБАЛЬНЫЕ И ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ	5
ТЕМА 2. ОБЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ, ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ	11
ТЕМА 3. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ. ВЫБРОСЫ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВ	17
ТЕМА 4. ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ	29
ТЕМА 5. ОБРАЗОВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ СТОЧНЫХ ВОД.....	36
ТЕМА 6. ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И МЕТОДЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	41
ТЕМА 7. ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	46
ТЕМА 8. ОЧИСТКА ПЫЛЕГАЗОВЫХ ПОТОКОВ ФИЛЬТРАЦИЕЙ	62
ТЕМА 9. ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ	65
ТЕМА 10. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД.....	73
ТЕМА 11. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТОВ	83
ТЕМА 12. ВИДЫ, СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ	91
ТЕМА 13. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ	104
ТЕМА 14. ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА И МЕНЕДЖМЕНТА	109
ТЕМА 15. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ И В БЫТУ	115
ЛИТЕРАТУРА	120

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы экологии и энергосбережения приобретают для человечества все большее значение и обсуждаются на высшем уровне. Государства разных стран заинтересованы в том, чтобы обеспечить энергетическую и сырьевую безопасность, благоприятные условия для обитания человека и минимизировать вред, наносимый промышленными предприятиями. Ужесточение экологических норм – необходимые меры, которые применяются во всем мире для снижения вредных выбросов в атмосферу, в воду, на почву. Перед всеми промышленниками рано или поздно встает вопрос о переходе на современные экологичные и энергосберегающие методы производства.

В современном понимании экология – это наука о взаимоотношениях между живыми организмами и средой их обитания.

Получили распространение такие понятия как «инженерная экология», «промышленная экология», «техническая экология», «отраслевая экология». Под инженерной экологией понимается система инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества среды в условиях растущего промышленного производства. Фактически существует 2 группы задач: задачи экологические и задачи инженерные, причем первые могут решаться с помощью других.

Успешное решение экологических задач инженерными методами возможно лишь в том случае, если специалист владеет определенными знаниями в области экологии, позволяющими ему оценивать свое производство с экологических позиций, т. е. обладать экологическим мышлением.

С экологическими проблемами связана энергетическая проблема. Топливо-энергетический баланс планеты состоит в основном из загрязнителей биосферы – продуктов сгорания нефти, угля, газа. Современные экологические знания и знания по эффективному подходу к использованию источников энергии являются диалектическим единством в системе «человек – общество – природа».

В связи с этим целью преподавания дисциплин «Основы эколого-энергетической устойчивости производства», «Основы экологии и энергосбережения», является формирование у студентов представлений о концепции устойчивого развития государства, масштабах и источниках загрязнения окружающей среды, о затратах энергетических ресурсов металлургическим и машиностроительным производствами.

ТЕМА 1. ГЛОБАЛЬНЫЕ И ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

1. Основные цели и задачи экологии.

2. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.

1. Термин «экология» предложен в 1866 г. Э. Геккелем (от греч. *oikos* – дом, жилище, местообитание, *logos* – наука, изучение). Первоначально под «экологией человека» понимали раздел медицины, изучающий влияние внешней среды на человека. Сейчас необходимо учитывать не только влияние среды на человека, но и влияние человека на природу, т.е. антропогенное воздействие на окружающий мир. Экология человека рассматривает:

- отношение человека к определенным биотическим и абиотическим факторам;
- отрицательные явления, возникающие в процессе взаимоотношений общества и природы;
- негативное воздействие окружающей среды, измененной человеком, на природу самого человека, на состояние его здоровья.

Следовательно, выживаемость человека зависит от него самого, от изменения его воздействия на природу. Человек оказывает воздействие не только на животных, растения и микроорганизмы, но и на микро-, мезо- и макро- экосистемы, ландшафты, биосферу в целом и дальнейшее ее развитие.

То есть экология человека – новое комплексное междисциплинарное научное направление, изучающее взаимодействие общества с природой и техногенной средой, возможность управлять здоровьем человеческой популяции, ее усовершенствованием и развитием.

Влияние человека на биосферу существенно изменяет окружающую среду:

- исчезают леса, с ними и некоторые виды растений и животных;
- истощаются запасы полезных ископаемых;
- ухудшается качество пищевых продуктов;
- осушаются болота и сооружаются новые водохранилища;
- некоторые из твердых и жидких отходов промышленности и сельского хозяйства не распадаются и не окисляются;
- выпадают кислотные и радиоактивные осадки;
- широко применяются пестициды и минеральные удобрения;

- канцерогенные углеводороды изменяют химический состав воды, воздуха и почвы;
- происходит постоянный прирост населения Земли;
- из-за парникового эффекта, истончения озонового экрана, электромагнитных излучений и многих других явлений возникают проблемы.

Экологическая безопасность должна входить в структуру национальной безопасности и обеспечивать:

- охрану среды и здоровья людей;
- распространение достоверной информации о состоянии природной среды и здоровья населения;
- проведение общественной экологической экспертизы и оценку экологического риска;
- защиту прав и интересов граждан;
- общественный контроль за соблюдением законодательства в области ООС.

Металлургия и машиностроение являются очень энергоемкими и экологически небезопасными отраслями производства. Основные затраты энергоносителей идут на технологические нужды: плавку и доводку металла, сушку стержней и формовочных материалов, термическую обработку заготовок, резку, заварку дефектов при исправлении брака. Существенные затраты энергии идут на сжатый воздух. Снижение расхода энергоносителей в получении сплавов, производстве поката, штампованных деталей, литых заготовок играет важную роль в повышении конкурентоспособности производства и его стабильного функционирования, т. к. цена на энергоносители растет и в себестоимости продукции занимает существенное место. Значительные объемы энергоресурсов, потребляемые металлургическими предприятиями – причина увеличения парниковых газов, оксидов азота и углерода, пыли и других вредных выбросов.

В связи с этим значение формирования экологического мировоззрения, понятия энергоэффективности производства в металлургии и машиностроении очень велико.

2. Отличительная особенность экологических проблем - то, что они не признают территориальных и политических границ и для своего решения требуют совместных усилий многих государств, которые должны быть направлены на взаимодействие экономических, социальных и экологических факторов в интересах устойчивого развития

общества, цель которого состоит в том, чтобы обеспечить потребности не только нынешнего, но и будущего поколений.

Следуя рекомендациям и принципам основных документов, принятых ООН по окружающей среде и развитию в 1992 г. в Рио-де-Жанейро и в 2002 г. в Йоханнесбурге, Республика Беларусь постепенно переходит на принципы устойчивого развития. В 2004 г. принята Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г., которая определила расширение международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и природопользования в качестве одного из перспективных направлений осуществления экологической политики.

Основные цели международного сотрудничества:

- выполнение требований и обязательств в рамках подписанных международных договоров в области охраны окружающей среды;
- привлечение средств международных финансовых институтов и стран-доноров для реализации масштабных мероприятий в рамках международных договоров.

Республика Беларусь является участницей 20 международных природоохранных конвенций и протоколов. Выполнение любого международного договора начинается с принятия решения об органе государственного управления, который будет отвечать за научное и административное обеспечение деятельности в его рамках. Как правило, таким органом для природоохранных международных договоров является Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды. Органом, ответственным за научное обеспечение, назначается Национальная академия наук Беларуси, как, например, в случае с Конвенцией о биологическом разнообразии, или другое научное учреждение. Это связано с тем, что выполнение положений конвенции требует проведения научных исследований, а также сбора и обработки фактических данных.

Для осуществления положений международного договора создаются рабочие группы, комиссии или советы на министерском и межведомственном уровнях, которые отвечают за разработку плана действий по выполнению обязательств страной в рамках договора. Такие группы или советы созданы для выполнения Конвенции по борьбе с опустыниванием и Конвенции о стойких органических загрязнителях (Стокгольмская конвенция) и др.

Планы действий по выполнению обязательств разработаны для Конвенции о биологическом разнообразии, Конвенции ООН по борь-

бе с опустыниванием, Орхусской конвенции. Ведется разработка планов для Базельской и Стокгольмской конвенций.

Например, для выполнения положений Рамочной конвенции ООН об изменении климата Республика Беларусь изучает изменение климата на своей территории и оценивает влияние глобального потепления на природную и социально-экономическую сферу. Ведется разработка инвентаризации парниковых газов. Готовятся национальные сообщения об изменении климата и выбросах парниковых газов, которые периодически направляются в Секретариат конвенции для оценки степени выполнения национальных обязательств.

В рамках выполнения Республикой Беларусь Венской конвенции об охране озонового слоя над территорией страны с 1996 г. ведется регулярный мониторинг состояния озоносферы. Результаты измерений передаются в Торонто (Канада) Главному информационному центру Национальной системы мониторинга окружающей среды. С апреля 2004 г. прогноз ультрафиолетового индекса передается также и в национальные средства массовой информации.

К Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния РБ присоединилась, поскольку одним из факторов, неблагоприятно влияющих на здоровье людей, является загрязнение воздуха, которое обусловлено выбросами не только собственных источников, но и трансграничным переносом воздушных масс. Республика Беларусь ратифицировала также три протокола в Конвенции. К настоящему времени обязательства, взятые страной по ратифицированным протоколам, выполнены, и Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды рассматривает целесообразность присоединения к ряду новых.

Минприроды Республики Беларусь продолжает совершенствовать нормативную и законодательную базу по выполнению требований Конвенции о контроле за трансграничным перемещением опасных отходов и их удалением.

В рамках Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС), Республика Беларусь ведет регулирование численности особей различных видов дикой фауны и флоры, которые попадают под действие договора, а также регламентирует вопросы ввоза и вывоза этих видов. Научную основу для деятельности в рамках конвенции обеспечивают научно-исследовательские институты НАН Беларуси. В секретариат Конвенции СИТЕС представляются годовые отчеты о выдаче разре-

шений на перемещение образцов СИТЕС через таможенную границу республики, сведения о разведении видов СИТЕС в зоопарках страны, о состоянии популяций, охране и использовании ряда видов, попадающих под действие Конвенции.

Научное сопровождение Рамсарской конвенции обеспечивает ряд организаций, среди которых Институт зоологии и Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Институт природопользования НАН Беларуси, биологический и географический факультеты БГУ, Белгипроводхоз, Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов. В рамках данной конвенции республика ведет деятельность по расширению сети особо охраняемых природных территорий, присвоению им статуса так называемых Рамсарских территорий.

Для реализации принципов Орхусской Конвенции в Республике Беларусь осуществлен проект ТАСИС «Экологическая информация, образование и информированность общественности». Выполнение проекта предусматривало улучшение систем обучения целевых групп (государственные органы управления и общественность), определение процедуры участия общественности в процессе принятия экологически значимых решений.

Для эффективного выполнения требований многосторонних договоров используются не только внутренние ресурсы страны, в республику привлекаются средства международных финансовых институтов. Например, из общей суммы займов (около 200 млн дол. США), выделенных Беларуси Всемирным банком за 1996-2008 гг., значительная часть была направлена на нужды, связанные с охраной окружающей среды (развитие лесного хозяйства, кредитный аванс на подготовку проекта энергосбережения на объектах социальной сферы). Дополнительные 8 млн дол. США составила грантовая поддержка экологических проектов Беларуси со стороны Всемирного банка. Были профинансированы также проекты сохранения биоразнообразия лесов Беловежской пуши и Березинского заповедника, модернизации системы городского водоснабжения и создания противопаводковой инфраструктуры в пойме реки Припять. В настоящий момент Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды при поддержке Всемирного банка и Глобального экологического фонда реализован проект, направленный на первоочередные мероприятия по выполнению Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях в Республике Беларусь.

В области выполнения обязательств по международным договорам активизировалось сотрудничество Республики Беларусь с такими странами, как Германия (управление водными ресурсами), Швеция (мониторинг окружающей среды, развитие системы экологического регулирования), Латвия, Литва, Польша, Украина. Особое внимание Минприроды Республики Беларусь уделяет налаживанию сотрудничества с Россией в рамках Союзного государства, а также со странами СНГ в рамках Межгосударственного экологического совета, решения которого охватывают практически все направления природоохранной деятельности.

Таким образом, развивая международное сотрудничество, Республика Беларусь улучшает состояние окружающей среды как на национальном уровне, так и в региональном контексте, а также привлекает в страну средства для решения экологических проблем.

ТЕМА 2. ОБЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ, ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

1. Основные понятия. Нормативно-правовая база.

2. Природа и свойства загрязняющих окружающую среду веществ. Влияние на человека и растительность.

1. Окружающая среда – совокупность естественных и измененных природных условия обитания человека и производственной деятельности общества. Термины «окружающая природная среда», «окружающая среда», «внешняя среда» - синонимы.

Окружающая среда – совокупность физических, биологических и социальных факторов, способных оказывать прямое и косвенное воздействие на человека внешняя оболочка земли.

Охрана природы – система государственных, общественных, административно-хозяйственных, технико-экономических, юридических мероприятий, направленных на поддержание благоприятных для жизни условий, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов.

Загрязнение – привнесение в какую-либо среду новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов или превышение естественного среднесного уровня этих агентов в среде, вследствие чего данная экосистема разрушается или снижается ее продуктивность.

Объектами загрязнения служат: атмосфера, вода, почва. Косвенными объектами загрязнения (жертвы загрязнения) являются растения, животные, микроорганизмы.

Источники загрязнения разнообразны: это не только промышленные предприятия и теплоэнергетические комплексы, но и бытовые отходы, отходы животноводства, вещества, намеренно вводимые человеком в экосистемы для защиты продуцентов от вредителей, болезней и сорняков.

Ингредиенты загрязнения – тысячи химических соединений, особенно металлы и оксиды, токсические вещества, аэрозоли. Разные источники выбросов могут быть одинаковыми по составу и характеру загрязняющих веществ. Так, углеводороды поступают в атмосферу и при сжигании топлива, и от нефтепродуктов, и от газодобывающей промышленности.

Предельно-допустимые выбросы в атмосферу (ПДВ, т/г)- научно-технический норматив, устанавливаемый из условий, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха (1-2 м) от источника или их совокупности не превышало нормативов качества воздуха для населения, а также для животного и растительного мира.

Устанавливают ПДВ на основании расчета рассеивания примесей в атмосфере.

Предельно-допустимая концентрация (ПДК, мг/м, %, ppm) примесей в атмосфере – максимальная концентрация примесей, отнесенная к определенному периоду осреднения, при периодическом воздействии или на протяжении длительного времени не оказывающая вредного воздействия на человека и окружающую среду в целом.

Комитетом Всемирной Организации Здравоохранения в 1964 г. установлены 4 уровня загрязнения воздуха:

- 1) отсутствие влияния;
- 2) раздражение;
- 3) хронические заболевания;
- 4) острые заболевания.

Предельно допустимый сброс – (ПДС, г/час) – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

$$ПДС = \partial_{ст} \cdot C_{ст}, \text{ (г/час)} \quad (1)$$

где $\partial_{ст}$ - максимальный часовой расход сточных вод ($\text{м}^3/\text{час}$);

$C_{ст}$ - концентрация загрязняющих веществ в водах ($\text{г}/\text{м}^3$);

Экстренно высокое загрязнение атмосферного воздуха: 20–29 ПДК в течении 2 суток, или 30–49 ПДК в течении 8-ми часов, или – 50 ПДК и более кратковременно.

Стандарты качества воздуха – установление контроля и нормирования содержания примесей вредных веществ в атмосферном воздухе в целях защиты окружающей среды от загрязнения.

Правовую основу охраны окружающей среды в Республике Беларусь составляют: Конституция РБ, Законы РБ «О Президенте Республики Беларусь», «О Совете Министров Республики Беларусь и подчиненных ему государственных органах», «О местном управлении и самоуправлении в Республике Беларусь», которые определяют компетенцию органов государственной власти в области охраны окру-

жающей среды, другие законодательные акты, непосредственно регулирующие вопросы охраны окружающей среды, к которым относятся:

Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26.11.1992 г.;

Закон Республики Беларусь «О государственной экологической экспертизе» от 18.06.1993 г.;

Закон Республики Беларусь «Об отходах производства и потребления» от 25.11.1993 г.;

Закон Республики Беларусь «О налоге за пользование природными ресурсами» от 23.12.1991 г.;

Закон Республики Беларусь «О платежах за землю» от 18.12.1991 г.;

Закон Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха» от 15.04.1997 г. и др.

Республиканским органом государственного управления в области охраны окружающей среды является Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, задача которого – осуществление комплексного управления природоохранной деятельностью и проведение государственной политики в области рационального использования природных ресурсов.

В РБ применяется множество других документов в области охраны окружающей среды (Правила, Инструкции, Нормы) а так же государственные стандарты, например: из серии «Охрана природы. Атмосфера», в т.ч. по контролю качества воздуха населенных пунктов (ГОСТ 17.2.3.01-77), установлению допустимых выбросов – ПДВ (ГОСТ 17.2.3.02-78), основные термины и определения по метеорологическим аспектам загрязнения атмосферы и промышленным выбросам (ГОСТ 17.2.1.04-77), по выбросу вредных веществ автомобилями, тракторами и двигателями (ГОСТ 17.2.1.02-76), классификация выбросов по составу (ГОСТ 17.2.1.02-76), ГОСТ 17.1.1.01-77 – (нормирование сбросов воды). Гидросфера., Экологический паспорт предприятия (ГОСТ 17.0.0.04-90).

2. По условиям образования все вещества, загрязняющие атмосферу делятся на примеси естественного и искусственного (антропогенного) происхождения.

Примеси естественного происхождения поступают в результате вулканической деятельности, выветривания почвы и горных пород, лесных пожаров, отмирания растений и т.д.

Примеси антропогенного происхождения образуются в результате деятельности человека, прежде всего в процессе сжигания ископаемого топлива (в двигателях внутреннего сгорания, при работе промышленных печей, на тепловых электростанциях), при сжигании промышленных и бытовых отходов, и т.д.

По воздействию на организм человека – загрязняющие атмосферные вещества делятся на физические и химические.

К физическим относятся

1) радиоактивные элементы, которые являются источником концентрирующей радиации; 2) тепловое загрязнение (повышение температуры); 3) шумы и низкочастотные вибрации (инфразвук).

К химическим относятся:

1) газообразные производные углерода и жидкие углероды; 2) моющие средства; 3) пластмассы; 4) пестициды и другие синтетические вещества; 5) производные серы; 6) производные азота; 7) тяжелые металлы; 8) соединения фтора; 9) твердые примеси; 10) органические вещества.

По составу - примеси подразделяют на газообразные (СО, СО₂, SO₂, оксиды азота) - около 90 % выбросов; твердые – (пыль, тяжелые металлы, минеральные и органические соединения, радиоактивные)- 10%; жидкие – (серная кислота) -масса выбросов мала по сравнению с твердыми и газообразными.

Большинство загрязняющих веществ распределено по классам опасности:

I класс – чрезвычайно опасные;

II класс – опасные;

III класс – умеренно опасные;

IV класс – относительно безопасные.

При сжигании всех видов топлива образуются и поступают в атмосферу водяной пар и диоксиды углерода (СО₂), которые находятся в атмосфере в естественных условиях и не оказывают вредного воздействия на человека, поэтому их не относят, к загрязняющим веществам, хотя на их долю приходится большая часть всех выбросов антропогенного происхождения.

Оксид углерода – (СО) или угарный газ. Основная масса образуется в результате сжигания ископаемого топлива ДВС (двигатели внутреннего сгорания) - главные источники СО.

Концентрация СО, превышающая ПДК, приводит к физиологическим изменениям в организме человека, а концентрация > 750 млн⁻¹

– к смерти. При соединении с гемоглобином крови, образуется карбоксигемоглобин, повышение которого в крови сопровождается:

- 1) ухудшением остроты зрения и способности оценивать интервалы времени;
- 2) нарушаются психомоторные функции головного мозга (2-5%);
- 3) изменение деятельности работы сердца и легких (>5%);
- 4) головные боли, сонливость, спазмы, смертность (10-8%).

Диоксид серы – (SO_2) – сернистый газ. Второе (по массе) загрязняющее атмосферу вещество. Основная причина наличия в атмосфере – использование ископаемого топлива (уголь). Разрушаясь в атмосфере, образует сернистый ангидрид SO_3 , взаимодействующий с парами воды и образующий H_2SO_3 и H_2SO_4 .

Оказывает вредное воздействие на человека. При концентрации дымов $150\text{-}200 \text{ мг/м}^3$ приводит к увеличению симптомов, затрудняющих дыхание и болезням легких. При концентрации SO_2 $0,3\text{-}0,5 \text{ млн}^{-1}$ (ppm) в течении нескольких дней поражаются листья растений и иголки сосны.

Кислотный дождь или кислые осадки. Норма кислотных осадков рН 5,5-5,6. Более кислая среда получается из-за избыточного количества осадков антропогенного происхождения. Большинство исследователей считают, что осадки стали более кислыми за последние 10 лет. Особенно в Северной Европе и США.

Уменьшение рН из-за кислотных дождей, вызывает поражение растений, что приводит к снижению урожайности. Наиболее чувствительны бобовые, подсолнухи, травы, виноград, картофель.

При рН = 3,4 поражается 1% площади поверхности листьев тополя.

Наиболее устойчивы хвойные породы (рН = 2,5).

Оксиды азота (NO_x) – образуются в процессе горения при высоких температурах, в ДВС, работающих на бензине и дизельном топливе.

В присутствии ультрафиолетового солнечного излучения образуют фотохимические окислители (ПАН, ПБН), которые участвуют в образовании смога. Воздействие на человека - раздражение и воспаление глаз, что приводит к заболеваниям.

Углеводороды (СН) – образуются в процессе сжигания топлива автотранспортом (ДВС и топливные баки автомобилей, дизельные

двигатели) – одно из первых мест среди источников загрязнения атмосферы канцерогенными веществами.

Твердые вещества (пыль). Пыль, способная некоторое время находится в воздухе, является аэрозолем.

Пыль опасна для дыхательных путей и всего организма.

По дисперсности (степени измельченности) различают пыль:

а) крупнодисперсная – частицы >10 мкм

б) среднедисперсная – частицы > 10 до 5 мкм

в) мелкодисперсная и дым – частицы < 5 мкм, почти не оседают и рассеиваются в окружающей среде.

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

Органическая пыль бывает растительного происхождения (мучная, табачная, сахарная, чайная, хлопковая) и животного происхождения (костяная, шерстяная). Неорганическая подразделяется на минеральную (кварцевая, цементная и др.) и металлическую (стальная, чугунная, медная, алюминиевая и др.).

Пыли рассматривают как дисперсные системы: монодисперсные, т. е. состоящие из частиц одинаковой величины и полидисперсные т. е. такие, в состав которых входят частицы различной величины. Основные физико-химические свойства пыли: дисперсность (степень измельчения), химический и минералогический состав, строение частиц, плотность, удельная поверхность, взрывоопасность, пожароопасность, электрические свойства.

Диоксины и фураны. Принятое название полихлористых дибензопарадиоксинов (ПХДД) и полихлористых дибензофуранов (ПХДФ). Источники образования: неконтролируемое сжигание коммунальных отходов; сжигание топлива в печах устаревшей конструкции; процессы производства различных химикатов, где используются хлорсодержащие соединения; целлюлозно-бумажная промышленность; металлургия, т.е. любые термические процессы, если в зоне горения присутствуют органическая материя и хлор.

Действуют на человека как яды, т.е. накапливаются в организме, так как плохо растворимы в воде. Вызывают тяжелые воспалительные аллергические изменения кожи (т.н. хлорная проказа), нарушение образования гемоглобина, воспаление поджелудочной железы, снижение сопротивляемости инфекциям.

ТЕМА 3. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ. ВЫБРОСЫ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВ

1. Возобновляемые и невозобновляемые энергетические ресурсы

2. Виды топлива, характеристика и запасы их в Беларуси. Выбросы при сжигании.

3. Условное топливо, соотношение и калорийность. Единицы измерения

4. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь

1. Возобновляемыми источниками энергии называются источники, потоки энергии которых постоянно существуют или периодически возникают в окружающей среде и не являются следствием целенаправленной деятельности человека.

К возобновляемым энергоресурсам относят энергию:

- Солнца;
- мирового океана в виде энергии приливов и отливов, энергии волн;
- рек;
- ветра;
- морских течений;
- соленую;
- морских водорослей;
- вырабатываемую из биомассы;
- водостоков;
- твердых бытовых отходов;
- геотермальных источников.

Недостаток возобновляемых источников энергии - низкая степень ее концентрации. Достоинства - широкое распространение, относительно высокая экологическая частота и и практическая неисчерпаемость. Такие источники наиболее рационально использовать непосредственно вблизи потребителя без передачи энергии на расстояние. Энергетика, работающая на этих источниках, использует потоки энергии, уже существующие в окружающем пространстве, перераспределяет, но не нарушает их общий баланс.

Неиспользование потоков энергии возобновляемых источников приводит к ее безвозвратной потере, предопределяет несколько иной подход к оценке эффективности устройств, применяющих эти источ-

ники, по сравнению с устройствами, работающими на невозобновляемых ресурсах.

Учитывая истощенность энергетических ресурсов, роль использования возобновляемых источников энергии во многих странах с каждым годом возрастает. Так, выработка электроэнергии на ветряных установках увеличивается в среднем в год на 24 %, от солнечных батарей - на 17, а на геотермальных станциях - на 4%. В Дании на ветроустановках вырабатывается 10 % всей производимой в стране электроэнергии, в германской земле Шлезвиг-Гольштейн - 14, в провинции Наварра (Испания) - 22 %.

Основным сдерживающим фактором использования возобновляемых источников энергии в мире являются высокие первоначальные инвестиции в оборудование и инфраструктуру. Однако, по мнению специалистов, благодаря рациональной энергетической политике уже через 50 лет доля биомассы в энергопроизводстве возрастет с 2 до 10 %, а доля солнечной энергии составит более 10 %. При этом производство энергии с использованием нефти сократится вдвое, а угля - почти втрое. Предполагается, что к 2100 году большую часть потребляемой энергии человечество будет получать именно из возобновляемых источников. Так, на долю биомассы будет приходиться более 20 % потребляемой энергии, Солнца - более 40, тогда как доля газа сократится до 10, нефти - до 8, угля - до 3-4 %.

