



ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТУРБИННЫХ МАСЕЛ НА ФИЛИАЛЕ «СУРГУТСКАЯ ГРЭС-2» ОАО «Э.ОН РОССИЯ»

Журавлев С.К.¹ («Сургутская ГРЭС-2» ОАО «Э.ОН Россия»)

АННОТАЦИЯ. Выполнена оценка результатов эксплуатации турбинных масел для организации оптимального планирования эксплуатационных расходов. Выполнен анализ статистики показателей турбинных и огнестойких масел.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: турбинное масло, опыт эксплуатации

Оптимальное планирование производственной программы в части эксплуатационных расходов в значительной мере определяет надежность работы оборудования. Кроме этого, сбалансированный подход к формированию программы позволяет сократить излишние расходы на эксплуатационные нужды.

До 8–10% эксплуатационной программы составляет доля ГСМ, из этой величины более 90% приходится на долю турбинных и огнестойких масел (ОМТИ, ТП22). Основная задача эксплуатации турбинных масел – это обеспечение надежности работы оборудования, сохранение эксплуатационных свойств масел [1].

Стоимость ОМТИ в настоящее время составляет около 560 тыс. руб. за тонну, Fyrquel-L значительно дороже, стоимость турбинных масел ТП22 свыше 35 тыс. руб. за тонну. С учетом плановой замены и доливок для 6 блоков 800 МВт получается значительная сумма. Исходя из этого, сохранение качества турбинных масел обеспечивает не только надежность работы оборудования, но и внушительную оптимизацию эксплуатационных затрат.

На филиале «Сургутская ГРЭС-2» ОАО «Э.ОН Россия» в системе смазки турбин и системе уплотнения вала генераторов блоков 800 МВт используется турбинное масло ТП22С (марка 2). В системе регулирования применяется как масло Reolube ОМТИ, так и Fyrquel-L.

Для оценки эксплуатационных свойств и определения оптимального срока эксплуатации, планирования возможных замен, влияния эксплуатационных факторов проведен анализ основных показателей и режимов эксплуатации используемых масел за весь период работы электростанции с 1985 г. Сроки ввода блоков Сургутской ГРЭС-2: №1 – 23.02.1985 г., №2 – 09.11.1985 г., №3 – 22.07.1986 г., №4 –

25.02.1987 г., №5 – 14.12.1987 г., №6 – 30.09.1988 г.

Турбинное масло ТП-22С

Как сказано выше, в системах смазки и уплотнения вала генератора (УВГ) используется масло ТП22С (марка 2). Поставки в основном выполнялись от ООО «ТНК смазочные материалы» Рязанской нефтеперерабатывающей компании (РНПК), была также поставка ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», масло турбинное ТП-22С. Считается, что марка 1 отличается улучшенной стабильностью против окисления, опыт эксплуатации марки 2 тоже показал неплохие эксплуатационные свойства этого масла, официальному дистрибьютору ООО «ТНК» – компании ЗАО «Росма» подтверждено решение о закупке масла марки 2 на 2013 г. Масло марки 2 хорошо восприимчиво к доливкам масла этого типа [3], и это в условиях эксплуатации довольно существенный фактор. Хотя на данный момент рассматриваются варианты применения масла марки 1 с учетом рекомендации по вводу в эксплуатацию свежих турбинных масел разных марок [3] и информационного письма РАО «ЕЭС России» №ИП 2-2006 (ТП) от 08.02.2006, где рекомендована полная замена в случае перехода с марки 2 на марку 1.

Срок эксплуатации масел составляет до 12 лет. В качестве примера (рис. 1), на блоке №1 масло эксплуатировалось с декабря 1984 г. до марта 1996 г., при этом кислотное число изменилось с исходного 0.018 мг КОН/г до 0.1 мг КОН/г (практически 12 лет и могло эксплуатироваться еще). На блоке №5 в период с февраля 1988 г. по апрель 2000 г. кислотное число изменилось с 0.03 мг КОН/г до 0.2 мг КОН/г (более 12 лет). Поставка всего масла ТП-22С (марка 2) производилась Рязанской нефтеперерабатывающей компанией.

Для сравнения на рис. 1 представлен график изменения кислотного числа в системе смазки блоков 1, 2, 5, 6 и системе уплотнения вала генератора блока 5, где условия эксплуатации значительно отличаются. Главным фактором является

¹ Филиал «Сургутская ГРЭС-2» ОАО «Э.ОН Россия» 628406, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, ул. Энергостроителей, 23, сооружение 34.

