

**ОТЧЕТ**  
**по результатам работ по очистке турбинного масла**  
**комплексом ФОДЖ КФ2-01 на Астраханской ТЭЦ-2**



2015 г.

**Общество с ограниченной ответственностью «Центр молекулярных технологий»  
(ООО «ЦМТ»)**

**УТВЕРЖДАЮ:**



Заместитель генерального директора-  
главный инженер

Матюнин Д. Ю.

Генеральный директор

ООО «Центр молекулярных технологий»

Павлюкевич Е.Л.



**ОТЧЕТ**  
**по результатам работы комплекса фильтров для**  
**очистки диэлектрических жидкостей типа**  
**ФОДЖ КФ2-01**

## Содержание

Введение.....	4
1 Устройство и принцип работы комплекса ФОДЖ КФ2-01.....	6
1.1 Устройство комплекса ФОДЖ КФ2-01.....	6
1.2 Принцип работы комплекса ФОДЖ КФ2-01.....	9
2 Результаты выполненных работ.....	13
Выводы .....	16
Рекомендации .....	17



## Введение

Одним из ресурсов, используемых в процессе генерации и распределения, является масло. Очевидно, что масло не является непосредственным средством производства, однако оно выполняет функции, без осуществления которых работа основного оборудования, такого как трансформаторы и турбоагрегаты, не представлялась бы возможной. Само масло выполняет различные функции: смазочную, теплоотводную, изоляционную. Квалифицирование масла как ресурса обусловлено необходимостью периодического его обновления в силу объективного процесса загрязнения. Действительно в процессе эксплуатации маслу свойственно наполняться загрязнителями различного размера и состава. Обусловлено это естественным износом подвижных частей оборудования в конце концов, само масло имеет тенденцию к старению, это в том числе означает, что добавки и присадки, содержащиеся в масле, выполнив свои функции, выпадают в виде шлама.

Как результат, мы видим разнообразные группы загрязнителей: металлические фрагменты, продукты старения масла в виде растворенного шлама, вода, продукты коррозии, силикаты, бумажные волокна изоляции обмоток, продукты окисления, газы, кислоты и т.п. Представляется очевидным, что упомянутые выше загрязнители негативно влияют на условия работы основного оборудования, в силу неполноценности выполнения маслом его функций и не просто снижают эффективность процесса генерации, но и приводят к отказам. Было также установлено, что количество частиц размером менее 5 мкм может стать недопустимо большим и привести к непоправимым последствиям. Например, европейский норматив SETOP RP 92 Н устанавливает регламентацию содержания частиц размером:

- 3 - 8 мкм – для сервоклапанов (золотников);
- 1 - 10 мкм – подшипников качения и скольжения;
- 0,5 - 5 мкм - шестеренчатых насосов.

Очевидно, что при таких маленьких зазорах содержание частиц размером 5 мкм недопустимо. В противном случае появляется риск аварийного останова турбины из-за отказа системы регулирования.

Кроме того, существует определенный уровень насыщения масла загрязнителями, по достижении которого, липкие полярные продукты окисления начинают оседать на внутренних поверхностях оборудования, образуя лаковый слой, на который потом налипают остальные загрязнители, что приводит к еще более быстрому старению масла и возникновению проблем, описанных выше. Поскольку очистка масел от частиц размером 5 мкм и выше не обеспечивает должного уровня чистоты, невозможно таким способом очистки довести масло до состояния ниже уровня насыщения загрязнителями. Соответственно, налицо еще одна проблема - без останова оборудования, невозможно очистить внутренние поверхности маслобаков, а маслопровод вообще не поддается очистке.