Невозобновляемые энергетические ресурсы – те, которые ранее были накоплены в природе и в новых геологических условиях не образуются. К ним относят:

- каменный уголь, запасы которого в мире оцениваются в 10-12 трлн т;

- нефть, запасы которой распределены крайне неравномерно на Земле: на Ближнем и Среднем Востоке - 67, в Африке - 12,5, Юго-Восточной Азии и Дальнем Востоке - 3, Северной Америке - 9, Центральной и Южной Америке - 5,5, Западной Европе - 3 %. По уровню добычи нефти Россия занимает 3-е место в мире, уступая только Саудовской Аравии и США.

Подавляющая часть нефти потребляется в Северной Америке, и, прежде всего в США, в индустриально развитых странах Западной Европы и Японии;

- природный газ, основные разведанные запасы газа в мире сосредоточены в России (32 %), Иране (15,7 %), Катаре (6 %). Добыча газа в России составляет 25,1, в США - 24,1, Канаде - 8,1 % от

мировой. Владельцами крупных газовых месторождений также являются: Казахстан, Туркменистан, Ирак, Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Египет, Алжир, Ливия. Активно осваиваются газовые шельфы в Северном и Норвежском морях.

2. По определению Д. И. Менделеева, «топливом называется горючее вещество, умышленно сжигаемое для получения теплоты». Минеральное топливо - основной источник энергии в современном хозяйстве и важнейшее промышленное сырье. Переработка минерального топлива является базой формирования промышленных предприятий, в т. ч. нефтехимических, газохимических, торфобрикетных и т. п.

Топливо подразделяют на следующие четыре группы:

- твердое;
- жидкое;
- газообразное;
- ядерное.

Промышленная революция в XIX веке полностью преобразовала аграрные страны Европы и Америку, произошла в результате перехода от древесного топлива к ископаемому угольному. Затем пришла эра электричества.

К твердому топливу относят:

- древесину, другие продукты растительного происхождения;
- уголь (с его разновидностями: каменный, бурый);
- торф;
- горючие сланцы.

Ископаемые твердые топлива (за исключением сланцев) являются продуктом разложения органической массы растений. Самый молодой из них *торф*, представляющий собой плотную массу, образовавшуюся из перегнивших остатков болотных растений. Следующими по «возрасту» являются *бурые угли* - землистая или черная однородная масса, которая при длительном хранении на воздухе частично окисляется (выветривается) и рассыпается в порошок. Затем идут *каменные угли*, обладающие, как правило, повышенной прочностью и меньшей пористостью. Органическая масса наиболее старых из них - *антрацитов* претерпела наибольшие изменения и на 93 % состоит из углерода. Антрацит отличается высокой твердостью.

Горючие сланцы представляют собой полезное ископаемое из группы твердых каустобиолитов, дающее при сухой перегонке значительное количество смолы, близкой по составу к нефти. Залежи горю-

чих сланцев в Беларуси находятся на юге республики (Туровское месторождение в Гомельской области, Любанское - в Солигорском и Любанском районах Минской области), и открыты они в 1963 г. Прогнозные запасы составляют 11 млрд т, в т. ч. промышленные на глубине 300 м - 3,6 млрд т, что соответствует 792 млн т у. т. Наиболее изученным является Туровское месторождение.

Жидкие виды топлива получают путем переработки нефти. Сырую нефть нагревают до 300...370 °С, после чего полученные пары разгоняют на фракции, конденсирующиеся при различной температуре:

- сжиженный газ (выход около 1 %);
- бензиновую (около 15%, $t_k = 30...180$ °С);
- керосиновую (около 17 %, $t_k = 120...135$ °С);
- дизельную (около 18 %, $t_k = 180 ... 350$ °С).

Жидкий остаток с температурой начала кипения 330...350 °С называется *мазутом*.

Газообразными видами топлива являются *природный газ*, добываемый как непосредственно, так и попутно с добычей нефти, называемый *попутным*. Основным компонентом природного газа является метан CH_4 и в небольшом количестве азот N_2 , высшие углеводороды C_nH_m , двуокись углерода CO_2 . Попутный газ содержит меньше метана, чем природный, но больше высших углеводородов, и поэтому выделяет при сгорании больше теплоты.

В промышленности и в быту, находит широкое применение *сжиженный газ*, получаемый при первичной переработке нефти. На металлургических заводах в качестве попутных продуктов получают *коксовый* и *доменный газы*. Они используются здесь же на заводах для отопления печей и технологических аппаратов. В районах расположения угольных шахт своеобразным «топливом» может служить *метан*, выделяющийся из пластов при их вентиляции. Газы, получаемые путем газификации (*генераторные*) или путем сухой перегонки (нагрев без доступа воздуха) твердых топлив, в большинстве стран практически вытеснены *природным газом*, однако в настоящее время снова возрождается интерес к их производству и использованию.

В последнее время все большее применение находит *биогаз* - продукт анаэробной ферментации (сбраживание) органических отходов (навоза, растительных остатков, мусора, сточных вод и т. д.).

Ядерным топливом является уран - 235. Известно, что при использовании одного грамма ядерного топлива выделяется такое

количество энергии, как при сжигании 300 вагонов каменного угля. Но мировые запасы урана - 235 невелики.

Анализ оценки обеспеченности ТЭР показывает, что наиболее дефицитным видом топлива является нефть. Ее хватит по разным источникам на 250 лет. Затем, через 35-64 года, истощатся запасы горючего газа и урана. Запасы угля в мире достаточно велики, и обеспеченность составит 218-330 лет.

В Республике Беларусь собственные топливно-энергетические ресурсы представлены: древесиной; нефтью; торфом; бурым углем; горючими сланцами. Общие запасы древесины в стране оцениваются примерно в 1093,2 млн м³, что составляет около 1 % запасов древесины СНГ. Лесистость территории - 38 %. Запас спелого древостоя составляет около 74,7 млн м³. На душу населения приходится 0,6 га леса и 93 м³ запасов древесины. Средний возраст древостоя - 40 лет, средний прирост - 3,7 м³ на 1 га; средний запас на 1 га в спелых лесах - 205 м³. Основная часть лесов (45 %) приходится на Гомельскую и Минскую области.

Значение древесины в топливном балансе страны пока незначительно, поскольку начавшаяся в 1960 г. и продолжающаяся ныне повсеместная газификация вытеснила древесину как вид топлива, а работающие на отходах котельные деревообрабатывающих предприятия были переведены на газ. В связи с возникшими проблемами в использовании дорогостоящего покупного топлива, на древесное топливо, особенно на отходы деревообработки переходит все больше субъектов хозяйствования.

Основной нефтегазоносной территорией Беларуси является Припятский прогиб. Известно 55 месторождений нефти, в т. ч. 53 - в Гомельской и 2 - в Могилевской областях. Разрабатываются 33 месторождения, крупнейшее из которых – Речицкое эксплуатируется с 1965 года.

С начала промышленной разработки нефти (1965 г.) в стране добыто 100 млн т. В настоящее время ежегодно добывается около 1,2 млн т нефти. РУП «Объединение «Беларуснефть» - единственное нефтедобывающее республиканское унитарное предприятие - имеет 508 эксплуатационных скважин на 63 месторождениях нефти. Бурением пройдено 18,531 млн м горных пород. Разведанные запасы нефти составляют около 80 млн т, газоконденсата - 0,44 млн т, попутного газа - 9734 млн м³.

Годовая потребность Республики Беларусь в нефти составляет 16-18 млн т, а собственные ресурсы составляют всего лишь 9-10 %.

Наиболее распространенным видом местного топлива в Беларуси является торф. Торфяные отложения имеются практически во всех регионах. По запасам торфа (первичные запасы составляли 5,65 млрд т, оставшиеся геологические оцениваются в 4,3 млрд т) Беларусь занимает второе место в СНГ, уступая только России. Разведано более 9000 месторождений торфа общей площадью в границах промышленной глубины 2,54 млн га. В последнее время годовая добыча составляет 27-30 млн т. Наиболее богатые залежи его находятся в Брестской, Витебской, Могилевской областях, в которых геологический запас торфа составляет около 68 % от общего запаса в стране. Основными месторождениями торфа являются Светлогорское, Василевичское, Лукское (Гомельская обл.), Березинское, Смолевичское (Минская обл.), Березовское (Гродненская обл.), Даблевский Мох, Усвиж Бук, Витебское (Витебская обл.). На базе этих месторождений были в свое время построены крупные электростанции: Василевичская, Смолевичская ГРЭС и др. или крупные торфобрикетные заводы.

Месторождения бурого угля находятся, так же, как и нефть, в Припятском прогибе. Прогнозные ресурсы его на глубине 600 м оцениваются в 410 млн т, в т. ч. мощностью пласта от 0,7 м и более - 294 млн т.

В настоящее время наиболее изученными являются неогеновые угли (залегает на глубине 20-80 м) трех месторождений: Житковичского, Бриневского и Тонежского с общими запасами 152 млн т (37 млн т у. т.), промышленными - 121 млн т (29,5 млн т у. т.) На Житковичском месторождении подготовлены для промышленного освоения два месторождения с общими запасами 46,7 млн т (11,4 млн т у. т.), что позволяет проектировать строительство разреза мощностью в 2 млн т (488 т у. т.). В последние годы на юге Беларуси (Лельчицкий район) открыто относительно большое месторождение - Букчинское, которое в будущем может иметь промышленное значение.

Разведанные запасы угля пока не разрабатываются, поскольку уголь залегает на большой глубине, мощность его пластов небольшая.

Нецелесообразна добыча горючих сланцев в объеме имеющихся запасов 11 млрд т, поскольку стоимость получаемых продуктов выше мировых цен на нефть.

Выбросы при сжигании топлив. Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха поступают от установок, работающих на углеводо-

родном топливе (бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, уголь, природный газ и др.). Количество загрязнений определяется составом, объектом сжигаемого топлива и организацией процесса сгорания. В последние годы количество выбросов от транспорта составляет около 70% всех выбросов в атмосферу.

Горючее вещество топлив состоит в основном из 3-х элементов: С, H_2 , S. Горение – быстрое соединение кислорода с этими горючими элементами, сопровождающееся выделением тепла.

При горении протекают следующие основные реакции.

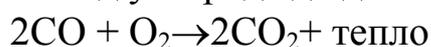
Углерод до диоксида углерода



Углерод до оксида углерода



Оксид углерода до диоксида



Водород до водяного пара



Сера до диоксида серы



Теплота сгорания - количество тепла, выделяющееся при сгорании единицы топлива. Зависит от соединения, которое сжигается.

На металлургических и машиностроительных заводах агрегатами, где сжигается топливо являются: промышленные котлы для производства пара, горячей воды, электроэнергии; технологическое оборудование – плавильные и термические печи, печи для сушки и переработки дисперсных материалов. Используются другие газообразные топлива – нефтяные газы, доменный газ, ацетилен, водород и спутниковые газы, состав которых зависит от типа производства.

Состав выбросов при сжигании твердого топлива: пыль (зола), газообразные составляющие. Пыль состоит в основном из сажи (углерода), диоксида кремния, оксида алюминия, оксидов железа, серы и органических загрязнителей. В виде следов присутствуют другие элементы. Газообразные выбросы включают SO_2 , CO, углеводороды, NO_x .

При сжигании жидкого топлива применяют: мазут, сланцевое масло, дизельное топливо.

Выбросы: аэрозоли, SO_2 , SO_3 , CO, углеводороды CH, NO_2 . В состав золы мазутов входят оксид ванадия (V_2O_5), MgO, соединения свинца.

При сжигании газообразного топлива отходящие газы содержат SO_2 , CO , углеводороды, NO_x , в значительно меньшем количестве, чем при сжигании твердых и жидких топлив, исключая NO_x .

Природный газ рассматривается как относительно чистое топливо, но при плохом сжигании, недостатке воздуха и т.д. могут возникнуть большое количество дыма, CO и углеводородов.

При горении природного газа в основном образуются оксиды азота. Их выход зависит от температуры в камере сгорания и скорости охлаждения продуктов реакции.

Факторы, влияющие на выход загрязнения. Условия эксплуатации, которые влияют на процесс горения, влияют на образование загрязняющих веществ. Например, количество избытка воздуха. Если воздух подается в количестве, меньшем оптимального, то топливо сгорает не полностью и увеличивается выход дисперсных загрязнений, так как возрастает количество (процентное) несгоревшего углерода.

Выбросы от транспорта. В последние десятилетия в связи с быстрым развитием автотранспорта и авиации существенно увеличилась доля выбросов, поступающих в атмосферу от подвижных источников: грузовых и легковых автомобилей, тракторов, тепловозов и самолетов. В городах на долю автотранспорта приходится (в зависимости от развития промышленности и числа автомобилей) от 30 до 70% общей массы выбросов.

Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят автомобили, работающие на бензине, затем самолеты, автомобили с дизельными двигателями, трактора и другая сельскохозяйственная техника, железнодорожный и водный транспорт.

Основные загрязняющие атмосферу вещества, которые выбрасывают подвижные источники (общее число около 40): оксид углерода – 70% в общей массе, углеводорода – 19%, оксиды азота (NO_x) - около 9%.

Неполностью сгоревшие углеводороды (CH) поступают в атмосферу с выхлопными газами - 60%, из картера - 20%, топливного бака - 10% (пары) и карбюратора; твердые примеси (сажа) поступают в основном с выхлопными газами (90%) и из картера. CO и NO_x поступают в атмосферу только с выхлопными газами.

Наибольшее количество загрязняющих веществ выбрасывается при разгоне автомобиля, при движении с малой скоростью. Доля CH и CO более высока при торможении и на холостом ходу, доля NO_x –

при разгоне. Следовательно, автомобили особенно загрязняют воздушную среду при частых остановках и при движении с малой скоростью.

Большое влияние на количество и качество выбросов оказывают режимы работы двигателя, в частности соотношение между массами топлива и воздуха, количество топлива. При увеличении относительной массы воздуха и топлива, поступающих в камеру сгорания, сокращаются выбросы CO, но возрастает выброс NO_x. Примерный состав отработанных газов автомобилей приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав отработанных газов автомобилей

Компоненты	Содержание компонента, объемная доля; %	
	Бензиновые ДВС	Дизельные ДВС
N ₂	74-77	76-78
O ₂	0,3-8	2-18
H ₂ O (пары)	3,0-5,5	0,5-4,0
CO ₂	5,0-12,0	1,0-10,0
H ₂	0,1-5,0	-
CO	0,5-12,0	0,01-0,50
NO _x (в пересчете на N ₂ O ₅)	до 0,8	0,0002-0,5
CH	0,2-3,0	0,009-0,5
Альдегиды	до 0,2 мг/л	0,001-0,09 мг/л
Сажа	0,04 г/м ³	0,01-1,1 г/м ³
Бенз(а)пирен	10-20 мкг/м ³	до 10 мкг/м ³

Анализ данных, приведенных в таблице показывает, что наибольшей токсичностью обладает выхлоп карбюраторных ДВС за счет выброса CO, NO_x, CH. Дизельные ДВС выбрасывают в больших количествах сажу которая в чистом виде нетоксична. Однако частицы сажи, обладают высокой адсорбционной способностью, несут на своей поверхности частицы токсичных веществ, в том числе и канцерогенных. Сажа может длительное время находится во взвешенном состоянии в воздухе, увеличивая время воздействия токсических веществ на человека.

Бенз(а)пирен – C₂₀H₁₂ – полициклический углеводород, образованный в дымовых газах при недостатке количества кислорода, подаваемого в зону горения при t=973-1073 К.

3. Экономические расчеты, сравнение показателей топливоиспользующих устройств друг с другом и планирование необходимо осуществлять на единой базе. Поэтому введено понятие так называемого условного топлива.

Условное топливо - расчетная величина для органического топлива, применяемая для сопоставления энергетической ценности различных видов топлива..

В качестве единицы условного топлива используется 1 кг топлива с теплотой сгорания 7000 ккал/кг (29,3 МДж/кг), что соответствует хорошему малозольному сухому углю. Для сравнения - бурые угли имеют теплоту сгорания менее 24 МДж/кг, а антрациты и каменные угли - 23-27 МДж/кг. Соотношение между условным топливом и натуральным выражается формулой

$$B_T = (Q_{нр} / 7000) B_n = \mathcal{E} B_n, \text{ кг у.т.} \quad (1)$$

где B_T - масса эквивалентного количества условного топлива, кг;

$Q_{нр}$ - низшая теплота сгорания данного натурального топлива, ккал/кг или ккал/м³;

B_n - масса натурального топлива, кг (твердое и жидкое топливо) или м³ -газообразного.

Соотношение $\mathcal{E} = Q_{нр} / 7000$ называется *калорийным коэффициентом*, и его принимают для:

- нефти - 1,43;
- природного газа - 1,15;
- торфа - 0,34-0,41 (в зависимости от влажности);
- торфобрикетов - 0,45 -0,6 (в зависимости от влажности);
- дизтоплива - 1,45;
- мазута - 1,37.

Теплотворная способность различных видов топлива, ккал/кг, составляет примерно:

нефть	- 10 000 (ккал/кг);
природный газ	- 8 000 (ккал/ м ³);
каменный уголь	- 7000(ккал/кг);
дрова влажностью 10%	- 3900(ккал/кг);
40%	- 2400(ккал/кг);
торф влажности 10%	- 4100(ккал/кг);
40%	- 2500(ккал/кг);

4. *Топливо-энергетический комплекс (ТЭК)* Республики Беларусь - совокупность больших, непрерывно развивающихся производственных систем для получения, преобразования, распределения и использования природных энергетических ресурсов и энергии всех видов. В Республики Беларусь он включает предприятия по добыче (нефть, торф, попутный газ), заготовке (дрова), закупке недостающих полезных ископаемых, транспортировке газа, преобразованию их в электро- или тепловую энергию и распределению по потребителям.

Установленная мощность всех энергоисточников страны составляет более 7,8 млн кВт. Это достаточно для обеспечения потребителей республики электроэнергией, которую вырабатывают 23 электростанции.

Республиканским органом государственного управления, реализующим функции государственного регулирования по обеспечению топливно-энергетическими ресурсами, является Министерство энергетики Республики Беларусь (Минэнерго).

В топливно-энергетический комплекс Республики Беларусь входят:

- **Министерство энергетики**, которому подчинены:
 - Белорусское государственное предприятие по транспортировке газа «Белтрансгаз»;
 - Белорусский государственный энергетический концерн «Белэнерго»;
 - Белорусский концерн по топливу и газификации «Белтопгаз»;
- **Белорусский государственный концерн по нефти и химии «Белнефтехим»**, подчиненный непосредственно Совету Министров Республики Беларусь.

Основными задачами Минэнерго являются:

- проведение научно-технической, экономической и социальной политики, направленной на создание условий для эффективной работы подведомственных Минэнерго организаций в целях удовлетворения потребности народного хозяйства и населения в электрической и тепловой энергии, природном и сжиженном газе, твердых видов топлива, их рационального и безопасного использования;
- принятие в установленном порядке мер по обеспечению энергетической безопасности Республики Беларусь;
- подготовка совместно с другими республиканскими органами государственного управления облисполкомами и Минским горис-

полкомом предложений по формированию энергетической политики Республики Беларусь и организация реализации этой политики;

- разработка и осуществление мер по улучшению платежной дисциплины при расчетах за топливо и энергию.

Основное направление деятельности ТЭК - всемерное развитие местных видов и нетрадиционных источников энергии, а также повсеместное внедрение энергосберегающих технологий.

ТЕМА 4. ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

1. Технологические процессы и оборудование – источники образования выбросов.

2. Количественные характеристики выбросов от основного технологического оборудования. Расчет экологического налога.

1. Современное металлургическое предприятие по производству черных металлов имеет следующие основные переделы: производство окатышей и агломерата, коксохимическое, доменное, сталеплавильное и прокатное производства. В состав предприятий могут входить также ферросплавное, огнеупорное и литейное производства. Все они являются источниками загрязнения атмосферы и водоемов. Кроме того, металлургические предприятия занимают большие производственные площади и отвалы, что предполагает отчуждение земель.

Концентрация вредных веществ в атмосфере и водной среде крупных металлургических центров часто превышают нормы.

Все технологические процессы производства чугуна, стали и их последу-

ющего передела сопровождаются образованием больших количеств отходов в виде вредных газов и пыли, шлаков, шламов, сточных вод, содержащих различные химические компоненты, скрапа, окалины, боя огнеупоров, мусора и других выбросов, которые загрязняют атмосферу, воду и поверхность земли.

Металлургические переделы являются источниками загрязнения пылью, оксидами углерода, азота, и серы (таблица 1).

Таблица 1 - Газовые выбросы (до очистки) металлургического производства

Составляющие выбросов	Агломерационное производство, кг/т агломерата	Доменное производство, кг/т чугуна	Сталеплавильное производство, кг/т стали	Прокатное производство
1	2	3	4	5
Пыль	20-25	100-106	13-32	0,1-0,2 кг/т проката
Оксид углерода	20-50	600-605	0,4-0,6	0,7 т/м поверхности металла

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
Оксиды серы	3-25	0,2-0,3	0,4-35	0,4 т/м поверхности металла
Оксиды азота		0,3-3,0		0,5 т/м поверхности металла
Сероводород		10-60		
Аэрозоли травильных растворов				в травильных отделениях
Пары эмульсии				при металло-обработке

Современное металлургическое предприятие является сложным производственным комплексом, включающим самые разнообразные цехи, а иногда отдельные заводы, которые в значительной степени ухудшают состояние окружающей среды (таблица 2).

Таблица 2 - Источники регламентированных выбросов газа основных переделов металлургического предприятия

Вид производства	Основные операции	Вспомогательные операции
Агломерационное производство окатышей	Спекание агломерационной шихты, охлаждение агломерата и возврата, обжиг окатышей	Дробление, грохочение и транспортировка шихты
доменное	Загрузка шихтовых материалов, выплавка и разливка чугуна	Доставка в доменный цех шихтовых материалов и выгрузка на рудном дворе и в бункеры эстакады
сталеплавильное	Загрузка шихтовых материалов в печь. Выплавка и разливка стали.	
прокатное	Нагрев заготовки, зачистка металла	ножницах, удаление окалины, травление металла, охлаждение валков
ферросплавное	Выплавка ферросплавов и выпуск их из печи, загрузка шихтовых материалов	Грануляция, охлаждение, отгрузка металла, сушка, подогрев, очистка ковшей

На долю предприятий черной металлургии приходится 15-20% общих загрязнений атмосферы промышленностью, что составляет более 10,3 млн. т вредных веществ в год, а в районах расположения крупных металлургических комбинатов – до 50%.

В среднем на 1 млн. т годовой продукции заводов черной металлургии выделение составляет, т/сутки: пыли - 350, сернистого ангидрида – 200, оксида углерода – 400, оксидов азота – 42.

Основными источниками загрязнения атмосферы выбросами металлургических предприятий являются коксохимическое, агломерационное, доменное, ферросплавное и сталеплавильное производства.

Коксохимическое производство загрязняет атмосферу оксидами углерода и серы. На 1 т перерабатываемого угля выделяется около 0,75 кг SO₂ и по 0,03 кг различных углеводородов и аммиака. Кроме газов, коксохимическое производство выделяет в атмосферу большое количество пыли.

На аглофабриках источниками загрязнения воздуха являются аглоленты, барабанные и чашевые охладители агломерата, обжиговые печи, узлы пересыпки и сортировки агломерата и других компонентов шихты. Количество агломерационных газов 2,5-4,0 тыс. м³/т полученного агломерата с содержанием в них пыли от 5 до 10 г/м³. В состав газов входят оксиды серы и углерода. Пыль содержит железо и его оксиды, оксиды марганца, магния, фосфора, кремния, кальция, иногда частицы титана, меди, свинца.

Доменное производство характеризуется образованием большого количества доменного газа (\approx 2-4 тыс. м³/т чугуна). Газ содержит оксиды углерода и серы, водород, азот, большое количество колошниковой пыли (до 150 кг/т чугуна). Пыль содержит оксиды железа, кремния, марганца, кальция, магния, частицы шихтовых материалов.

Основные источники загрязнения воздуха при производстве ферросплавов –

электродуговые печи. Выбросы печей состоят из нетоксичной и токсичной пыли (окислы железа, меди, цинка, свинца, хрома, кремния), газы.

В зависимости от вида выплавляемого сплава и мощности печей суммарное количество пыли, образующейся в результате технологических процессов, может составлять сотни тонн в сутки. При этом Сг⁺⁶ и пыль обнаруживают на расстоянии до 3 км от

источника загрязнения. Заводы, выплавляющие ферросилиций, загрязняют атмосферный воздух в радиусе 2-3 км мельчайшими частицами SiO₂, наибольшее содержание которых наблюдается на расстоянии около 0,5 км от предприятия.

Промвыбросы феррованадиевого производства загрязняют атмосферу пылью, окислами ванадия, хлористого водорода на расстоянии до 2 км от завода.

При производстве чугуна и стали количество вредных выбросов зависит от двух составляющих:

- 1) состава шихты и степени ее загрязнения;
- 2) от выбросов самих плавильных агрегатов в зависимости от используемых видов энергии и технологии плавки.

Ряд металлов вызывает «литейную лихорадку» (Zn, Ni, Cu, Fe, Co, Pb, Mn, Be, Sn, Sb, Cd и их оксиды). Некоторые металлы (Cr, Ni, Be, As и др.) обладают канцерогенным действием, т.е. вызывают раковые заболевания органов.