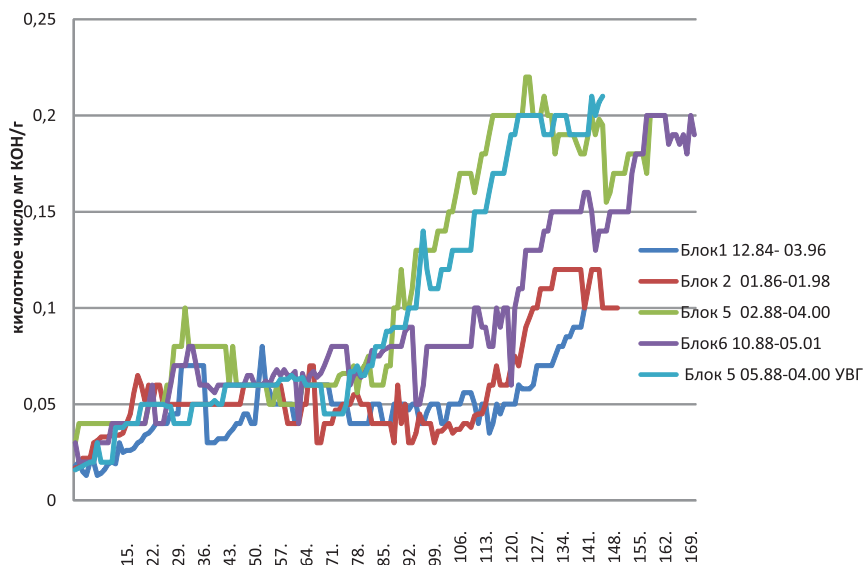


Рис. 1. Изменение кислотного числа турбинных масел.

периодическое обводнение масла в системе смазки, особенно в первые годы эксплуатации блоков.

Попадание влаги в масло схемы УВГ факт редкий, количество зафиксированных случаев для каждого блока разное, исчисляется от 10 до 3–5 за весь период эксплуатации, что на порядок меньше, чем в системе смазки, хотя это обстоятельство не сильно отразилось на сроке службы масел.

Для примера, время деэмульсации для системы смазки на блоке №3 с августа 2006 г. по декабрь 2011 г. изменилось от 180 с до 240, в системе УВГ блока №2 с декабря 2004 г. по март 2010 г. время деэмульсации изменилось от 165 с до 190 с, значения кислотного числа показаны на рис. 1. Учитывая срок эксплуатации более пяти лет и нормативы [3], получаются сопоставимые скорости изменения этого показателя для разных систем. Хотя следует отметить, что фактов обводнения в системах смазки стало также значительно меньше в результате ряда проведенных режимных и технических мероприятий.

Колебания показателя кислотного числа связаны, по-видимому, с удалением водорастворимых кислот в процессе удаления влаги и продуктов старения во время очистки, а также доливками масла.

Что касается доливок, то этот фактор оказывает временное влияние на изменение кислотного числа, аналогичный процесс происходит и для огнестойкого масла. На рис. 1 для блока № 1 в процессе эксплуатации были произведены вынужденные доливки масла после 35 месяцев эксплуатации, что в целом незначительно отразилось на общем тренде старения масла.

Увеличение срока службы турбинных масел в эксплуатационных условиях возможно проведением качественной промывки маслосистем перед заливкой свежего масла, обязательным полным удалением старого отработанного масла и выполнением непрерывной очистки рабочего масла.

Что касается промывки маслосистем, то качественно выполнить такую операцию можно в период капитального ремонта блока [8], поэтому с учетом скорости старения масла оптимальный срок службы ТП-22С между двумя капитальными ремонтами 12 лет. За этот период в наших условиях масло достигает средних значений кислотного числа

0.15–0.16 мг КОН/г, при допустимых значениях 0.3 мг КОН/г [4]. Важным является показатель коррозии, на который необходимо ориентироваться при замене масла, но, учитывая сроки текущих ремонтов и возможность качественной отмывки, замену масла наиболее оптимально проводить раньше.

Что касается непрерывной очистки масла, то в процессе удаления механических примесей удаляются и продукты старения масла, наличие которых является дополнительным катализатором процесса старения.

С 1999 г. на блоках начали проводить контроль класса чистоты масел в соответствии с введенным [7], графики изменения этого показателя представлены на рис. 2.

