

ЛЕКЦИЯ № 1.

РАЗДЕЛ 1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1

Проблемы взаимодействия энергетики с окружающей средой. Структура теплоэнергетической системы промышленного предприятия с учетом взаимодействия с окружающей средой. Источники загрязнения окружающей среды на теплоэнергетических объектах. Оценка влияния теплоэнергетических систем на окружающую среду. Схема взаимодействия объектов энергетики с окружающей средой на примере ТЭС. Рассеивание нагретых выбросов от одиночного источника.

Раздел 2

Виды и источники загрязнений окружающей среды. Виды и источники загрязнения атмосферы. Экологические последствия загрязнения атмосферы. Воздействие промышленных предприятий на гидросферу. Экологические последствия загрязнения гидросферы.

Раздел 3

Методы снижения загрязнения атмосферы. Экологизация технологических процессов. Очистка газовых выбросов от вредных примесей, аэрозолей, токсичных газо- и парообразных примесей. Аппаратурное оформление сооружений очистки газовых выбросов. Рассеивание газовых выбросов в атмосфере. Устройство санитарно-защитных зон.

Раздел 4

Методы очистки сточных вод. Категории сточных вод, примесей. Аппаратурное оформление сооружений очистки сточных вод.

Раздел 5

Безотходная, малоотходная технология. Мероприятия по сокращению отходов. Классификация отходов. Вторичные материальные ресурсы, вторичные энергетические ресурсы.

Раздел 6

Принципы снижения теплового воздействия на окружающую среду. Мероприятия по снижению тепловых сбросов промышленных предприятий. Классификация вторичных энергетических ресурсов. Способы утилизации вторичных энергетических ресурсов. Оборудование, применяемое для утилизации теплоты вторичных энергетических ресурсов. Основные направления снижения энергоемкости предприятий как направление

ресурсосбережения. Теплоутилизационное оборудование.

Раздел 7

Использование системного анализа при организации оптимальных систем утилизации отходов. Основные этапы. Балансовые уравнения аппаратов теплоэнергетических систем промышленных предприятий. Достоинства системного подхода к организации систем защиты окружающей среды.

Раздел 8

Экологические нормативы качества и воздействия на окружающую среду промышленных предприятий. Санитарно-гигиенические и производственно-хозяйственные нормативы качества и воздействия на окружающую среду промышленных предприятий. Критерии оценки систем и их элементов.

Проблемы взаимодействия энергетики с окружающей средой

Энергетика, являясь неотъемлемой частью жизнедеятельности человека, находится в постоянном взаимодействии с окружающей средой. В настоящее время взаимодействие энергетики с окружающей средой распространяется на огромные территории, охватывает большинство рек и озер, громадные объемы гидросферы, атмосферы и литосферы Земли. В связи с этим проблемы взаимодействия энергетики и окружающей среды является многосторонним и важным предметом изучения для инженеров, технологов и экологов, работающих в области энергетики.

Перечислим основные проблемы взаимодействия энергетики, ее объектов с окружающей средой:

1. загрязнение атмосферы;
2. загрязнение гидросферы;
3. увеличение объемов отходов;
4. энергетическое (в частности, тепловое, шумовое, вибрационное и пр.) загрязнение окружающей среды;
5. истощение природных топливно-энергетических ресурсов.

Структура теплоэнергетической системы промышленного предприятия с учетом взаимодействия с окружающей средой

Промышленное производство включает несколько сотен аппаратов, которые различаются по назначению, конструкции и пр. Работа каждого аппарата влияет на графики:

1. образования газовых выбросов,
2. образования сточных вод,
3. образования твердых отходов,
4. энергетических сбросов,
5. энергопотребления,
6. потребления природных ресурсов.

в той технологической линии, к которой относится данный аппарат.

Рассмотрим такие «взаимоотношения» потребления и выхода материальных и энергетических ресурсов на примере структуры теплоэнергетической системы ПП (рис. 1, 2).

Введем понятие теплоэнергетической системы.

Теплоэнергетической системой промышленного предприятия (ТЭС ПП) называется сложная система, объединяющая на предприятии все источники различных энергоресурсов, включая технологические агрегаты, а также всех потребителей энергоресурсов.

Или другими словами это система энергоустановок, взаимосвязанных по потокам различных ресурсов.