Многие металлы (Hg, Co, Ni, Cr, Pt, Be, As, Au, Zn и их соединения) вызывают аллергические реакции организма (бронхиальную астму, некоторые заболевания сердца, поражения кожи, глаз, носа и др.). В таблице 4 представлены ПДК некоторых металлов

Таблица 3 - Предельно допустимые концентрации металлов

Металл	ПДК, мг/м ³	Металл	ПДК, мг/м ³
Цинк(Zn)	6 (для ZnO ₂)	Бериллий (Be)	0,001
Никель (Ni)	0,5	Сурьма (Sb)	0,5
Медь (Cu)	1	Кадмий (Cd)	0,001
Железо (Fe)	4-6	Хром (Cr)	0,01
Кобальт (Co)	0,5	Ртуть (Hg)	0,01
Свинец (Pb)	0,01	Мышьяк (As)	не уст.
Марганец (Mn)	0,3		

Сравнительно большой выход технологических газов наблюдается при плавке стали в электродуговых печах. Состав газов зависит от периода плавки, марки выплавляемой стали, герметичности печи, способа газоотбора и наличия кислородной продувки. Принципиальными преимуществами плавки металла в электродуговых печах (ЭДП) являются невысокие требования к качеству шихты, к размерам и конфигурации кусков, что снижает стоимость шихты, высокое качество выплавленного металла. Расход энергии колеблется

от 400 до 800 кВтч/т, в зависимости от размеров и конфигурации шихты, необходимой температуры жидкого металла, его химсостава, стойкости огнеупорной футеровки, метода рафинирования, типа установок для пыле- и газоочистки.

Источники выделений при плавке в ЭДП можно разделить на три категории: шихта; выбросы, образующиеся в процессе плавления и рафинирования; выбросы при выпуске металла из печи.

Отбор проб пылевывделений из 23 ЭДП в США и их анализ активационным и атомно-адсорбционным методами на 47 элементов показал наличие в них цинка, циркония, хрома, железа, кадмия, молибдена и вольфрама. Количество других элементов было ниже предела чувствительности методов. По данным американских и французских изданий количество выделений из ЭДП колеблется от 7 до 8 кг на тонну металлической шихты при нормальном ведении плавки. Есть сведения, что эта величина может возрасти до 32 кг/т, в случае загрязненной шихты. Отмечается линейная зависимость между скоростями выделения и обезуглероживания. При выгорании 1% С в минуту выделяется 5 кг/мин пыли и газа на каждую тонну обрабатываемого металла. При рафинировании расплава железной рудой количество выделений и время, в течение которого происходит это выделение, заметно выше, чем при рафинировании кислородом. Поэтому с экологической точки зрения при установке новых и реконструкции старых ЭДП целесообразно предусматривать продувку кислородом для рафинирования металла.

Отходящие газы из ЭДП в основном состоят из монооксида углерода, образующегося в результате окисления электродов и удаления углерода из расплава при продувке его кислородом или добавке железной руды. Каждый м³ кислорода формирует 8-10 м³ отходящих газов, и в этом случае 12-15 м³ газов должно пройти через систему очистки. Наивысшая скорость выделения газов отмечается при продувке металла кислородом.

Основной составляющей пыли при плавке в индукционных печах (60 %) являются окислы железа, остальное - окислы кремния, магния, цинка, алюминия в различном соотношении в зависимости от химического состава металла и шлака. Выделяемые при плавке чугуна в индукционных печах частицы пыли имеют дисперсность от 5 до 100 мкм. Количество газов и пыли в 5...6 раз меньше, чем при плавке в электродуговых печах.

В процессах нагрева и обработки металла в кузнечно-прессовых и прокатных цехах выделяется пыль, кислотный и масляный аэрозоль (туман), оксид углерода, диоксид серы и др.

В прокатных цехах выброс пыли составляет приблизительно 200 г/т проката. Если применяется огневая зачистка поверхности заготовки, то выход пыли возрастает до 500 – 2000 г/т. При этом, в процессе сгорания поверхностного слоя металла образуется большое количество мелкодисперсной пыли, на 75 – 90% состоящей из оксидов железа. Для удаления окалины с поверхности горячекатанной полосы применяют травление в серной или соляно кислоте. Среднее содержание кислоты в удаляемом воздухе составляет 2.5 – 2.7 г/м³. Общеобменной вентиляцией кузнечно-прессового цеха в атмосферу выбрасываются оксиды углерода и азота, диоксид серы.

Воздух, выбрасываемый из термических цехов, загрязнен парами и продуктами горения масла, аммиаком, цианистым водородом и другими веществами поступающими в систему вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термообработки. Источниками загрязнения являются нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе, а также дробеструйная и дробеметная камеры. Концентрация пыли достигает 2 – 7 г/м³.

При закалке и отпуске деталей в масляных ваннах в отводимом от ванн воздухе содержится до 1% паров масла от массы металла.

По статистике, загрязнение окружающей среды вокруг предприятий черной металлургии в зависимости от господствующих ветров ощущается в радиусе 20-50 км. На 1квдратный метр этой территории выпадает 5-15 кг/сутки пыли.

2. Качественными характеристиками выбросов загрязняющих веществ являются химический состав веществ и класс их опасности.

К количественным характеристикам относятся: валовый выброс загрязняющих веществ в тоннах в год (Q_B), значение максимального выброса загрязняющих веществ в граммах в секунду (Q_M). Расчет валового и максимального выбросов проводят при:

- оценке воздействия на окружающую среду;
- разработке проектной документации на строительство, реконструкцию, расширение, техническое перевооружение, модернизацию, изменение профиля производства, ликвидацию объектов и комплексов;

- инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- нормировании выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- установлении объемов разрешенных (лимитируемых) выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- контроле за соблюдением установленных норм выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- ведении первичного учета о воздействии на атмосферный воздух;
- ведении отчетности о выбросах загрязняющих веществ;
- исчислении и уплате экологического налога;
- при выполнении иных мероприятий по охране атмосферного воздуха.

Расчет ведется в соответствии с руководящим документом "Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при горячей обработке металлов" - РД 0212.3-2002. РД разработан лабораторией "НИЛОГАЗ" БГПА, утвержден и введен в действие постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ № 10 от 28 мая 2002 г.

РД предназначен для выполнения ориентировочных расчетов ожидаемых выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от основного технологического оборудования предприятий отрасли. В основу расчета положены удельные выбросы загрязняющих веществ от единицы технологического оборудования, планируемые или отчетные показатели основной деятельности предприятия; нормы расхода основных и вспомогательных материалов, графики и нормо-часы работы оборудования, степень очистки пылегазоочистных установок. РД позволяет осуществлять годовое и перспективное планирование объемов выбросов, а также намечать пути их сокращения.

ТЕМА 5. ОБРАЗОВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ СТОЧНЫХ ВОД

1. Общие сведения

2. Сточные воды металлургического производства.

1. Запасы воды на планете колоссальны – около 1,5 млрд км³, однако объем пресных вод составляет немногим > 2%, при этом 97% их представлено ледниками в горах, полярными льдами Арктики и Антарктики, которая не доступна для использования. Объем пригодных для применения пресных вод составляет ≈ 0,3% от общего запаса гидросферы. В настоящее время населением мира ежедневно потребляем 7 млрд.т. воды, что соответствует количеству полезных ископаемых, добываемых человечеством за год.

С каждым годом потребление воды резко увеличивается. На территории промышленных предприятий образуется сточные воды 3-х типов: бытовые, поверхностные, производственные.

Хозяйственно-бытовые сточные воды – образуются при эксплуатации на территории предприятий душевых, туалетов, прачечных и столовых. Предприятие не отвечает за количество данных сточных вод и направляет их на городские станции очистки.

Поверхностные сточные воды образуются в результате смывания дождевой поливочной водой примесей, скапливающие на территории, крышах и стенах производственных зданий. Основными примесями этих вод являются твердые частицы (песок, камень, стружки и опилки, пыль, сажа, остатки растений, деревьев и т.п.); нефтепродукты (масла, бензин и керосин), используемый в двигателях транспортных средств, а так же органических и минеральных удобрений, используемых в заводских скверах и цветниках. Каждое предприятие отвечает за загрязнение водоемов, поэтому необходимо знать объем сточных вод данного типа.

Расход поверхностных сточных вод рассчитывается в соответствии со СНиП 2.04.03-85 «Нормы проектирования. Канализация. Наружные сети и сооружения» по методу предельной интенсивности. Для каждого сечения водостока расчетный расход определяют по формуле:

$$Q_3 = AF_p \beta \quad (1)$$

где A - параметр, характеризующий интенсивность осадков в зависимости от климатических особенностей местности, где расположено предприятие;

$F_p = F \eta \alpha$ - расчетная площадь стока.

F - площадь территории предприятия

η - коэффициент зависящий от площади;

α - коэффициент стока, определяющий β и зависящий от проницаемости поверхности;

β - коэффициент стока, учитывающий особенности процессов сбора поверхностных сточных вод и движения их в лотках и коллекторах.

Производственные сточные воды образуются в результате использования воды в технологических процессах. Их количество, состав, концентрация примесей определяется типом предприятия, его мощностью, видами используемых технологических процессов. Для покрытия нужд водопотребления предприятиями области производится забор воды из поверхностных источников предприятиями промышленности и теплоэнергетики, сельскохозяйственными объектами водопользования, в основном на цели орошения.

В хозяйстве Республики Беларусь используются водные ресурсы рек: Днепр, Березина, Сож, Припять, Уборть, Случь, Птичь, Уть, Немылья, Терюха, Уза, Виша.

Из артезианских скважин забирается приблизительно 210 млн м³/ год, причем вся эта вода – питьевая.

Общий объем сточных вод образует за год около 500 млн. м³. Около 15% стоков являются загрязненными (недостаточно очищенными). В Гомельской области загрязнено около 30 рек и речек.

Особые виды промышленного загрязнения водоемов:

1) тепловое загрязнение, обусловленное выпуском тепловых вод от различных энергетических установок. Тепло, поступающее с нагретыми сбросными водами в реки, озера и искусственные водохранилища, оказывает существенное влияние на термический и биологический режим водоемов.

Интенсивность влияния теплового загрязнения зависит от t нагревания воды. Для лета выявлена следующая последовательность воздействия температуры воды на биоценоз озер и искусственных водоемов:

– при t до 26 °С не наблюдается вредного воздействия
– в пределах 26-30°С наступает состояние угнетения жизнедеятельности рыб (условия нереста, зараженность рыб паразитами и т.д.);

– свыше 30⁰С – вредное воздействие на биоценоз;
– при 34-36⁰С возникает летальные условия для рыб и др. организмов.

Создание различных охлаждающих устройств для сброса вод тепловых электростанций при огромном расходе этих вод приводит к значительному удорожанию строительства и эксплуатации ТЭС.;

2) нефть и нефтепродукты (пленка) – разлагаются за 100-150 дней при благоприятных условиях;

3) синтетические моющие средства – трудноудаляемы из стоков, увеличивают содержание фосфатов, что ведет к увеличению растительности, цветению водоемов, истощению кислорода в водной массе;

4) сброс Zn и Cu – не удаляются полностью, а меняются формы соединения и скорость миграции. Только за счет разбавления можно снизить концентрацию.

Основным направлением в рациональном использовании водных ресурсов являются оборотное водоснабжение.

Металлургия и заготовительные цеха машиностроения – одни из крупнейших потребителей воды. Водопотребление составляет 15-20% общего потребления воды промышленными предприятиями страны. Современное металлургическое предприятие на производство 1 т стального проката расходует 180-200 м³ воды. Суточный оборот воды на отдельных крупных предприятиях достигает 3 млн. м³ и более. Из этого количества около 48% приходится на охлаждение оборудования, 26% - на очистку газов, 12% - обработку и отделку металла, 11% - гидравлическую транспортировку и 3% - на прочие нужды. Безвозвратные потери, связанные с испарением и каплеуносом в системах оборотного водоснабжения, с приготовлением химически очищенной воды, с потерями в технологических процессах, составляют 6-8%. Остальная вода в виде стоков возвращается в водоемы. Около 60-70% сточных вод относятся к «условно-чистым» стокам, т.е. имеющим только повышенную температуру. Остальные сточные воды (30-40%) загрязнены различными примесями и вредными соединениями. Расход воды по видам металлургического производства приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Расход воды по видам металлургического производства

Вид производства	Продукция	Удельный расход воды, м ³ /т продукции		Доля в общем удельном расходе воды, %
		всего	в т.ч. свежей	
Горнорудное	руда	12	4,5	5,0
Агломерационное	агломерат	7,5	0,6	3,1
Коксохимическое	кокс	12,5	1,0	5,2
Доменное	чугун	60	4,5	25,0
Сталеплавильное	сталь	52	3,5	21,7
Прокатное	прокат	96	5,5	40,0
Всего		240	20	100

Сточные воды загрязнены взвешенными частицами, образующимися при очистке от пыли, золы и других твердых материалов. Прокатное производство, кроме того, является источником загрязнения маслами, эмульсиями и травильными растворами. Большое количество потребляемой воды металлургическими производствами требует создания на предприятиях эффективных систем водоочистки.

Несмотря на широкое использование системы оборотного водоснабжения на металлургических предприятиях, количество сточных вод велико. Они содержат механические примеси органического и минерального происхождения, в т.ч. $Me(OH)_2$, нефтепродукты, токсические соединения. Примерный качественный состав сточных вод одинаков, а концентрация загрязняющих веществ изменяется широко в зависимости от технологического процесса (таблица 2).

Таблица 2 - Источники образования сточных вод металлургического предприятия

Вид производства	Операции
Доменное	Очистка доменного газа; гидравлическая сборка осевшей пыли и просыпи в подбункерном помещении; грануляция доменного шлака и разливка чугуна
Агломерационное и производство окатышей	Очистка газов; сборка просыпи от обжиговых машин и пылевых мешков; мокрая уборка помещений

Окончание таблицы 1

Вид производства	Операции
Коксохимическое	Углеобогащение и пылеулавливание; химические процессы (фенольные сточные воды); тушение кокса
Сталеплавильное	Очистка газов; охлаждение и гидроочистка изложниц и МНЛЗ; при обмывке котлов-утилизаторов
Прокатное	Охлаждение валков, шеек валков и подшипников; смыв и транспортировка окалины; охлаждение вспомогательных механизмов; гидравлическое испытание труб

Степень загрязненности сточных вод характеризуется следующими основными физико-химическими показателями:

- 1) количеством взвешенных веществ, мг/л;
- 2) биохимическим потреблением кислорода, мг/л O_2 /л; (БПК)
- 3) Химическим потреблением кислорода, мг/л (ХПК)
- 4) Органолептическими показателями (цвет, запах)
- 5) Активной реакцией среды, рН.

ТЕМА 6. ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И МЕТОДЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

1. Общие сведения

2. Состав и объемы отходов

1. Отходы - остатки сырья, материалов, полуфабрикатов и иных продуктов или изделий, которые были получены в процессе потребления или производства, а также продукция (товары), утратившие свои потребительские свойства.

Чаще всего используют три следующих способа классификации отходов:

- по агрегатному состоянию;
- по происхождению;
- по видам воздействия на природную человека и среду.

По агрегатному состоянию также отходы делятся на:

- твердые;
- жидкие;
- газообразные.

По происхождению их можно различить:

- промышленные отходы;
- сельскохозяйственные отходы;
- бытовые отходы.

По видам воздействия на природную человека и среду выделяют:

- токсичные отходы
- радиоактивные отходы
- пожароопасные отходы
- взрывоопасные отходы
- самовозгорающиеся отходы
- коррозионные отходы
- реакционно-способные отходы
- отходы, вызывающие инфекционные заболевания
- опасные отходы

К **опасным** относятся отходы, которые содержат вредные вещества, обладающие опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасности, пожароопасность, высокой реакционной способностью) или содержащие возбудителей инфекционных болезней, либо которые могут представлять непосредственную или

потенциальную опасность для здоровья человека и окружающей природной среды, самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами.

Класс опасности отходов устанавливается с применением экспериментальных или расчетных методов по степени возможного вредного воздействия на окружающую природную среду при непосредственном или опосредованном воздействии опасного отхода на нее.

Для оценки опасности отходов для окружающей природной среды установлены следующие классы опасности:

I класс – чрезвычайно опасные отходы;

II класс – высоко опасные отходы;

III класс – умеренно опасные отходы;

IV класс – мало опасные отходы;

V класс – практически неопасные отходы.

Под обращением с отходами понимают деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по сбору, утилизации (использованию), обезвреживанию и уничтожению, транспортированию, размещению (хранению и захоронению) отходов.

Под обезвреживанием отходов следует понимать деятельность, связанную с обработкой (в том числе со сжиганием и обеззараживанием) отходов на специализированных установках в целях предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду.

Под хранением отходов понимают временное содержание отходов в объектах размещения в целях их последующего захоронения, обезвреживания или использования.

Под захоронением отходов понимается изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую природную среду.

Предприятия, участвующие в обращении с отходами, делятся на три категории (группы) с учетом класса опасности отходов, объемов их образования на предприятии и порядка обращения с ними.

К I категории (группе) природопользователей по обращению с отходами относят предприятия (организации):

Имеющие технологические циклы образования (обращения) отходов производства I и II классов опасности и/или

Применяющие в своей деятельности технологические операции по приему, сортировке, захоронению, обезвреживанию, рекуперации отходов, и прочие способы их утилизации.

В рассматриваемую группу не входят предприятия, где единственными образующимися отходами I класса опасности являются отработанные люминесцентные лампы, и объекты, на которых образующиеся отходы II класса опасности представлены только отходами от обслуживания балансового автотранспорта.

Ко **II категории** (группе) природопользователей по обращению с отходами относят:

Предприятия (организации), имеющие технологические циклы (участки), где образуются производственные отходы III и IV классов опасности;

Природопользователей, не отнесенных к I и III группе.

К **III категории** (группе) природопользователей по обращению с отходами относят организации непромышленной сферы, отвечающие следующим критериям:

Суммарное количество образующихся отходов не превышает 30 тонн в год;

Основную массу отходов составляют отходы V и IV классов опасности;

Масса отходов III класса опасности не превышает 1% от общей массы образующихся отходов;

Обустроенность мест размещения отходов исключает их вредное воздействие на окружающую среду;

У организации имеются в наличии договора на передачу отходов сторонним организациям, занимающимся (по оформленной лицензии) их размещением, обезвреживанием, утилизацией;

Отдельно предусмотрен порядок сбора и экологически безопасного размещения люминесцентных ламп.

Соответствие предприятия (организации) той или иной группе природопользователей по обращению с отходами подтверждается экспертом Белтехнадзора г. Минска по результатам рассмотрения ПНООЛР.

2. **Металлургические предприятия** с большим количеством цехов и вспомогательных служб занимают до 1000 га.

Твердые отходы образуются практически на всех стадиях металлургического, кузнечно-прессового и литейного производства.

Твердые отходы производства содержат:

- 1) амортизационный лом (образуется при модернизация оборудования, оснастки, инструмента)
- 2) стружки и опилки металлов, древесины, пластмасс и т.п.
- 3) шлаки
- 4) золы, шламы, осадки и пыли (отходы систем очистки воздуха, сточных вод и др.).

По ориентировочным подсчетам, на получение 1 т стали используется 4,7 т сырья, из которых в твердые отходы уходит 0,406 т.

На металлургических предприятиях образуется около 3 млн. т отходов, из них утилизируется всего 34%. Основными источниками образования лома и отходов на металлургическом предприятии являются (таблица 6): доменное производство (1%), сталеплавильное (5%), прокатное (30%), литейное (9% от общего количества лома черных металлов). Образование металлоотходов по видам продукции, кг/т: при производстве чугуна – 7-10, стали – 35-40, проката – 280, стального литья – 530, чугунного литья – 350, стальных труб – 110-120, отливок чугунных труб – 170-200, поковок и штамповок – 175-180.

Основную массу металлургических шлаков составляют доменные шлаки (при получении 1 т чугуна образуется 0,4-0,65 т шлака). В сталеплавильном производстве шлаков образуется в 2 раза меньше.

Все металлургические шлаки содержат кроме оксидов железа, значительные количества соединений фосфора и СаО, а также другие элементы, использующиеся в сельском хозяйстве в качестве удобрений. Источники образования лома и отходов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Источники образования лома и отходов основных переделов металлургического предприятия

Вид производства	Операции
Доменное	Выпуск и разливка чугуна на канавах и в чугуновозных ковшах (остатки, брак чушкового чугуна)
Сталеплавильное	Выпуск и разливка стали (литники, недоливы, бракованные слитки, остатки металла в ковшах), зачистка слитков (стружка, скрап)
Прокатное	Резка (обрезь, стружка), прокатка (недокат), зачистка заготовок (пыль, стружка)

Окончательными отходами считают такие, переработка которых нерентабельна из-за низкого содержания металла. Отнесение к нерентабельным и перевод отходов в отвальные шлаки и окончательные отходы решаются руководством министерства или ведомства.

Шламы из остатков очистных сооружений и прокатных цехов содержат большое количество твердых материалов, концентрация которых составляет от 20 до 300 г/л. После обезвреживания и сушки шламы используют в качестве добавки к агломерационной шихте или удаляют в отвалы. Шламы термических, литейных и др. цехов содержат токсичные соединения свинца, хрома, меди, Zn.

В небольших количествах промышленные отходы могут содержать ртуть, удаленную из вышедших из строя приборов и установок.

Складирование отходов в отвалах не требует проведения дополнительных мероприятий. При согласовании с санитарно-эпидемиологическими станциями, возможно их складирование вместе с твердыми бытовыми отходами.

ТЕМА 7. ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

- 1. Характеристика газопылевых выбросов**
- 2. Аппараты сухой очистки**
- 3. Аппараты мокрой очистки**

1. Установки очистки газа (ГОСТ 17.2.1.04-77) – комплекс сооружений, оборудования и аппаратуры, предназначенный для отделения от поступающего из промышленного источника газа или превращение в безвредное состояние веществ, загрязняющих атмосферу.

Установки подразделяются на газоочистные и пылеулавливающие. В зависимости от метода очистки, аппараты разделяют на семь групп:

I – (С) – сухие механические пылеуловители (гравитационные, инерционные, ротационные);

II – (М) – мокрые пылеуловители (инерционные, конденсационные), скрубберы (механические, ударно-инерционные, полые, насадочные, центробежные), скрубберы Вентури;

III – (Ф) – промышленные фильтры (рукавные, волокнистые, карманные, зернистые);

IV – (Э) – электрические пылеуловители (сухие, мокрые электрофильтры);

V – (Х) – аппараты сорбционной (химической) очистки газа от газообразных примесей;

VI – аппараты термической и термокаталитической очистки газа от газообразных примесей;

VII – (Д) – аппараты других методов очистки.

При рассмотрении пылегазовых выбросов, основными характеристиками являются: количество отходящих газов, их температура, химический состав, концентрация газообразных составляющих и пыли, дисперсный состав пыли. Но для оптимального выбора систем очистки, для обеспечения их надежной эксплуатации составляются опросные карты или анкеты, в которых должны быть отражены необходимые исходные данные, более точные характеристики агрегатов и выбросов из них. К ним относятся:

1. Конструкция и технические характеристики агрегата:
 - мощность;
 - высота полезная и общая;
 - диаметры шахты, трубы, газоходов, размеры завалочного окна;
 - способ загрузки;
 - применяемые очистные сооружения и параметры их работы.
2. Количественные параметры газовых выбросов:
 - расход и температура отходящих газов;
 - запыленность мгновенная и общая, разбавление газов;
 - атмосферное давление, температура окружающей среды и влажность.
3. Физико-химические параметры газового потока:
 - состав и температура газов на выходе из печи и по тракту;
 - влажность, скорость и равномерность распределения потока по тракту;
 - давление или разряжение;
 - наличие масел в виде паров или аэрозолей в отходящих газах;
 - выбивание или подсос воздуха.
4. Физико-химические параметры дисперсной фазы (твердых частиц):
 - дисперсность пыли, минералогический и химический состав по фракциям и общий, плотность;
 - удельное электрическое сопротивление и заряженность частиц аэрозоля;
 - геометрические параметры (форма частиц);
 - адгезионные свойства, смачиваемость, слипаемость;
 - взрывобезопасность.

Важным является определение концентрации пыли в воздухе. Существует ряд известных методов.

1. Методы, основанные на предварительном осаждении частиц.

Основное преимущество этих методов - возможность измерения массовой концентрации пыли; недостатки - циклический характер измерения, трудоемкость, низкую чувствительность, обуславливающую длительный отбор проб при измерении малых концентраций

Прямой весовой метод. Основан на принципе определения привеса фильтра после протягивания через него определенного

объема исследуемого воздуха. Оценивают количество пыли, находящейся в единице объема воздуха, мг/м^3

К достоинствам весового метода относится то, что он измеряет массовую концентрацию пыли, и на его показания не влияют изменения химического и дисперсного состава пыли, формы частиц, их оптических, электрических и других свойств. Метод позволяет измерять большие концентрации пыли. Техника измерения сравнительно проста, но сам процесс измерения довольно длителен и трудоемок. С точки зрения непрерывного промышленного пылевого контроля весовой метод не удовлетворяет основному требованию – непрерывности измерения. Однако в последнее время найден способ получения непрерывной информации о мгновенном значении концентрации пыли в выбросах, который состоит в следующем. Поскольку накопление пыли на фильтре является процессом интегрирования, то, имея непрерывный сигнал о нарастании массы осевшей пыли, можно автоматически дифференцировать его, чтобы получить выходной сигнал, соответствующий мгновенному значению концентрации пыли. Осуществление метода требует полной автоматизации всех измерительных операций, что обуславливает сложность и высокую стоимость аппаратуры.

Несмотря на указанные недостатки, весовой метод нашел самое широкое применение при осуществлении пылевого контроля выбросов промышленных предприятий; в настоящее время он является общепринятым методом измерения концентрации пыли. Все существующие и вновь разрабатываемые пылемеры, основанные на других методах измерения, градуируют, используя весовой метод в качестве контрольного. Однако это не всегда метрологически правильно, поскольку разрабатываемые методы, как правило, превосходят по точности весовой метод.

