

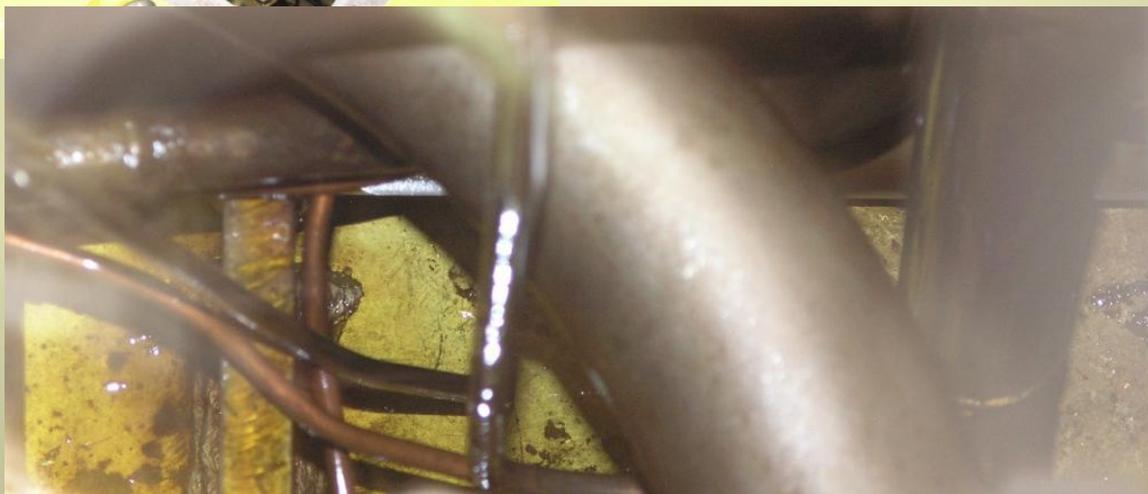
**Внедрение  
пневногидроимпульсного способа  
очистки маслопроводов  
турбоустановок АЭС**

**На энергоблоках АЭС неоднократно происходили внеплановые остановки турбоагрегатов из-за различных отказов систем автоматического регулирования и защиты.**

**Причины разные, но в большинстве случаев – это наличие загрязнений в эксплуатационном масле, несмотря на удовлетворительные результаты периодических анализов.**

**В процессе расследования нарушения, на внутренних поверхностях маслопроводов и элементов САРЗ обнаруживались шлам, продукты коррозии и мелкие фракции механических частиц. На наличие такого рода загрязнений реагируют наиболее чувствительные к качеству масла элементы системы регулирования – регуляторы скорости турбин.**

## Отказы и нарушения связанные с неудовлетворительным качеством турбинного масла



При попадании мелких частиц в зазор между буксой и золотником, золотники РС начинают подклинивать, перестают вращаться и в конечном итоге блокируются. В таких ситуациях регулятор скорости уже не реагирует на изменение частоты в энергосистеме и изменение мощности при отработке сигналов блочной автоматики или при ручном воздействии оператора. Впоследствии это приводит к самопроизвольным изменениям нагрузки турбоагрегата и, как правило, к отключению турбины.

