



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПО
ИССЛЕДОВАНИЮ
И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
им. И.И. ПОЛЗУНОВА»
(ОАО «НПО ЦКТИ»)

Основные направления работ по повышению энергетической эффективности АЭС

Кругликов П.А., Смолкин Ю.В.

Особенности повышения энергоэффективности и критериев энергосбережения на АЭС

- ❑ Стоимость ядерного топлива существенно меньше стоимости органического топлива.
- ❑ Критерий энергоэффективности:
 - для ТЭС: минимизация расхода топлива при заданных уровнях электро и тепло выработки;
 - для АЭС: при заданном расходе топлива (определяемом физикой реактора) максимизация выработки электрической и тепловой энергии.
- ❑ Увеличение электро и тепло выработки на АЭС ведет к экономии органического топлива на ТЭС (при заданных параметрах потребления).
В этом основа энергетической эффективности АЭС и «энергосбережения» для страны в целом.

Характеристики энергетической эффективности АЭС

- Годовой отпуск электроэнергии:

$$W_{\text{выр.}} - W_{\text{с.н.}}$$

- Годовой отпуск тепловой энергии:

$$Q_{\text{выр.}} - Q_{\text{с.н.}}$$

- Изменение годового дохода при внедрении конкретного мероприятия:

$$\Delta \text{Эгод.} = C_{\text{э}} \cdot \Delta(W_{\text{выр.}} - W_{\text{с.н.}}) + C_{\text{т}} \cdot \Delta(Q_{\text{выр.}} - Q_{\text{с.н.}}) - a \cdot \Delta K,$$

где $C_{\text{э}}$ и $C_{\text{т}}$ – тарифы на отпускаемую энергию;
 ΔK – инвестиции в мероприятие;
 a – коэффициент годовых отчислений, включающий дисконтирование и амортизацию.

Направления повышения энергетической эффективности АЭС

- Увеличение выработки электрической и тепловой энергии.
- Снижение расхода электрической и тепловой энергии на собственные нужды.

1. Резервы по повышению электровыработки:

- повышение тепловой мощности реактора;
- увеличение КИУМ;
- повышение КПД за счет совершенствования технологических процессов и тепломеханического оборудования.

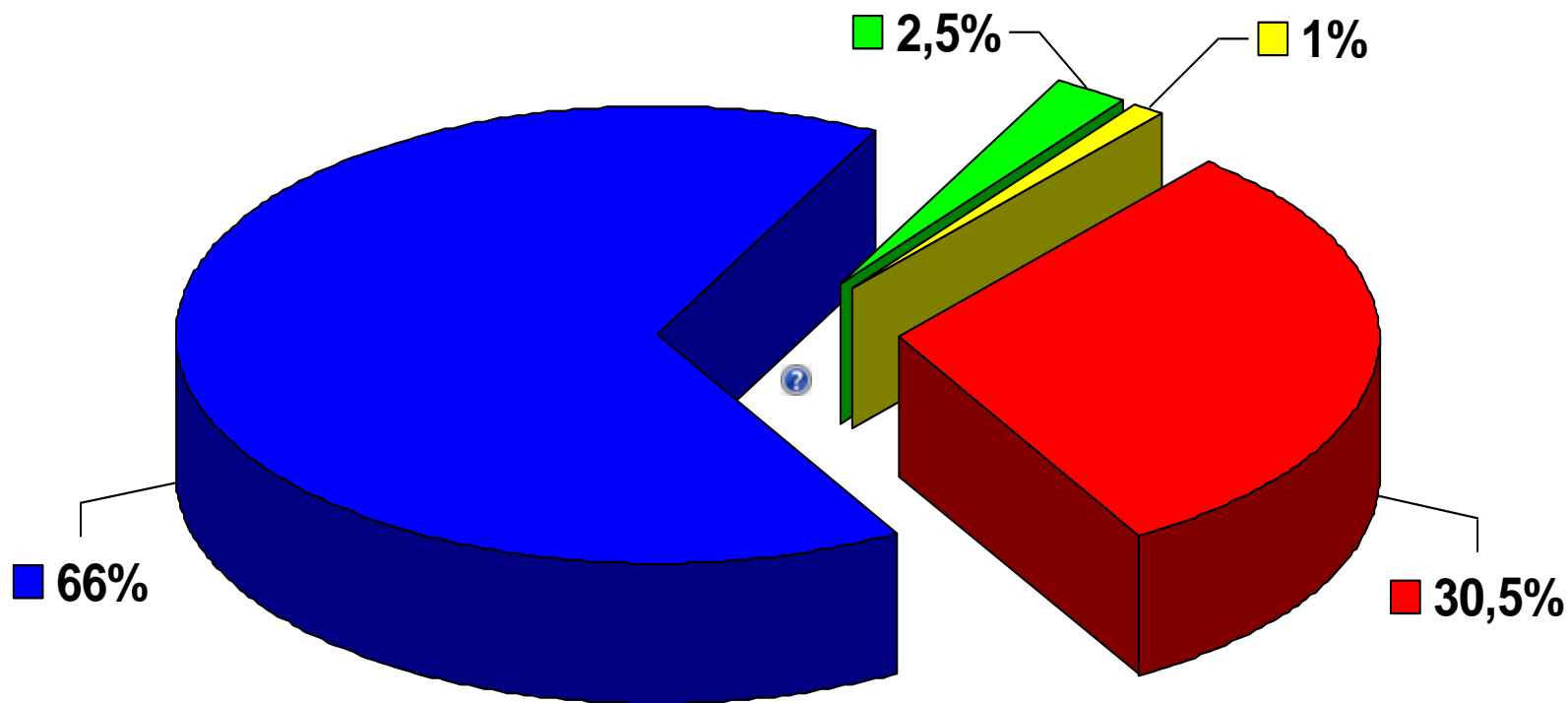
В частности, для энергоблока 1000 МВт:

- модернизация ЦНД турбины: увеличение электрической мощности до 32 МВт (К-500-65/3000);
- совершенствование СПП: увеличение электрической мощности до 7 МВт (К-500-65/3000, К-1000-60/1500);
- модернизация конденсатора турбины: увеличение электрической мощности свыше 3 МВт (К-1000-60/1500);
- установка КОСМ на 2 отборе турбин К-500-65/3000 ЛАЭС: ~10 МВт.

Направления повышения энергетической эффективности АЭС

2. Расход электроэнергии на собственные нужды не более 8% от выработки. Не менее 90 % этого расхода требуется для обеспечения технологических процессов производства тепло- и электроэнергии. Реальный потенциал энергосбережения для блока 1000 МВт по собственным нуждам не превышает 2÷3 МВт.
3. Увеличение выработки тепловой энергии от АЭС снижает выработку электроэнергии, что при современном соотношении тарифов не улучшает экономические показатели станции.
4. Система отпуска тепловой энергии, включая и собственные нужды, является элементом общей технологической схемы. Затраты тепловой энергии на собственные нужды ЛАЭС составляют 0,2 % от суммарного дохода по отпуску тепла и электричества.

Тепловой баланс энергоблока АЭС с РБМК (тепловая мощность реактора - 100%)



- Отпуск электроэнергии
- Отвод теплоты в окружающую среду (в основном в конденсаторах турбоустановок)
- Расход электроэнергии на собственные нужды
- Выработка и отпуск тепловой энергии

Определение срока окупаемости – условие реализации мероприятий по повышению экономической эффективности

- При задании:
 - срока окупаемости 5 лет;
 - тарифах по электроэнергии и теплу 1,3 руб./кВт-ч и 300 руб./Гкал;
 - числе часов использования электрической и тепловой мощности 6500 час/год и 5200 час/год соответственно;
 - коэффициенте дисконтирования – 0,08
- оправдываются капитальные вложения:
 - 33,8 млн.руб. и менее при увеличении на 1 МВт мощности по отпуску электроэнергии;
 - 6,2 млн. руб. и менее при увеличении мощности по отпуску тепловой энергии на 1Гкал/час за счет снижения расхода на собственные нужды.

Ранжирование мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

- Организационно-технические и малозатратные (могут решаться силами персонала АЭС и входить в объем ежегодных ремонтных работ).
- Затратные, связанные с модернизацией и установкой нового оборудования, внедрением новых систем по контролю качества работы оборудования (требуют реализации специализированными организациями по отдельным программам).
- Основные возможности по увеличению энергетического и экономического эффекта лежат в совершенствовании технологических процессов (не менее 90% этого эффекта - в системе генерации и не более 9% - в системе потребления на собственные нужды).