Денситометрический метод основан на предварительном осаждении частиц пыли на фильтре и определении оптической плотности пылевого осадка. Он включает все операции весового метода, исключая взвешивание пробы, которое заменено фотометрированием. Оптическую плотность осадка определяют путем измерения поглощения или рассеяния им света.

Пьезоэлектрический метод основан на изменении собственной частоты колебаний пьезокристалла во время осаждения на его поверхности частиц пыли. При малых амплитудах колебаний

кристалла уменьшение частоты колебаний последнего прямо пропорционально массе осевшей на нем пыли.

Метод, основанный на измерении перепада давления на фильтре. Он включает прокачивание порции пылегазового потока через фильтр и измерение разности давлений на входе и выходе фильтра. Результаты измерения пропорциональны массовой концентрации пыли. Достоинством метода является сравнительная простота его реализации. Однако требует строгой стабилизации основных параметров пылегазового потока (скорости, температуры и др.).

Существенным недостатком методов первой группы является влияние на полученный результат изменения дисперсного состава и других свойств пыли.

2. Методы измерения концентрации пыли без предварительного ее осаждения.

Преимуществами методов второй группы являются возможность непосредственных измерений в самом пылегазовом потоке без использования пробоотборного устройства, непрерывность измерений, высокая чувствительность, практическая безинерционность, возможность полной автоматизации процесса измерений. Во время измерений поток не подвергается аэродинамическому искажению.

Электрические методы. К группе пылемеров, разработанных на базе этого метода, относится контактно-электрический. Он основан на способности пылевых частиц электризоваться при контактировании с преградой, выполненной из контактно-активного материала, и отдавать приобретенный поверхностный заряд токопроводящим элементам преграды. Основными элементами контактно-электрического измерительного преобразователя являются электризатор, в котором происходит зарядка частиц, и токосъемный электрод. Зависимость массовой концентрации частиц от силы зарядного тока в цепи токосъемного электрода имеет линейный характер при концентрации пыли до 2 г/м^3 , когда большая часть частиц пыли контактирует с внутренней поверхностью электризатора и токосъемного электрода и суммарная величина регистрируемого заряда пропорциональна количеству частиц.

Акустический метод основан на измерении параметров акустического поля при наличии частиц пыли в рабочем зазоре между источником и приемником звука.

Фотометрический метод. Этот метод основан на изменении светового импульса при прохождении через узкий пучок света частиц. Световые импульсы регистрируются фотоэлектронным умножителем, связанным с катодным осциллографом или счетным устройством.

2. Процесс очистки газов от твердых и капельных выбросов в различных аппаратах характеризуется общей эффективностью очистки:

$$\eta = (C_{вх} - C_{вых}) / C_{вх}, \quad (1)$$

$C_{вх}, C_{вых}$ – массовые концентрации примесей до и после аппарата очистки.

Эффективность пылеулавливающей системы, включающей несколько последовательно установленных аппаратов, эффективность каждого из которых соответственно равна $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ и определяется по формуле:

$$\eta = [1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n)] \quad (2)$$

2. В сухих инерционных пылеулавливающих устройствах очистка газового потока от пыли осуществляется за счет гравитационных, инерционных и центробежных сил. Под действием гравитационных сил пыль осаждается в пылесадительных камерах (рис. 7.1).

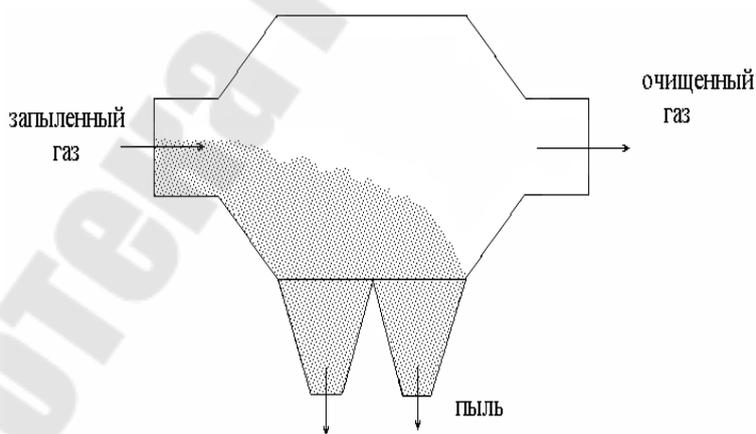


Рисунок 7.1 – Схема пылесадительной камеры

Принцип действия аппарата. Запыленный газ, движущийся с высокой скоростью по газопроводу, входит в камеру, имеющую значительно большую площадь поперечного сечения, чем сам газопровод. Вследствие этого скорость газового потока резко снижается.

Содержащаяся в газовом потоке пыль выпадает из него под действием гравитационных сил или сил тяжести. Условия осаждения пыли в инерционных камерах должны быть такими, чтобы частицы осели на дно камеры раньше, чем из нее выйдет газовый поток. Для сбора уловленной пыли дно камеры выполняют в виде бункеров, в которых происходит накопление пыли. Чем меньше плотность газового потока, тем меньшее сопротивление он оказывает пылевым частицам при их осаждении. Плотность газа уменьшается при понижении температуры, т. е. при более низкой температуре эффективность действия этих камер возрастает. Такие пылеосаждающие камеры строили обычно из кирпича, бетона или металла. В них происходит удовлетворительная очистка газопылевого потока от частиц пыли размером более 40 мкм. Так как пылеосадочные камеры имеют довольно значительные размеры, а эффективность не велика, то применение их ограничивается в качестве очистителей первой ступени перед аппаратами, предназначенными для очистки газового потока от мелкодисперсной пыли.

Широкое применение для сухой очистки газов получили циклоны различных типов (рис. 7.2). В зависимости от дисперсного состава пыли и требований, предъявляемых к очистке газа, циклоны могут использоваться как самостоятельно, так и в качестве аппаратов для предварительной грубой очистки газопылевого потока в комплексе с аппаратами для тонкой очистки.

Запыленный газовый поток поступает в циклон через входной патрубок 2, который расположен в верхней части аппарата по касательной к цилиндрической части корпуса. Газовый поток при входе в циклон приобретает вращательное движение. Он поступает сверху вниз в кольцевом пространстве 3 между внешней поверхностью выхлопной трубы 1 и внутренней поверхностью цилиндрической части корпуса циклона. Для усиления эффективности вращения сразу за входным патрубком устроена винтообразная лопасть 8. При вращении вместе с газовым потоком частицы пыли подвергаются действию центробежных сил, которые отбрасывают их к внутренней поверхности циклона. Поток газа вместе с пылью образует в циклоне нисходящий кольцевой вихрь. Для увеличения скорости газопылевого потока перед попаданием его в бункер 6 за цилиндрической частью корпуса изготовлена коническая 4. Данное конструкторское решение необходимо для того,

чтобы пылевидные частицы газопылевого потока приобретали более высокую скорость. За счет этого из него удаляются оставшиеся частицы пыли через пылевыпускное устройство 5 в бункер 6. В самом бункере газопылевой поток резко теряет скорость. Вследствие этого из него удаляются оставшиеся частицы пыли. Поток газа, освободившись от пыли, разворачивается на 180° и за счет разряжения, возникающего в центральной части циклона, всасывается через пылевыпускное отверстие в выхлопную трубу 1, создавая внутренний вихрь (сплошная линия). Внизу, в бункере, установлен пылевой затвор 7, через который пыль удаляется из аппарата. Такие центробежные циклоны способны улавливать частицы пыли с размером менее 10 мкм. Аппараты рассчитаны на работу при давлении или разряжении 2500 Па, способны производительно работать при температуре газопылевого потока до 400 °С. Для очистки больших количеств запыленного газа устанавливают батареи из таких циклонов (рис. 7.3).

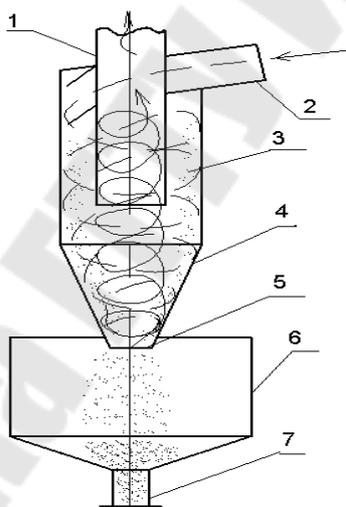


Рисунок 7.2. Циклон: 1 – выхлопная труба; 2 – входной патрубок; 3 – кольцевое пространство; 4 – коническая часть корпуса; 5 – пылевыпускное устройство; 6 – бункер; 7 – пылевой затвор; 8 – винтообразная лопасть

Батареи состоят из большого числа параллельно установленных циклонных элементов 1. Конструктивно они объединяются в один корпус и имеют общий подвод и отвод газа. Опыт эксплуатации батарейных циклонов показал, что эффективность очистки таких

циклонов несколько ниже эффективности отдельных элементов из-за перетока газов между циклонными элементами.

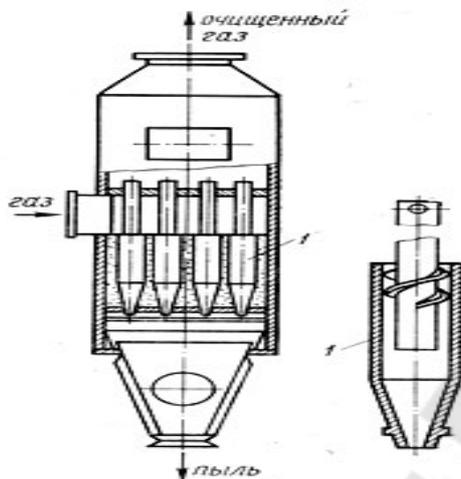


Рисунок 7.3 - Батарейный циклон

Ротационные пылеуловители относятся к аппаратам центробежного действия и представляют собой машину, которая одновременно с перемещением воздуха очищает его от относительно крупных фракций пыли (>5-8 мкм). Обладают большой компактностью, так как вентилятор и пылеуловитель обычно совмещены в одном агрегате. В результате этого при монтаже и эксплуатации таких машин не требуется дополнительных площадей, которые необходимы для размещения специальных пылеулавливающих устройств при перемещении запыленного потока обыкновенным вентилятором.

Конструктивная схема простейшего пылеуловителя ротационного типа представлена на рис.7.4. При работе вентиляторного колеса 1 частицы пыли за счет центробежных сил отбрасываются к стенке спиралеобразного кожуха 2 и движутся по ней в направлении выхлопного отверстия 4. Газ, обогащенный пылью, через специальное пылеприемное отверстие 3 отводится в пылевой бункер, а очищенный газ поступает в выхлопную трубу 4.

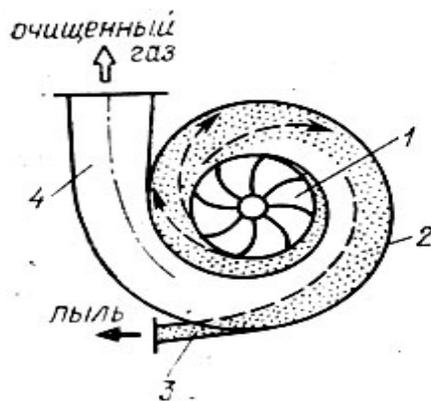


Рисунок 7.4 – Пылеуловитель ротационного типа

Для повышения эффективности пылеуловителей такой конструкции необходимо увеличивать переносную скорость очищаемого потока в спиральном кожухе (это ведет к резкому повышению гидравлического сопротивления аппарата) или уменьшать радиус кривизны спирали кожуха (это снижает его производительность). Такие машины обеспечивают достаточно высокую эффективность очистки воздуха при улавливании сравнительно крупных частиц пыли (свыше 20-40 мкм)

3. Мокрые пылеуловители обладают рядом преимуществ перед другими типами пылеуловителей: являются высокоэффективными пылеуловителями, способными конкурировать с фильтрационными пылеуловителями и электрофильтрами; успешно применяются для обеспыливания высокотемпературных газов, взрыво- и пожароопасных сред, когда применение эффективных пылеуловителей другого типа невозможно или нецелесообразно. С помощью аппаратов мокрого действия можно одновременно решать задачи пылеулавливания и чистки газового потока от газообразных компонентов, охлаждения и увлажнения газов. Многие типы мокрых пылеуловителей работают при высоких скоростях газа в проточной части аппарата, и данный фактор делает их малогабаритными, менее металлоемкими по сравнению с аппаратами других типов. Иногда, такие аппараты, обладающие высокими адгезионными свойствами, являются единственным типом пылеуловителей.

Недостатки, которые ограничивают область применения мокрых пылеуловителей: необходимость наличия систем шламоудаления и обратного водоснабжения, что приводит к

удорожанию процесса пылеулавливания. Работа аппаратов сопряжена с неизбежными потерями дефицитной в настоящее время воды. Процессы утилизации уловленной пыли в виде шлама в большинстве случаев значительно дороже процессов вторичного использования пыли в сухом виде. Мокрые аппараты и отводящие газоходы подвержены коррозии, особенно при очистке агрессивных газов. Поэтому такие аппараты требуют дополнительных мероприятий по антикоррозионной защите.

Можно считать, что экономическая целесообразность применения мокрых пылеуловителей ограничивается следующими условиями их применимости:

1. Мокрые пылеуловители можно устанавливать тогда, когда сухие аппараты оказываются неработоспособным и если требуемая эффективность пылеулавливания может быть достигнута только с применением аппарата мокрой очистки.

2. Применение мокрых пылеуловителей целесообразно в том случае, когда наряду с пылеулавливанием ставятся задачи улавливания газообразных компонентов и охлаждения газов.

3. Применение мокрых аппаратов на любом промышленном предприятии будет экономически целесообразно, если на данном предприятии имеется система оборотного водоснабжения и шламопереработки.

Эффективность пылеулавливания в мокрых пылеуловителях зависит от поверхности контакта газообразной и жидкой фаз, а также от вида поверхности контакта, способа ввода одной фазы в другую, способа диспергирования жидкости. По виду контактной поверхности фаз различают поверхности капель, пленки и пузырьков. В ряде аппаратов могут иметь место одновременно два вида поверхности фаз.

Одним из аппаратов «мокрой» очистки является полый скруббер (рис. 7.5).

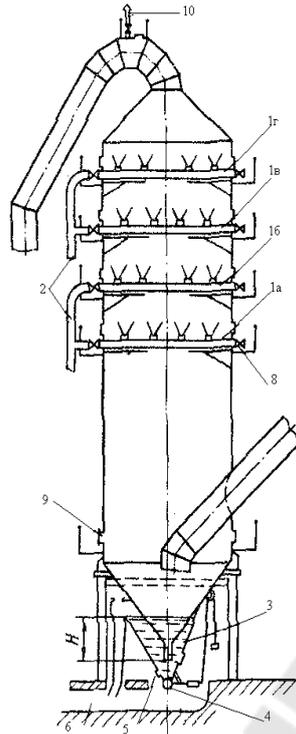


Рисунок 7.5 – Схема полого жидкостного скруббера:
 1а-1г – ярусы орошения; 2 – подводы воды; 3 – гидрозатвор
 с высотой H запирающего столба воды; 4 – клапан; 5 – задвижка;
 6 – канал шлаковой воды; 7 – задвижки; 8 – промывка; 9 – люк;
 10 – свеча

Конструктивно полый скруббер представляет собой башню цилиндрического или прямоугольного типа. В верхней ее части располагаются форсунки таким образом, чтобы все поперечное сечение аппарата перекрывалось жидкостной завесой. Таким образом, пылегазовый поток движется в скруббере снизу вверх, встречаясь с разбрызгиваемой жидкостью, движущейся навстречу потоку. Такие скрубберы называются *противоточными*. В случае расположения орошающих форсунок в несколько ярусов, верхний ряд должен быть направлен факелами вниз. В остальных рядах форсунок факелы выброса жидкости направлены вверх, т. е. по ходу движения газового потока. Очищенный газ выводится из скруббера в верхней части. Выделившаяся из потока жидкость вместе с водой образует шлам, который скапливается в бункере-накопителе, откуда через гидравлический затвор выводится в шламовую канализацию. В данном противоточном полом скруббере осуществляется очистка газопылевого потока от пылевых частиц с крупностью 10 мкм и одновременно происходит увлажнение и охлаждение газа. Эти

аппараты применяются для грубой очистки. Они устанавливаются перед аппаратами тонкой очистки газопылевого потока. Для улучшения контакта газопылевого потока с жидкостью применяют дополнительную смачивающую насадку, которая в большинстве случаев состоит из керамических колец, втулок или других керамических элементов. Насадку засыпают на специальную решетку, состоящую из керамических элементов. При прохождении газопылевого потока через такую насадку газы меняют направление своего движения, и за счет этого очистка газопылевого потока происходит более эффективно. Недостатком такого способа очистки является трудоемкость регенерации самой осадки. За мокрыми скрубберами необходимо предусмотреть установку каплеуловителей.

В барботажных аппаратах газовый поток, содержащий во взвешенном состоянии частицы пыли или капли жидкости, проходит в виде пузырьков через слой жидкости. При этом происходит образование поверхности соприкосновения газа с жидкостью и за счет этого охлаждение газа и улучшение условий очистки газопылевого потока от взвешенных частиц. В ротоклонах газопылевой поток проходит через щелевые каналы (импеллеры), образованные изогнутыми лопатками, нижняя часть которых опущена в жидкость (рис. 7.6).

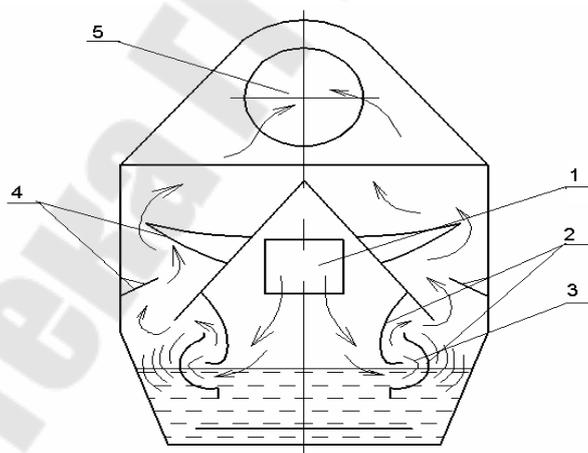


Рисунок 7.6 – Схема ротоклона:

- 1 – устройство для подвода газопылевого потока; 2 – направляющие лопатки; 3 – зона промывки; 4 – каплеотбойники; 5 – вентилятор для вывода газа;

Скорость газового потока в каналах импеллера составляет 16–18 м/с, в системе каплеотбойных устройств – до 15 м/с. Сопротивление аппарата – до 2000 Па. Изменение расхода газа без

снижения эффективности пылеулавливания – 15 % номинального расхода. Важную роль для нормальной эксплуатации ротоклона играет поддержание постоянного уровня жидкости в аппарате. Даже незначительное изменение уровня жидкости может привести к резкому снижению эффективности или значительному увеличению гидравлического сопротивления. Удельный расход воды в данном ротоклоне не превышает $0,03 \text{ л/м}^3$. При прохождении газового потока через импеллеры за счет турбулентности создается завеса из разбрызгиваемой жидкости. В данной завесе и происходит очистка газа от содержащейся в нем пыли и его охлаждение. Осаждающийся при таком процессе и накапливающийся шлам по мере его сбора удаляется из аппарата с помощью специального транспортера. В аппаратах данного типа производится улавливание пыли с размером 5 мкм и более. Большим эксплуатационным достоинством ротоклонов является возможность изменения их производительности в пределах 25 % от номинальной без заметного снижения эффективности. Гидравлическое сопротивление аппаратов составляет 1000–1500 Па.

Для эффективной очистки газопылевого потока можно использовать пенные аппараты (рис. 7.7).

Принцип действия: вода или другая жидкость поступает на перфорированную поверхность решетки, вступая во взаимодействие с газопылевым потоком, идущим снизу вверх. При этом основным условием является превышение скорости газового потока над скоростью свободного всплывания пузырьков при барботаже. В этом случае над слоем воды будет образовываться пена, состоящая из пузырьков газа и капелек воды. В этой пене газопылевой поток будет интенсивно перемешиваться с частицами жидкости. Аппараты, в которых используется данный принцип, называются пенными. При прохождении газопылевого потока через отверстия решетки слой жидкости, образующийся на решетке, делится на три части:

- сплошной слой жидкости непосредственно на решетке;
- слой пены;
- слой брызг, расположенный выше.

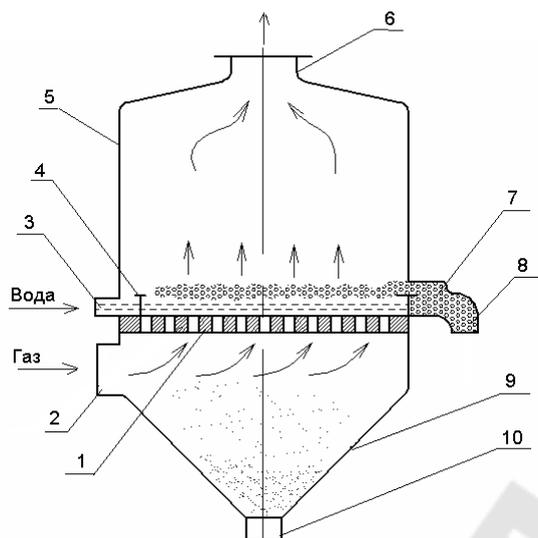


Рисунок 7.7 – Схема пенного аппарата:

1 – решетка с отверстиями диаметром 2–8 мм; 2 – входной патрубок; 3 – приемная коробка; 4 – пороги; 5 – корпус; 6 – выходное отверстие; 7 – сливная коробка; 8 – патрубок для выхода газа; 9 – бункер; 10 – затвор для удаления шлама

В основном очистка и охлаждение газопылевого потока происходят в слое пены. Частицы пыли оседают вначале на решетку, а затем вместе с водой удаляются в виде шлама через порог в сливную коробку. При работе такого пенного аппарата около 50 % жидкости сливается в бункер, а остальное количество удаляется через патрубки, которые снабжены гидрозатворами. Аппарат позволяет удерживать частицы пыли от 2 мкм и более.

К недостаткам пенных аппаратов относится недопустимость колебаний расхода очищаемого газа и трудности качественной очистки газов в аппаратах большой производительности из-за неодинаковой толщины слоя пены по всей площади решетки.

Скоростные пылеуловители с трубами Вентури (СПУ) (рис. 7.8)

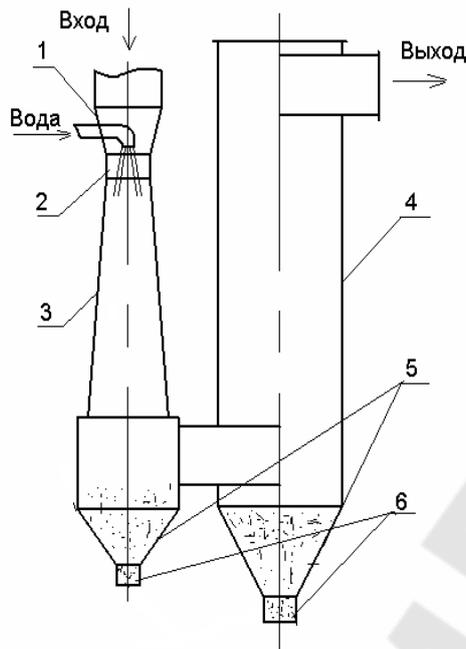


Рисунок 7.8 – Схема пылеуловителя СПУ:
 1 – конфузор; 2 – горловина; 3 – диффузор; 4 – циклон; 5 – инерционный пылеуловитель; 6 – гидрозатвор для удаления шлама

Если в газе содержатся частицы пыли с размером менее 5 мкм, то очистка его в инерционных и центробежных аппаратах будет не – достаточно эффективной. В этом случае применяется система аппаратов (например типа СПУ), в которых в качестве коагуляторов мелкой пыли устанавливается труба Вентури. Для очистки газопылевого потока от крупных частиц пыли и капель жидкости обычно после трубы Вентури устанавливаются инерционные аппараты. В качестве последних используются циклоны или скрубберы.

Турбулентный промыватель, основу которого составляет труба Вентури, состоящая из трех частей, работает следующим образом. В горловину аппарата подается вода. Поступающий газопылевой поток вводится в отверстие конфузора, где происходит увеличение его скорости. В данных аппаратах осуществляется диспергирование жидкости потоком газа в горловине трубы при скоростях 40–150 м/с. Тонкость диспергирования жидкости – 10 мкм. При этом получает ся развитая поверхность контакта между жидкой и газовой фазой, что в сочетании с интенсивной турбулизацией потока создает условия для эффективного захвата даже субмикронных частиц пыли каплями жидкости, которые укрупняясь в диффузоре трубы Вентури, отделяются от газа в каплеуловителе. Кроме высокой эффективности

очистки газов, соизмеримой с эффективностью пылеулавливания в тонковолокнистых фильтрах и электрофильтрах, скоростные газопромыватели просты по устройству и эксплуатации, компактны. За счет турбулентности, происходит дробление водного потока на мельчайшие частицы, которые способствуют разрушению газовой оболочки вокруг пылевидных частиц. Чем выше скорость движения газопылевого потока, тем меньший размер имеют образующиеся капельки воды. Эти капельки интенсивно перемешиваются в потоке с частицами пыли, укрупняя их. Вследствие этого происходит процесс коагуляции пыли. Скоагулировавшая пыль через пыле- и брызгоуловитель поступает в бункер для накопления шлама, а параллельно с этим более крупные частицы пыли вытягиваются в циклон, где происходит отделение частиц от газового потока. Затем увлажненная пыль в виде шлама поступает в шламосборник циклона. Давление газа в промышленных трубах Вентури составляет 200–300 Кн/м². Данные аппараты позволяют удалять пыль с размером частиц до 1 мкм и более. Однако такие недостатки, как высокие энергозатраты на очистку, обусловленные сопротивлением аппаратов до 20 кПа, повышенные удельные расходы жидкости (0,7–0,8 л/м³) ограничивают область их применения.