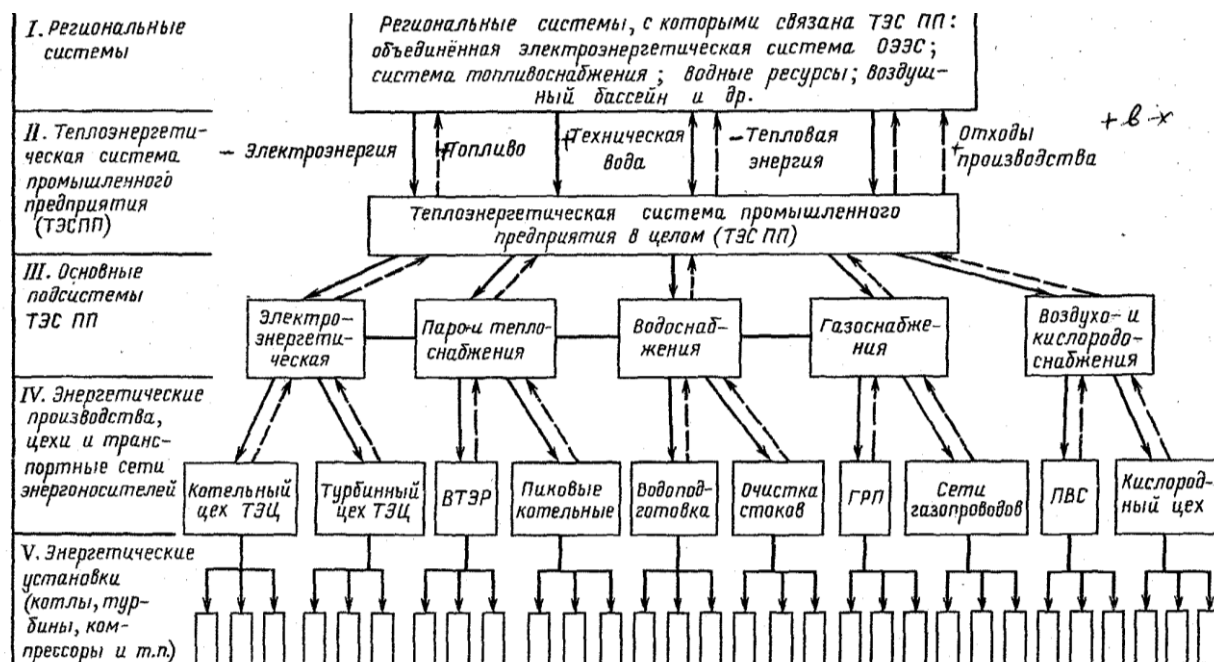


Рис. 1. Структура теплоэнергетической системы промышленного предприятия:

