

С.Сейфуллиннің 125 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 15: Жастар, ғылым, технологиялар: жаңа идеялар мен перспективалар» атты халықаралық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Международной научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 15: Молодежь, наука, технологии – новые идеи и перспективы», приуроченной к 125 - летию С.Сейфуллина. - 2019. - Т.1, Ч.2 - С.228-230

## АНАЛИЗ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАБОТЫ ТУРБОАГРЕГАТА

*Шайкишев Н.К., магистрант*

Актуальный уровень развития технологии энергетических предприятий предъявляет высокие требования к надежности работы оборудования, эффективной и экономичной ее эксплуатации. Проблема надежности всегда занимала центральное место в функционировании и планировании развития энергетических систем и электростанции. Это определяется высокой зависимостью нормальной жизнедеятельности значительного количества людей и других потребителей от энерго- и теплоснабжения. Повышение надежности работы энергетических систем способствует не только развитию отечественной энергетики, но и определяет важнейшие социально-технические признаки современного общества, а именно снижение рисков возникновения техногенных катастроф.

Для современных мощных турбоустановок на тепловых и атомных электростанциях единичной мощностью от нескольких сотен МВт до 1000–1500 МВт, которые, как правило, эксплуатируются в постоянном режиме максимальной нагрузки, на первое место выходят такие показатели, как экономичность, надежность, долговечность, ремонтпригодность. Надежность и долговечность характеризуются рядом количественных показателей, таких как средняя наработка на отказ, полный назначенный срок службы, полный назначенный ресурс элементов, средний срок службы между капитальными ремонтами, коэффициент технического использования, коэффициент готовности и другими. Полный назначенный срок службы энергоблока выпуска до 1991 года составляет не менее 30 лет, оборудования выпуска после 1991 года – не менее 40 лет. Полный назначенный ресурс (парковый ресурс) основных элементов, работающих при температурах выше 450 °С, составляет 220 тыс. часов эксплуатации. Для турбин большой мощности установлена наработка на отказ не менее 5500 ч и коэффициент готовности не менее 97 %. Требования к маневренности и надежности современных паровых турбин в процессе их эксплуатации связаны с общими условиями работы энергосистем, суточными, годовыми графиками энергопотребления, структурой генерирующих мощностей в энергосистемах, их состоянием и техническими возможностями. В настоящее время графики электрических нагрузок энергосистем характеризуются большой неравномерностью: резкие пики нагрузок в утренние и вечерние часы, провалы в ночные часы и выходные дни, при необходимости обеспечения быстрого повышения и

снижения нагрузок. Под маневренностью понимают способность энергоблока изменять мощность в течение суток для покрытия графика нагрузки энергосистемы. Важными в этой связи являются периоды нагружения и разгружения турбоагрегата, а также пуска из различных тепловых состояний (горячего – после предварительного простоя менее 6–10 ч, неостывшего – после предварительного простоя от 10 ч до 70–90 ч, холодного – после предварительного простоя более 70–90 ч). Также учитывают количество остановов-пусков за весь срок службы, нижний предел регулировочного диапазона, т.е. нижний предел интервала нагрузки, когда мощность изменяется автоматически без изменения состава вспомогательного оборудования, и возможность работы на нагрузке собственных нужд после сброса нагрузки.