ТЕМА 8. ОЧИСТКА ПЫЛЕГАЗОВЫХ ПОТОКОВ ФИЛЬТРАЦИЕЙ

1. Фильтры тонкой очистки.
2. Электрические фильтры.

1. Фильтрация запыленного газа через ткань – надежный способ улавливания очень тонких фракций пыли. Фильтры обеспечивают улавливание частиц разных размеров. Эффективность фильтров 99%. Фильтры, используемые в технике: волокнистые, тканевые, пористые, зернистые.

Наибольшее распространение в промышленности для сухой очистки газовых выбросов от примесей имеют тканевые рукавные фильтры (рис. 8.1). В корпусе фильтра 2 устанавливается необходимое число рукавов, во внутреннюю полость которых подается запыленный газ от входного патрубка 5. Частицы загрязнений за счет ситового и других эффектов оседают в ворсе и образуют пылевой слой на внутренней поверхности рукавов. Очищенный воздух выходит из фильтра через патрубок 3. При достижении определенного перепада давления на фильтре его отключают от системы и производят регенерацию встряхиванием рукавов с обратной их продувкой сжатым газом. Регенерация осуществляется специальным устройством 4. При очистке ткани удаляется значительная часть пылевого слоя, но внутри ткани между волокнами остается достаточное количество пыли, что обеспечивает высокую эффективность очистки газов в фильтре после его регенерации.

Для изготовления рукавов применяют различные ткани и войлоки. Рукавные тканевые фильтры используются при входных концентрациях примесей до 60 г/м^3 и обеспечивают эффективность очистки выше 0,99. Гидравлическое сопротивление фильтров обычно не превышает 500-2000 Па. Производительность по газу зависит от числа рукавов, объединенных в общий корпус. В крупногабаритных фильтрах большой производительности число рукавов может достигать нескольких сотен штук.

Одним из условий нормальной работы рукавных фильтров является поддержание температуры очищаемых газов по газовому тракту фильтра в определенных пределах. Температура газа на входе в фильтр, с одной стороны, не должна превышать максимально

допустимую для ткани и, с другой стороны, быть выше температуры точки росы на 15-30° С.

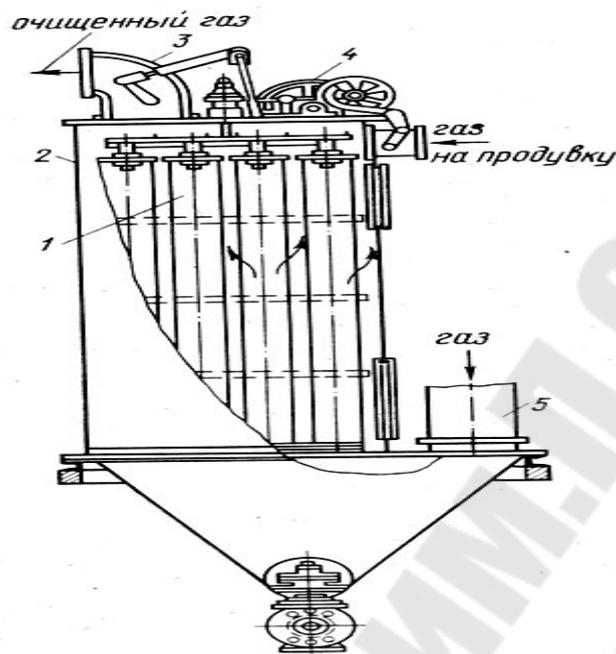


Рисунок 8.1 – Рукавный фильтр

2. Электрофильтры

Принцип действия электрических фильтров заключается в зарядке частиц пыли, находящейся в газопылевом потоке под воздействием электрического поля. Данные процессы могут протекать в электрических фильтрах как без пространственного разделения (т. е. в одной зоне), так и в двух зонах. При двухзонной системе первая обычно служит для зарядки частиц и называется *ионизатор*. Вторая, которая служит для выделения пылевидных частиц – *осадитель*. Необходимый для придания частицам пыли заряд создается потоком ионов за счет коронирующего электрода в неоднородном электрическом поле.

Принципиальная схема аппарата для очистки газопылевого потока с применением электрофильтра представлена на рис. 8.2.

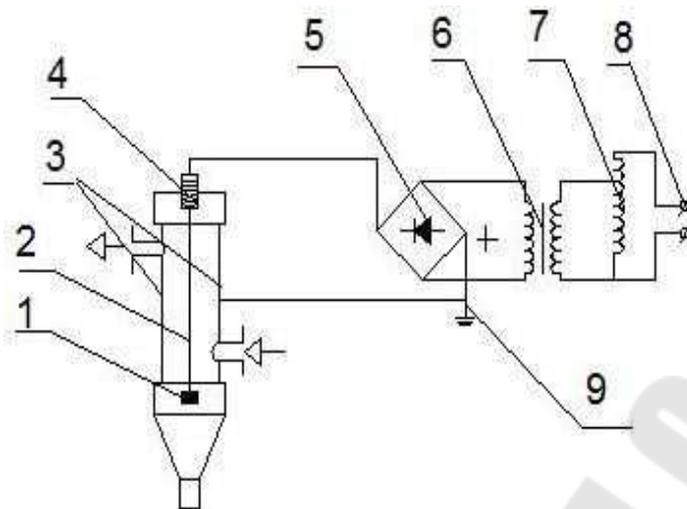


Рисунок 8.2 – Схема установки электрофильтрации:
 1 – груз; 2 – коронирующий электрод; 3 – осадительный электрод;
 4 – изолятор; 5 – выпрямитель; 6 – повышающий трансформатор;
 7 – регулятор напряжения; 8 – сеть; 9 – заземление

Принцип действия фильтра. После подачи напряжения на коронирующий электрод в фильтр подается запыленный газовый поток. Находящаяся в потоке пыль при соприкосновении с коронирующим электродом ионизируется и затем выделяется из газопылевого потока на стенках сосуда, которые одновременно служат осадительными электродами. Очищенный газ поднимается и выходит из аппарата через выходное отверстие. Выпавшая из газопылевого потока пыль накапливается внизу аппарата в бункере и затем удаляется из него через специальный затвор.

ТЕМА 9. ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ

1. Методы очистки выбросов от газообразных загрязнений

2. Методы контроля и приборы для измерения концентраций примесей

Выбросы газо- и парообразных примесей на машиностроительных предприятиях характеризуются:

- разнообразием по химическому составу;
- часто имеют высокую температуру и концентрацию пыли, что затрудняет процесс очистки и требует предварительной подготовки отходящих газов;
- концентрация примесей в течение технологического процесса непостоянна.

Методы очистки по характеру протекания физико-химических процессов делят на 5 основных групп;

- 1) промывка выбросов растворителями примесей (абсорбция)
- 2) промывка выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически (хемосорбция)
- 3) поглощение примесей твердыми активными веществами (адсорбция)
- 4) термическая нейтрализация отходящих газов (дожигание)
- 5) применение каталитического превращения.

Абсорбцией называют процесс поглощения газа жидким поглотителем, в котором газ растворим в той или иной степени. Обратный процесс – выделение растворенного газа из раствора – носит название десорбции.

В абсорбционных процессах (абсорбция, десорбция) участвуют две фазы – жидкая и газовая и происходит переход вещества из газовой фазы в жидкую (при абсорбции) или, наоборот, из жидкой фазы в газовую (при десорбции).

На практике абсорбции подвергают большей частью не отдельные газы, а газовые смеси, составные части которых (одна или несколько) могут поглощаться данным поглотителем в заметных количествах. Эти составные части называют абсорбируемыми компонентами или просто компонентами, а не поглощаемые составные части – инертным газом.

Жидкая фаза состоит из поглотителя и абсорбируемого компонента. Во многих случаях поглотитель представляет собой раствор активного компонента, вступающего в химическую реакцию с абсорбируемым компонентом; при этом вещество, в котором растворен активный компонент, будем называть растворителем.

Инертный газ и поглотитель являются носителями компонента соответственно в газовой и жидкой фазах. При физической абсорбции инертный газ и поглотитель не расходуются и не участвуют в процессах перехода компонента из одной фазы в другую. При хемосорбции поглотитель может химически взаимодействовать с компонентом.

Различают химическую абсорбцию и хемосорбцию. При физической абсорбции растворение газа не сопровождается химической реакцией (или, по крайней мере, эта реакция не оказывает заметного влияния на процесс). В данном случае над раствором существует более или менее значительное равновесное давление компонента и поглощение последнего происходит лишь до тех пор, пока его парциальное давление в газовой фазе выше равновесного давления над раствором. Полное извлечение компонента из газа при этом возможно только при противотоке и подаче в абсорбер чистого поглотителя, не содержащего компонента.

При хемосорбции (абсорбция, сопровождаемая химической реакцией) абсорбируемый компонент связывается в жидкой фазе в виде химического соединения. При необратимой реакции равновесное давление компонента над раствором ничтожно мало и возможно полное его поглощение. При обратимой реакции над раствором существует заметное давление компонента, хотя и меньшее, чем при физической абсорбции.

В зависимости от способа создания поверхности соприкосновения фаз различают поверхностные, барботажные и распыливающие абсорбционные аппараты.

В первой группе аппаратов поверхностью контакта между фазами является зеркало жидкости или поверхность текучей пленки жидкости. Сюда же относят насадочные абсорбенты, в которых жидкость стекает по поверхности загруженной в них насадки из тел различной формы. Наибольшее распространение получили скрубберы (рис. 9.1). Они представляют собой насадку 1, размещенную в полости вертикальной колонны. Орошение колонн абсорбентом осуществляется при помощи разбрызгивателей 2.

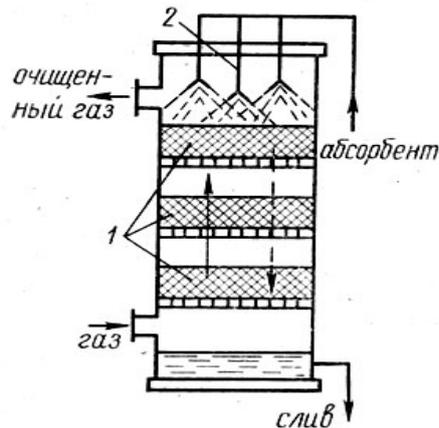


Рисунок 9.1 – Противопоточная насадочная колонна

Во второй группе абсорбентов поверхность контакта увеличивается благодаря распределению потоков газа в жидкость в виде пузырьков и струй. Барботаж осуществляют путем пропускания газа через заполненный жидкостью аппарат либо в аппаратах колонного типа с тарелками различной формы (рис. 9.2.).

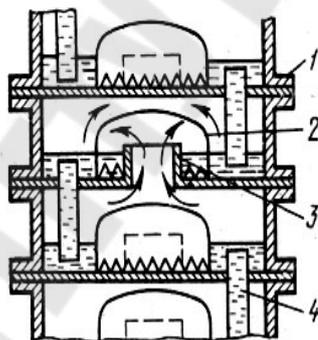


Рисунок 9.2– Тарельчатый скруббер:
1-тарелки, 2- колпачки, 3- патрубки, 4- переливные трубки

В третьей группе поверхность контакта создается путем распыления жидкости в массу газа. Поверхность контакта и эффективность процесса в целом определяется дисперсностью распыленной жидкости.

Жидкость используют для абсорбции только один раз или же проводят ее регенерацию, выделяя загрязнитель в чистом виде. Схемы с однократным использованием поглотителя применяют в тех случаях, когда абсорбция приводит непосредственно к получению готового продукта или полупродукта

Адсорбционный метод является одним из самых распространенных средств защиты воздушного бассейна от

загрязнений. Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные сорбенты. Активированный уголь (АУ) нейтрален по отношению к полярным и неполярным молекулам адсорбируемых соединений. Он менее селективен, чем многие другие сорбенты, и является одним из немногих, пригодных для работы во влажных газовых потоках. Активированный уголь используют, в частности, для очистки газов от дурно пахнущих веществ, рекуперации растворителей и т.д.

Оксидные адсорбенты (ОА) обладают более высокой селективностью по отношению к полярным молекулам в силу собственного неоднородного распределения электрического потенциала. Их недостатком является снижение эффективности в присутствии влаги. К классу ОА относят силикагели, синтетические цеолиты, оксид алюминия.

Основные способы осуществления процессов адсорбционной очистки:

- после адсорбции проводят десорбцию и извлекают уловленные компоненты для повторного использования. Таким способом улавливают различные растворители, сероуглерод в производстве искусственных волокон и ряд других примесей.

- после адсорбции примеси не утилизируют, а подвергают термическому или каталитическому дожиганию. Этот способ применяют для очистки отходящих газов химико-фармацевтических и лакокрасочных предприятий, пищевой промышленности и ряда других производств. Данная разновидность адсорбционной очистки экономически оправдана при низких концентрациях загрязняющих веществ и (или) многокомпонентных загрязнителей.

- после очистки адсорбент не регенерируют, а подвергают, например, захоронению или сжиганию вместе с прочно хемосорбированным загрязнителем. Этот способ пригоден при использовании дешевых адсорбентов.

Для проведения процессов адсорбции разработана разнообразная аппаратура. Наиболее распространены адсорберы с неподвижным слоем гранулированного или сотового адсорбента. Непрерывность процессов адсорбции и регенерации адсорбента обеспечивается применением аппаратов с кипящим слоем.

Адсорбционные методы являются одним из самых распространенных в промышленности способов очистки газов. Их применение позволяет вернуть в производство ряд ценных

соединений. При концентрациях примесей в газах более $2-5 \text{ мг/м}^3$, очистка оказывается даже рентабельной. Основной недостаток адсорбционного метода заключается в большой энергоёмкости стадий десорбции и последующего разделения, что значительно осложняет его применение для многокомпонентных смесей.

Метод термической нейтрализации основан на способности горючих токсичных компонентов (газы, пары и сильно пахнущие вещества) окисляться до менее токсичных при наличии свободного кислорода и высокой температуры газовой смеси. Этот метод применяется в тех случаях, когда объёмы выбросов велики, а концентрации загрязняющих веществ превышают 300 млн^{-1} .

Методы термической нейтрализации вредных примесей во многих случаях имеют преимущества перед абсорбцией и адсорбцией:

- а) отсутствие шламового хозяйства;
- б) небольшие габариты очистных установок;
- в) простота их обслуживания;
- г) высокая эффективность обезвреживания при низкой стоимости очистки.

Метод находит широкое применение в машиностроении и металлургии.

Область применения метода термической нейтрализации вредных примесей ограничивается характером образующихся при окислении продуктов реакции. Так, при сжигании газов, содержащих фосфор, галогены, серу, образующиеся продукты реакции по токсичности во много раз превосходят исходный газовый выброс.

Различают три схемы термической нейтрализации:

- 1) прямое сжигание в пламени $t = 600-800 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 2) термическое окисление $t = 600-800 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 3) каталитическое сжигание $t = 250-450 \text{ }^\circ\text{C}$.

Выбор схемы зависит от химического состава загрязняющих веществ, их концентраций, начальной температуры газовых выбросов, объёмного расхода и ПДВ загрязняющих веществ.

Каталитические методы газоочистки отличаются универсальностью. С их помощью можно освобождать газы от оксидов серы и азота, различных органических соединений, оксида углерода и других токсичных примесей. Каталитические методы позволяют преобразовывать вредные примеси в безвредные, менее вредные и даже полезные. Они дают возможность перерабатывать

многокомпонентные газы с малыми начальными концентрациями вредных примесей, добиваться высоких степеней очистки, вести процесс непрерывно, избегать образования вторичных загрязнителей. Применение каталитических методов чаще всего ограничивается трудностью поиска и изготовления пригодных для длительной эксплуатации и достаточно дешевых катализаторов. Гетерогенно-каталитическое превращение газообразных примесей осуществляют в реакторе, загруженном твердым катализатором в виде пористых гранул, колец, шариков или блоков со структурой, близкой к сотовой. Химическое превращение происходит на развитой внутренней поверхности катализаторов, достигающей $1000 \text{ м}^2/\text{г}$.

В качестве эффективных катализаторов служат самые различные вещества – от минералов, которые используются почти без всякой предварительной обработки, и простых массивных металлов до сложных соединений заданного состава и строения. Обычно каталитическую активность проявляют твердые вещества с ионными или металлическими связями, обладающие сильными межатомными полями. Одно из основных требований, предъявляемых к катализатору - устойчивость его структуры в условиях реакции. Например, металлы не должны в процессе реакции превращаться в неактивные соединения.

Современные катализаторы обезвреживания характеризуются высокой активностью и селективностью, механической прочностью и устойчивостью к действию ядов и температур. Промышленные катализаторы, изготавливаемые в виде колец и блоков сотовой структуры, обладают малым гидродинамическим сопротивлением и высокой внешней удельной поверхностью.

Наибольшее распространение получили каталитические методы обезвреживания отходящих газов в неподвижном слое катализатора. Можно выделить два принципиально различных метода осуществления процесса газоочистки - в стационарном и в искусственно создаваемом нестационарном режимах.

Биохимические методы очистки основаны на способности микроорганизмов разрушать и преобразовывать различные соединения. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами в среде очищаемых газов. При частом изменении состава газа микроорганизмы не успевают адаптироваться для выработки новых ферментов, и степень разрушения вредных примесей становится неполной. Поэтому биохимические системы более всего пригодны для очистки газов постоянного состава.

Биохимическую газоочистку проводят либо в биофильтрах, либо в биоскрубберах. В биофильтрах очищаемый газ пропускают через слой

насадки, орошаемый водой, которая создает влажность, достаточную для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов. Поверхность насадки покрыта биологически активной биопленкой (БП) из микроорганизмов.

Микроорганизмы БП в процессе своей жизнедеятельности поглощают и разрушают содержащиеся в газовой среде вещества, в результате чего происходит рост их массы. Эффективность очистки в значительной мере определяется массопереносом из газовой фазы в БП и равномерным распределением газа в слое насадки. В настоящее время биофильтры используют для очистки отходящих газов от аммиака, фенола, крезола, формальдегида, органических растворителей покрасочных и сушильных линий, сероводорода, метилмеркаптана и других сероорганических соединений.

К недостаткам биохимических методов следует отнести:

- низкую скорость биохимических реакций, что увеличивает габариты оборудования;

- специфичность (высокую избирательность) штаммов микроорганизмов, что затрудняет переработку многокомпонентных смесей;

- трудоемкость переработки смесей переменного состава.

2. Анализ газового состава воздуха производится с помощью газоанализаторов, позволяющих осуществлять мгновенный и непрерывный контроль содержания в нем вредных примесей. Для экспрессного метода определения токсичных веществ применяют газоанализаторы упрощенного типа (УГ-2,ГХ-2 и др.) основаны на линейно-колористическом методе анализа. При просасывании воздуха через индикаторные трубки, заполненные твердым веществом – поглотителем, происходит изменение окраски индикаторного порошка. Длина окрашиваемого слоя пропорциональна концентрации исследуемого вещества.

Методы контроля газовых примесей можно разделить на оптические, электрохимические, термохимические, хроматографические.

Наибольшее распространение нашли оптические методы. Принцип действия основан на избирательном поглощении газами лучистой энергии в инфракрасной, ультрафиолетовой или видимой областях спектра. К приборам, работающим в инфракрасной области относятся оптико-акустические газоанализаторы. Обычно они применяются для определения оксида и диоксида углерода, метана. Приборы, применяемые в ультрафиолетовой области спектра, применяют для обнаружения в воздухе паров ртути, никеля, озона и др.

Большое распространение получили фотоколориметрические газоанализаторы, действие которых основано на поглощении лучистой энергии в видимой области спектра растворами или индикаторными лентами, изменяющим свою окраску при взаимодействии с определенным газовым компонентом. Различают жидкостные – концентрация определяется по изменению светопоглощения раствора и ленточные фотоколориметры, работа которых основана на фотометрировании индикаторной ленты, предварительно обработанной раствором, вступающим в химическую реакцию с определенным компонентом.

Электрические газоанализаторы подразделяются на кондуктометрические и кулонометрические. В основу первого положено поглощение анализируемого компонента газовой смеси соответствующим раствором и измерение его электропроводности. Их используют для определения концентрации сероводорода, сернистого ангидрида, аммиака, оксида углерода.

В кулонометрических, реакция протекает в ячейке между анализируемым газом и электролитом, в результате которой во внешней цепи появляется электродвижущая сила, пропорциональная концентрации определенного компонента воздуха (диоксид азота, озон, сероводород)

При хроматографических методах анализа происходит разделение газовой смеси сорбционными методами в динамических условиях. С помощью хроматографических методов можно проводить качественный и количественный анализ органических и неорганических примесей воздуха. Метод используется для определения содержания диоксида серы, сероводорода, выхлопных газов автомобилей.

ТЕМА 10. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

1. Классификация методов очистки сточных вод

2. Методы и устройства очистки сточных вод, применяемые в машиностроении

1. Очистка сточных вод – процесс их обработки на очистных канализационных сооружениях с целью удаления вредных примесей. Сущность очистки сточных вод в снижении концентраций примесей или превращения их в другие, не оказывающие вредного воздействия на окружающую среду.

Методы очистки сточных вод должны обеспечивать соответствие:

- действующим нормативным требованиям;
- технической безопасности;
- быть удобной в эксплуатации и ремонте;
- уровень надежности: срок службы не менее 10 лет; ресурс работы до капитального ремонта – не менее 3-х лет, до текущего ремонта 1 год;

- очистку воды производить в режиме круглосуточной обработки в количестве до 7 м³/час в течение 20 часов с учетом 2-х часового перерыва на ТО и ремонт;

- отделение продуктов очистки воды в виде шлама, направляемого на иловые площадки;

- требуемая степень очистки - до содержания примесей в соответствии с таблицей 2 настоящего проекта;

- метод очистки должен быть привязан к местным условиям: рельефу местности, инфраструктуре коммуникаций предприятия, к специфике физико-химического состава загрязнителей стоков.

При создании системы очистки воды необходимо проведение следующих работ:

- определение степени загрязненности сточной воды;
- определение требований к очищенной воде;
- определение объема воды и периодичность его сброса;
- выбор способа и технологической схемы очистки;
- разработка технологического регламента очистки воды;
- выбор оптимальной схемы очистки на основе технико-экономического расчета;
- выполнение проектных работ.

Очистка сточных вод может быть:
механической, биологической, химической и физико – химической;

в зависимости от принятой степени очистки – предварительной, частичной и полной;

в зависимости от отношения к к отделяемым веществам – регенеративной, деструктивной и утилизационной.

Механическая очистка (осветление) состоит в непосредственном освобождении сточных вод от грубо дисперсных всплывающих и взвешенных веществ в решетках, песколовках, жировках, отстойниках и других сооружениях. Иногда выделяется до 80 % взвешенных веществ и заметная часть бактерий, но, обычно, это вид предварительной очистки.

Биологическая очистка сточных вод – перевод коллоидных и растворенных органических веществ в минеральные соединения за счет жизнедеятельности бактерий. Биологическая очистка сточных вод - один из самых распространенных способов обезвреживания сточных вод при подготовке их к спуску в водоемы, основанный на микробиальных (под воздействием микробов) процессах распада и минерализации органических веществ по аналогичной схеме. Процессы биологической очистки во многом аналогичны процессам самоочищения в природных водоемах, интенсифицированных применением систем инженерных сооружений, таких, как: аэротенки, биологические фильтры, биологические пруды, поля орошения, поля аэрации.

Химическая очистка на основе коагуляции применяется для очистки производственных сточных вод, содержащих коллоидные примеси; для удаления растворенных примесей применяются реагенты, переводящие их в трудно растворимое состояние с последующим осаждением.

Физико-химические методы очистки заключаются в извлечении примесей экстракцией, отгонкой, аэрацией, кристаллизацией, сорбцией и др.

При любых методах очистки сточных вод, необходима обработка канализационного осадка, в связи с его высокой влажностью (95–99 %) – в метантенке и обеззараживание от патогенных организмов обычно хлорированием или другими методами. Как правило, системы очистки сточных вод строятся на основе использования комплекса методов очистки. Состав методов

определяется характером технологических процессов данного производства.

Эффективность и надежность работы любого очистного устройства обеспечиваются в определенном диапазоне значений концентрации примесей и расхода сточной воды.

Во временном графике технологических процессов могут быть значительные изменения, сопровождаемые изменением расхода сточных вод, состава и концентрации примесей. В таких случаях необходимо усреднение концентрации примесей и расхода сточной воды. С этой целью на входе в очистные сооружения устанавливают усреднители, выбор и расчет которых определяется характером изменения во времени расхода стоков, состава и концентрации примесей.

В общем виде последовательность этапов очистки стоков можно представить следующим образом:

1. Усреднение стоков. Оно может осуществляться не только на самом начальном этапе – при очистке от грубодисперсных примесей, но и на всех последующих этапах – там, где имеется неравномерность состава и расхода стоков и где целесообразно слияние близких по составу стоков (с разных участков производства) перед очередным этапом очистки.

2. Очистка от грубодисперсных веществ: решетки, песколовки, отстойники, аппараты, основанные на отделении твердых примесей в поле действия инерционных сил (напорные гидроциклоны, центрифуги), флотация.

3. Очистка от коллоидно-дисперсных примесей (коагуляция, электрокоагуляция).

4. Регулирование кислотности (щелочности) стоков, например, с помощью известкования (нейтрализация).

5. Фильтрация на зернистых насыпных, например, песчано-гравийных фильтрах – для очистки от тонкодисперсных примесей (частиц), имевшихся в исходных стоках или образовавшихся на предыдущих этапах очистки.

Совокупность предыдущих этапов очистки стоков в отечественной специальной литературе часто называют предочисткой. Она важна и сама по себе, и для осуществления последующих этапов очистки (если они необходимы) – от истинно растворенных примесей в виде отдельных ионов, молекул или комплексов молекул. Аппаратные средства для их удаления

чрезвычайно чувствительны к водным гетерогенным системам и быстро выходят из строя при появлении в стоках эмульсий, суспензий, коллоидных примесей.