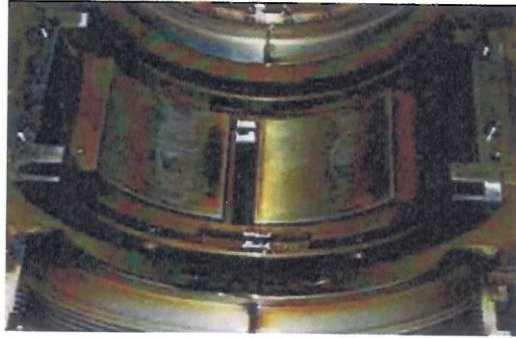


Рисунок 1 - Пример образования лакового слоя на внутренних поверхностях оборудования. Фотография подвижных частей турбины

К сожалению, в данный момент проблема загрязнителей размером менее 5 мкм не получила должного освещения и, как следствие, практически не осознается отечественными предприятиями. Опыт нашей работы с главными инженерами станций показал, что лишь немногие отдают себе отчет о существовании такой проблемы, а многие и после объяснения не признают опасность использования неочищенного масла, не говоря уже о размерах загрязнителей. Между тем, качественная сверхглубокая очистка масла (до размеров загрязнителей менее 5 мкм) позволит избежать активного потребления данного продукта и даст станциям, как и всем предприятиям, имеющим маслохозяйство, возможность высвобождать средства на модернизацию путем экономии на затратах по покупке данного продукта и продления срока службы основного оборудования при сохранении объемов амортизационных отчислений.

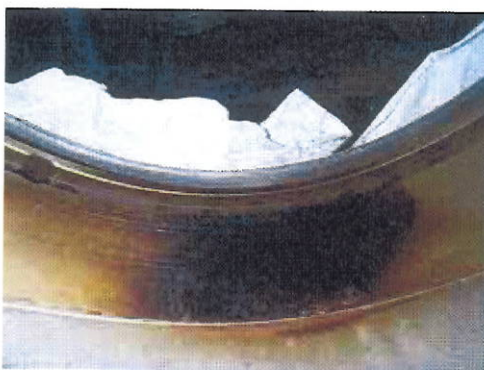
Мелкие частицы, имеющие размер менее 5 мкм и ниже, вплоть до субмикронных, в большинстве своем являются поляризованными продуктами окисления. В силу своей заряженности, эти частицы имеют свойство притягиваться к стенкам внутренней поверхности оборудования, налипать на них и со временем образовывать изолирующий слой, который мешает отводу тепла из масла, что лишь катализирует процесс образования продуктов окисления, так как с повышением температуры норма окисления растет по экспоненте.

Более того, так как этот слой является липким (так называемый «лаковый» слой), на него налипают и другие, более крупные загрязнители, что в случае с подшипником турбины приводит к его повышенному износу, так как зазоры забиваются этими загрязнителями. И наконец, этот лаковый слой приводит к залипанию клапанов в системе регулирования турбины, что неизбежно вызывает останов оборудования





**Рисунок - 2 Клапан системы регулирования со следами лакового слоя**



**Рисунок 3 - Фотография изношенного подшипника с отчетливо заметным лаковым слоем**

Исходя из вышеизложенного, становится понятно, что игнорировать такую проблему нельзя и необходимо искать пути ее решения. Одним из таких путей может стать внедрение схемы электростатической очистки с использованием комплекса сверхглубокой очистки диэлектрических жидкостей ФОДЖ КФ2-01.

## **1 Устройство и принцип работы комплекса ФОДЖ КФ2-01**

### **1.1 Устройство комплекса ФОДЖ КФ2-01**

Комплекс ФОДЖ предназначен для эксплуатации на энергообъектах. Работу комплекса ФОДЖ КФ2-01 условно можно разделить на 3 стадии:

1. Предварительная очистка турбинного масла с использованием фильтров грубой очистки (ФГО). Для нужд атомных электростанций нами были предложены фильтры грубой очистки с армированным корпусом. Предлагаемые фильтры мембранного типа удаляют загрязнители размерного ряда от 10 мкм и выше. Армированная конструкция (Рис.4) исключает деформацию

фильтроэлемента и гарантированно не пропускает загрязнители в очищаемую маслосистему.



**Рисунок 4 – фильтр грубой очистки**

Предыдущая комплектация фильтрами грубой очистки комплекса ФОДЖ (Рис.5) не позволяла гарантированно сохранять форму фильтроэлемента и как следствие значительная часть загрязнителей вновь попадала в маслосистему.