На рис. 2 отображены показатели для двух блоков: блок №1 система смазки и блок №2 система регулирования, а также наиболее наглядные линейные тренды показателей с начала определения

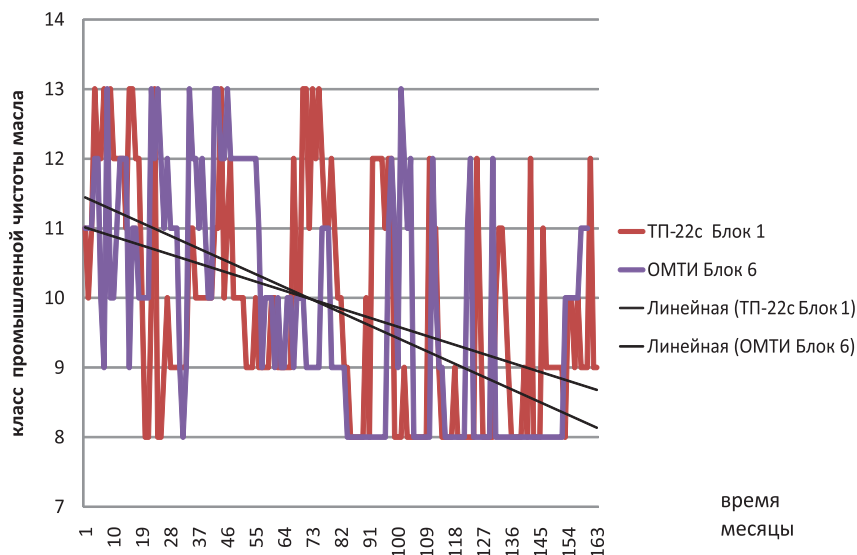


Рис. 2. Изменение класса чистоты масел.

класса чистоты масел. Остальные блоки для двух систем (смазки и регулирования) имеют аналогичные показатели класса чистоты и похожие тренды. В начальный период при проведении замеров класс чистоты масел чаще всего находился в диапазоне 11–13 единиц. После выполнения специальных мероприятий удалось добиться показателей 8–9 единиц, что вполне соответствует требованиям [3].

Для получения нужных показателей очистки масел была выполнена ревизия всех маслоочистительных сеток, на части сеток восстановлены грязесборные козырьки, которые в процессе эксплуатации повреждены или деформированы и не выполняли своих функций во время чистки сеток. Для организации эффективной непрерывной очистки масла, начиная с 2006 г., были реконструированы фильтры тонкой очистки (ФТО) на всех блоках. В старые ФТО конструкции ЛМЗ были вмонтированы новые фильтрующие элементы. В качестве фильтрующего материала использована полиамидная сетка 35 мкм и хлопчатобумажная лента, хотя в настоящее время в рамках программы модернизации турбин К-300-240 ЛМЗ уже предусмотрены ФТО новой конструкции – так называемые «четырехпатронные байпасного типа» [6].

Хотелось бы отметить высокие свойства применяемых на сетках фильтрующих материалов из полиамидных нитей [2]. Материал не только выполняет функции качественной очистки, но и обладает гораздо меньшим (в 3–4 раза) гидравлическим сопротивлением, чем у традиционных латунных сеток. Материал также хорошо улавливает воду. На рис. 3 показаны графики изменения перепада давления на ФТО.

Следует отметить, что после установки нового ФТО в системе смазки первое время перепад достигал максимального значения (3 кгс/см²) в течение недели несколько раз. Затем в процессе очистки масла этот период увеличивался. Во время проведения пусковых операций ФТО в системе смазки отключаются для исключения забивания водой и подключаются только после полного удаления влаги с помощью ПСМ2-4. При необходимости выполняется перестройка на удаление влаги или механических примесей. В настоящее время в процессе эксплуатации в системе смазки и регулирования турбины поддерживается 8–9 кл. чистоты масла. Бывают увеличения этого показателя после ремонта, класс чистоты увеличивается до 10–11.

Масло в системе смазки работает в наиболее тяжелых условиях, кроме периодического обводнения присутствует небольшое разряжение в си-

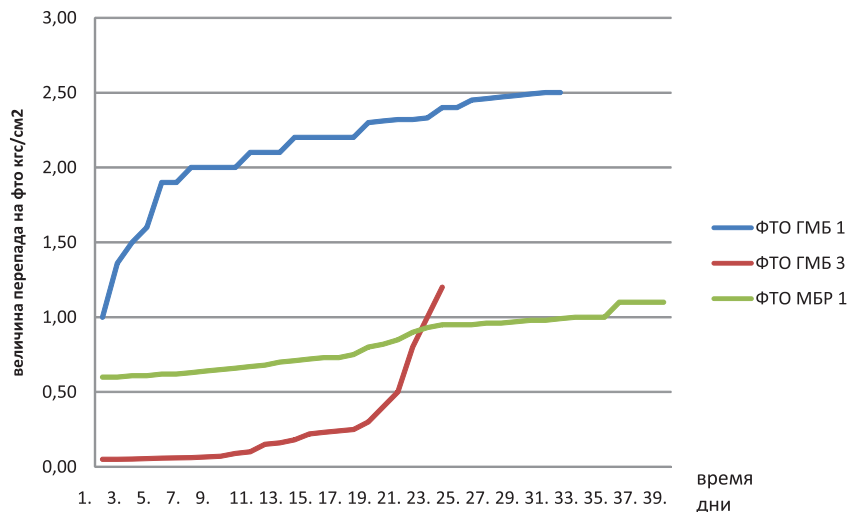


Рис. 3. Изменение перепада давления на ФТО.