Очистка от вредных веществ, находящихся в стоках в ионном состоянии: перевод ионов в малодиссоциирующие соединения; нейтрализация; окисление; образование комплексных ионов и перевод их в малорастворимое состояние; ионитная фильтрация (ионный обмен); сепарация ионов при изменении фазового состояния воды например, дистилляция; обратный осмос; ультрафильтрация; электродиализ; воздействие магнитных и акустических полей и др.

На заключительном этапе очистки может быть предусмотрено повторное фильтрование – для очистки стоков от дисперсных примесей, образовавшихся на этапах очистки, а также обезвреживание (дезинфекция) очищенных стоков от патогенных организмов (микроорганизмов), когда в системе очистки стоков производства имеются устройства биологической очистки, могущие быть очагом распространения патогенных микроорганизмов.

2. Процеживание – первичная очистка посредством пропускания стоков через решетки и волоконно-уловители – для выделения крупных примесей размером 25 мм и более, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе оборудования. Металлические решетки с зазором 5-25 мм устанавливаются в коллекторах сточных вод, размеры поперечного сечения решеток выбираются по минимуму потерь давления потока на решетке. Скорость потока в зазоре между стержнями не должна превышать 0,8-1 м/с при максимальном расходе сточных вод. Расчет решеток сводится к определению числа зазоров n , ширины решетки B и потерь напора Δp сточной воды.

Решетки периодически очищаются от задерживаемых примесей механически с помощью вертикальных и поворотных граблей, примеси измельчают на специальных дробилках и направляют в поток за решетку или на переработку, что усложняет технологию очистки. Поэтому применяют решетки-дробилки, измельчающие примеси без извлечения их из воды. Средний размер измельчения не превышает 10 мм.

Отстаивание основано на особенностях процесса осаждения твердых частиц в жидкости. Осаждение может быть свободным, без слипания частиц, и при параллельно протекающем коагулировании осаждающихся частиц. Механизм свободного осаждения сохраняется

при объемной концентрации частиц до 1 % (до массовой концентрации $\sim 2,6 \text{ кг/м}^3$).

Основание для проектирования устройств отстаивания – скорость осаждения ($\omega_0 \text{ м/с}$). Определяется для сферических частиц с учетом сил гидравлического сопротивления, массовых сил и силы Архимеда.

На основе принципа отстаивания построены песколовки и отстойники.

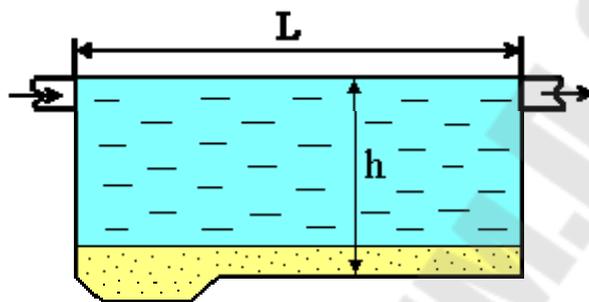


Рисунок 10.1. – Схема горизонтальной песколовки

В горизонтальной песколовке, (рис. 10.1) сточная вода движется горизонтально с оптимальной скоростью $\omega = 0,15 \dots 0,30 \text{ м/с}$. За время движения в песколовке частица, осаждающаяся со скоростью ω_0 , должна достичь дна (шламосборника). Поэтому отношение глубины h к ω_0 должно быть меньше времени t движения стоков в песколовке ($t = 30 \dots 100 \text{ с}$), которым определяется и длина песколовки L . Ширина песколовки B определяется максимальным расходом сточных вод (Q).

В вертикальных песколовках сточная вода получает вертикальную (вниз, к шламосборнику) составляющую скорости движения, что облегчает осаждение частиц

В аэрируемых песколовках крупные частицы осаждаются, как и в горизонтальных песколовках, а мелкие обволакиваются пузырьками воздуха, нагнетаемого в сточную воду, всплывают на поверхность и удаляются с нее с помощью скребковых механизмов.

С помощью отстойников из сточных вод выделяются частицы с размером менее $0,25 \text{ мм}$. По направлению движения воды в отстойниках их делят на горизонтальные, вертикальные, радиальные, комбинированные. Особенности отстойников: меньшие по сравнению с песколовками скорости движения стоков – в связи с меньшими значениями ω_0 данных частиц – и (или) развитие элементов конструкции, способствующих увеличению вертикальной

составляющей скорости сточной воды по направлению к шламосборнику.

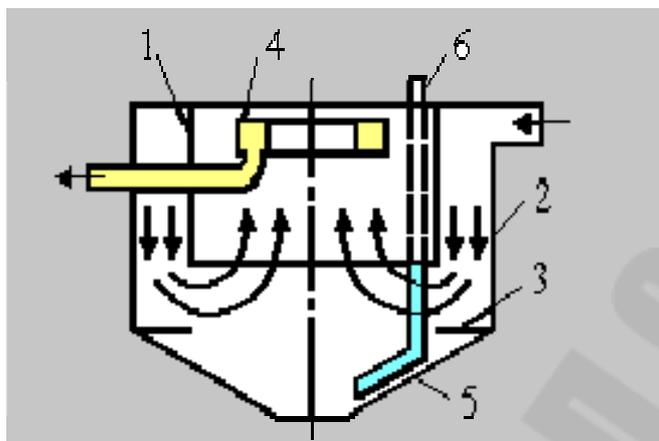


Рисунок 10.2 – Схема вертикального отстойника

На рис.10.2 приведена схема вертикального отстойника. Сточная вода поступает в кольцевую зону между перегородкой 1 и корпусом 2 и движется вниз. Отразившись от отражательного кольца 3, вода (очищенная) уходит во внутреннюю полость перегородки и через кольцевой водосборник 4 выводится из отстойника, а твердые частицы, приобретя скорость движения вниз, (она не должна превосходить скорость оседания частиц) достигают шламосборника 5. Осадок из шламосборника 5 периодически удаляется через трубопровод 6.

Фильтрованием обеспечивается очистка сточных вод от тонкодисперсных твердых примесей с небольшой концентрацией, в том числе, после физико-химических, химических, биологических методов очистки. Известны два основных класса фильтров: зернистые и микрофильтры.

Зернистые фильтры представляют собой однослойные или многослойные насадки пористых несвязанных материалов (кварцевый песок, дробленый шлак, гравий, антрацит).

Фильтроэлементы микрофильтров изготовлены из связанных пористых материалов.

На рис. 10.3 представлен многослойный зернистый каркасно-насыпной фильтр. Сточная вода поступает по коллектору 1, через отверстия в нем равномерно распределяется по сечению фильтра. Она проходит через слои гравия 2 и песка 3, через перфорированное днище 4, установленное на слое гравия 5, и через трубопровод 6

отводится из фильтра. Регенерация (очистка) фильтра производится продувкой сжатого газа через трубопровод 7 с последующей обратной промывкой водой через вентиль 8. Скорость фильтрования составляет 0,0014...0,0028 м/с.

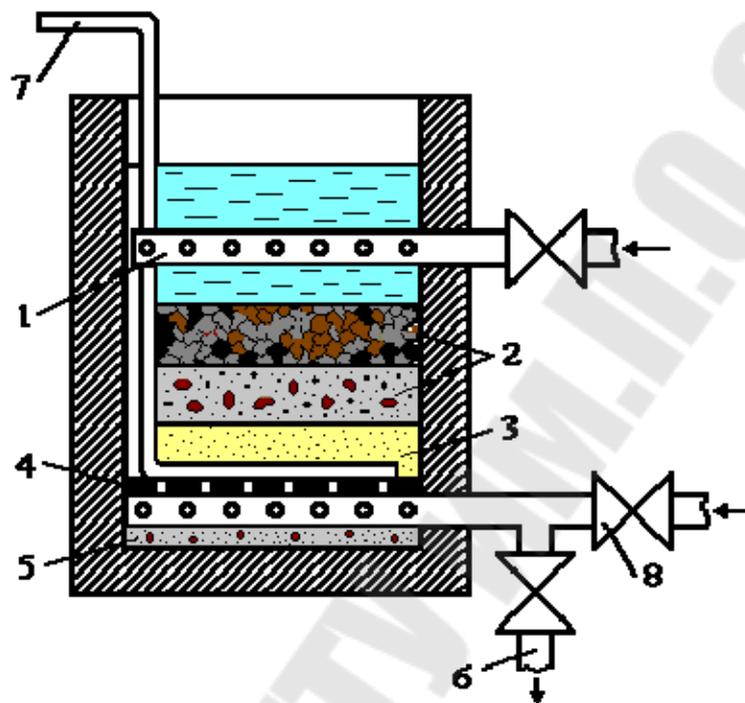


Рисунок 10.3. – Схема многослойного зернистого каркасно-насыпного фильтра

Очистка сточных вод от маслопримесей флотацией заключается в интенсификации процесса всплывания нефтепродуктов при обволакивании их частиц пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду.

Образование агрегатов «частица – пузырьки воздуха» зависит от интенсивности их столкновения друг с другом, химического взаимодействия находящихся в стоках веществ, давления воздуха и т. д.

По способу образования пузырьков различают несколько видов флотации: напорную, пневматическую, пенную, химическую, биологическую, электрофлотацию и др.

При пневматической флотации сточные воды очищаются от нефтепродуктов, поверхностно-активных и органических веществ и от взвешенных частиц малых размеров. Сжатый воздух в виде мельчайших пузырьков поступает в сточную воду через насадки из пористого материала. При всплывании пузырьки воздуха

обволакивают частицы нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ и мелких твердых частиц, увеличивая скорость их всплывания. Образующаяся на поверхности очищаемой воды пена отсасывается центробежным насосом в пеносборник для последующего извлечения из нее нефтепродуктов. Одновременно кислородом, содержащимся в пузырьках воздуха, окисляются органические примеси. Происходит также насыщение очищаемой воды кислородом.

При электрофлотации происходящие в сточной воде электрохимические процессы обеспечивают дополнительное обеззараживание сточных вод. При использовании электродов из алюминия или железа происходит коагулирование и осаждение мельчайших коллоидных частиц (электрокоагуляция).

Основными методами химической очистки производственных сточных вод являются нейтрализация и окисление. Из методов нейтрализации наиболее распространен метод известкования, к окислительным методам относятся главным образом хлорирование и озонирование. Электрохимическая обработка отнесена к электрохимическим методам очистки.

Химическая очистка может применяться как самостоятельный метод перед подачей сточных вод в систему – оборотного водоснабжения, а также перед спуском их в водные объекты. Использование химической очистки в ряде случаев целесообразно (в качестве предварительной) перед биологической, сорбционной или другими методами очистки. Химическая обработка находит применение и как метод извлечения различных компонентов из сточных вод, и частности цветных металлов,

Нейтрализация. Производственные сточные воды могут содержать щелочи и кислоты. В большинстве кислых сточных вод содержится соли тяжелых металлов, которые необходимо выделять.

Для предупреждения коррозии канализационных очистных сооружений, нарушения биохимических процессов в биологических окислителях и водоисточниках, а также осаждения из сточных вод солей тяжелых металлов кислые и щелочные воды подвергаются нейтрализации. Наиболее типичная реакция нейтрализации - реакция между ионами водорода и гидроксидом, приводящая к образованию недиссоциированной воды. В результате реакции концентрация каждого из этих ионов становится равной той, которая свойственна самой воде, т. е., активная реакция среды приближается к $pH \sim 7$.

При сбросе сточных вод в водоем или водосток практически нейтральными следует считать смеси с рН -6,5 – 8,5. Если очищаемые воды подаются в систему оборотного водоснабжения, то требования к рН зависят от специфики технологических процессов. Наиболее часто сточные воды загрязнены минеральными кислотами: серной, азотной, соляной, а также их смесями. Значительно реже в сточных водах встречаются азотная, фосфорная, сернистая, сероводородная, плавиковая, хромовая, а также органические кислоты. Концентрация кислот и щелочей в сточных водах обычно не превышает 3 %, но иногда достигает и большей величины.

При химической очистке применяют следующие способы нейтрализации:

- а) взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод;
- б) нейтрализация реагентами,
- в) фильтрование через нейтрализующие материалы (известь, известняк, доломит, магнезит, обожженный магнезит, мел).

Озонирование. Является конкурентоспособным методом по отношению к хлорированию. Хотя метод озонирования и дороже хлорирования, однако он имеет ряд преимуществ. Расчеты показывают, что он перспективен для очистки сточных вод тех предприятий, куда затруднена доставка хлорсодержащих реагентов и где имеется относительно дешевая электроэнергия.

Озонирование позволяет разрушать загрязнения, которые не подвергаются окислению биохимическим методом; при этом обеспечивается необходимое качество сточных вод. Кроме того, резко сокращается потребность в площадях, требуемых для размещения очистных сооружений, т.е. метод озонирования является конкурентоспособным по отношению и к биологической очистке.

Исследованиями установлено, что озон особенно эффективен при очистке сточных вод, загрязненных различными органическими растворителями, цианидами, сероводородом, сернистыми соединениями, ионами марганца, фенолами, нефтепродуктами и некоторыми другими органическими и неорганическими соединениями.

Озон обладает высокой окислительной способностью. Окислительно-восстановительные реакции при озонировании протекают легко, причем вода, не загрязняется продуктами восстановления окислителя, как при использовании хлора или хлорной извести.

Озон – нестойкий газ, поэтому хранить и транспортировать его нерационально; более целесообразно получать озон на месте его применения. Чаще всего, особенно при озонировании промышленных сточных вод, через источник тлеющего разряда пропускают атмосферный воздух, в некоторых случаях используют, чистый кислород. Эффективность получения озона в значительной степени зависит не только от конструкции генератора, но также от влажности пропускаемого воздуха. От выбора конструкции реактора во многом зависят экономика процесса и глубина очистки. Рассмотрим области применения озона для очистки сточных вод.

Применение озона для очистки сточных вод является эффективным и в некоторых случаях экономичным процессом, так как относительно большие капитальные затраты быстро окупаются: процесс прост и относительно безопасен, в эксплуатации несложен, продукты озонирования не ядовиты. Согласно зарубежным данным стоимость окисления озоном 1 кг фенола составляет 1,48 долл. Основным фактором, влияющим на степень очистки, является продолжительность контакта сточной воды с озонированным воздухом и степень его дисперсности, т. е. правильный выбор реактора.

Озон может применяться для очистки сточных вод от поверхностно-активных веществ и углеводов.

ТЕМА 11. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТОВ

1. Назначение, принципы экспертизы

2. Информация к отчету об оценке воздействия на окружающую среду

Государственная экологическая экспертиза - установление соответствия или несоответствия проектной или иной документации по планируемой хозяйственной и иной деятельности (далее - проектная или иная документация) требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов. Государственная экологическая экспертиза проводится на основании заявления заказчика либо проектной организации уполномоченными должностными лицами – Минприроды и его областных (Минского городского) комитетов. Перечень объектов, по которым проводится государственная экологическая экспертиза, определен статьями 5,13 Закона Республики Беларусь «О государственной экологической экспертизе» № 254-З от 09.11.2009 г. (в действующей редакции). Порядок проведения государственной экологической экспертизы определяется вышеуказанным законом и Постановлением Совмина № 755 от 19.05.2010 г. (в действующей редакции).

Государственная экологическая экспертиза проводится с соблюдением следующих основных принципов:

- предотвращения вредного воздействия на окружающую среду;
- обязательность проведения экспертизы до утверждения проектной или иной документации по объектам государственной экологической экспертизы;
- учета суммарного вредного воздействия на окружающую среду осуществляемой и планируемой хозяйственной и иной деятельности;
- достоверности и полноты информации, содержащейся в проектной или иной документации, представляемой на государственную экологическую экспертизу;
- законности и объективности заключений государственной экологической экспертизы;
- гласности и учета общественного мнения.

Объектами государственной экологической экспертизы является проектная и иная документация по планируемой хозяйственной и иной деятельности.

Уполномоченными должностными лицами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь государственная экологическая экспертиза проводится по:

- проектам концепций, прогнозов, программ и схем отраслевого развития, утверждаемых Президентом Республики Беларусь, Советом Министров Республики Беларусь, республиканскими органами государственного управления, реализация которых связана с использованием природных ресурсов и (или) может оказать воздействие на окружающую среду;

- проектам территориальных комплексных схем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды для города Минска, административных центров областей и городов, градостроительные проекты общего планирования которых утверждаются Президентом Республики Беларусь;

- градостроительным проектам общего планирования, специального планирования, детального планирования (при освоении застроенных территорий), архитектурным проектам застройки территорий с использованием ландшафтно-рекреационных зон города Минска, административных центров областей, градостроительные проекты общего планирования которых утверждаются Президентом Республики Беларусь;

- обоснованиям инвестирования в строительство, архитектурным и строительным проектам для объектов нового строительства;

- проектам ведения охотничьего хозяйства, рыбоводно-биологическим обоснованиям, биологическим обоснованиям зарыбления рыболовных угодий, биологическим обоснованиям на заготовку и (или) закупку диких животных, не относящихся к объектам охоты и рыболовства, государственных природоохранных учреждений и лесохозяйственных организаций Управления делами Президента Республики Беларусь, а также по изменениям и дополнениям к указанным проектам и обоснованиям;

- лесоустроительным проектам государственных природоохранных учреждений и лесохозяйственных организаций Управления делами Президента Республики Беларусь, а также по изменениям и дополнениям к этим проектам;

– проектам водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов города Минска, административных центров областей и городов, градостроительные проекты общего планирования которых утверждаются Президентом Республики Беларусь;

– проектам технических нормативных правовых актов, в которых устанавливаются требования в области охраны окружающей среды и (или) рационального использования природных ресурсов к продукции, процессам ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказанию услуг.

Уполномоченными должностными лицами областных (Минского городского) комитетов природных ресурсов и охраны окружающей среды государственная экологическая экспертиза проводится по:

– проектам концепций, прогнозов, программ и схем отраслевого развития, реализация которых связана с использованием природных ресурсов и (или) может оказать воздействие на окружающую среду;

– проектам территориальных комплексных схем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, за исключением проектов территориальных комплексных схем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды;

– градостроительным проектам общего планирования, специального планирования, детального планирования, архитектурным проектам застройки территорий, за исключением градостроительных проектов общего планирования, специального планирования, детального планирования, архитектурных проектов застройки территорий;

– обоснованиям инвестирования в строительство, архитектурным и строительным проектам для объектов нового строительства;

– проектной документации на реконструкцию;

– проектам ведения охотничьего хозяйства, рыбоводно-биологическим обоснованиям, биологическим обоснованиям зарыбления рыболовных угодий, биологическим обоснованиям на заготовку и (или) закупку диких животных, не относящихся к объектам охоты и рыболовства, лесоустroительным проектам, а также по изменениям и дополнениям к ним, за исключением проектов, обоснований, изменений и дополнений к ним;

– проектам водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов, за исключением проектов водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов.

Для проведения государственной экологической экспертизы проектной или иной документации, содержащей наиболее сложные проектные решения, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, областными (Минским городским) комитетами природных ресурсов и охраны окружающей среды могут создаваться в порядке, установленном Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, экспертные комиссии с привлечением на договорной основе специалистов государственных и иных организаций.

Состав проектной или иной документации, представляемой на государственную экологическую экспертизу, должен соответствовать требованиям, установленным Советом Министров Республики Беларусь, если иное не предусмотрено законодательными актами. Содержание проектной или иной документации, представляемой на государственную экологическую экспертизу, определяется актами законодательства в области строительства, архитектуры и градостроительства и иными актами законодательства, в том числе техническими нормативными правовыми актами.

При проведении государственной экологической экспертизы проектной или иной документации оценке подлежат:

– соответствие планируемой хозяйственной и иной деятельности утвержденным в установленном порядке программам, планам, комплексным схемам охраны и рационального использования природных ресурсов, схемам рационального размещения особо охраняемых природных территорий, схемам отраслевого развития, схемам теплоснабжения, водоснабжения и канализации, градостроительным проектам общего планирования и другим документам при их наличии;

– обоснованность и экологическая безопасность осуществления данного вида деятельности, а также выбранных способов ее реализации, предлагаемых технических, инженерных и архитектурно-планировочных решений, учитывающих рациональное использование материальных, сырьевых, земельных и топливно-энергетических ресурсов;

– полнота выявленных факторов воздействия на все компоненты окружающей среды и степени их экологической опасности,

масштабов комплексного вероятного влияния хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;

– достаточность предусмотренных проектной или иной документацией мер по обеспечению требований природоохранного законодательства, а также мер по предупреждению возможных аварийных ситуаций и ликвидации их последствий;

– наличие согласования Минприроды или областных (Минского городского) комитетов в соответствии с их компетенцией по объектам, размещаемым в границах особо охраняемых природных территорий, согласно законодательству об охране окружающей среды;

– наличие в проектной документации решений по обеспечению экологической безопасности при реализации запланированной хозяйственной и иной деятельности и ее влиянию на природные комплексы данного региона;

– уровень экологической опасности образующихся отходов производства и наличие в проектной документации решений по обезвреживанию этих отходов;

– учет мнения общественности по предлагаемым проектным решениям, включая градостроительные проекты или проекты, предусматривающие реконструкцию (уплотнение) жилой застройки, опасные производственные объекты и другие, по которым в соответствии с законодательством требуется проведение общественных обсуждений и консультаций;

– соответствие размеров санитарно-защитной зоны установленным требованиям, а в случае уменьшения ее размеров - обоснование (расчеты) уменьшения размеров санитарно-защитной зоны и наличие согласования (заключения) органов санитарного надзора в соответствии с законодательством;

– наличие в проектной документации по реконструируемым и (или) ликвидируемым объектам хранения, отпуска нефтепродуктов (в том числе всех видов автозаправочных станций) информации о результатах оценки степени загрязнения почвогрунтов, поверхностных и подземных вод нефтепродуктами, а также мероприятий по устранению существующего загрязнения;

– соответствие проектных решений градостроительным регламентам для данной территории (застроенность, озелененность, в том числе наличие парков районного и городского уровня, плотность

жилого фонда, обеспеченность объектов местами для парковки и хранения автомобилей);

– обоснованность включения в проект отдельных объектов (гаражи для хранения техники, котельные, складские, административно-бытовые и другие помещения), а также обоснованность размеров вспомогательных зданий и сооружений, включаемых в состав проекта, по объектам природоохранного назначения, финансирование которых возможно из фонда охраны природы (полигоны твердых коммунальных и (или) промышленных отходов, городские очистные сооружения, водозаборы, станции обезжелезивания воды и другие);

– соответствие объекта целевому использованию земель, его наличие в перечне объектов, разрешенных к размещению в рассматриваемой функциональной зоне в соответствии с нормативными правовыми актами, в том числе техническими нормативными правовыми актами в области строительства, архитектуры и градостроительства, а для г. Минска - соответствие регламентам генерального плана;

– наличие объектов для временного хранения промышленных и бытовых отходов, в том числе крупногабаритных;

– наличие систем дождевой канализации с очистными сооружениями для производственных объектов;

– использование для технических нужд воды из поверхностных водных объектов, дождевых и талых вод;

– наличие мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов (применение систем оборотного водоснабжения);

– наличие систем и эффективных очистных сооружений хозяйственно-бытовой и производственной канализации;

– отсутствие отведения сточных вод с использованием рельефа местности;

– наличие в проектной документации мероприятий, обеспечивающих предупреждение вредного воздействия на объекты животного мира и (или) среду их обитания (строительство сооружений для прохода диких животных через транспортные коммуникации, плотины и иные препятствия на путях их миграции, зоопитомников и других объектов для разведения диких животных и т.п.);

– наличие мероприятий по охране атмосферного воздуха;

- наличие мероприятий, выполненных по рекомендациям гидроэкологического обоснования размещения объекта;
- наличие мероприятий по обращению с отходами, обладающими ресурсным потенциалом;
- наличие мероприятий, обеспечивающих предупреждение вредного воздействия на объекты растительного мира и (или) среду их произрастания, их сохранение, а также осуществление компенсационных посадок или выплат стоимости удаляемых и пересаживаемых объектов растительного мира.

Статьей 13 Закона «О государственной экологической экспертизе» № 54-З от 09.11.2012 г. (далее - Закон) определен перечень объектов, при проведении экспертизы которых проводится оценка воздействия на окружающую среду.

Программа проведения ОВОС должна содержать:
план-график работ по проведению оценки воздействия;
сведения о планируемой деятельности и альтернативных вариантах ее реализации;

картосхему альтернативных вариантов размещения планируемой деятельности;

о предполагаемых методах и методиках прогнозирования и оценки, которые будут использованы для оценки воздействия;

Экологический паспорт проекта является обязательным приложением к заключению государственной экологической экспертизы по объектам государственной экологической экспертизы, для которых законодательством об охране окружающей среды предусмотрена его разработка.

Экологический паспорт проекта включает основные данные по планируемому использованию природных и вторичных материальных ресурсов, информацию о влиянии хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, о соответствии уровня производства наилучшим доступным техническим методам по проектируемым промышленным объектам и о проектных природоохранных мероприятиях, разработанных в целях минимизации вредного воздействия на окружающую среду.

По результатам проведенной государственной экологической экспертизы составляется заключение государственной экологической экспертизы, которое может быть положительным, в том числе положительным с особыми условиями реализации проектных решений, либо отрицательным.

Расходы, связанные с проведением государственной экологической экспертизы, финансируются за счет средств республиканского бюджета.

ТЕМА 12. ВИДЫ, СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

1 Энергия и ее виды

2 Способы получения и преобразования энергии

3 Электрические и тепловые нагрузки и способы их регулирования

4 Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую

5 Ветроэнергетика

6 Биоэнергетика

7 Транспортирование тепловой и электрической энергии

1. Энергия (от греч. *energeie* - действие, деятельность) представляет собой общую количественную меру движения и взаимодействия всех видов материи. Это способность к совершению работы, а работа совершается тогда, когда на объект действует физическая сила (давление или гравитация).

