

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ВЫБОРА СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ТЭС И АЭС

**УЧЕТ ФАКТОРОВ НАДЕЖНОСТИ,
БЕЗОПАСНОСТИ И
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

НАДЕЖНОСТЬ ТЭС И АЭС

свойство отпускать энергию

- ❖ по строго заданному режиму
- ❖ сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах
- ❖ в течение требуемой наработки

Уровень надежности

**определяется технико-экономическим
обоснованием**

Надежность энергоустановки

КОМПЛЕКСНОЕ СВОЙСТВО:

- безотказность
- долговечность
- ремонтпригодность
- живучесть
- безопасность

Способы обеспечения надежности ТЭС и АЭС при проектировании

- I. Оптимизация технологической схемы и оптимальное резервирование агрегатов и вспомогательных систем энергоблока
- II. Оптимизация надежности агрегатов и элементов оборудования блока
- III. Оптимизация графика профилактических ремонтов

Показатели надежности, безопасности и критерий эффективности

- коэффициент готовности K_{Γ}
- коэффициент технического использования $K_{\text{ТИ}}$

$$K_{\Gamma} = \frac{T_0}{T_0 + T_B} = \frac{T_P}{T_P + T_{B.P}}$$

$$K_{\text{Т.И}} = \frac{T_P}{T_P + T_{B.P} + T_{\text{П.Р}}} = \frac{T_P + T_{B.P}}{T_P + T_{B.P} + T_{\text{П.Р}}}$$



коэффициенты K_{Γ} и $K_{\text{ТИ}}$ не учитывают

- возможность эксплуатации блока с пониженной мощностью при отказавших элементах
- работу при переменной нагрузке

Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ)

- Более полно учитывает условия эксплуатации электростанции

$$K_{И.С} = \frac{N_{ср} T_P}{N_{ном} T} = K_{Т.И} \frac{N_{ср}}{N_{ном}}$$

- учитывает полные и частичные отказы в работоспособности

Минусы использования коэффициента $K_{ис}$

- не учитывает вид графика нагрузки
- нельзя выявить причины снижения уровня $K_{ис}$

Значения $K_{ис}$

При достаточно высокой надежности установок

- для базисных станций $K_{ис}=0,8$
- для полупиковых около 0,4
- для пиковых примерно 0,1

Критерий выбора проектных решений, непосредственно влияющих на надежность электростанции

суммарные приведенные затраты

- собственно ТЭС или АЭС
- на резервные мощности в электроэнергетической системе, компенсирующие недовыработку электроэнергии

$$Z_{\Sigma} = Z_0 + Z_H = E_H (K_0 + K_P) + \sum_{t=1}^T (I_0 + I_H)_t (1 + E)^{-t}$$

Составляющие суммарных приведенных затрат

- Z_0 - приведенные затраты по э/станции без учета неплановых ремонтов
- Z_n — приведенные затраты на резервирование станции в э/э системе и на ее неплановые ремонты
- K_0 — капиталовложения в электростанцию с учетом структурной избыточности
- K_p — капиталовложения в резервные мощности системы;
- $(I_0 + I_n)_t$ - сумма издержек за год t эксплуатации станции соответственно без учета неплановых ремонтов и вызванных ненадежностью энергоблоков
- T — расчетный срок эксплуатации э/станции

Издержки, вызванные ненадежностью энергоблоков I_{Ht}

должны учитывать

- издержки на перерасход топлива в э/э системе и на станции при отказах ее энергоблоков
- эксплуатационные затраты по резервной мощности системы
- на unplanned пуски и остановки энергоблоков
- издержки на восстановление отказавшего оборудования

Суммарный годовой расход условного топлива

- с учетом аварийного простоя и режимов работы

$$B_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n 10^{-6} * b_i * W * \tau_i * K_{\Gamma} + \Sigma B_{ПУСК} + \Delta B_P,$$