**Рисунок 5 – Фильтр грубой очистки предыдущей модификации**

За счет этого значительно увеличивался процесс удаления загрязнителей вышеуказанного размерного ряда. Кроме этого расход фильтроэлементов был значительно выше.

2. Сушка очищаемого турбинного масла осуществляется в осушителе ПАО (Рис.6). Осушитель ПАО предназначен для удаления свободной и растворенной влаги из продукта путем перколяции внутри камеры агрегата с выводом влаги через фильтр каплеотделитель, который обеспечивает разделение масляно-воздушной эмульсии и выход влаги вместе с газами в атмосферу.



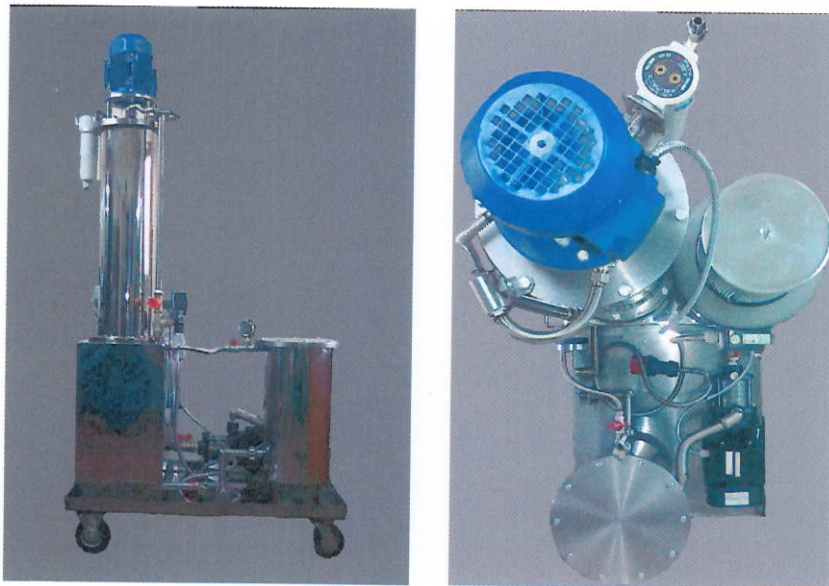


Рисунок 6 – Сушитель ПАО

3. Сверхглубокая очистка турбинного масла в фильтрах тонкой очистки (ФТО). Принцип работы ФТО основан на применении пакетов фокусирующих электродов для осуществления электростатической очистки и заключается в пропускании масла через электрическое поле сложной конфигурации, при котором полярные частицы осаждаются на электроды электростатических фильтров. Сверхглубокая очистка масла осуществляется в электростатических фильтрах (Рис.7).



Рисунок 7 - Изображение ФТО в сборе

Электростатические фильтры представляют из себя блоки питания, расположенные в верхней части электрофильтра и комплекта фокусирующих электродов, состоящих из пластин, изготовленных с использованием специальной технологии ООО «Микронинтер Сибирь» г. Кемерово и оригинальных недеформируемых изоляторов, образующих ячейки-накопители загрязнений (Рис.8).





Рисунок 8 - «ячейки-накопители» в ФТО (фильтр тонкой очистки)

Пульт управления (Рис.9) процессом сверхглубокой очистки соответствует всем требованиям, предъявляемым к оборудованию. Разработанное нами программное обеспечение позволяет добавлять функциональные возможности, предъявляемые заказчиками комплексов, а сенсорный экран облегчает управление процессом сверхглубокой очистки.