Различают следующие виды энергии: механическая; электрическая; тепловая; магнитная; атомная.

Электрическая энергия является одним из совершенных видов энергии. Ее широкое использование обусловлено следующими факторами:

- получением в больших количествах вблизи месторождения ресурсов и водных источников;
- возможностью транспортировки на дальние расстояния с относительно небольшими потерями;
- способностью трансформации в другие виды энергии: механическую, химическую, тепловую, световую;
- отсутствием загрязнения окружающей среды;
- внедрением на основе электроэнергии принципиально новых прогрессивных технологических процессов с высокой степенью автоматизации.

Тепловая энергия широко используется на современных производствах и в быту в виде энергии пара, горячей воды, продуктов сгорания топлива.

Преобразование первичной энергии во вторичную, в частности, в электрическую, осуществляется на станциях, которые в своем

названии содержат указания на то, какой вид первичной энергии преобразуется на них в электрическую:

- на тепловой электрической станции (ТЭС) - тепловая;
- гидроэлектростанции (ГЭС) - механическая (энергия движения воды);
- гидроаккумулирующей станции (ГАЭС) - механическая (энергия движения предварительно наполненной в искусственном водоеме воды);
- атомной электростанции (АЭС) - атомная (энергия ядерного топлива);
- приливной электростанции (ПЭС) - приливов.

В Республике Беларусь более 95 % энергии вырабатывается на ТЭС, которые по назначению делятся на два типа:

- конденсационные тепловые электростанции (КЭС), предназначенные для выработки только электрической энергии;
- теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), на которых осуществляется комбинированное производство электрической и тепловой энергии.

2. Тепловая электростанция включает комплект оборудования, в котором внутренняя химическая энергия топлива (твердого, жидкого или газообразного) превращается в тепловую энергию воды и пара, преобразующуюся в механическую энергию вращения, которая и вырабатывает электрическую энергию. Схема выработки электроэнергии на ТЭС представлена на рисунке 12.1.

Как видно из представленной схемы, поступающее со склада (С) в парогенератор (ПГ) топливо при сжигании выделяет тепловую энергию, которая, нагревая подведенную с водозабора (ВЗ) воду, преобразует ее в энергию водяного пара с температурой 550 °С. В турбине (Т) энергия водяного пара превращается в механическую энергию вращения, передающуюся на генератор (Г), который превращает ее в электрическую. В конденсаторе пара (К) отработанный пар с температурой 123 ...125 °С отдает скрытую теплоту парообразования охлаждающей его воде и с помощью циркулярного насоса (Н) в виде конденсата вновь подается в котел-парогенератор.

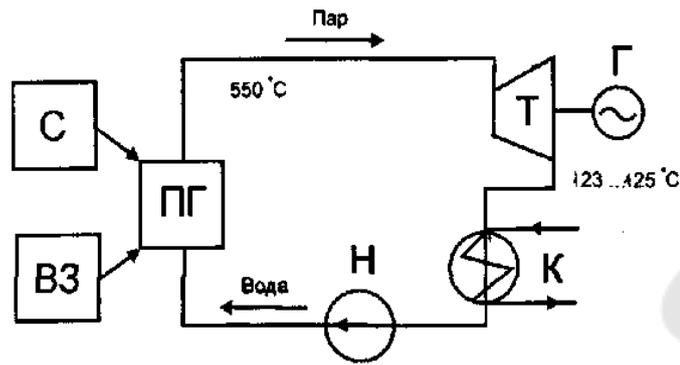


Рисунок 12.1 - Схема работы ТЭС

Схема ТЭЦ отличается от ТЭС тем, что взамен конденсатора устанавливается теплообменник, где пар при значительном давлении нагревает воду, подаваемую в главные тепловые магистрали.

Газотурбинная установка - это двигатель, в лопаточном аппарате которого потенциальная энергия газа преобразуется в кинетическую энергию и затем частично превращается в механическую работу, которая преобразуется в электрическую энергию.

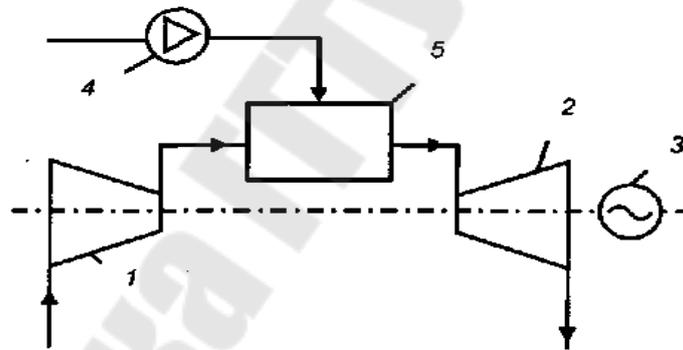


Рисунок 12.2 - Схема газотурбинной установки:
 1 - воздушный компрессор; 2 - газовая турбина;
 3 - электрогенератор; 4 - топливный насос;
 5 - камера сгорания

В простейшей газотурбинной установке постоянного горения (рисунок 12.2) воздух, сжатый до некоторого давления в компрессоре 1, поступает в камеру сгорания 5, где его температура повышается за счет сжигания топлива, подающего топливным насосом 4, при постоянном давлении. Продукты сгорания под давлением и при высокой температуре подводятся к турбине 2, в которой совершается

работа расширения газа. При этом давление и температура падают. Далее продукты сгорания выбрасываются в атмосферу.

Парогазовая установка - это турбинная теплосиловая установка, в тепловом цикле которой используются два рабочих тела - водяной пар и дымовые газы, поступающие из котлоагрегата.

Поступающий из атмосферы в компрессор 1 (рисунок 12.3) воздух сжимается с повышением температуры и подается в камеру сгорания 5, в которую при помощи топливного насоса и впрыскивается топливо. В камере сгорания 5 происходит горение топлива, а образующиеся газы поступают в газовую турбину 2, где и совершается работа.

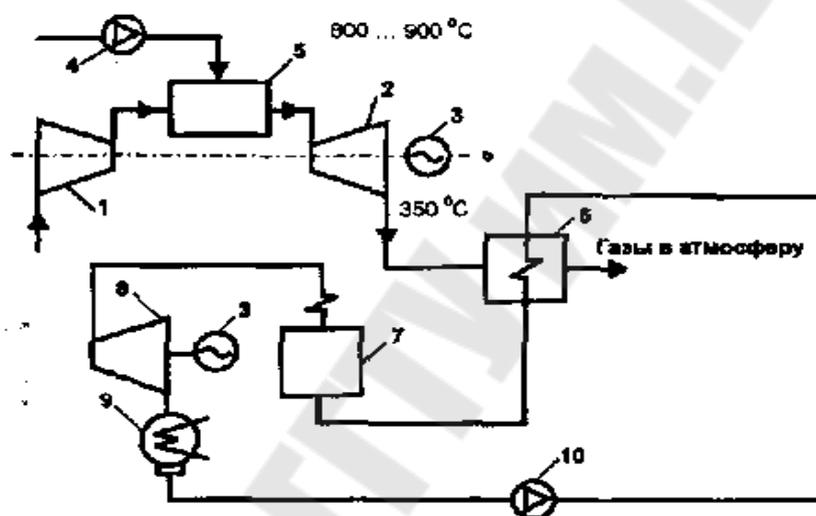


Рисунок 12.3 - Схема парогазовой установки:

- 1 - воздушный компрессор; 2 - газовая турбина;
- 3 - электрогенератор; 4 - топливный насос; 5 - камера сгорания;
- 6 - подогреватель; 7 - котел; 8 - паровая турбина;
- 9 - конденсатор водяного пара; 10 - питательный насос

Отработанные газы с температурой 350 °C и пониженным давлением поступают в подогреватель 6, где отдают часть теплоты для подогрева питательной воды, поступающей в котел 7 и, охладившись при этом, сбрасываются в атмосферу. Питательная вода используется в котле для получения пара, который поступает в паровую турбину 8 с температурой 540 °C. В ней пар расширяется, производя техническую работу. Отработанный в турбине пар поступает в конденсатор 9, в котором конденсируется, а образовавшийся конденсат при помощи насоса 10 направляется сначала в подогреватель 6, где воспринимает тепло отработавших в

газовой турбине газов, а затем - в паровой котел 7. Расходы пара и газа подбираются таким образом, чтобы вода воспринимала максимальное количество теплоты газов. Термический коэффициент полезного действия установок - свыше 60 %.

Тепловые схемы АЭС зависят от типа реактора; вида теплоносителя; состава оборудования и могут быть одно-, двух-, и трехконтурными.

Схема выработки электроэнергии на *одноконтурной* АЭС представлена на рисунке 12.4. Пар вырабатывается непосредственно в реакторе и поступает в паровую турбину. Отработанный пар конденсируется в конденсаторе, и конденсат подается насосом в реактор. Схема проста, экономична. Однако пар (рабочее тело) на выходе из реактора становится радиоактивным, что предъявляет повышенные требования к биологической защите и затрудняет проведение контроля и ремонта оборудования.

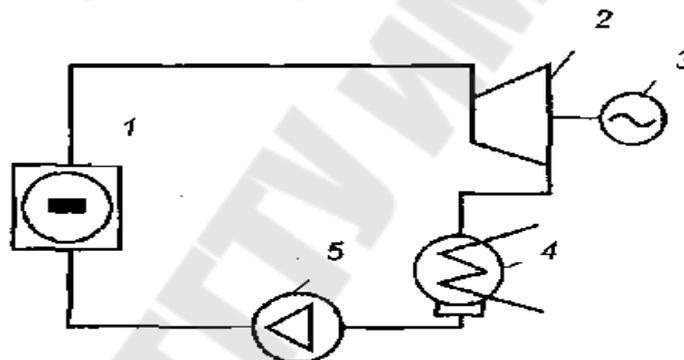


Рисунок 12.4 - Тепловая схема одноконтурной атомной электростанции:

- 1 - атомный реактор; 2 - турбина; 3 - электрогенератор;
- 4- конденсатор водяных паров; 5 - питательный насос

В *двухконтурных* схемах производства электроэнергии на АЭС имеется два самостоятельных контура (рисунок 12.5) - теплоносителя и рабочего тела. Общее оборудование у них - парогенератор, в котором нагретый в реакторе теплоноситель отдает свою теплоту рабочему телу и при помощи циркуляционного насоса возвращается в реактор.

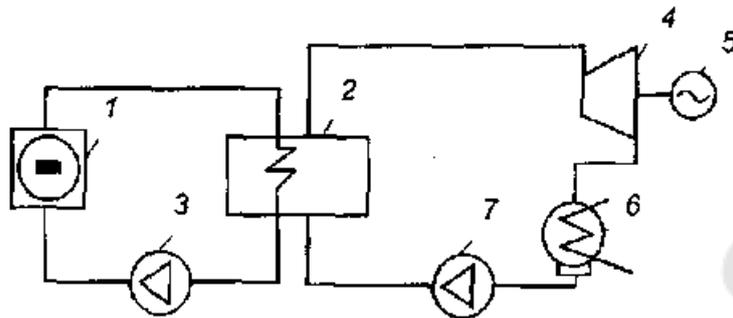


Рисунок 12.5 - Тепловая схема простейшей двухконтурной атомной электростанции:

- 1 - атомный реактор; 2 - теплообменник-парогенератор; 3 - главный циркуляционный насос; 4 - турбина; 5 - электрогенератор; 6 - конденсатор водяных паров; 7 - питательный насос

Давление в первом контуре (контуре теплоносителя) значительно выше, чем во втором. Полученный в теплогенераторе пар подается в турбину, совершает работу, затем конденсируется, и конденсат питательным насосом подается в парогенератор. Хотя парогенератор усложняет установку и уменьшает ее экономичность, но препятствует радиоактивности во втором контуре.

В *трехконтурной* схеме теплоносителями первого контура служат жидкие металлы (например, натрий). Радиоактивный натрий из реактора поступает в теплообменник промежуточного контура с натрием, которому отдает теплоту и возвращается в реактор. Давление натрия во втором контуре выше, чем в первом, что исключает утечку радиоактивного натрия. В промежуточном втором контуре натрий отдает теплоту рабочему телу (воде) третьего контура. Образовавшийся пар поступает в турбину, совершает работу, конденсируется и поступает в парогенератор.

Трехконтурная схема требует больших затрат, но обеспечивает безопасную работу реактора.

Отличие ТЭС от АЭС в том, что источником теплоты на ТЭС является паровой котел, в котором сжигается органическое топливо; на АЭС - ядерный реактор, теплота в котором выделяется делением ядерного топлива, обладающего высокой теплотворной способностью (в миллионы раз выше, чем органическое топливо). Один грамм урана содержит $2,6^{10}$ ядер, при делении которых выделяется 2000 кВт • ч энергии. Для получения такого же количества энергии нужно сжечь более 2000 кг угля.

Теплоэлектрацентрль (ТЭЦ) - это тепловая электростанция, выраба-тывающая не только электрическую энергию, но и тепло, отпускаемое потре-бителям в виде пара и горячей воды для коммунально-бытового потребления. При такой комбинированной выработке тепловой и электрической энергии в тепловую сеть отдается главным образом теплота отработавшего в турбинах пара (или газа), что приводит к снижению расхода топлива на 25-30 % по сравнению с отдельной выработкой энергии на КЭС или ГРЭС (государственные районные электростанции) и теплоты в районных котельных.

3. По видам потребления различают пять групп электрических и тепловых

нагрузок:

- промышленная нагрузка;
- коммунально-бытовое потребление;
- электрический транспорт;
- уличное освещение;
- сельскохозяйственные нужды.

Промышленная нагрузка за счет одно- и двухсменных режимов работы предприятий снижается в ночное и вечернее время. Коммунально-бытовое потребление значительно в утреннее и вечернее время, вечерний пик более продолжительный. Транспортные перевозки имеют пики в утренние и вечерние часы. Уличное освещение имеет максимум в ночные часы. Сельскохозяйственные графики потребления достаточно равномерны с сезонным изменением его величины.

В связи со значительной неравномерностью электрической нагрузки в течение суток важной задачей является рациональное покрытие относительно кратковременных, но значительных пиков нагрузки. Суммарный график нагрузок получают путем почасового сложения нагрузок всех потребителей для типично зимних и типично летних месяцев. Зимний график имеет два пика, летний - один, что объясняется более длинным световым днем (освещение включается после окончания работы на односменных предприятиях и снижения транспортных перевозок).

4. Основным направлением использования солнечной энергии является теплоснабжение. Для прямого преобразования солнечной энергии в тепловую разработаны и широко используются на практике

установки солнечного теплоснабжения (СТО) для различных целей (горячее водоснабжение, отопление и кондиционирование воздуха в жилых, общественных, санаторно-курортных зданиях, подогрев воды в плавательных бассейнах и различных процессах сельскохозяйственного производства).

По данным метеорологов в Республике Беларусь 150 дней в году пасмурно, 185 дней - с переменной облачностью и 30 - ясных, а всего число часов солнечного сияния в Беларуси достигает 1200 часов на севере страны и 1300-на юге.

Солнечная электростанция - сооружение, состоящее из множества солнечных коллекторов, ориентирующихся на Солнце. Каждый коллектор передает солнечную энергию жидкоститеплоносителю, которая, превратившись в пар, от всех коллекторов собирается в центральной энергостанции и поступает на турбину энергогенератора.

Основным элементом солнечной нагревательной системы является приемник, в котором происходит поглощение солнечного излучения и передача энергии жидкости. На рисунке 12.6 схематически изображены различные варианты приемников солнечной энергии. Опыт эксплуатации этих установок показывает, что в системах солнечного горячего водоснабжения может быть замещено 40-60 % годовой потребности в органическом топливе в зависимости от района расположения при нагреве воды до 40 ... 60 °С.

а) открытый резервуар на поверхности земли; б) открытый резервуар, теплоизолированный от земли; в) черный резервуар; г) черный резервуар с теплоизолированным дном; д) закрытые черные нагреватели,

е) металлические проточные нагреватели со стеклянной крышкой;

ж) металлические проточные нагреватели с двумя стеклянными крышками; з) то же, с селективной поверхностью; и) то же, с вакуумом.

Солнечный коллектор включает в себя *приемник*, поглощающий солнечное излучение, и *концентратор*, представляющий собой оптическую систему, собирающую солнечное излучение и направляющую его на приемник. Концентратор представляет собой чаще всего зеркало параболической формы, в фокусе которого располагается приемник излучения. Он постоянно вращается, обеспечивая ориентацию на Солнце.

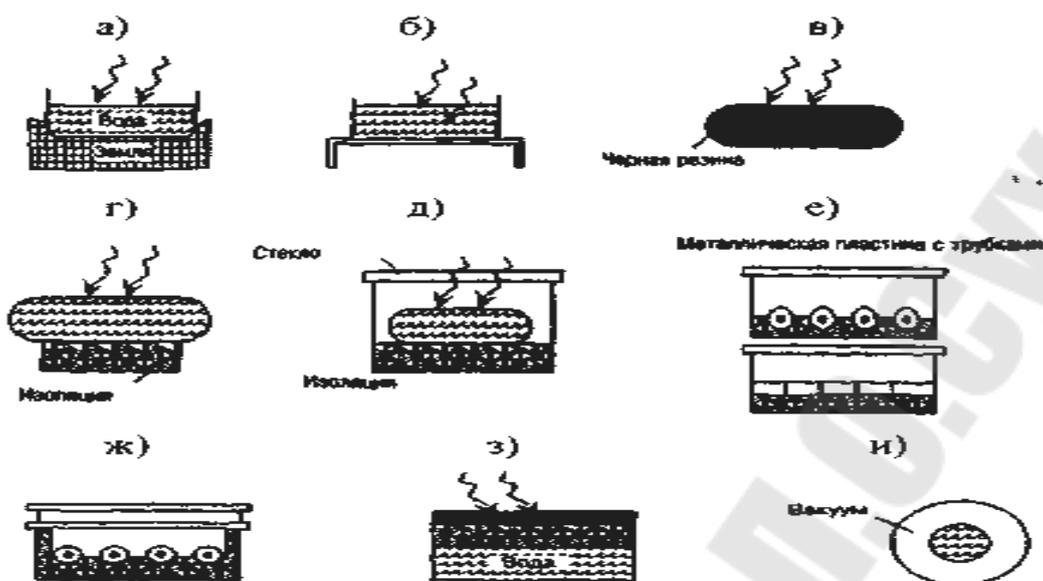


Рисунок 12.6- Последовательность приемников солнечного излучения в порядке возрастания их эффективности и стоимости

Фотоэлектрические преобразователи - устройства, действие которых основано на использовании фотоэффекта, в результате которого при освещении вещества светом происходит выход электронов из металлов (фотоэлектрическая эмиссия или внешний фотоэффект), перемещение зарядов через границу раздела полупроводников с различными типами проводимости (вентильный фотоэффект), изменение электрической проводимости (фотопроводимость). Методы фотоэлектрического преобразования солнечной энергии в электрическую находят применение для питания потребителей в широком интервале мощностей: от мини-генераторов для часов и калькуляторов мощностью от несколько ватт до центральных электростанций мощностью несколько мегаватт.

5. Ветроэнергетика представляет собой область техники, использующую энергию ветра для производства энергии. Устройства, преобразующие энергию ветра в механическую, электрическую или тепловую виды энергии, называются *ветроэнергетическими установками* (ВЭУ), или *ветроустановками*, и являются автономными.

Энергия ветра в механических установках, например на мельницах и в водяных насосах, используется уже несколько столетий. После резкого скачка цен на нефть в 1973 г. интерес к таким установкам резко возрос. Большая часть существующих

установок построена в конце 70-х - начале 80-х годов на современном техническом уровне при широком использовании последних достижений аэродинамики, механики, микроэлектроники для контроля и управления ими.

Одно из основных условий при проектировании ветроустановок - обеспечение их защиты от разрушений очень сильными случайными порывами ветра. В каждой местности в среднем раз в 50 лет бывают ветры со скоростью, в 5-10 раз превышающей среднюю, поэтому ветроустановки приходится проектировать с большим запасом прочности. Максимальная проектная мощность ветроустановки определяется для некоторой стандартной скорости ветра, обычно принимаемой равной 12 м/с.

Ветроэнергетическая установка состоит из ветроколеса, генератора электрического тока, сооружения для установки на определенной высоте от земли ветряного колеса, системы управления параметрами генерируемой электроэнергии в зависимости от изменения силы ветра и скорости вращения колеса.

Ветроустановки классифицируются по двум основным признакам: геометрии ветроколеса и его положению относительно направления ветра. Если ось вращения ветроколеса параллельна воздушному потоку, то установка называется горизонтально-осевой, если перпендикулярно-вертикально-осевой.

Принцип действия ветроэнергетической установки: ветряное колесо, воспринимая на себя энергию ветра, вращается и посредством пары конических шестерен и с помощью длинного вертикального вала передает свою энергию на нижний горизонтальный трансмиссионный вал и далее посредством второй пары конических шестерен и ременной передачи - электрическому генератору или другому механизму.

Поскольку периоды безветрия неизбежны, то для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы электрической энергии или быть запараллелены, на случаи безветрия, с ветроэнергетическими установками других типов.

Энергетическая программа Республики Беларусь основными направлениями использования ветроэнергетических ресурсов на ближайший период предусматривает их применение для привода насосных установок и в качестве источников энергии для электродвигателей. Эти области применения характеризуются минимальными требованиями к качеству электрической энергии, что

позволяет резко упростить и удешевить ветроэнергетические установки. Особенно перспективным считается их использование в сочетании с малыми гидроэлектростанциями для перекачки воды.

6. Сложный комплекс веществ, из которых состоят растения и животные, принято называть биомассой. Основа биомассы - органические соединения углерода.

Первоначально энергия системы биомасса - кислород возникает в процессе фотосинтеза под действием солнечного излучения, являющегося естественным вариантом преобразования солнечной энергии, а биомасса является основным исходным веществом для образования ископаемых топлив (торфа, угля, нефти, газа).

Биогазполучают путем микробиологического анаэробного разложения органических веществ растительного и животного происхождения. Он состоит из 50-80 % метана и 50-20 % углекислого газа. Теплотворная способность его в среднем составляет 5500-6000 ккал/м³. По содержанию энергии 1 м³ биогаза эквивалентен: 2 кВт · ч электроэнергии; 0,6 кг керосина, 15,5 кг каменного угля, 3,5 кг дров; 0,4 кг бутана; 12 кг навозных брикетов.

Одним из способов получения биогаза является метановое брожение в реакторах-метантенках объемом от одного - двух до нескольких тысяч кубометров.

В Беларуси предусматривается ряд крупномасштабных мероприятий в области биоэнергетики. Считается, что применение биоэнергетических установок по переработке отходов животноводства позволит существенно улучшить экологическую обстановку вблизи крупных животноводческих комплексов, где к настоящему времени скопились огромные количества непереработанной биомассы. Кроме того, можно рассчитывать на получение высококачественных органических удобрений и за счет производства биогаза обеспечить экономию 116 тыс. т условного топлива в год.

7. Транспортирование тепловой энергии

Основными потребителями тепловой энергии являются промышленные предприятия и жилищно-коммунальное хозяйство. Для производственных и коммунальных потребителей тепловая энергия требуется в виде пара (насыщенного или перегретого) либо горячей воды.

Системой теплоснабжения называется комплекс устройств по выработке, транспортировке и использованию теплоты.

Системы теплоснабжения могут быть децентрализованными (местными) и централизованными.

Децентрализованные системы теплоснабжения - это системы, в которых три основных звена объединены и находятся в одном или смежных помещениях. При этом получение теплоты и передача ее воздуху помещения объединены в одном устройстве и расположены в отапливаемых помещениях.

Централизованные системы теплоснабжения - это системы, в которых от одного источника теплоты подается теплота для многих зданий, кварталов, районов.

Транспортирование тепловой энергии от источника до потребителей производится тепловыми сетями, суммарная длина которых в однетрубном исчислении в Республике Беларусь составляет свыше 10 тыс. км.

Основными элементами тепловых сетей являются трубопровод, состоящий из стальных труб, соединенных между собой с помощью сварки; изоляционная конструкция, предназначенная для защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь, и несущая конструкция, воспринимающая вес трубопровода и усилия, возникающие при его эксплуатации.

Транспортирование электрической энергии

Передача электроэнергии от предприятий, вырабатывающих электроэнергию, непосредственным потребителям осуществляется с помощью электрических сетей, представляющих собой совокупность подстанций (повысительных и понизительных), распределительных устройств и соединяющих их электрических линий (воздушных или кабельных), размещенных на территории района, населенного пункта, потребителя электрической энергии.

К основному оборудованию, производящему и распределяющему электроэнергию, относятся:

- синхронные генераторы, вырабатывающие электроэнергию (на ТЭС - турбогенераторы);
- сборные шины, принимающие электроэнергию от генераторов и распределяющие ее потребителям;
- коммутационные аппараты-выключатели, включающие и отключающие цепи в нормальных и аварийных условиях, и разъединители, снимающие напряжения с обесточенных частей электроустановок и создающие видимый разрыв цепи;

- электроприемники собственных нужд (насосы, вентиляторы, аварийное электрическое освещение и т. д.).

Вспомогательное оборудование предназначено для выполнения функций измерения, сигнализации, защиты и автоматики и т. д.

Энергетическая система (энергосистема) состоит из электрических станций, электрических сетей и потребителей электроэнергии, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, распределения и потребления электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.

ТЕМА 13. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

1. Основные технические направления энергосберегающей политики

2. Вторичные энергетические ресурсы, их классификация и использование

1. Основными документами в реализации энергосберегающей политики РБ являются:

1. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении», принятый 8 января 2015 г. № 239-з;

2. Энергетическая программа Республики Беларусь.