I – V – иерархические уровни

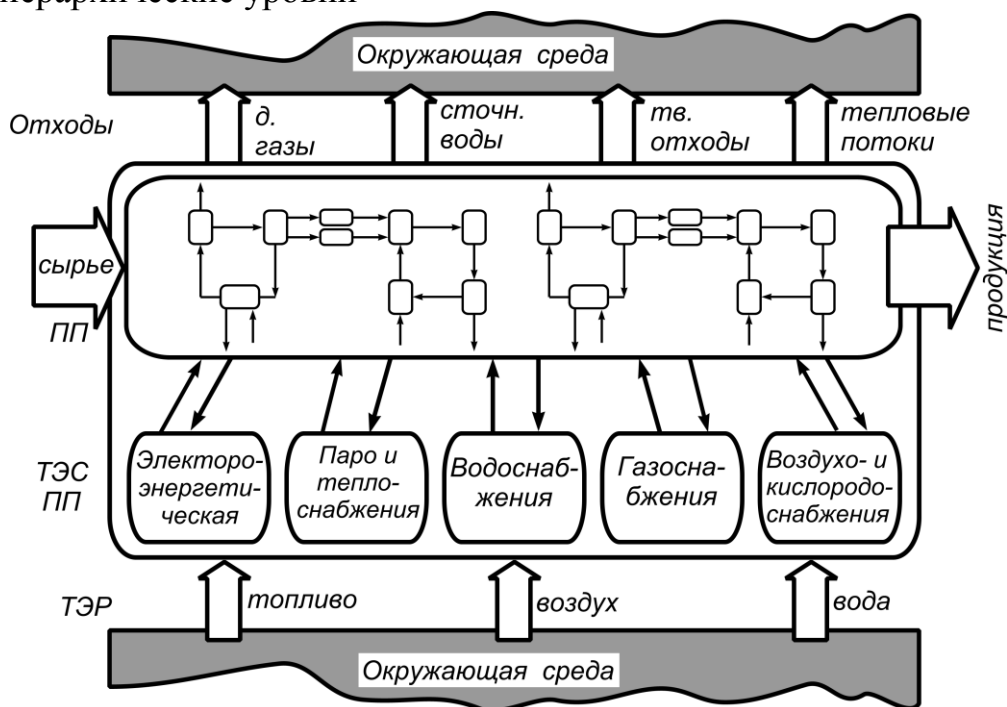


Рис. 2. Структура теплоэнергетической системы промышленного предприятия с учетом взаимодействия с окружающей средой

От окружающей среды ТЭС ИП потребляет топливно-энергетические ресурсы (ТЭР): топливо, воду, воздух.

В окружающую среду ТЭС ИП сбрасывает так называемые отходы: дымовые газы, сточные воды, твердые отходы, тепловые потоки (тепловую энергию). В качестве примера сбрасываемого теплового потока можно

назвать конденсат; некоторые выбросы, такие как дымовые газы, обладают помимо материальной характеристики и тепловым потенциалом.

Перечисленные потоки связаны через подсистемы ТЭС ПП, установки и аппараты технологической линии предприятия [1].

Подсистемы ТЭС ПП: электроэнергетическая, паро- и теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения, воздухо- и кислородоснабжения. Подсистемы включают в себя установки.

Установки и аппараты, формирующие подсистемы ТЭС ПП: котлы, турбины, компрессоры, теплообменники и пр.

В настоящее время при рассмотрении взаимодействия энергетики, в частности, теплоэнергетики, с окружающей средой методологической основой является **системно-структурный анализ (см. лк. 7)**, позволяющий **оценивать взаимодействие объектов энергетики с окружающей средой**, вскрывать все разновидности связей и процессов в системах рассматриваемых объектов (в нашем случае, в теплоэнергетических системах промышленных предприятий). Фундаментом анализа являются элементарные процессы, протекающие в энергетических установках в их взаимодействиях со всеми элементами окружающей среды.

Источники загрязнения окружающей среды на теплоэнергетических объектах. Оценка влияния теплоэнергетических систем на окружающую среду

Основным элементарным актом получения энергии на теплоэнергетических объектах является процесс горения. Он реализуется преимущественно в котлах, предназначенных для выработки тепловой энергии в виде пара и горячей воды. Также процессы горения реализуются в так называемых огнетехнических установках, например, в печах.

Источником тепловой энергии в таких установках является топливо. Состав органических видов топлива: углерод, водород, кислород, азот и сера.

Количество выделяемого при горении тепла характеризуется теплотой сгорания топлива. Основная теплота образуется при горении углерода (34,4 МДж/кг) и водорода (10,8 МДж/кг). Теплота сгорания серы 9,3 МДж/кг.

В органическом топливе присутствуют также минеральные примеси кремнезем SiO_2 , глинозем Al_2O_3 , сульфиды FeS_2 , карбонаты CaCO_3 , MgCO_3 , FeCO_3 , сульфаты CaSO_4 , MgSO_4 , оксиды металлов, фосфатов, хлоридов, соли щелочных металлов.

В процессе горения образуются вредные соединения.

При выходе в атмосферу выбросы теплоэнергетических систем в своем составе содержат газообразную, жидкую и твердую фазы. При выходе в атмосферу состав выбросов может изменяться за счет процессов осаждения, распада компонентов по массе, химическим реакциям с компонентами воздуха, взаимодействуя с воздушными потоками, атмосферными осадками,

солнечной энергией. В результате токсичность, реакционная способность выбросов могут отличаться от первоначальных параметров.

В зоне горения образуются:

1. Оксиды азота NO_x .

Оксиды азота образуются в основном в результате окисления азота воздуха в зоне высоких температур. Поэтому выбросы этого вещества значительны при сжигании всех видов топлива.

Большая часть выбросов оксидов (90%) – NO . Однако в воздухе он превращается в гораздо более опасный газ — диоксид азота (диоксид азота в семь раз токсичнее оксида азота). Роль монооксида и диоксида оценивается совместно, так как в атмосфере эти газы встречаются только вместе.

Диоксид азота NO_2 может связываться с гемоглобином, вызывать болезни дыхательных путей за счет превращения диоксида азота в азотную кислоту при контакте со слизистыми оболочками.

