

УДК 621.311.16

## НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОСНОВНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**Лакомов Игорь Вячеславович**

кандидат технических наук, доцент

Воронежский государственный аграрный университет

**Помогаев Юрий Михайлович**

кандидат технических наук, доцент

Воронежский государственный аграрный университет

г. Воронеж, Россия

e-mail: [lakomov1960@yandex.ru](mailto:lakomov1960@yandex.ru)

**Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы надежности энергетического оборудования электростанций на бесперебойность энергоснабжения потребителей.

**Ключевые слова:** надежность, параметры безотказной работы, аварийные и плановые отключения, устойчивость работы.

Надежность работы элементов энергосистемы характеризуется основными показателями: параметром отказов  $\lambda^{ав}$ , средним временем восстановления  $\tau^{ав}$  для аварийных отказов,  $\lambda^{пл}$  и  $\tau^{пл}$  для плановых отключений. Наиболее полными характеристиками надежности элемента являются функции распределения указанных показателей [1].

Надежность работы основного энергетического оборудования электростанций (котлы, турбины, генераторы) с объединением энергосистем стала оказывать меньшее влияние на бесперебойность энергоснабжения потребителей, но может существенно влиять на устойчивость параллельной работы электростанций. Кроме того, низкая надежность электроэнергетического оборудования может служить причиной больших экономических ущербов, связанных с неэффективным использованием топлива [3].

Надежность основного энергетического оборудования существенно зависит от степени его освоения. Обычно в связи с невозможностью его освоения в заводских условиях показатели надежности блоков в первые 4 – 5 лет эксплуатации в 3 – 4 раза ниже установившихся значений, достигаемых к 5 – 10 годам его эксплуатации.

Зависимость параметра потока отказов основного оборудования электростанций можно представить распределением Вейбулла, но с несколько удлиненным приработочным периодом (рис.1, 2 и 3), вызванным освоением оборудования в условиях эксплуатации.

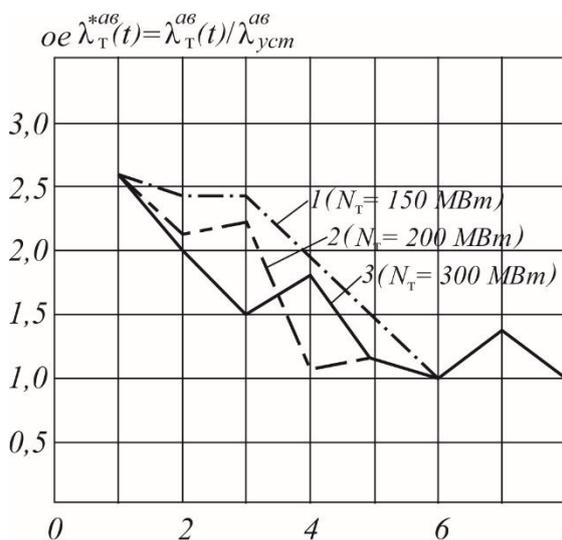


Рис. 1. Зависимость параметра потока отказов паровой турбины от ее мощности  $N_T$  и длительности эксплуатации  $t$

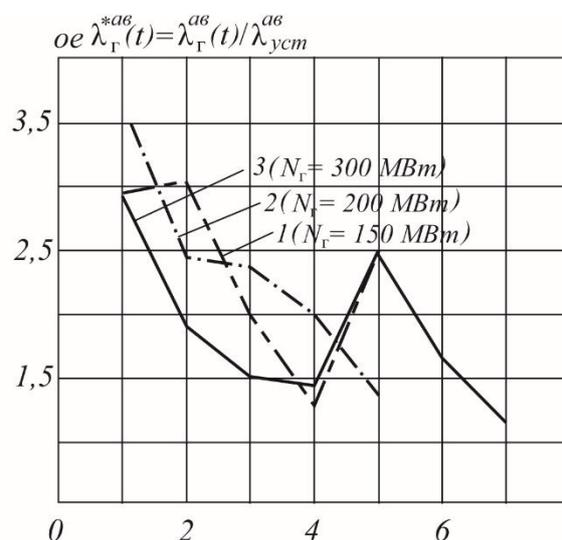


Рис. 2. Зависимость параметра потока отказов генератора от его мощности  $N_G$  и длительности эксплуатации  $t$

Интенсивность отказов существенно зависит от эксплуатационных характеристик оборудования. Например, для котлов среднего давления

интенсивность отказов составляет 0,36 – 0,49 откл/год, а для котлов высокого давления – 0,6 – 1,2 откл/год [4].