стеме. Пыль из рабочей зоны попадает в систему смазки. Исследования отложений на сетках маслобака показывают присутствие частиц минеральной ваты, стекловолокна, частиц песка, которые могут попасть только из воздуха помещения главного корпуса. Продукты окислительных процессов рабочей жидкости, фрагменты покрытия маслобака, продукты механического износа присутствуют в незначительном количестве. В этих условиях проведение постоянной качественной очистки масла является обязательным фактором поддержания чистоты масла.

Еще одним фактором резкого изменения класса чистоты является изменение режима работы маслосистемы. Если система не полностью очищена и в застойных зонах присутствуют отложения, то во время проверки АВР при включении всех насосов рабочее давление в системе смазки на подшипники изменяется с 1,3 до 1,6 кгс/см². Изменяются расходы и температура масла в диапазоне 35–45°С, происходит своеобразный процесс отмывки системы. По мере очистки системы влияние этого фактора снижается, и класс чистоты практически не меняется. Изменение параметров системы во время проверки АВР показано на рис. 4.

В случае значительного ухудшения класса чистоты масла для увеличения скорости очистки подключаются передвижные установки МОУ-20/6, которые также обеспечивают очистку масла не ниже 8 кл.

Из передвижных маслоочистительных устройств на станции применялось достаточно много различных систем. Были попытки доработки стандартных систем ФП4-4, применялись специальные центробежные фильтры. Были закуплены СОГ-918, ПГ225.00.000 РЭ. В целом не плохие системы очистки, но на станции они практически не используются, хотя результат их использования был. Так, ПГ225.00.000РЭ обеспечивал на выходе 6–7 класс чистоты. Главные недостатки – сложность этих систем, необходимость технического обслуживания и ремонта. Самой эффективной

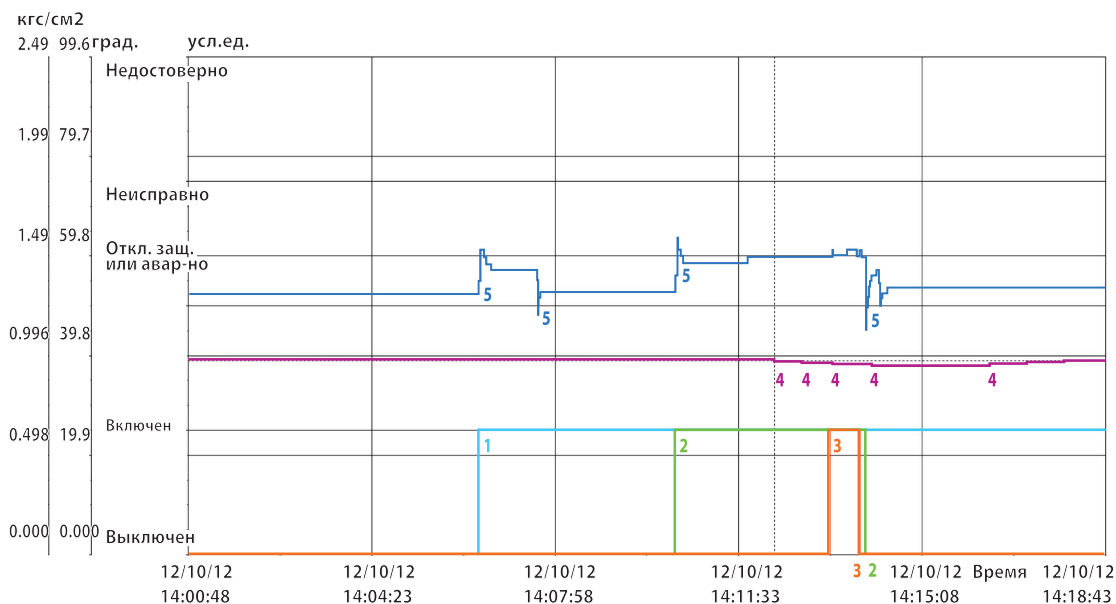


Рис. 4. Изменение параметров системы во время проверки АВР.

передвижной установкой в силу своей простоты и надежности оказалась система МОУ 20/6 производства ООО «АзимутГрандСтрой», г. Москва. Система очистки обеспечивает 8 класс чистоты масла.

Вывод: После анализа эксплуатации турбинного масла ТП-22С при выполнении применяемых мероприятий оптимальный срок эксплуатации составляет 12 лет или два цикла между капитальными ремонтами. Исходя из этого, предусмотрено предварительное планирование эксплуатационной программы в части закупки турбинного масла ТП-22С. Снижение срока эксплуатации масла менее 12 лет должно подвергаться тщательному анализу.