Кислородсодержащие соединения азота приводят к образованию азотной кислоты. Живучесть NO_2 в атмосфере до 100 часов.

2. Серный ангидрид SO_3 .

При температурах, близких к 1000°C , сульфаты разлагаются с образованием серного ангидрида:



Является одним из наиболее токсичных газообразных выбросов. Он составляет до 99% выбросов сернистых соединений. Удельная масса сернистого ангидрида $2,93 \text{ кг/м}^3$, температура кипения 195°C .

Время жизни сернистого ангидрида зависит от чистоты атмосферы и длится от нескольких часов до 15-20 суток. Взаимодействуя с водой он образует серную кислоту, что является причиной кислотных дождей. 43% конечных продуктов реакции сернистого ангидрида выпадает на литосферу, 32% на гидросферу, растения поглощают 12%, поверхность гидросферы 13%.

3. Оксиды углерода.

Присутствие оксидов углерода CO (угарный газ) в продуктах сгорания является следствием недостаточного поступления кислорода воздуха, при наличии достаточного количества свободного кислорода оксид углерода доокисляется до CO_2 . При низких концентрациях CO (до 0,013%) у человека снижается способность воспринимать сигналы, появляются головные боли, ослабляется зрение, возможна временная потеря сознания. При достижении концентрации 0,066% возможна полная потеря сознания, паралич. При концентрации CO до 0,075% в течение часа наступает летальный исход.

CO_2 (углекислый газ) является причиной развития парникового эффекта на планете, который может обусловить глобальное потепление при повышении содержания CO_2 в атмосфере.

Практически не взаимодействуют с другими веществами в атмосфере. Двуокиси углерода свойственно интенсивное поглощение в инфракрасной области спектра.

4. Бензпирены. Образуются в ходе пиролизических реакций при температуре $700-800^\circ\text{C}$. Несмотря на то, что канцерогенных веществ при сгорании

топлива образуется мало, их обнаружению уделено особое внимание.

5. Зола. Силикатная основа примесей при высоких температурах взаимодействует с другими оксидами, образуя золу. Несгораемый остаток, образующийся при полном сгорании топлива. Зола может содержать в своем составе в зависимости от исходного топлива мышьяк, окись кальция, двуокись кремния.

6. Сажа. Токсичный порошок, на 90-95% состоящий из частиц углерода. Образуется при неполном сгорании или термическом разложении углерода. Обладает большой адсорбционной способностью по отношению к тяжелым углеводородам, в том числе к бенз(а)пирену, что делает сажу опасной для человека.

7. Аэрозоли (двухфазная дисперсная система, содержащая взвешенные вещества; в данном случае под аэрозолями подразумевается пыль) в зависимости от размеров могут находиться в атмосфере от нескольких минут до месяцев.

Схема взаимодействия объектов энергетики с окружающей средой на примере ТЭС

Рассмотрев элементарные процессы, протекающие в теплоэнергетических установках, можно построить типовую схему взаимодействия ТЭС со всеми компонентами окружающей среды.

1. Ископаемое топливо извлекается из недр земли;
2. топливо обогащается и перерабатывается;
3. топливо поступает в топку парогенератора. Для обеспечения процесса сжигания в топку подается воздух из атмосферы;
4. основная часть образующегося тепла идет на работу энергетических установок, часть рассеивается в окружающую среду, часть уносится с продуктами сгорания в атмосферу.

В атмосферу выбрасываются окислы азота, окислы углерода, окислы серы, углеводороды, пары воды и другие вещества в жидком, твердом и газообразном состоянии. Из топок удаляется шлак и зола, образуя золошлакоотвалы.

ТЭС потребляют для охлаждения, промывок воду.

Количественные показатели использования различных видов топлива и отходов, образующихся при этом, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Годовой расход топлива и выбросы ТЭС на органическом топливе
мощностью 1000 МВт

Вид топлива	Газ	Мазут	Уголь
Годовой расход топлива, т	1 900 000 000 (м ³)	1 570 000	2 300 000
Выбросы			
SO _x	12	52 600	139 000
NO _x	12 000	21700	20 800
CO	Незначительно	80	210
Твердые частицы	460	730	4 500

Виды и объемы загрязнений атмосферы, методика расчета

При проектировании промышленных предприятий все виды загрязнений атмосферы рассчитываются на основании нормативных документов.