Рисунок 9 – Панель управления

## 1.2 Принцип работы комплекса ФОДЖ КФ2-01

Процесс сверхглубокой очистки заключается в том, что заряженные мелкие частицы (вплоть до субмикронных) удаляются из потока масла, чего невозможно добиться с помощью фильтрации. Так как масло очищается до уровня частиц размерами 0,1 мкм, это позволяет достигнуть уровня чистоты, который далек от уровня насыщенности. Соответственно, масло, уже очищенное, будет впитывать в себя отложения с внутренних поверхностей оборудования (за счет процесса диффузии), что позволит очищать и их, поэтому процесс очистки должен быть циклическим. Если подходить к процессу очистки ответственно, то нельзя не признавать несостоятельность методов очистки, обеспечивающих класс очистки от загрязнителей размером более 5 мкм. (Рис.10)

Масло, очищенное до 0,8 мкм



Масло, очищенное до 5 мкм

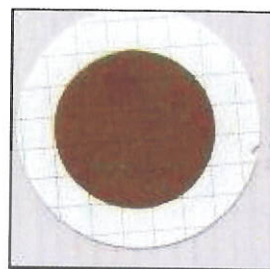


Рисунок 10 – Сравнительный анализ чистоты масла, проведенный на мембране с размером пор 0,4 мкм

Конечно, такая очистка не лишена смысла, но она не решает проблемы, возникающие в оборудовании из-за грязного масла, она их лишь отсрочивает, так как подобным образом не удастся очистить полностью внутренние полости маслосистемы.

Важно отметить, что предлагаемая сверхглубокая очистка масла не чувствительна к размерам загрязнений и удаляет загрязнения любого размерного ряда. (Рис. 11)

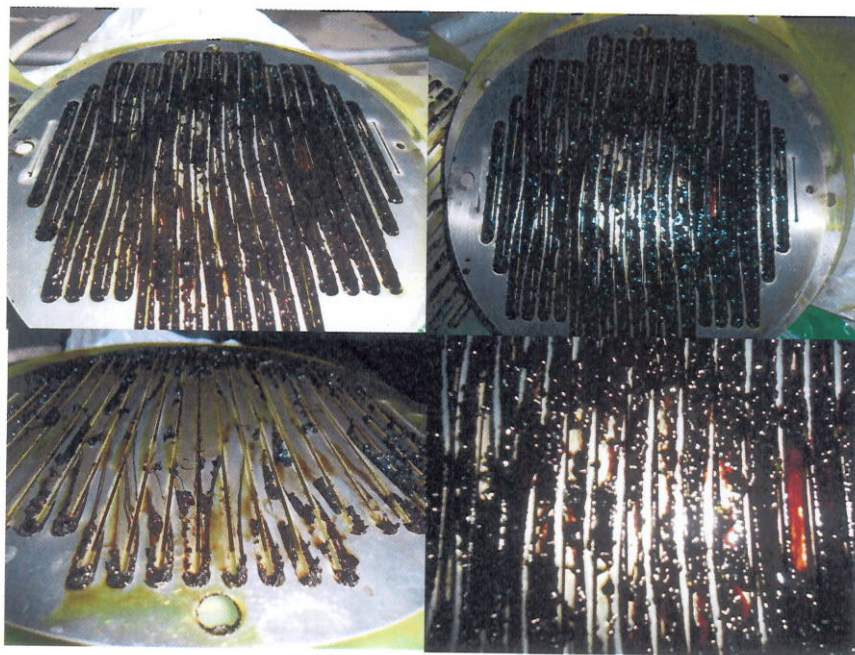


Рисунок 11 - Фотография элементов электростатических фильтров, работающих в комплексе ФОДЖ на Астраханской ТЭЦ-2