Огнестойкие масла

Как уже упоминалось выше, в системах регулирования СГРЭС-2 используются оба типа огнестойких масел: на блоках №1 и 5 Fyrquel-L, на блоках №2, 3, 4, 6 – Reolube OMTI.

До 1996 г. на всех блоках использовалось огнестойкое масло OMTI Российского производства. Условия эксплуатации масла OMTI в начальный период эксплуатации оборудования были достаточно жесткими в связи со слабой очисткой рабочего масла, низкой надежностью маслоохладителей, масло неоднократно подвергалось обводнению. Были отдельные случаи попадания технической воды около трети объема маслобака.

В декабре 2001 г. в результате технологического нарушения в работе системы регулирования был остановлен блок №3, причиной являлось заклинивание золотников из-за отложений на их поверхности. Всесоюзным теплотехническим научно-исследовательским институтом (ВТИ) были проведены специальные исследования по оценке показателей качества масла, а также выполнен анализ примесей в масле и отложений с

поверхностей золотников системы регулирования [4]. По результатам полученных заключений на блоке №3 выявлено наличие частиц темного окисленного металла и свежего металла желтого цвета, смолообразные продукты, также обнаружены частицы ржавчины металла, в целом отложения представляли неоднородные смеси различных соединений, что связано с несколькими процессами. По составу отложений определено, что преобладающими элементами отложений в рабочих частях САР является фосфор и железо [4].

С 2004 г. станция была вынуждена заменить маслоохладители системы регулирования на всех блоках. Были установлены маслоохладители МО-10М (ООО "ЭНЕРГОТЕХ) с трубной системой из стали 08Х18Н10Т и трубными пучками, выполненными из стали 12Х18Н10Т, со специальным профилированием, что позволило исключить попадание воды в систему. До настоящего времени случаев попадания воды в системы регулирования не зафиксировано.

Начиная с 2006 г. проведена реконструкция ФТО, применены пакетные фильтрующие элементы с использованием полиамидной сетки 35 мкм, редуцирующие элементы фильтров вынесены наружу в отдельный корпус, несколько увеличен расход через ФТО. Проведена ревизия сеток всех маслобаков. В дальнейшем случаев нарушения работы системы регулирования по причине образования отложений на станции не возникало.

Хотелось бы отметить, что срок эксплуатации масла OMTI Российского производства составлял до 16 лет. На блоке №1, например, за период с января 1985 г. по сентябрь 2001 г. кислотное число в системе регулирования изменилось с 0.002 до 0.8 мг КОН/г. Для блока №2 масло OMTI Российского производства отработало с августа 1985 г. (0.008 мг КОН/г) до августа 1994 г. (0.5 мг КОН/г), т.е. 9 лет, и могло работать еще. Учитывая

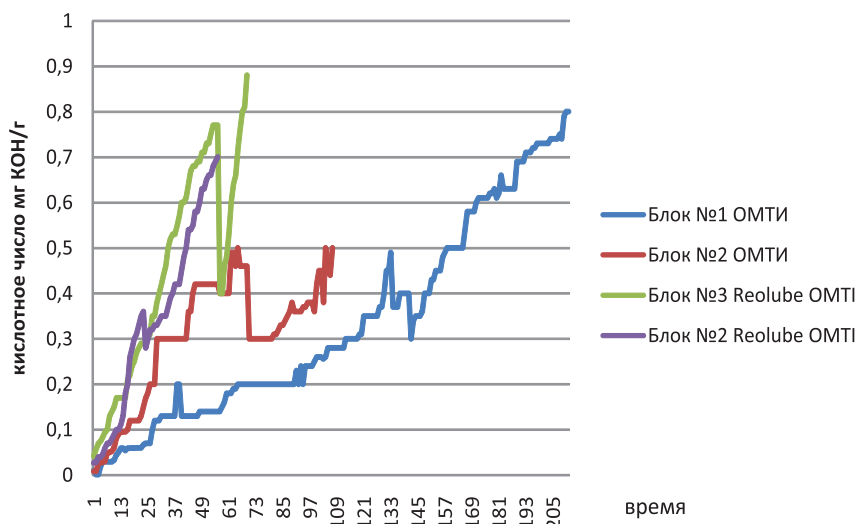


Рис. 5. Изменение кислотного числа огнестойких масел за период эксплуатации.

условия эксплуатации этого масла, сроки службы вполне внушительные. На рис. 5 представлены для сравнения показатели изменения кислотного числа блоков №1, 2 и 3.