3. Директива Президента Республики Беларусь № 3 от 14 июня 2007 г.

В соответствии с этими документами определены основные задачи, организационно-экономические и технические направления. Задачи:

- структурная перестройка отраслей;

- повышение коэффициента полезного использования энергоносителей и увеличение доли менее дорогих видов топлива в общем топливном балансе,

- увеличение доли местного топлива, отходов производства, нетрадиционных и возобновляемых источников.

Основные организационно-экономические направления:

- дальнейшее совершенствование законодательной и нормативно-правовой базы

- проведение государственной экспертизы энергоэффективности проектов и энергоаудитов;

- внедрение прогрессивных норм расхода топлива и энергии;

- совершенствование тарифной политики с таким расчетом, чтобы уровень тарифов на электро- и теплоэнергию, а также цен на топливо создавал бы экономические условия, обеспечивающие развитие энергосберегающих технологий в производственных процессах производителей и потребителей ТЭР;

- стимулирование производства энергоэффективной продукции;

- разработка стандартов минимальной энергоэффективности и энергомаркировки по классам энергоэффективности, гармонизация с Директивами ЕС и др.

Основные технические направления энергосберегающей политики относятся:

- внедрение парогазовых, газотурбинных установок, мини-ТЭЦ, ГЭС;
- модернизация котельных и теплоизоляции;
- замена электрокотлов на топливные для возможности использования горючих отходов производства, сельского, лесного хозяйства, деревообработки;
- перевод электросушильных установок, электронагревательных печей на топливоиспользующие установки;
- внедрение новых энергосберегающих технологий при нагреве, термообработке, сушке изделий, современных строительных и теплоизоляционных материалов;
- дизелизация автотранспорта, перевод на сжиженный и сжатый природный газ;
- расширение работ по производству топлива из метанола и рапсового технического масла;
- техническое перевооружение, оптимизация режимов загрузки электрических сетей, трансформаторных подстанций, тепловых сетей, тепловых пунктов и др.

Энергосбережение – организационная, научная, практическая, информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц. Эта деятельность направлена на снижение расхода (потерь) топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации.

Топливо-энергетические ресурсы – совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в Республике Беларусь.

Вторичные энергетические ресурсы – энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии или в виде побочного продукта основного производства и неприменимая в этом технологическом процессе.

Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов – использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов – достижение максимальной эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

Показатель энергоэффективности – научно обоснованная абсолютная или удельная величина потребления топливно-энергетических ресурсов (с учетом их нормативных потерь) на производство единицы продукции (работ, услуг) любого назначения, установленная нормативными документами.

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии – источники электрической и тепловой энергии, использующие энергетические ресурсы рек, водохранилищ и промышленных водостоков, энергию ветра, солнца, редуцируемого природного газа, биомассы (включая древесные отходы) сточных вод и твердых бытовых отходов.

Пользователи топливно-энергетических ресурсов – субъекты хозяйствования независимо от форм собственности, зарегистрированные на территории Республики Беларусь в качестве юридических лиц или предпринимателей без образования юридического лица, а также другие лица, которые в соответствии с законодательством Республики Беларусь имеют право заключить хозяйственные договоры, и граждане, использующие топливно-энергетические ресурсы.

Производители топливно-энергетических ресурсов – субъекты хозяйствования независимо от форм собственности, зарегистрированные на территории Республики Беларусь в качестве юридических лиц, для которых любой из видов топливно-энергетических ресурсов, используемых в нашей стране, является товарной продукцией.

2. Одним из важных факторов экономии ТЭР является использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), образующихся в одних технологических установках, процессах и направляемых для энергоснабжения других агрегатов и процессов.

ВЭР по видам энергии подразделяются на горючие, тепловые и избыточного давления (таблица 1).

Таблица 1 - Классификация ВЭР по видам и направлениям их использования

Вид ВЭР	Носители ВЭР	Энергетический потенциал	Направление и использование способов утилизации
Горючие	Твердые, жидкие, газообразные отходы	Низшая теплота сгорания	Топливное сжигание в топливо-использующих установках
Тепловые	Отходящие газы, охлаждающая вода, отходы производств, промежуточные продукты, готовая продукция	Энтальпия	Тепловое. Выработка в теплоутилизационных установках водяного пара, горячей воды, использование для покрытия потребности в тепле
Тепловые	Отработанный и попутный пар	Энтальпия	Тепловое и комбинированное покрытие потребности, выработка электроэнергии в конденсационном или теплофикационном турбоагрегате
ВЭР избыточного давления	Газы с избыточным давлением	Работа изоэнтальпического расширения	Электроэнергетическое. Выработка электроэнергии в газовом утилизационном турбоагрегате

Горючие (топливные) ВЭР - это горючие газы и отходы одного производства, которые могут быть применены непосредственно в виде топлива в других производствах. Это доменный газ в металлургии; щепы, опилки, стружка в деревообрабатывающей промышленности; твердые, жидкие промышленные отходы в химической и нефтеперерабатывающей промышленности и т. д.

Тепловые ВЭР - это физическая теплота отходящих газов технологических агрегатов основной, побочной, промежуточной продукции и отходов производства; теплота золы и шлаков, горячей воды и пара, отработанных в технологических установках; теплота рабочих тел систем охлаждения технологических установок. Тепловые ВЭР могут использоваться как непосредственно в виде теплоты, так и для отдельной или комбинированной выработки теплоты, холода, электроэнергии в утилизационных установках.

ВЭР избыточного давления - это потенциальная энергия покидающих установку газов, воды, пара с повышенным давлением, которая может быть еще использована перед выбросом в атмосферу. Основное направление таких ВЭР - получение электрической или механической энергии.

Температура отходящих газов различных промышленных печей и нагревательных устройств колеблется от 800...900 °С (в печах с регенераторами) до 900...1200 °С в термических, прокатных и кузнечных (без регенерации), что позволяет в котлах-утилизаторах вырабатывать пар высоких параметров для технологических нужд. Кроме того, поскольку нагревательные печи, как правило, оборудованы системой охлаждения отдельных элементов конструкции, при испарительном охлаждении можно получить пар давлением до 4,5 МПа, который используется и в энергетических целях. Так как температура уходящих газов после котлов-утилизаторов все еще достаточно высока (около 200...250 °С), их теплоту целесообразно применять для коммунально-бытовых нужд или отопления (нагрева воды).

На предприятиях металлургии и машиностроения тепловыми отходами являются физическая теплота уходящих газов, теплота охлаждения нагревательных и термических печей, вагранок и др.

ТЕМА 14. ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА И МЕНЕДЖМЕНТА

1. Сущность, цели, задачи и организация энергетического менеджмента и энергоаудита на предприятии

2. Порядок проведения энергетического аудита на предприятии

3 Энергетический баланс

1. В повышении эффективности энергосбережения большое значение имеет не только внедрение нового оборудования, передовой технологии, совершенствование и модернизация существующего оборудования, использование всех местных и вторичных ресурсов, но и правильно организованное управление энергопотреблением, то есть энергоменеджмент и энергоаудит.

Энергетический менеджмент- совокупность технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности использования энергоресурсов и являющейся частью общей структуры управления предприятием. Он играет значительную роль в повышении экономической эффективности и экологической безопасности. В нашей стране энергетический менеджмент начал внедряться в практику хозяйствования после провозглашения республики самостоятельным государством. Цели энергетического менеджмента должны быть достижимыми, реальными и соответствующими условиям эколого-экономической безопасности. Основная задача его состоит в проведении комплексного анализа энергопотребления и на его основе - проведение энергосберегающих мероприятий на предприятии.

Основными функциями энергоменеджмента являются:

- взаимодействие с энергопотребителями предприятия и взаимодействие с энергоснабжающими организациями;
- обработка и предоставление информации об энергопотреблении по отдельным структурным подразделениям (производствам, цехам, участкам);
- подготовка предложений по энергосбережению;
- запуск энергосберегающих проектов и управление ими;
- проведение разъяснительно-воспитательной работы со всеми работниками о важности и необходимости энергосбережения.

Энергосберегающие мероприятия выполняются по следующим направлениям:

- энергетический баланс всего предприятия и его структурных подразделений-энергопотребителей;
- энергетическое обследование;
- мониторинг и планирование.

Энергетический аудит - это обследование предприятия с целью сбора информации об источниках энергии, ее удельном потреблении на единицу выпускаемой продукции, разработка рекомендаций и технических решений по снижению энергетических затрат. Он является основным инструментом энергетического менеджмента. Энергетический аудит может быть:

- предварительным и подробным;
- простым или сложным;
- разовым;
- периодическим или перманентным (непрерывно продолжающийся, постоянный).

Предварительный аудит заключается в анализе потребления энергии определенным участком производства за установленный промежуток времени для определения удельного энергопотребления.

Подробный аудит заключается в сборе и записи полной информации о потребленной энергии на каждом участке производства за каждый временной период и в расчетах энергетических балансов и эффективности. Для эффективного проведения подробного аудита необходимо:

- сравнение основных показателей энергопотребления с другими предприятиями отрасли;
- обмен опытом с другими предприятиями, занимающимися производством однородной продукции.

Простой аудит состоит в определении наиболее значимых энергоэффективных мероприятий, внедрение которых позволит получить в короткое время значительный экономический эффект.

При сложном аудите выявляются не только внутренние резервы экономии ТЭР, но и влияние различных внешних факторов.

Сущность разового аудита может состоять как в проверке расходования отдельных видов, так и всех ТЭР, потребляемых организацией в нестандартных ситуациях (слишком большой расход или, наоборот, малый, значительное отклонение фактического расхода ТЭР на единицу продукции от установленного по норме и др.),

Периодический аудит проводится не реже 1 раза в 5 лет, а перманентный продолжается непрерывно с целью недопущения

отклонения фактических параметров от установленных нормативными документами.

Последовательность энергетического аудита:

1. Подготовка и организация работ.
2. Сбор данных.
3. Измерение.
4. Составление энергетического баланса.
5. Техобслуживание и ремонт.
6. Возможности энергосбережения.
7. План мероприятий.
8. Отчетность.

Для того чтобы управлять энергосбережением, необходимо знать величины энергопотребления. Для этого производятся сбор данных о потреблении энергоресурсов, их анализ, составляется отчет и намечается план действий по следующей схеме:

- оценка фактического состояния энергоиспользования на предприятии, выявление причин возникновения и определение значений потерь топливно-энергетических ресурсов;
- разработка плана мероприятий, направленных на снижение потерь топливно-энергетических ресурсов;
- выявление и оценка резервов экономии топлива и энергии;
- определение рациональных размеров энергопотребления в производственных процессах и установках;
- определение требований к организации по совершенствованию учета и контроля расхода энергоносителей;
- получение исходной информации для решения вопросов создания нового оборудования и совершенствования технологических процессов с целью снижения энергетических затрат, оптимизации структуры энергетического баланса предприятия путем выбора оптимальных направлений, способов и размеров использования подведенных и вторичных энергоресурсов.

2. Энергетическое обследование предприятий, учреждений и организаций, расположенных на территории РБ, производится с целью получения общей характеристики предприятия и данных, необходимых для оценки экономии энергоресурсов.

Проведение энергоаудита необходимо для любой организации, которая хотела бы контролировать энергозатраты и затраты на коммунальные услуги. Результатом аудита является детальное изучение того, как энергия закупается, распределяется и

используется. По данным его проведения выявляется возможность экономии энергоресурсов.

Обязательному энергетическому аудиту подлежат субъекты хозяйствования с годовым суммарным потреблением ТЭР более 1,5 тыс т у. т.

В общей характеристике предприятия отражается:

- отраслевая принадлежность;
- номенклатура продукции и фактические удельные расходы энергоресурсов на ее производство за год, предшествующий началу проведения энергетического обследования;
- источники и схема энергоснабжения;
- показатели суточных (зимнего и летнего) графиков электрической нагрузки;
- доля энергетической составляющей в себестоимости продукции;
- организационная структура энергослужбы;
- состояние энергетической отчетности (в том числе наличие паспортов оборудования, оперативных журналов, документов внутризаводской отчетности, материалов ранее проведенных обследований).

Для оценки эффективности энергоиспользования проводится обследование по следующим семи направлениям:

1. Состояние технического учета:

- способы учета (расчетный, приборный, опытно-расчетный);
- формы получения, обработки и представления информации о контроле расхода энергии по цехам, участкам, энергоемким агрегатам;
- соответствие схемы учета энергии структуре норм;
- оснащенность приборами расхода ТЭР (электросчетчики, теплосчетчики, расходомеры газа и жидкого топлива).

2 Состояние нормирования ТЭР:

- наличие на предприятии утвержденных в установленном порядке норм расхода энергоресурсов;
- охват нормированием статей потребления энергоресурсов;
- фактическая структура норм и соответствие ее технологии и организации производства;
- динамика норм и удельных расходов за 3 предшествующие обследованию года.

3. Определение резервов экономии энергоресурсов, которые определяются на основании обследования энергопотребляющего оборудования технологических процессов, состояния использования БЭР.

4. Участие предприятия в регулировании графиков электрической нагрузки энергосистемы:

- предусматриваемые мероприятия по использованию энергоемкого оборудования в качестве потребителей-регуляторов;
- режим работы предприятия в условиях ограничения мощности энергосистемы в осенне-зимний период.

5. Перечень и краткое описание важнейших оргтехмероприятий по экономии топлива и энергии, намеченных на текущий год планами предприятия и рекомендуемых по результатам проведения целевого обследования.

6. Выявленные источники нерационального расходования энергии и топлива и оценки величины потерь их.

7. Основные показатели, характеризующие состояние энергоиспользования на предприятии.

Энергетическое обследование предприятий и организаций проводится специализированными организациями, имеющими лицензию Госкомэнергосбережения на проведение энергоаудита. Основным правовым документом, регулирующим взаимоотношения сторон при проведении энергетического аудита, является договор между организацией, проводящей энергетический аудит, и субъектом хозяйствования, на котором он проводится.

3. Энергетический баланс является основным инструментом энергетического менеджмента и наиболее полной характеристикой энергетического хозяйства предприятия. Важное значение его состоит в том, что он отражает достоверное количественное соответствие между потребностью и приходом ТЭР на данный момент или период времени.

При составлении баланса рассматриваются виды потребляемой энергии: электроэнергия, газ, мазут, пар и т. п. Далее производится количественное измерение потребления энергии на все цели, в том числе и потери энергии.

Баланс составляется на основании фактического потребления энергии. Для получения данных используются самые различные приборы: счетчики электроэнергии, газа, пара, воды, отопления и т. п.

Изучение энергетических балансов дает возможность установить фактическое состояние использования энергии как на

отдельных участках производства, так и по предприятию в целом, выявить резервы экономии энергии.

Балансы могут составляться по отдельным энергоносителям, измеряемым соответствующими единицами (джоули, киловатт-часы, тонны условного топлива), и по суммарному потреблению энергоносителей в тоннах условного топлива.

В зависимости от назначения энергетические балансы могут характеризоваться следующими признаками:

- по назначению - на отчетные и плановые;
- по видам энергоносителей - на частные (по отдельным видам топлива и энергии) и сводные;
- по объектам изучения - на балансы отдельных видов технологического оборудования, цехов и предприятия в целом;
- по принципам составления - на аналитические, синтетические, нормализованные и оптимальные;
- по принципам оценки использования топлива и энергии - на энтропийные (энтропия - поворот, превращение: например, процесс превращения топлива в энергию), эксергетические (от греч. ex - приставка, ergon - работа: максимально возможная работа, которую может совершить система при переходе из одного состояния в другое).

Отчетные балансы отражают фактические показатели производства и потребления энергии и топлива в истекшем периоде и фактический качественный уровень их использования.

Плановые балансы являются основной формой планирования энергопотребления и энергопользования на предстоящий период.

Аналитические балансы отражают глубину и характер использования подводимых энергоносителей. Они служат основой для оценки энергетической эффективности рассматриваемых процессов, а их показателями являются энергетические коэффициенты полезного действия, определяемые по формуле

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{пол}}{\mathcal{E}_{подв} + \mathcal{E}_{вн}}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{пол}$ - полезная энергия;
 $\mathcal{E}_{подв}$ - суммарное подведенное к объекту количество энергии;
 $\mathcal{E}_{вн}$ - энергия, выделяющаяся внутри данного объекта в результате проведения технологического процесса.

Если полученные в результате осуществления технологического процесса вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) используются вне его, то коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{пол} + \mathcal{E}_{ВЭР}}{\mathcal{E}_{подв} + \mathcal{E}_{вн}}, \quad (2)$$

Оптимальным энергетическим балансом является такой вариант, при котором объем планируемого выпуска продукции осуществляется с минимальными затратами энергии.

Для более достоверной оценки эффективности энергоиспользования сложных систем, включающих электрическую энергию, топливо и тепловую энергию различных параметров, используют эксергетический баланс, с помощью которого определяется работоспособность (эксергия) технологических и энергетических установок.

Для составления и анализа энергетического баланса предприятия информация может быть представлена в виде следующих данных:

- общая производственная и энергетическая характеристика предприятия (объемы и номенклатура выпускаемой продукции, ее себестоимость с выделением энергетической составляющей);
- описание схемы материальных и энергетических потоков;
- перечень и характеристика основного энергоиспользующего оборудования;
- данные о расходах энергоносителей;
- данные о работах по рациональному использованию энергии на предприятии.

Анализ энергетического баланса состоит в качественной и количественной оценке состояния энергетического хозяйства предприятия.

ТЕМА 15. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ И В БЫТУ

- 1 Тепловые потери в зданиях и сооружениях**
- 2 Тепловая изоляция зданий и сооружений**
- 3 Энергосбережение при освещении зданий**
- 4 Электробытовые приборы и их эффективное использование**

1. Причиной относительно высокого энергопотребления в зданиях и сооружениях нашей страны по сравнению с зарубежными является то, что все существующие здания были построены в соответствии с имевшимися на момент строительства строительными нормами и стандартами, которыми было предусмотрено в 1954-1964 гг. термическое сопротивление $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Фактическая величина этого показателя в 1954-1962 гг. была несколько ниже, а в 1965-1993 гг. она достигла $1,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

С введением в 1994 г. новых норм по термическому сопротивлению стен (они составляют теперь $2,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$) все ранее построенные здания попали в разряд не соответствующих современным техническим требованиям.

Поэтому в настоящее время все больше практикуется осуществление тепловизионного (с использованием инфракрасной съемки) контроля качества строительно-монтажных работ, что позволяет предотвратить некачественное выполнение работ в местах, в которых возможна наибольшая утечка тепла.

Теплоснабжение производственных помещений (цехов) всегда считалась задачей неординарной, поскольку они, как правило, занимают огромные площади (от нескольких сотен до нескольких тысяч квадратных метров) и высоту до 14-18 м. Рабочая (обитаемая) зона производственных зданий составляет всего 20-30 % их общего объема, которые и требуют поддержания комфортных условий. Нагрев 70-80 % воздуха, находящегося над рабочей зоной, относятся к прямым потерям. Всем известно, что удержать теплый воздух внизу невозможно и температура его от пола к потолку возрастает на $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ в расчете на метр высоты. Это значит, что в зданиях высотой 12 м при средней температуре в рабочей зоне $15 \text{ }^\circ\text{C}$ воздух под крышей оказывается нагретым до $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Такой перегрев внутреннего воздуха зданий приводит к резкому возрастанию тепловых потерь через

наружные ограждения, верхние перекрытия, стены, световые проемы и фонари.

Одним из возможных путей решения проблемы уменьшения тепла на отопление больших производственных зданий может быть децентрализация системы теплоснабжения их по теплоносителю, воде и пару за счет внедрения систем газового лучистого отопления (СГЛО) и газовых воздухонагревателей. Лучистое отопление - это передача тепла от более нагретых поверхностей к менее нагретым посредством инфракрасного излучения.

2. Проблеме получения теплых и, соответственно, энергосберегающих конструкций в нашей стране уделяется все больше внимания. Они должны быть, во-первых, прочными, жесткими и воспринимать нагрузки, то есть быть несущей конструкцией, а во-вторых, должны защищать внутреннее пространство от дождя, жары, холода и других атмосферных воздействий, то есть обладать низкой теплопроводностью, быть водостойкими и морозостойкими.

В природе не существует материала, который удовлетворял бы двум этим требованиям. Для жестких конструкций идеальным материалом является металл, бетон или кирпич. Для утепления годится только эффективный утеплитель, например, каменная вата. Поэтому для того, что бы ограждающей конструкция была прочной и теплой, используют композицию или комбинацию как минимум двух материалов - конструкционного и теплоизоляционного.

Теплоизоляционные системы, применяемые для наружной теплоизоляции, подразделяются на системы:

- с тонкими штукатурными и накрывочными слоями;
- с толстыми штукатурками (до 30 мм);
- «сухой теплоизоляции» (система утепления «на отnose»);
- монолитной теплоизоляции (утепление пенополиуретаном, покрытие «термошиль-дом»);
- из ячеистого бетона с объемной массой ниже 400 кг/м^3 .

Для устранения теплопотерь в ранее построенных зданиях разработаны и осуществляются различные проекты теплотехнической реконструкции и утепления их. Одним из таких проектов является устройство термощубы, представляющей собой многослойную конструкцию. Она состоит из следующих элементов:

а) плит утеплителя, прикрепленных к подготовленной поверхности стен клеевым составом «сармалеп» и дюбелями для укрепления утеплителя;

б) защитного покрытия из клеящего состава «сармалеп», армированного одним или двумя слоями сетки в сочетании с защитными алюминиевыми профилями с перфорированными стенками;

в) отделочного покрытия:

1) из штукатурного состава «сармалит» белого цвета без окраски либо с последующей окраской микропористой фасадной краской на основе полиолитовой смолы «сафрамап»;

2) защитно-отделочной композиции «сафрамап», окрашенной в массу;

3) микропористой фасадной краски на основе полиолитовой смолы «сафрамап» непосредственно по защитному покрытию из состава клеящего «сармалеп-М».

3. В настоящее время около 40 % генерируемой в мире электрической энергии и 37 % всех электрических ресурсов используется в жилых и общественных зданиях. Существенную долю (40-60 %) в энергопотреблении зданий составляет энергии на освещение. Сокращение расхода электроэнергии на эти цели возможно двумя основными путями:

- снижением номинальной мощности освещения;
- уменьшением времени использования светильников.

Снижение номинальной (установленной) мощности освещения в первую очередь означает переход к более эффективным источникам света, дающим нужные потоки при существенно меньшем энергопотреблении. Такими источниками могут быть компактные люминесцентные лампы. В общественных зданиях также можно применять более эффективные светильники.

Уменьшение времени использования светильников достигается внедрением современных систем управления, регулирования и контроля осветительных установок. Применение регулируемых люминесцентных светильников позволяет эксплуатировать их при сниженной (по сравнению с номинальной) мощности. А это значит, что при неизменной установленной мощности освещения снижается фактически потребляемая мощность и энергопотребление.

Управление осветительной нагрузкой осуществляется двумя основными способами:

- отключением всех или части светильников (дискретное управление);

- плавным изменением мощности светильников (одинаковым для всех или индивидуальным).

4. Потребление электроэнергии в быту с каждым годом увеличивается, и эта тенденция сохранится, поскольку население в последние годы активно приобретает бытовую технику (стиральные машины, кухонные комбайны, пылесосы, электрочайники, электромясорубки, электрокофеварки и т. д.), являющуюся одним из главных потребителей электроэнергии в домах и квартирах.

Использование электроэнергии в квартирах можно условно разделить на следующие подгруппы;

- обогрев помещений;
- охлаждение и замораживание;
- освещение;
- стирка белья и мойка посуды (с помощью стиральных машин и посу-домоющих аппаратов);
- аудио- и видео аппаратура;
- приготовление пищи (с помощью электроплит);
- использование других электроприборов (пылесосов, утюгов, фенов и т.д.).

Ориентировочный расход электроэнергии различными бытовыми приборами приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Потребление электроэнергии электроприборами в быту

Прибор	Потребление, кВт · ч/год
Лампа накаливания 60 Вт	263 (из расчета 12 ч работы в сутки)
Энергосберегающая лампа 9-11 Вт	44 (из расчета 12 ч работы в сутки)
Морозильный аппарат	430
Посудомоечный аппарат	450
Электрическая печь	400
Стиральная машина	275
Холодильник	485
Телевизор	180
Видеомагнитофон	150
Кофемолка	65
Компьютер	40
Аудиоаппаратура	35
Утюг	30

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрижевский, А.А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб.пособие для студентов технол., инженер.-техн. и инженер.-экон. специальностей вузов/ А.А. Андрижевский, В.И. Володин.- Минск: Вышэйшая школа,2005. – 294 с.
2. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология: учеб.пособие для вузов/ Т.Е. Гридэл, Б.Р. Алленби; пер. с англ. Под ред. Э.В. Гирусова. – Москва: Юнити, 2004.-513 с.
3. Мархоцкий, Я.Л. Основы экологии и энергосбережения: учебное пособие/ Я.Л.Махоцкий. – Минск: Вышэйшая школа. 2014. – 286 с.
4. Сергейчик, С.А. Экология: учебное пособие/ С.А.Сергейчик. – Минск: Современная школа, 2010. -389 с.
5. Федорук, А.Т. Экология: учебное пособие для вузов/А.Т.Федорук. – 2-е изд. – Минск: Вышэйшая школа, 2013.- 461 с.
6. Челноков, А.А. Общая и прикладная экология : учебное пособие / А.А.Челноков, К.Ф. Саевич, Л.Ф. Ющенко ; под общ. ред. К.Ф. Саевича. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 656 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=452747>
7. Экологические проблемы и энергосбережение: учеб.пособие для вузов/ под общ. Ред. В.Д. Карминского. – Москва: Маршрут, 2004. – 591 с.

ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

**Пособие
для студентов технических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

**Составители: Русая Людмила Николаевна
Красюк Станислав Иосифович**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 23.02.22.

Пер. № 3Е.
<http://www.gstu.by>