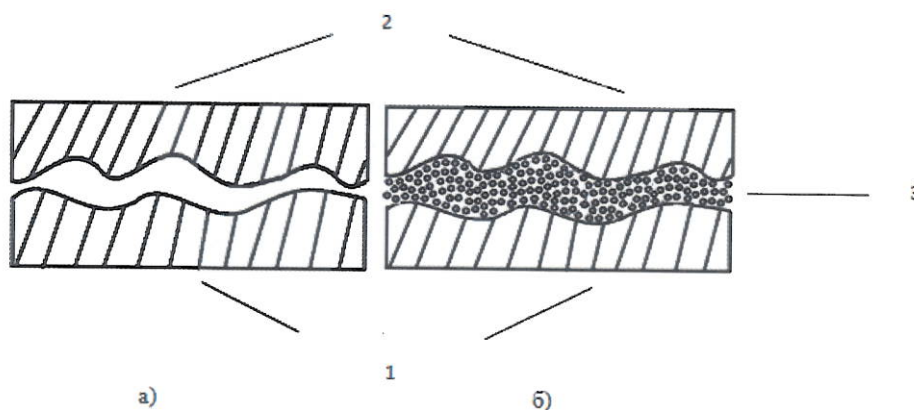
Все растворимые присадки сохраняются в масле, так как электростатические силы действуют только на заряженные поверхности раздела фаз. По уровню чистоты очищаемое масло значительно превосходит новое масло. Это позволяет исключить окислительные процессы, происходящие в масле и увеличить ресурс его работы в 5-7 раз.

Повышение ресурса технических систем турбин происходит путем обработки жидких смазывающих сред электростатическими полями сложной конфигурации. Установлено, что в процессе такой обработки происходит разрушение мицеллярных структур поверхностно - активных веществ (ПАВ) на



мономерами, что увеличивает их концентрацию в объеме смазочных сред и за счет этого интенсифицируется процесс формирования адсорбированной пленки ПАВ. Такие физические процессы при воздействии электростатических полей сложной конфигурации на смазочные среды приводят к изменению их структуры, и тем самым, трибосистема в большей мере сохраняет режим самоорганизации и, следовательно, её ресурс увеличивается.

Продукты износа и иных загрязнителей с размерным рядом от 0,1 мкм и ниже являются стимуляторами и переносчиками структурированных молекулярных образований в жидких смазочных средах. Данные показывают, что за счет интенсификации адсорбционного процесса формируется смазочная пленка, многократно превышающая шероховатости и неровности поверхности трения, что позволяет паре трения перейти из режима граничной смазки в "полужидкостный" вариант, позволяющий создавать на граничном уровне локальную концентрацию параллельно ориентированных молекул ПАВ. Благодаря этому смазочный слой становится более "упакованным", полимолекулярного характера, а его толщина увеличивается. (Рис 12)



**Рисунок 12 - Взаимодействие поверхностей трения при граничной смазке:**

**а) без обработки масла электростатическим полем**

**б) после обработки масла электростатическим полем**

**1- сталь; 2- бронза; 3- сервовитная пленка из структурированных комплексов (загрязнители и продукты износа покрытые полимолекулярным слоем ПАВ)**

Принципиальная гидравлическая схема комплекса фильтров типа ФОДЖ КФ2-01 представлена (Рис.13).

Масло подается для очистки через входной вентиль поз.1(рис.2). Насос (3) через электромеханическую задвижку с возвратным механизмом (2) подает масло в ФГО (5), который предназначен для отделения грубых частиц загрязнений и частично свободной воды. Из ФГО масло подается на осушку в осушитель ПАО через распределительную задвижку (9). В осушителе ПАО масло через регулировочный дроссель подачи масла на распылитель (11) подается к

распределителю распылителя (12), где происходит процесс удаления воды из масла.

Автомат поддержания уровня и гидрозатвор обеспечивают разделение масляно-воздушной эмульсии и выход влаги вместе с воздухом в атмосферу. Воздух, необходимый для реализации процесса, подается в систему с помощью центробежного компрессора, установленного на бак турбосушки (15).

Из гидрозатвора осушенное масло откачивается с помощью насоса (17) и подается для дегазации на газосепаратор (18). В газосепараторе происходит окончательное отделение микрочастиц воздуха.

Далее масло через распределительную задвижку (22) подается в электрические фильтры тонкой очистки ФО 30/60 ДЖ ФТО (28,29) предназначенные для удаления микрочастиц загрязнения из масла. Расход масла из ФТО регулируют дроссели (30,31). После очистки масло подается назад в маслосистему потребителя через предохранительный клапан на выходе (32) и вентиль(33).