Резкое снижение кислотного числа блоков №1 и 2 связано с доливками в маслосистему из-за снижения уровня, для блока №3 – с необходимостью поддержания кислотного числа в рамках допустимых значений до текущего ремонта. Хотя общей картины в процессе старения масла такие доливки, а точнее частичные замены (блок №3) не меняют. Имеются также некоторые незначительные понижения кислотного числа и в процессе эксплуатации, можно было бы списать это на погрешность измерения, что вполне возможно, но на наш взгляд это связано и с процессом очистки масла, удаления продуктов старения и доливками, в лю-

бом случае общий тренд изменения кислотного числа сохраняется.

Отдельно необходимо сказать об эксплуатации Fyrquel-L. Данное масло впервые было использовано в системе регулирования энергоблока №5 в 2007 г. Сравнение характеристик с нормативами ОМТИ представлено в таблице 1.

Из представленных данных следовало, что все характеристики масла Fyrquel-L соответствуют требованиям, предъявляемым для масла ОМТИ. В марте 2007 г. проведено обследование системы регулирования компанией «Supresta», отмечен высокий уровень эксплуатации огнестойкого масла, при обследовании не обнаружены зоны местного перегрева масла, отсутствуют также случаи попадания воды в масло, даны несколько рекомендаций по контролю за камерами охлаждения сервомоторов клапанов, которые были выполнены до заливки масла. Непосредственно перед заливкой проведена промывка системы по программе, разработанной компанией «Supresta» промывочной жидкостью Fyrquel Flush Fluid. В течение 2-х лет специалисты станции наблюдали за эксплуатационными свойствами масла Fyrquel-L. Первый опыт эксплуатации показал неплохой результат (блок №5), за два года эксплуатации кислотное число изменилось от 0,06 мг КОН/г до 0,13 мг КОН/г (для сравнения на блоке №3 (Reolube ОМТИ) за такой же период кислотное число изменилось с 0,05 мг КОН/г до 0,38 мг КОН/г).

ружены зоны местного перегрева масла, отсутствуют также случаи попадания воды в масло, даны несколько рекомендаций по контролю за камерами охлаждения сервомоторов клапанов, которые были выполнены до заливки масла. Непосредственно перед заливкой проведена промывка системы по программе, разработанной компанией «Supresta» промывочной жидкостью Fyrquel Flush Fluid. В течение 2-х лет специалисты станции наблюдали за эксплуатационными свойствами масла Fyrquel-L. Первый опыт эксплуатации показал неплохой результат (блок №5), за два года эксплуатации кислотное число изменилось от 0,06 мг КОН/г до 0,13 мг КОН/г (для сравнения на блоке №3 (Reolube ОМТИ) за такой же период кислотное число изменилось с 0,05 мг КОН/г до 0,38 мг КОН/г).

Таблица 1.

№ п.п.	Наименование показателей	ОМТИ требования по спецификации	Результаты испытаний Fyrquel-L, выполненные для «ЛМЗ»
1	Внешний вид	Прозрачная однородная маслянистая жидкость	Прозрачная однородная маслянистая жидкость
2	Оптическая плотность, не более	0.500	0.024
3	Вязкость кинематическая, мм ² /с не менее при 50°С.	23.0	27.30
4	Плотность кг/м ³ при температуре 20°С	1130–1150	1131
5	Температура вспышки в открытом тигле, °С, не менее	240	243
6	Кислотное число, мг КОН/г, не более	0.04	0.006
7	Содержание водорастворимых кислот, рН	6.0–8.0	6.58
8	Время деэмульсации, с, не более	180	150
9	Время деаэрации, с, не более	120	75
10	Антикоррозийные свойства, г/м ² не более	5.0	0.09
11	Стабильность против гидролиза: - кислотное число мг КОН/г, не более - осадок %, не более	0.5/0.75 0.2/0.3	0.13/0.63 0.004/0.016
12	Термоокислительная стабильность: - кислотное число мг КОН/г, не более - осадок % не более - летучие (низкомолекулярные кислоты) мг КОН/г, не более	0.1 0.005 0.01	0.08 Отсут. 0.001

По истечении пяти лет эксплуатации этот показатель на блоке №5 равен 0,6 мг КОН/г, водорастворимые кислоты и щелочи составляют 0,19 мг КОН/г. Отложения коррозии на стальных пластинах, определенные 03.06.11, составляют 2,5 г/м², что свидетельствует о высоких характеристиках по показателю «антикоррозионные свойства». Для блока №3 кислотное число на момент замены составляло 0,8 мг КОН/г и срок службы меньше. Степень коррозии стальных пластин отмечалась на уровне «следы». На основании полученных результатов на филиале «Сургутская ГРЭС-2» ОАО «ОГК-4» в 2009 г. была разработана «Перспективная программа поэтапного перехода на масло «Fyrquel-L» в системах регулирования блоков №1–6». В рамках этой программы была произведена замена масла Reolube OMTI на Fyrquel-L, на блоке №1, график 1(1) после этого была еще одна замена, уже не плановая также на блоке №1, график 1(2). Как видно из рис. 6 залитое на блоке 1(1) масло отработало 34 месяца, т.е. менее трех лет, и достигло

показателя кислотного числа 0,77 мг КОН/г.