## Элементы САРЗ турбин, чувствительные к качеству масла



Регулятор скорости турбин К-500-65/3000

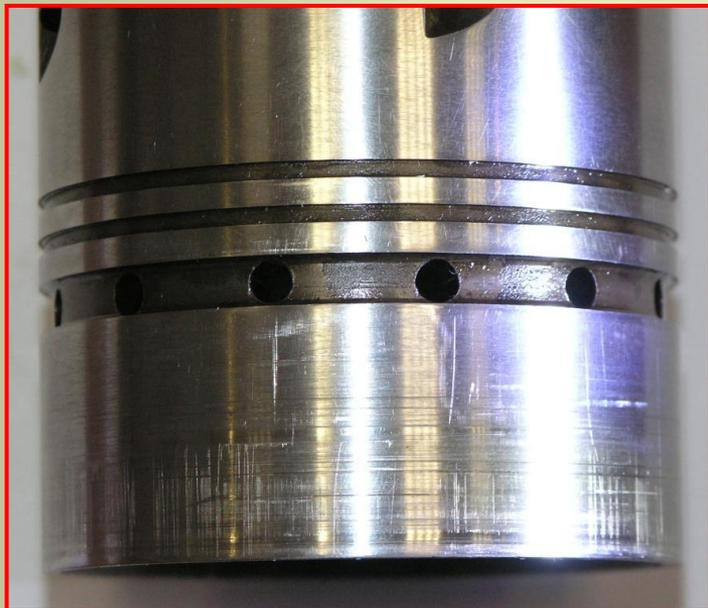


**Следы контакта загрязнений масла с поверхностями буксы и золотника регулятора скорости обнаруживаются уже в период проведения расследования нарушения.**

**Всё это свидетельство низкой эффективности существующих способов очистки маслопроводов систем маслоснабжения турбоагрегата с помощью обычной послеремонтной прокачки чистого масла по организованным контурам.**

## Последствия загрязнения масла

Следы задиров и натиров на золотнике РС турбины К-220-44



**Так называемые, промывки повышенным расходом или гидродинамическим способом с установкой промывочных букс и временных трубопроводов в напорных маслобаках турбин не обеспечивают требуемого качества очистки маслопроводов.**

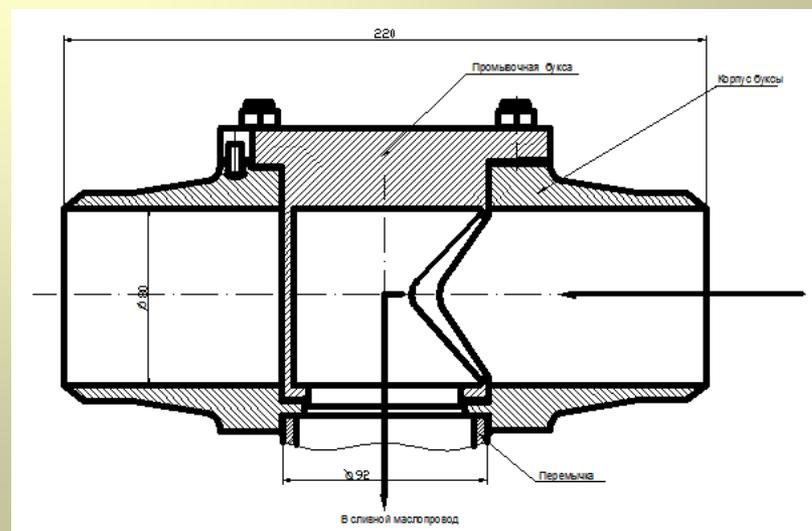
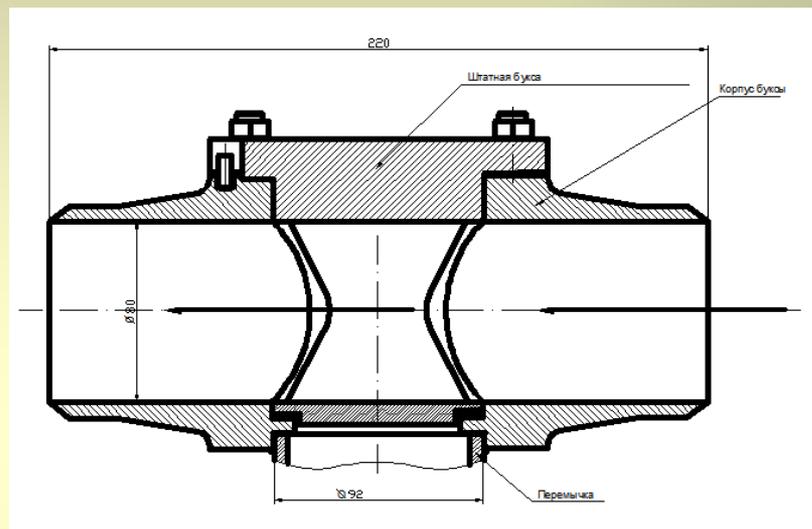
**ольшая часть внутренних поверхностей сливных маслопроводов не промывается.**