При работе на сухом масле с помощью АСК КФ2-01 «ФОДЖ» коммутируется таким образом, что масло из ФГО (5) подается непосредственно в ФТО (28,29) через распределительные задвижки (9 и 22) и возвращается потребителю.

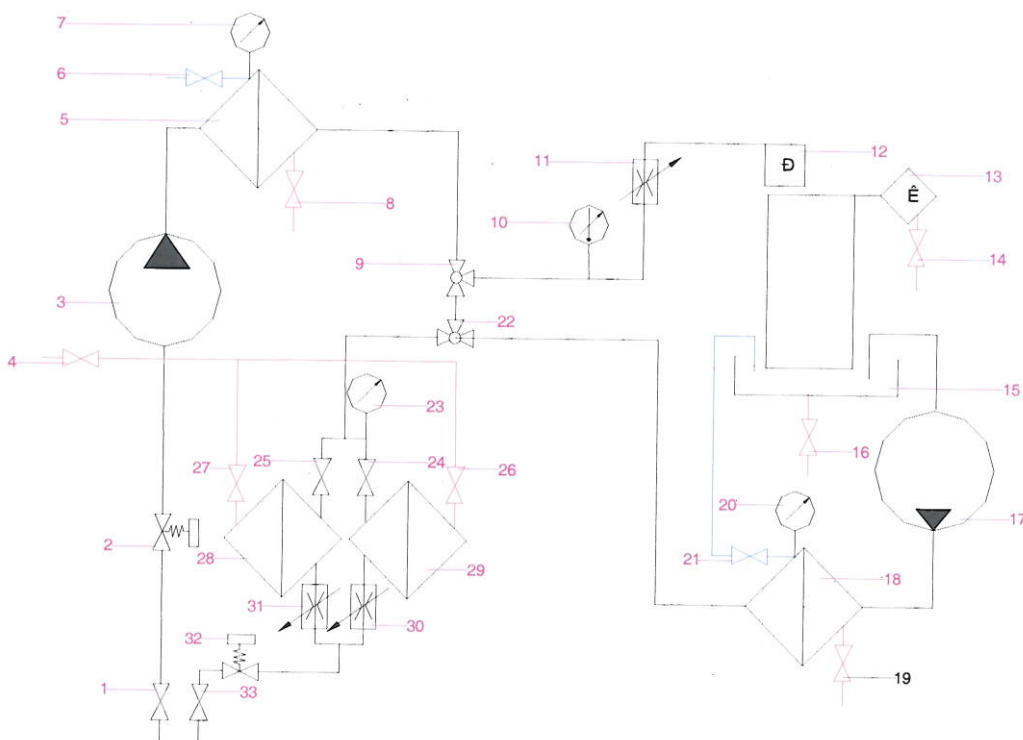


Рисунок 13 – Принципиальная гидравлическая схема фильтра «ФОДЖ» КФ2-01



## 2 Результаты выполненных работ

Сокращённый анализ показателей качества турбинного масла Тп-22С при проведении работ по очистке турбинного масла комплексом фильтров очистки диэлектрических жидкостей ФОДЖ КФ2-01 представлен в протоколах.

### Входящий анализ качества масла ТГ-2, ТГ-1



Общество с ограниченной ответственностью

**«ЛУКОЙЛ-Астраханьэнерго»**

Химическая лаборатория, г. Астрахань, ул. Августовская, 11 В

RA.RU.21XЛ05

#### ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

№ М 243 от 11.09.2015

Наименование и адрес заказчика	ООО «ЛУКОЙЛ-Астраханьэнерго»
Наименование и адрес объекта	Подразделение АТЭС-2
Акт отбора (приемки) проб	
Отбор проб проведен	10.09.2015
Дата начала/ завершения анализа	11.09.2015/11.09.2015
Название пробы	Турбинное масло
	ГМБ-1, ГМБ-2
Дополнительные сведения	Исполнитель: лаборант 4 р Репина О.Ф.