Последующие поставки масла Fyrquel-L не прошли входного контроля. Представленные в феврале 2011 г. пробы не соответствовали ГОСТ 4333-87, температура вспышки в открытом тигле по двум из четырех представленных проб была ниже нормы, также несколько ниже нормы оказалась по двум пробам и плотность ГОСТ 51069-97. Партия, поставленная в июне 2011 г. (57 бочек), также не соответствовала нормативу по содержанию водорастворимых кислот рН, при норме (согласно инструкции по эксплуатации Fyrquel-L) должен составлять 6,0–8,0, фактически из четырех отобранных проб ни одна не превышала значения 5,44. Только поставленная в январе 2012 г. партия прошла входной контроль. Залитое в мае 2012 г. Fyrquel-L в систему регулирования блока 1(2) на графике уже к октябрю 2012 г. имеет кислотное число 0,48 мг КОН/г. Проводимые ранее обследования системы каких либо нарушений по температурному режиму не выявили, попадание влаги в систему после замены маслоохладителей отсутствует. Первичная замена масла Reolube OMTI на блоке 1(1) производилась после промывки специальной промывочной жидкостью Fyrquel Flush Fluid с выполнением всех условий программы, разработанной компанией «Supresta». После этого масло, как уже сказано выше, отработало менее трех лет. Вторая промывка при замене Fyrquel-L на Fyrquel-L на блоке №1, производилась рабочим маслом, также, как это делается для масла Reolube OMTI, с последующим контролем поверхностей на качество промывки.

Отдельно выполнен анализ ресурса работы масел Reolube OMTI, на рис. 7 представлены показатели кислотного числа для блоков №2; 3; 6, показаны значения от замены до замены масла.

Блок №3: произведена частичная замена масла в процессе работы для продления срока до текущего ремонта. Блок №2: после эксплуатации 24 месяца произведена доливка масла. Из рис. 7 следует, что с учетом [4], а также рекомендаций ВТИ и подготовки изменений стандарта в части требований по показателю «кислотное число» и дополнительному показателю «коррозия на стальных пластинах» масло Reolube OMTI обеспечивает работу между капитальными ремонтами 6 лет.

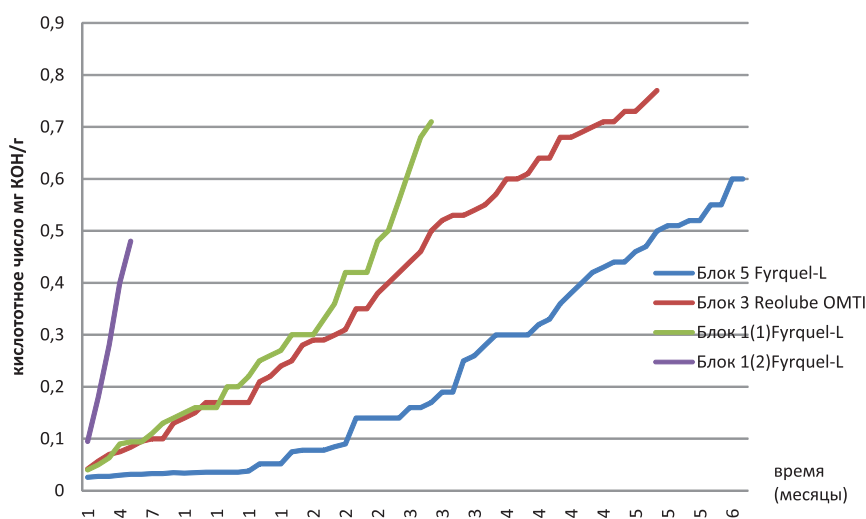


Рис. 6. График изменения кислотного числа огнестойких масел за период эксплуатации.