# Существующие методы промывки маслосистем турбоагрегатов с применением стационарных и/или временных перемычек

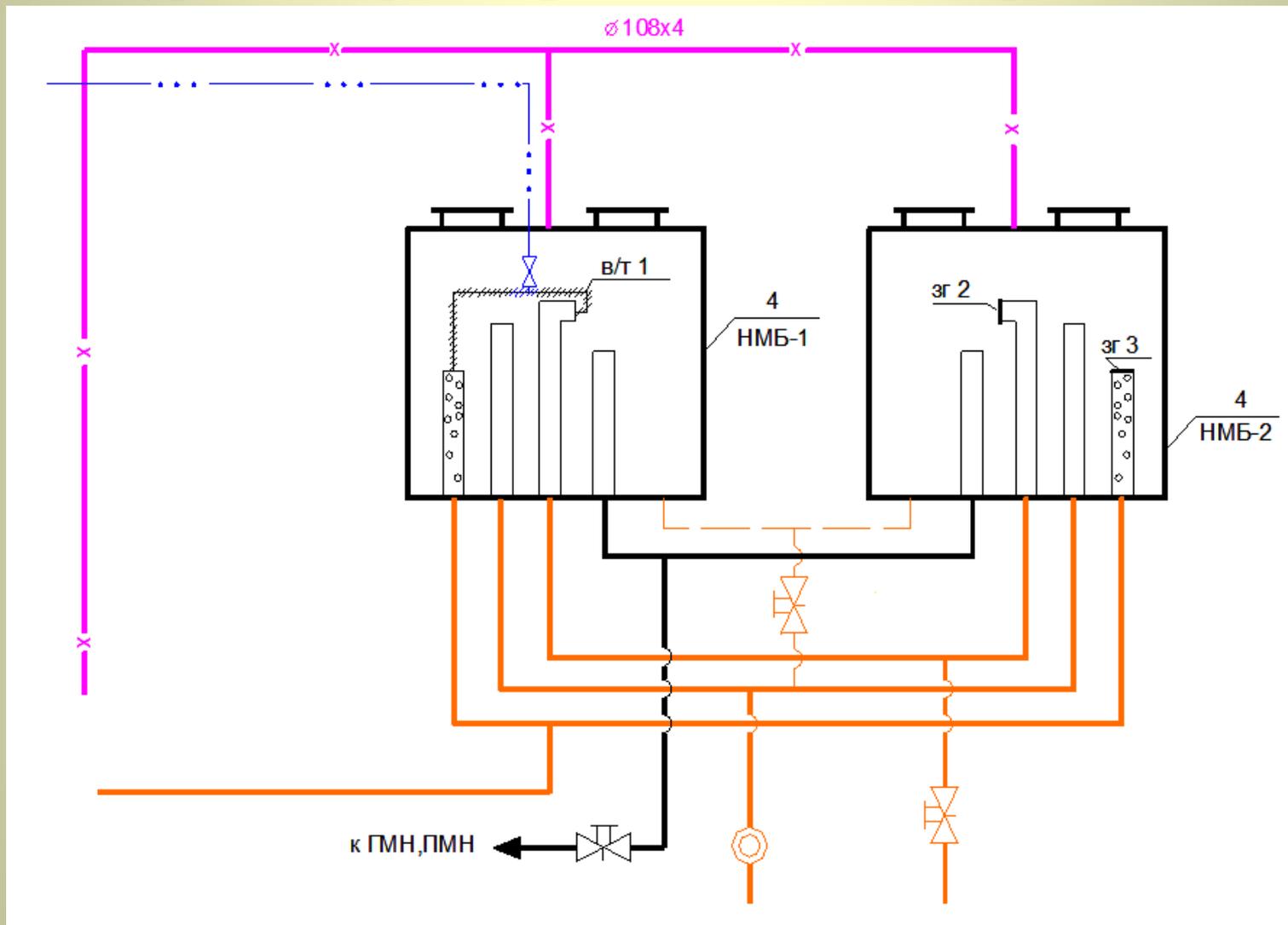
**Положение штатной бусы при эксплуатации**