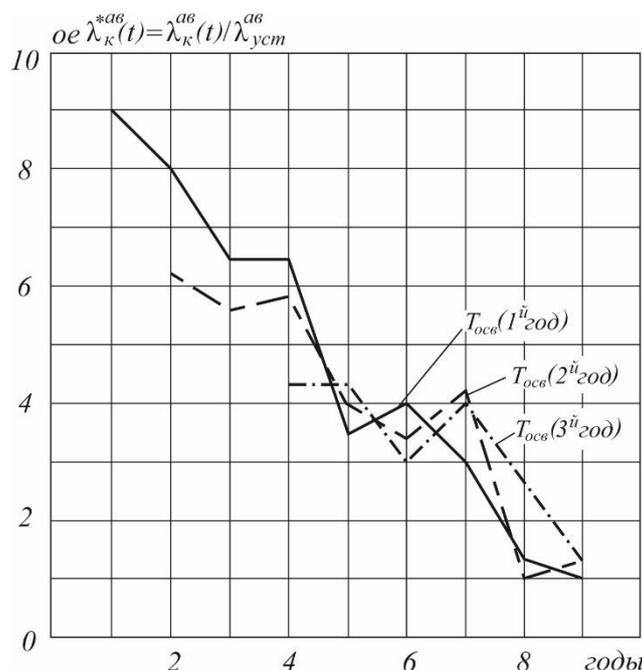


Рис. 3. Зависимость параметра потока отказов котлоагрегата от длительности его эксплуатации  $t$  и освоенности в производстве  $T_{осв}$

Среднее число плановых отключений всех видов у освоенных агрегатов достигает 2,6 – 2,7 откл/год, что соответствует периодичности капитальных ремонтов – 1 раз в 3 года, текущих ремонтов и прочих плановых отключений – 1 раз в год.

Надежность паровых турбин и турбогенераторов мощностью 150 – 300 МВт также зависит от степени их освоения и мощности агрегатов. В связи с тем, что увеличение мощности обычно обеспечивается не за счет принципиально новых конструкций, а за счет увеличения количества элементов турбины, можно ожидать снижения надежности пропорционально относительному увеличению количества элементов. Соответствующие расчеты показывают, что параметры потоков отказов турбин 500 – 800 МВт в установившемся режиме превышает значение этого параметра для турбины 300 МВт соответственно в 1,18 и 1,42 раза, среднее же время восстановления этих турбин возрастает незначительно – всего на 3 – 13 % [4].

Численные значения параметров надежности генераторов приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Наименование параметра	Мощность генератора 150 – 800 МВт
Параметр потока отказов $\lambda_2^{аб}$ , 1/год	0,8
Параметр формы распределения Вейбулла $\lambda_2^{аб}(t) \cdot \alpha_2$ , отн. ед.	0,38
Параметр гамма-распределения времени восстановления	$\alpha$ , отн. ед.
	$\beta$ , 1/год
	1,47
	2,67

В заключение можно отметить, что аварийность блоков 100 – 150 МВт составляет 0,05 – 0,07, а блоков 300 – 500 МВт – 0,12 – 0,45 [2].

Приведенные в работе данные о работоспособности оборудования электрической системы можно использовать в качестве исходной информации для решения задач надежности сложных электрических систем. При этом необходимо учитывать изменяющуюся статистику повреждаемости оборудования, уточнять числовые характеристики и законы распределения, описывающие процессы изменения надежности.

### Список литературы

1. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие [Текст] / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов н/Д: Феникс. – 2008. - 715 с.
2. Непомнящий, В.А. Учет надежности при проектировании энергосистем [Текст] / В.А. Непомнящий. – Москва: Энергия. – 1978.
3. Помогаев, Ю.М. Методика оценки показателей надежности сельских распределительных сетей при различных схемах резервирования [Текст] / Ю.М. Помогаев, В.В. Картавец, И.В. Лакомов // Агропромышленный комплекс на рубеже веков: материалы междунар. науч.-практ. конф., посв. 85-летию агроинженерного факультета. – Ч.І. – Воронеж: ФГБОУ Воронежский ГАУ, 2015. – С. 288-302.

4. Помогаев, Ю.М. Практикум по электроснабжению «Надежность и режимы» [Текст]: учебное пособие / Ю.М. Помогаев, В.В. Картавцев, И.В. Лакомов. – 2016. – 191 с.

## **RELIABILITY OF WORK OF THE BASIC POWER EQUIPMENT OF POWER PLANTS**

**Lakomov Igor Vyacheslavovich**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Voronezh State Agrarian University

**Pomogaev Yuri Mikhailovich**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Voronezh State Agrarian University

Voronezh, Russia

e-mail: [lakomov1960@yandex.ru](mailto:lakomov1960@yandex.ru)

**Abstract:** The article discusses the reliability of power equipment of power plants for uninterrupted power supply to consumers.

**Keywords:** reliability, uptime parameters, emergency and scheduled shutdowns, operation stability.