#### Результаты лабораторных исследований:

Наименование определяемого показателя	Единица измерения	Результат анализа	Методика (шифр НД)
<b>ГМБ №1</b>			
Класс чистоты	(1-17)	12	ГОСТ 17216-2001
<b>ГМБ №2</b>			
Класс чистоты	(1-17)	9	ГОСТ 17216-2001

#### Средства измерений, применяемые для проведения исследований

Название СИ	Заводской номер	Дата поверки	Свид. №
ГРАН	258	22.04.15	P/169028

Руководитель лаборатории, инженер 1 к

Смирнова Е.В.

**ОАО «СИБИАЦ»**  
 Управление по химико-технологическому контролю производства  
 в Кемеровской области и Алтайском крае

Протокол №3849

Лист 1

Всего листов 1

Российская Федерация, 650000, Кемеровская область,  
 г. Кемерово, ул. Станционная, д. 17;  
 Тел. (384-2)45-30-30, факс: (3842) 45-35-33;  
 E-mail: priemnaya@sicbenco.ru  
 ИНН 4205062301, КПП 420501001; р/с 40702810526030104844  
 в отделении №8615 Сбербанка России г. Кемерово; к/с 30101810200000000612; БИК 043207612  
 Адрес лаборатории: 650000, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 30.

Аттестат аккредитации  
 № ААС.А.00082  
 действителен до 01.12.2015г.

**ПРОТОКОЛ № 3849**  
 исследования пробы №746/хс2015

- |   |   |
|---|---|
| 1. Наименование организации   | Астраханская ТЭЦ-2  |
| 2. Резервуар  | ТГ-2  |
| 3. Проба  | Масло турбинное Тп-22С (эксплуатационное)   |
| 4. Дата отбора  | 11.09.2015г.  |
| Дата поступления  | 28.09.2015г.  |
| Дата анализа  | 29.09 - 30.09.2015г.  |
| 5. Средства измерения, дата поверки,<br>номер свидетельства о поверке,<br>погрешность измерений | ПКЖ-904А №1024.08.2003, свид. о пов. № 532159,<br>действит. до 26.11.2015г., ±30% |
| 6. Нормативные документы  | СТО 70238424.27.100.053-2013  |

**Фактические и нормативные значения параметров**

№ п/п	Показатели	Метод испытания	Норма по: СТО 70238424.27.100.053-2013	Фактически	Погрешность
1.	Класс промышленной чистоты	ГОСТ 17216-2001	не более 10	7	-
2.	Вода, %	ГОСТ 2477-65	не более 0,03 (Отс.)	менее 0,03 (Отс.)	-

**Вывод:** Качество эксплуатационного турбинного масла соответствует требованиям СТО 70238424.27.100.053-2013, таб. 9 (нормативные требования, предъявляемые к нефтяным маслам, работающим в маслосистемах турбоагрегатов или гидроагрегатов) п. 6, 8 по всем определяемым показателям.

Анализ проводил:   техник I кат. АЛСЭиПК   *В.В. Янсон*  
                           техник II кат. АЛСЭиПК   *Н.С. Истомина*



Начальник АЛСЭиПК: *М.Н. Якушева*   М.Н. Якушева

Дата выдачи протокола: " 01 " октября 2015г.

Частичная перепечатка протокола без разрешения аналитической лаборатории недопустима.



# Анализ качества масла по окончании работ ТГ-1

**ОАО «СибИАЦ»**  
Управление по химико-технологическому контролю производства  
в Кемеровской области и Алтайском крае

Протокол №3882  
Лист 1  
Всего листов 1

Российская Федерация, 650000, Кемеровская область,  
г. Кемерово, ул. Станционная, д. 17;  
Тел. (384-2)45-30-30, факс: (3842) 45-35-33;  
E-mail: [priemnayaIAC@sibenco.ru](mailto:priemnayaIAC@sibenco.ru)  
ИНН 4205062301, КПП 420501001; р/с 40702810526030104844  
в отделении №8615 Сбербанка России г. Кемерово; и/с 30101810200000000612; БИК 043207612  
Адрес лаборатории: 650000, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 30.

