

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С РЕАКТОРАМИ РАЗНЫХ ТИПОВ

**Аннотация.** В работе проанализированы параметры энергетических реакторов АЭС с турбинами на перегретом и насыщенном паре, рассмотрены пути повышения энергоэффективности.

Эффективность АЭС можно оценить по КПД. Как известно, АЭС на тепловых нейтронах имеет КПД  $\approx 33\%$ , а на быстрых нейтронах КПД  $\geq 40\%$ . В реакторах типа ВВЭР (с водой под давлением), не допускается кипение теплоносителя по условиям надежного теплосъема, поэтому создается высокое давление (16-17 МПа) при относительно небольшой температуре теплоносителя (320-330 °С). В данном случае оптимальным вариантом является использование турбин на насыщенном паре. В реакторах на быстрых нейтронах (РБН) в качестве теплоносителя используют жидкие металлы, позволяющие отводить значительное удельное тепловыделение. В настоящее время практически во всех энергетических РБН используют жидкий натрий, температура которого на выходе из активной зоны составляет 550 °С (температура кипения натрия 878 °С). Это позволяет получать в парогенераторах перегретый пар высоких параметров ( $p = 13$  МПа,  $t = 505$  °С).

Значительное превышение энтальпии поступающего на турбину перегретого пара над насыщенным, влечет уменьшение потребного расхода пара для выработки одной и той же мощности при одинаковом давлении в конденсаторе (рис. 1).

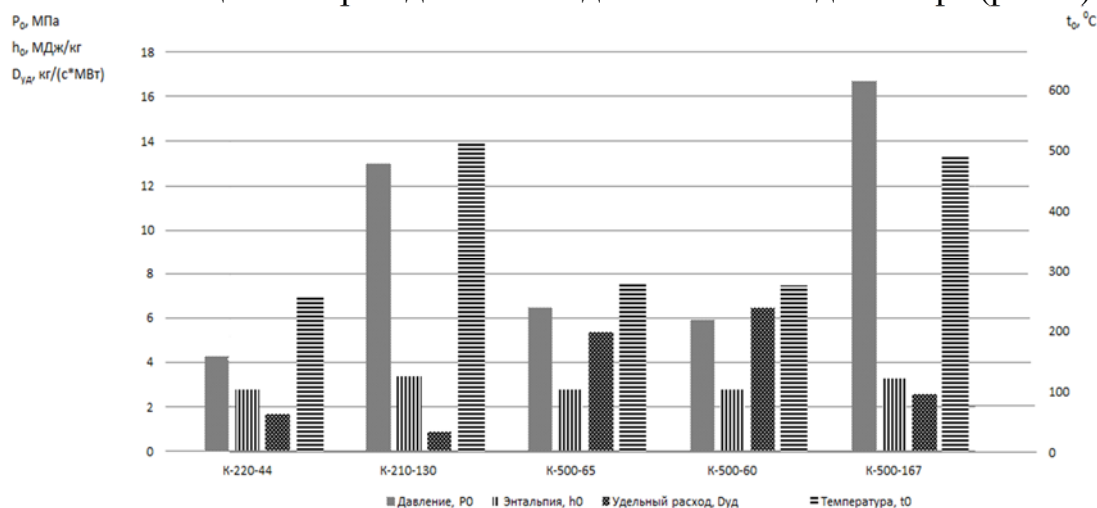


Рис. 1. Параметры турбин

На рис. 2 приведены соотношения энтальпий  $h_0$  [МДж/кг] и удельных расходов пара  $D_{уд}$  [кг/(с\*МВт)] для турбин на перегретом и насыщенном паре. Важным направлением повышения эффективности АЭС является их использование для комбинированного производства электроэнергии и теплоты. Так, широко исполь-

зубые в настоящее время тепловые электростанции (ТЭС) характеризуются высокими показателями тепловой экономичности, что обуславливается наиболее эффективным и рациональным использованием тепловой энергии парового цикла. КПД современных ТЭС в отопительный период года достигает 55-60 % [6].

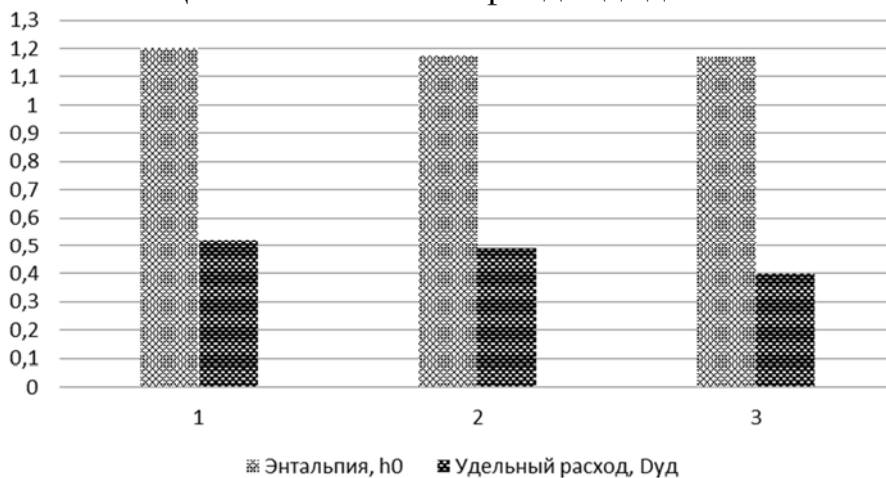


Рис. 2. Соотношения энтальпий и расходов пара турбин АЭС с реакторами на быстрых и тепловых нейтронах: 1 – К-210-130 и К-220-44; 2 – К-500-167 и К-500-65; 3 – К-500-167 и К-500-60