**Положение промывочной бусы при промывке**



## Схема установки временных трубопроводов в НМБ турбины при гидродинамической промывке



**...и их недостатки**

**Большая часть  
внутренней  
поверхности  
сливных  
маслопроводов не  
промывается!!!**

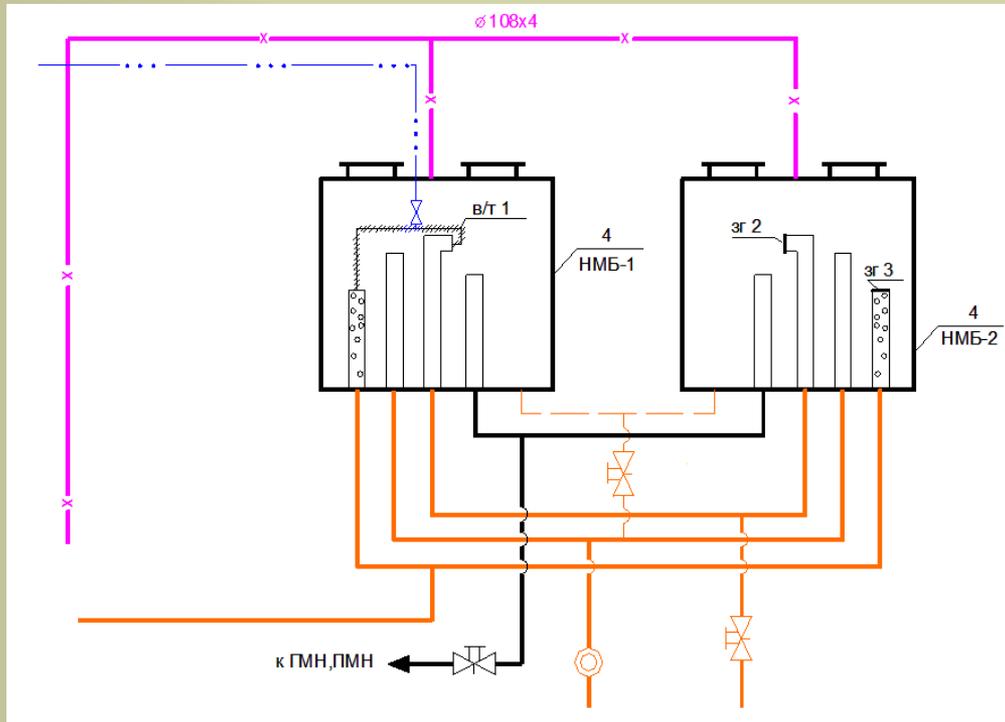


На слайде представлен сливной маслопровод 5-го и упорных подшипников турбины К-500-65/3000, где отчетливо видны границы контакта сред: масло (в нижней части) – (в середине) воздушно-масляная смесь – (и верхней части) воздух.

В период нормальной эксплуатации, при выполнении регламентных переключений (переходов) по маслоснабжению турбоагрегата, в период проверки их АВР (автоматическое включение резерва), вследствие создаваемых изменений расходов масла (пульсаций) в системе, из тупиковых участков и сливных маслопроводов остатки этих загрязнений попадают в масло.