Ранжирование мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

- Мероприятия ОАО «Концерн Росэнергоатом» по совершенствованию технологических процессов с целью повышения энергетической эффективности:
 - установка шариковой очистки конденсаторов и их замена;
 - модернизация:
 - ЦНД турбоустановки К-500-65/3000,
 - ЦВД турбоустановки К-1000-60/1500,
 - СПП практически всех турбоустановок АЭС;
 - увеличение тепловой мощности реактора;
 - совершенствование тепловой схемы.

- Эти же направления реализуются и на зарубежных АЭС.

Необходимость отражения эффективности мероприятий в отчетной документации АЭС и соответствие существующих КИП этим требованиям.

- Погрешность измерений и несовершенство методики расчета ТЭП:
 - модернизация СПП на СмАЭС и ЛАЭС: расчетное повышение электрической мощности ~7 МВт, отчетная документация не показала роста;
 - модернизация ЦНД и СПП турбоустановки К-500-65/3000 на КуАЭС: расчетное повышение электрической мощности ~38 МВт, отчетная документация зарегистрировала 26 МВт;
 - замена 1 ступени ЦВД на К-1000-60/1500 (КалАЭС, РоАЭС) повышает электрическую мощность на 7,5МВт, отчетная документация не показала роста.

Анализ системы контроля и измерений технологических параметров

- Современные системы автоматизированного расчета ТЭП на зарубежных АЭС фиксируют отклонение от нормативных характеристик на уровне 1 МВт.
- Анализ мероприятий по повышению энергоэффективности должен учитывать условия работы по всей технологической цепочке, для чего необходима разработка математических моделей расчета тепловых схем и создание на их базе автоматизированных систем расчета ТЭП.
- Условием получения фактического энергетического и экономического эффекта является установка на отечественных АЭС современных КИП и разработка автоматизированной системы расчета ТЭП на базе математических моделей блока, адаптированных к конкретным условиям эксплуатации и показаниям штатного КИП.

Анализ системы контроля и измерений технологических параметров

- Даже при наличии измерительных приборов погрешность определения тепловой энергии значительна. В частности, погрешность определения тепловой мощности реактора доходит до $2+3\%$, а погрешность определения тепловой энергии в горячей воде может превышать 5% .
- В этих условиях реализация мероприятий по энергосбережению, составляющих зачастую доли процента от общей генерации тепловой энергии, не может получать отражение в уменьшении потребления топлива или увеличении производства энергии по данным штатных приборов.
- Не случайно на зарубежных АЭС и ТЭС при создании автоматизированных систем контроля тепловой экономичности дополнительно устанавливаются измерительные приборы более высокого класса точности, чем обычные штатные. Именно такой подход позволяет проводить реальную политику контроля энергоэффективности тепломеханического оборудования.

Анализ системы контроля и измерений технологических параметров

- Анализ системы контроля и измерения технологических параметров показывает недостаточность ее объема, значительную погрешность отдельных точек контроля, а также отсутствие анализа достоверности результатов измерений как на уровне отдельных элементов технологической схемы, так и всей системы в целом.
- Проблема недостаточной точности измерений в первую очередь относится к измерению расхода питательной воды, определяющему тепловую мощность реактора.
- На зарубежных АЭС работы по повышению энергетической эффективности начинаются с работ по повышению точности измерений КИП и, прежде всего, расхода питательной воды.

Выводы

1. При разработке и реализации «Программы по энергосбережению и повышению энергетической эффективности» нужно иметь в виду, что 90% энергетического и экономического эффекта АЭС заключается в системе генерации и не более 9% в системе потребления электроэнергии на собственные нужды.
2. Для того чтобы расчетная энергетическая и экономическая эффективность мероприятий получила подтверждение в отчетной документации АЭС необходимо:
 - дополнительно устанавливать на АЭС измерительные приборы более высокого класса точности;
 - разработать и создать на каждой АЭС автоматизированную систему расчета ТЭП на основе использования математических моделей турбоустановок и энергоблоков, адаптированных к конкретным условиям работы и показаниям штатного КИП.