Аттестат аккредитации  
№ ААС.А.00082  
действителен до 01.12.2015г.

## ПРОТОКОЛ № 3882 исследования пробы №796/хс2015

- |   |  |
|---|--|
| 1. Наименование организации   | Астраханская ТЭЦ-2   |
| 2. Резервуар  | ТГ-1   |
| 3. Проба  | Масло турбинное Тп-22С эксплуатационное  |
| 4. Дата отбора  | 30.09.2015г.   |
| Дата поступления  | 12.10.2015г.   |
| Дата анализа  | 13.10.2015г.   |
| 5. Средства измерения, дата поверки,<br>номер свидетельства о поверке,<br>погрешность измерений | ПКЖ-904А №1024.08.2003, свид. о пов. № НФ 532159,<br>действит. до 26.11.2015г., ±30% |
| 6. Нормативные документы  | СТО 70238424.27.100.053-2013   |

### Фактические и нормативные значения параметров

№ п/п	Показатели	Метод испытания	Норма по: СТО 70238424.27.100.053-2013	Фактически	Погрешность
1.	Класс промышленной чистоты	ГОСТ 17216-2001	не более 10	5	—

Вывод: Качество эксплуатационного турбинного масла соответствует требованиям СТО 70238424.27.100.053-2013, таб. 9 (нормативные требования, предъявляемые к нефтяным маслам, работающим в маслосистемах турбоагрегатов или гидроагрегатов), п.8 по показателю – класс промышленной чистоты.

Анализ проводил: техник I кат. АЛСЭиПК  В.В. Янсон

Начальник АЛСЭиПК:  М.Н. Якушева

Дата выдачи протокола: " 14 " октября 2015г.

Частичная перепечатка протокола без разрешения аналитической лаборатории недопустима.

## **Выводы:**

В результате проведения работ по сверхглубокой очистке турбинного масла по данной технологии достигнут класс промышленной чистоты эксплуатационного масла 7-й по ГОСТ 17216-01 на ТГ-2 и 5-й на ТГ-1, что подтверждено результатами лабораторных анализов до и после проведения работ по сверхглубокой очистке масел и внутренних поверхностей маслonaполненного оборудования. Кроме этого обрабатываемое масло было осушено и соответствовало требуемым нормативным показателям.



## Рекомендации:

1. Для улучшения качественных показателей и продления ресурса работы эксплуатационных масел необходимо оснащение станции двумя комплексами ФОДЖ КФ2-01. Один для работы на действующих турбоагрегатах и один на маслохозяйстве станции для очистки масла с последующей доливкой в маслобак турбины. Сверхглубокую очистку масла осуществлять комплексом ФОДЖ КФ2-01 циклично от первой турбины до последней и обратно.

Приемку новых масел следует начинать с их анализа и в обязательном порядке осуществлять их очистку (как минимум) до 7 класса промышленной чистоты по ГОСТ 17216-01.

2. С целью увеличения ресурса работы эксплуатационных масел оснастить турбинный цех реактором РВП-01, для приготовления и ввода в маслобак турбины концентрированного раствора присадок, выработавшихся в процессе эксплуатации с обязательной проверкой масла на совместимость к вводимым присадкам.

3. При доливке масла в маслобак турбоагрегатов использовать очищенное турбинное масло, находящееся в чистых конусах, в количестве 15% от объема масла находящегося в турбине, не хуже 7 класса промышленной чистоты по ГОСТ 17216-01.

4. Обратит внимание (при капитальном ремонте) на уплотнительные соединения и крышку маслобака с целью предотвращения поступления влаги и загрязнений в маслосистему.

5. Предусмотреть врезки на маслопроводе для очистки внутренних поверхностей от загрязнений любой химической природы. Врезки должны быть сделаны таким образом, чтобы можно было почистить или весь маслопровод или отдельные его участки.

6. Оснастить лабораторию станции современным оборудованием для анализа масла с обязательным приобретением «периферии» для осушки и дегазации отобранных для анализа проб.