Удельные приведенные затраты

без учета режимов и разновременности расходов

$$z_{\Sigma УД} = 10^{-6} \tau_{НОМ} b_{УД} C_T + E_H k_{УД0} + 10^{-6} \tau_{НОМ} (C_{Т.Р} b_{УД.Р} - C_T b_{УД} \\ \square (1 - K_{\Gamma}) + E_H U k_{УД.Р}$$

Определение предельно допустимых дополнительных капиталовложений на повышение надежности оборудования

Цель: получение минимума затрат

- зависимость между коэффициентом изменения надежности и стоимостью элемента

$$K_i = K_{i0} \beta_i^{\alpha_i} = K_{i0} \left(\frac{\omega_{i0}^{\tau} B_{i0}}{\omega_i^{\tau} B_i} \right)^{\alpha_i},$$


- α_i - коэффициент, учитывающий сложность повышения надежности i -го элемента, в расчетах принимается равным от 0 до 0,6

НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ АЭС

- 1. Повышенная вероятность нарушения требований РБ в периоды полных или частичных отказов
 - повышенные требования к надежности оборудования
 - живучести при отказах
 - увеличению продолжительности ремонтов
 - замене узлов

2. Специфика используемого топлива

- наличие радиоактивности в оборудовании первого контура
- особые и жесткие требования к конструкциям оборудования для обеспечения необходимой ремонтпригодности, процессам контроля, диагностики, обслуживания и ремонта
- необходимость в специальных службах безопасности и обслуживания

- 
- 
- 3. Возможности дополнительных вынужденных остановов реактора
 - 4. Понижение параметров теплоносителя для увеличения надежности реактора
 - приводит к ее снижению для остального оборудования из-за увеличения его размеров и массы, повышения влажности пара в турбине и ввода устройств для сепарации влаги

- 5. Периодичность и продолжительность плановых ремонтов регламентируются остановками реактора на перегрузки топлива
- 6. Взаимная повреждаемость соседних деталей и элементов оборудования
 - обусловлена высвобождением энергии теплоносителя при повреждении одной детали или одного элемента

8. Живучесть АЭС

имеет повышенное значение

- ❖ способность функционировать при отклонениях условий эксплуатации и отказах элементов
- ❖ возможность сохранять работоспособное состояние при непредусмотренных разрушающих внешних воздействиях на объект
- ❖ непрерывность в функционировании особо ответственных устройств, не допускающих даже кратковременных отклонений

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

- воздействие ТЭС и АЭС на окружающую природную среду
 - воздушный бассейн
 - водоемы
 - земную поверхность

Когда экологическая нагрузка ниже предельной

- выбор наиболее целесообразного варианта сводится к получению наибольшего экономического эффекта

при заданном уровне экологической нагрузки на окружающую среду

Влияние степени совершенства проектных решений на экологию и экономику

- учитывается путем обеспечения в вариантах одинаковых концентраций вредных веществ, не превышающих **ПДК** и **ДК**

Условие сопоставимости вариантов

- Применительно к защите атмосферы

$$\sum_i (q_i + q_{\Phi i}) \leq 1$$

- Для выполнения этого условия в сравниваемых вариантах должны предусматриваться природоохранные мероприятия

При увеличении или снижении выбросов вредных веществ в окружающую среду

- использование в качестве базы ПДК вредных веществ затруднительно
- более целесообразно применять ПДВ

Динамический ПДВ по i -му ингредиенту от l -го источника энергии

- определяется по формуле

$$ПДВ_{lit} = (ПДК_{it} - C_{it\Phi} - \sum_{l=1}^{l-1} C_{it\max})\psi_t,$$

Влияние роста фоновых концентраций

- величина ПДВ уменьшается
- требуется более тонкая очистка дымовых газов
- дополнительные затраты

Дисконтированные затраты на природоохранные мероприятия

- в альтернативном варианте, приводящем, к росту вредных выбросов

$$\Delta Z_{o.c} = \sum_{t=t_0}^{t=T} \sum_{i=1}^n [\Delta Z_{it} (\Delta M_{it}) \Delta M_{it} + Y_{it}] (1 + E)^{t-t_0}$$