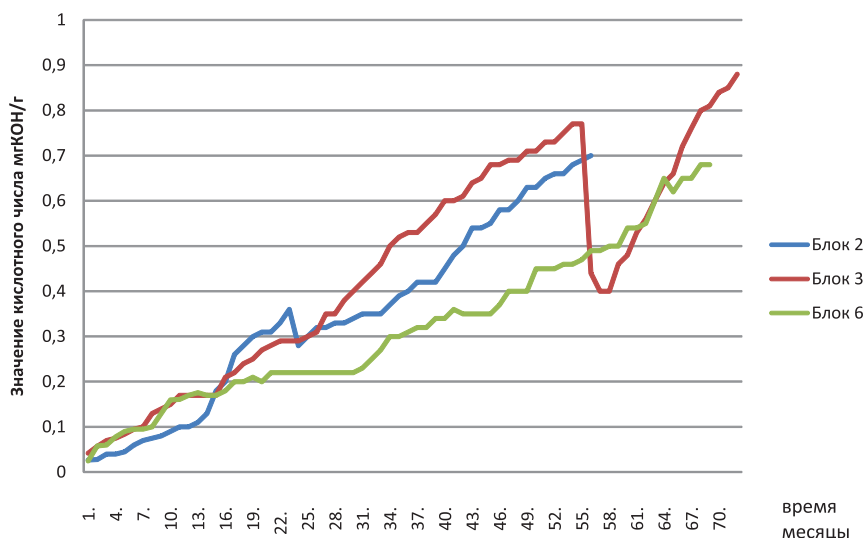


Рис. 7. Значение кислотного числа за период эксплуатации для Reolube OMTI.



Выводы

1) Качество изготовления и эксплуатационные свойства масла Fyrquel-L, поставленного в первой партии 2007 г., соответствовали необходимым требованиям.

Сравнение разных поставок показало, что качество масла Fyrquel-L обладает некоторой нестабильностью, о чем свидетельствуют результаты входного контроля и опыт эксплуатации. В рекомендациях ЛМЗ относительно Fyrquel-L указаны условия эксплуатации в соответствии с типовой инструкцией РД 34.43.106-90 (в новой редакции РД 153-34.1-43.106-2001).

2) По-видимому, эксплуатационные свойства Fyrquel-L существенно зависят от условий эксплуатации, даже незначительное количество продуктов старения вызывает резкое ухудшение качества масла. Перед заливкой требуется тщательная отмывка системы сначала моющим раствором, а затем промывочным маслом.

3) Значительным недостатком является отсутствие стандартов контроля качества Fyrquel-L.

4) Что касается масла Reolube ОМТИ, то эксплуатационные свойства его ниже производимого ранее российского ОМТИ. Но если сравнивать Reolube ОМТИ с Fyrquel-L, то первое значительно дешевле, более устойчиво к влиянию эксплуатационных факторов, вполне обеспечивает эксплуатацию между двумя капитальными ремонтами 6 лет. Для планирования замен в системах регулирования этот срок оптимален. Качественную промывку системы можно выполнить только в капитальный ремонт, а остатки продуктов старения при некачественной промывке приведут к снижению срока службы масла после замены. В случае снижения сроков огнестойких масел менее 6 лет необходимо проводить детальный анализ причин и определять мероприятия для устранения негативных факторов.

5) По результатам проведенного анализа предполагается плановый переход в системах смазки

блоков №1; 5 на масло Reolube ОМТИ. Оправдано это и с технологической точки зрения: нет необходимости иметь дополнительный неснижаемый запас двух видов огнестойких масел, четко установлен регламент контроля масла, масло более стабильно ведет себя в условиях эксплуатации и к тому же дешевле.

6) Для контроля изменения качества масла, влияния эксплуатационной составляющей в рамках проведенного анализа подготовлены графические шаблоны изменения эксплуатационных параметров для каждого блока в зависимости от срока службы масла с внесением паспортных данных, входного и регламентных контролей, что упростит анализ влияния эксплуатационных факторов на качество масел.

Литература

1. Правила технической эксплуатации и сетей Российской Федерации. Энергосервис. Москва, 2003.
2. Влияние процессов загрязнения и очистки на чистоту турбинного масла в системах маслоснабжения турбоагрегатов и модернизация рамных фильтров. Информационный бюллетень. ЭнергоСервис. 2006, №19.
3. Стандарт Организации 70238424.27100.053-2009. Энергетические масла и маслохозяйства электрических станций и сетей. Москва, 2008.
4. Исследование по оценке эксплуатационных свойств свежих товарных масел «Реолубе ОМТИ» и эксплуатационных огнестойких масел, работающих в системах регулирования турбоагрегатов ст. №№1–6 СуГРЭС-2, а также анализ состава и структуры отложений, снятых с узлов и элементов системы регулирования турбоагрегата ст. №3. ВТИ, Москва, 2002.
5. Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей. СО 34.04.181-2003. Санкт-Петербург, 2004.
6. Техническое предложение по модернизации, реконструкции, реновации и инжиниринговым услугам турбин «ЛМЗ» типа К-300-240 (К-300-170), находящихся в эксплуатации. Санкт-Петербург, 2004.
7. Инструкция по эксплуатации нефтяных турбинных масел. РД 34.43.102-96.
8. Инструкция по очистке маслосистем турбоагрегатов гидродинамическим способом. РД 34.37.601-73. Москва, 1973.