Наибольшая концентрация вредных веществ C_m , мг/м³, в приземном слое атмосферы не должна превышать предельно допустимую концентрацию (ПДК) данного вредного вещества в атмосфере воздуха

$$C_m < \text{ПДК}$$

Если в атмосфере присутствуют несколько веществ, обладающих суммацией действия (к примеру, диоксид азота, оксид азота, зола и диоксид серы, диоксид серы и серная кислота, диоксид серы и диоксид азота), их безразмерная суммарная концентрация не должна превышать 1.

$$Q = C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n < 1$$

где C_1, C_2, \dots, C_n - концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе в одной и той же точки местности;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ - соответствующие максимальные предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосфере.

Для всех источников выбросов, природных условий есть научно-обоснованные и экспериментально проверенные эмпирические формулы расчета рассеивания выбросов.

Для примера рассмотрим **рассеивание нагретых выбросов от одиночного источника**.

Данный метод является одним из методов снижения загрязнения окружающей среды на промышленных предприятиях (**достоинства и недостатки метода см. в лк. 3**).

Максимальная приземная концентрация C_m для нагретой газозадушной смеси от одиночного источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии X_m , м, от

источника определяется по формуле (формула показывает зависимость C_M от параметров, влияющих на максимальную приземную концентрацию):

$$C_M = AMFmn/H^2\sqrt{V_1\Delta T}$$

где A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (распределение воздуха по вертикали, определяющее равновесие в атмосфере);

M - количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу;

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере воздуха;

m и n - безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

ΔT - разность между температурами выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_b ;

V_1 - объем газовой смеси, m^3/c , определяемый по формуле:

$$V_1 = \pi D^2 \omega / 4$$

где D - диаметр устья, ω - средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса.

Коэффициент A отражает влияние географического положения источника вредных выбросов и принимается равным:

240 - для субтропической зоны Средней Азии (или территории, лежащие южнее 40°),

200 - для Нижнего Поволжья, Кавказа, Сибири, Дальнего востока, остальных районов Средней Азии,

160 - для Севера и Северо-Запада европейской территории РФ, Среднего Поволжья и Урала,

120 - для Центральной части европейской территории РФ.

Для территорий, не упомянутых в списке, принимается коэффициент территории с близкими климатическими условиями.

Величины M и V_1 рассчитываются на основании технологической части проекта предприятия, нормативов, действующих на предприятии.

Величина ΔT , $^\circ C$, рассчитывается как разность средней температуры наружного воздуха T_b в 13 ч наиболее жаркого месяца года и температуры выбрасываемой в атмосферу газовой смеси T_r (по данным технологическим нормативам).

Безразмерный коэффициент F :

1 - для газообразных веществ и мелкодисперсной аэрозоли (зола, пыль);

2 - для пыли и зола с очисткой не менее 90%;

2,5 - для пыли и зола с очисткой от 75 до 90 %;

3 - для пыли и зола с очисткой менее 75%; также в случае присутствия в выбросах пыли водяного пара, способного к конденсации на выходе в атмосферу, коэффициент $F = 3$. Коэффициент m определяется по формуле:

$$M = 1 / (0.67 + 0.1 (f)^{1/2} + 0,34 (f)^{1/3})$$

$$F = 1000W^2D/H^2\Delta T$$

Коэффициент n равен:

$$n = 3 \quad \text{при } v_m < 0,3$$

$$n = 3 - \sqrt{(v_i - 0.3)(4.36 - v_i)} \quad \text{при } 0,3 < v_m < 2$$

$$n = 1 \quad \text{при } v_m > 2$$

$$\text{где, } v_i = 0,65 (V_1\Delta T/H)^{1/3}$$

Максимальная приземная концентрация вредных веществ C_m при неблагоприятных условиях достигается на расстоянии x_m , м, от источника выброса:

$$x_m = dH, \text{ где } d - \text{ безразмерная величина}$$

$$\text{при } v_m < 2 \quad d = 4,95 v_m (1 + 0,28 (f)^{1/3})$$

$$\text{при } v_m > 2 \quad d = 7 (v_m)^{1/2} (1 + 0,28 (f)^{1/3})$$

Если коэффициент

$$F > 2, \text{ то } x_m = (5-F)dH/4$$

Предельно допустимые нагретые выбросы вредных веществ в атмосферу ПДВ, г/с, от одиночного источника рассчитываются по формуле:

$$\text{ПДВ} = (\text{ПДК } H^2 (V_1\Delta T)^{1/3}) / (A F m n)$$

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.