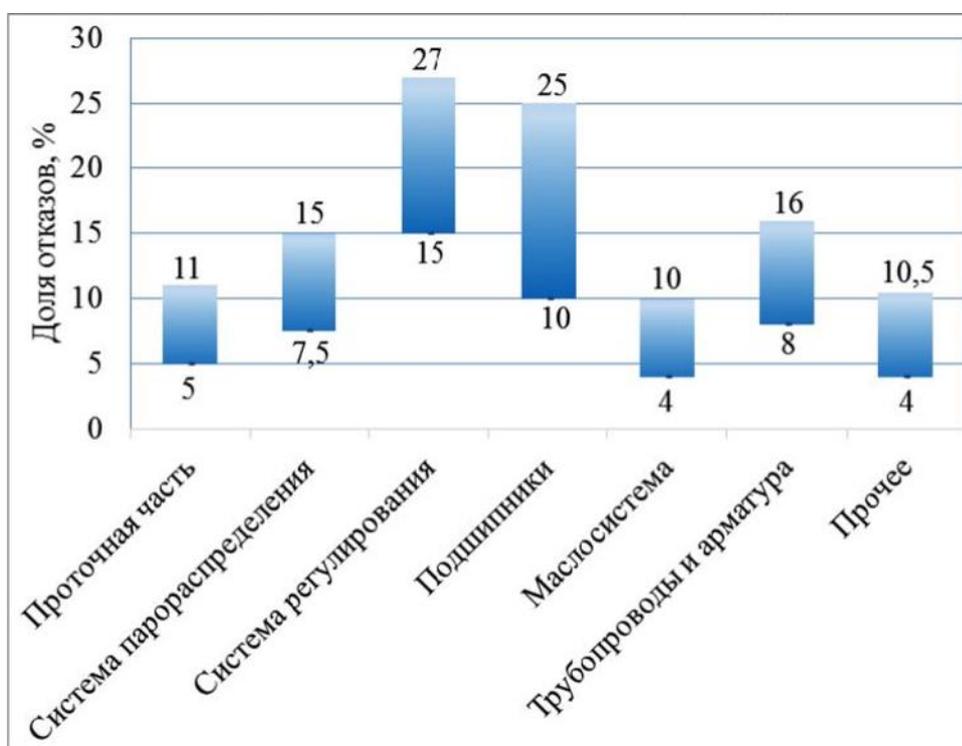


Рисунок 1 – Распределение отказов турбин по причинам повреждения систем и узлов

Некоторые даже серьезные повреждения некоторых деталей турбин не приводят к отказам работы паровой турбины в целом, но могут отрицательно сказаться на ее производительности и дальнейшей эффективности в работе. Это относится к корпусам цилиндров, стопорных и регулирующих клапанов. Причинами трещин при эксплуатации могут быть циклические нагрузки из-за вибрации и малоцикловая усталость, эрозийный износ паром, температурные перепады. Фланцы разъемов цилиндров, стопорных и регулирующих клапанов соединяются шпильками с гайками. Шпильки являются самым слабым звеном, возможен обрыв сразу нескольких шпилек. Причинами повреждения лопаток являются их обрывы, усталостные

трещины, эрозийный износ. Недопустимая вибрация турбины, снижения давления масла могут вызвать повреждение подшипников, засорение сетки посторонними предметами может быть причиной срыва главного маслососа, особенно опасен для подшипников пуск турбины с остаточным прогибом вала. Отклонения в работе могут быть вызваны нерациональной эксплуатацией рабочего персонала, дефектами оборудования на стадии его ремонта, ввода из ремонта, проектные неточности и ошибки. На рисунке 1 показаны прочие причины отклонения турбоагрегата от рациональной работы.

Влияние эффективности паровой турбины и котла на КПД электростанции различно. Если путем совершенствования турбины удастся увеличить ее мощность на 1 % при том же расходе теплоты, то это будет эквивалентно увеличению КПД ТЭС также на 1 %. Если же на 1 % сэкономить расход топлива в котле на выработку того же количества теплоты, то КПД ТЭС возрастет только на 0,4 %, так как КПД преобразования теплоты в полезную работу находится на уровне 40 %. Поэтому, совершенствование именно турбины является самым действенным путем повышения экономичности ТЭС в целом: он всегда дает положительный результат вне зависимости от параметров пара, тепловой схемы, условий эксплуатации и т.д. Повышение экономичности паротурбинных установок тесно связано с повышением КПД энергетического оборудования, в том числе самой паровой турбины, на основных режимах работы за счет совершенствования проточных частей ЦВД, ЦСД, ЦНД, уменьшения потерь на переменных режимах и т.п. Важнейшими разработками в области турбиностроения, связанными с совершенствованием проточных частей паровых турбин, являются: оптимизация зазоров в проточной части, меридиональное профилирование ступеней паровой турбины, применение модернизированных конструкций лабиринтовых и концевых уплотнений, организация оптимальной схемы влагоудаления последних ступеней паровых турбин, переход к новому типу облопачивания с цельнофрезерованными бандажами. Улучшение работы концевых уплотнений современных паровых турбин обеспечивает надежную, экономичную и маневренную работу турбоагрегата. Аэродинамическое совершенство турбины достигается за счет применения лопаток сложной конфигурации, в том числе и так называемых «саблевидных» лопаток, путем разработки проточной части повышенной пропускной способности, использованием облопачивания с увеличением экономичности, аэродинамическим совершенствованием выхлопного патрубка цилиндра низкого давления паровой турбины, применением совмещенных цилиндров высокого и среднего давления. Увеличение длины рабочих лопаток последних ступеней - одна из типичных мер поддержания экономичности морально стареющих турбин. К сожалению, подобные меры для наших турбин не реализованы, хотя имеются полноценные разработки, например для турбин мощностью 200 МВт.

Применение современных систем технической диагностики турбоагрегата включает: вибродиагностику турбоагрегата и питательного турбонасоса, диагностику переменных режимов эксплуатации и прогнозирование изменения параметров в процессе пусковых режимов, диагностику технико-экономических показателей в процессе эксплуатации, диагностику тепловых расширений элементов турбоагрегата, диагностику технического состояния концевых уплотнений, диагностику теплового и напряженно-деформированного состояния высокотемпературных элементов паровых турбин и прогнозирование ресурсных показателей энергетического оборудования.

*Руководитель Мергалимова А.К., доктор PhD, ст.преподаватель  
кафедры Теплоэнергетика КАТУ им.С.Сейфуллина*

### **Список литературы**

- 1Перельман Р.Г., Пряхин В.В. Эрозия элементов паровых турбин. М.: Энергоатомиздат. 1986.-184 с.
- 2Хаимов В.А., Котляр О.Е. Эрозия выходных кромок лопаток ЦНД турбины Т-180/210-130 // Теплоэнергетика. 1995.-№ 1.-с.38-42.
- 3Трухний А.Д.Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки // Трухний А.Д., Ломакин Б.В. М.: Издательский дом МЭИ,-2006.-540с.