Для оценки эффективности теплофикации используют:

1) Коэффициент использования теплоты и топлива [5]:

$$\eta_u = \frac{Q_{\text{э}} + Q_T}{B \cdot Q_n^p}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{э}}$  – количество отпущенной электрической энергии, МДж;  $Q_T$  – количество отпущенной тепловой энергии, МДж;  $B$  – количество сожженного топлива, кг;  $Q_n^p$  – низшая удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Оценим эффективность теплофикации АЭС при условии, что отопительная нагрузка одинакова для всех случаев. Для этого преобразуем формулу (1), учитывая  $B \cdot Q_n^p = Q_{T_{\text{max}}}$ :

$$\eta_u = \frac{Q_{\text{э}} + Q_T}{Q_{T_{\text{max}}}}, \quad (2)$$

$Q_{T_{\text{max}}}$  – количество тепловой энергии, выработанной в активной зоне реактора, МДж. Данные, полученные в результате расчета, представлены на рис. 3.

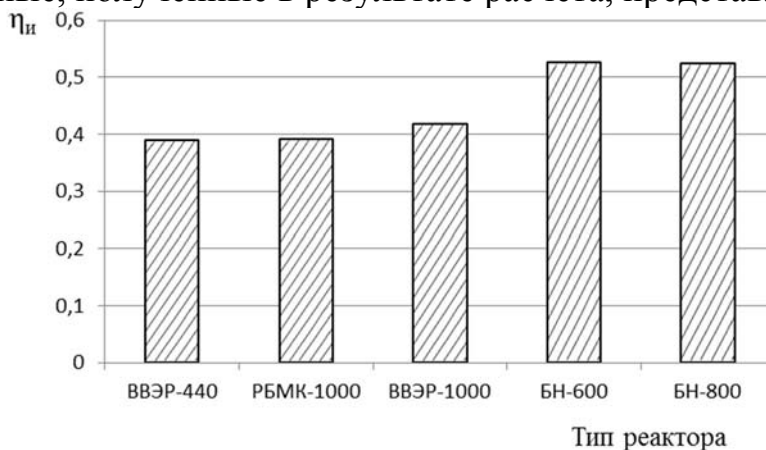


Рис. 3. Сравнение коэффициента использования теплоты для АЭС с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах

АЭС с реакторами на быстрых нейтронах являются передовым типом ядерных установок, одним из преимуществ которых является возможность получать высокие температуры теплоносителя и повышать термодинамическую эффективность атомной станции.

#### Список использованных источников

1. Дементьев Б. А. Ядерные энергетические реакторы: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 1990. 352 с.
2. Маргулова Т. Х. Атомные электрические станции: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Высш. шк., 1984. 304 с.
3. Косяк Ю. Ф. Паротурбинные установки атомных электростанций. М. : Энергия, 1978. 312 с.
4. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч.1 / А. И. Бельтюков, А. И. Карпенко, С. А. Полуяков, О. Л. Ташлыков, Г. П. Титов, А. М. Тучков, С. Е. Щеклеин; под общ. ред. С. Е. Щеклеина, О. Л. Ташлыкова. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 548 с.
5. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. 7-е изд., стереот. М. : Изд-во МЭИ, 2001. 472 с.
6. Трухний А. Д., Ломакин Б. В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: Учебное пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 540 с.

УДК 621.3

Тихонова О. В., Малыгин И. В., Пластун А. Т.  
Уральский федеральный университет  
olga\_tihonova\_91@mail.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОЛЬЦЕВЫМИ ОБМОТКАМИ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ «ANSYS Maxwell»

**Аннотация.** В работе рассмотрены особенности построения расчетной модели асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками в среде ANSYS Maxwell». Вычислены основные потоки, потоки рассеяния в зубцовых сердечниках и зубцовых наконечниках, полные индуктивности катушек, индукции отдельных участков магнитной цепи. Кроме того, в ходе работы были получены картины направления магнитных линий поля.

Асинхронный двигатель с кольцевыми обмотками отличается от двигателей классического исполнения особенностью конструкции статора и концентрической формой катушек статорной обмотки (рис. 1) [2]. Такая конструкция позволит увеличить срок службы машины в условиях повышенной радиации с 2-3 месяцев до 2-3 лет. Это приводит к сокращению затрат материалов, необходимых для изготовления двигателя, повышению КПД машин, увеличению надежности агрегата. Для моделирования и расчета такой машины был использован прикладной пакет «Ansys Maxwell», работа которого основана на методе конечных элементов, где важное значение имеет построение сетки.