С целью повышения эффективности существующих методов очистки трубопроводов маслосистем турбоагрегатов, ОАО «ВНИИАЭС» предложил использовать **ПНЕВМОГИДРОИМПУЛЬСНЫЙ СПОСОБ.**

## Пневмогидроимпульсный способ (ПГИс) очистки

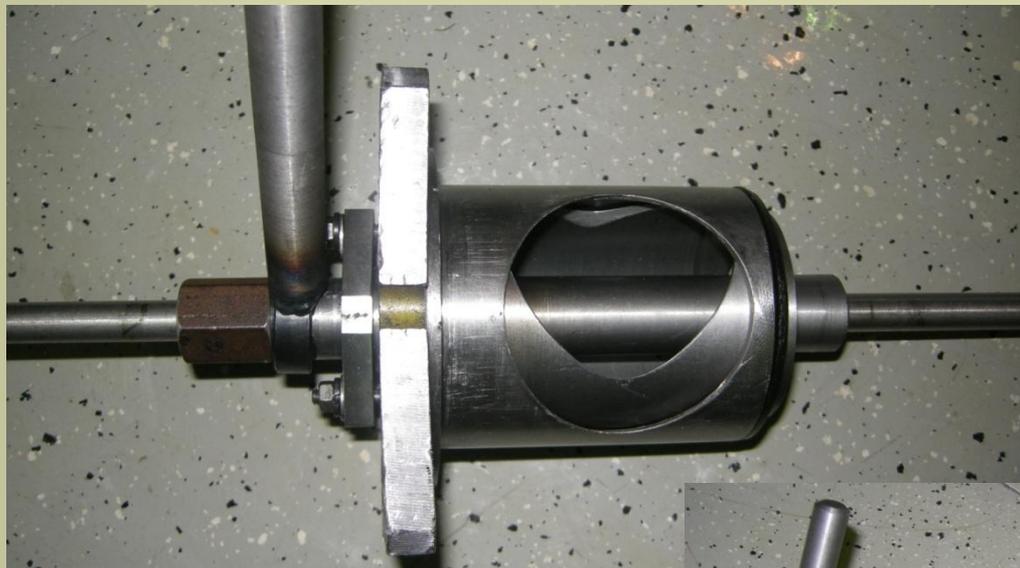


**В основе пневмогидроимпульсного способа очистки маслопроводов и оборудования систем маслоснабжения турбоагрегатов лежит гидродинамический способ промывки - прокачка масла по организованным контурам со скоростями в 2-4 раза превышающими скорость масла при гравитационной схеме.**

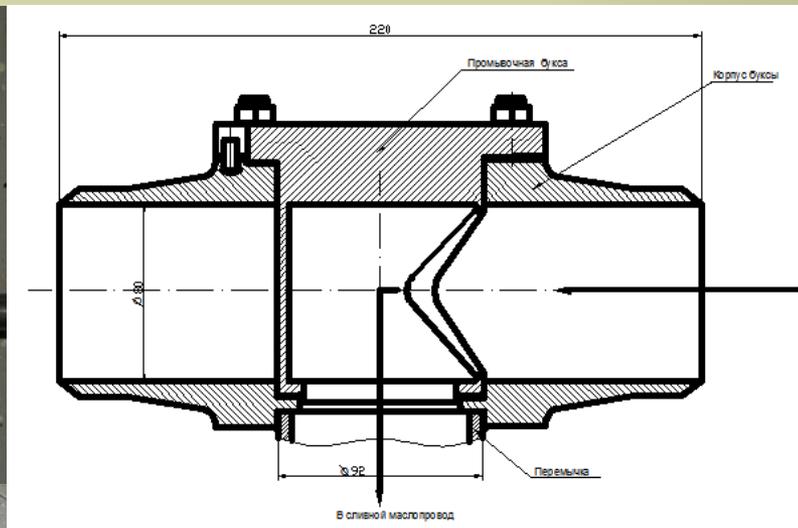
**Такие условия промывки достигаются посредством установки временной перемычки в одном из напорных маслобаков (НМБ) турбины, отглушением подачи масла в другом, организацией контуров промывки (по 2-3 подшипника) с помощью промывочных букс и нагревом масла (путем подачи сетевой воды в один из маслоохладителей турбины) до температур не превышающих предельно-допустимых значений для эксплуатационного типа масла.**

**При пневмогидроимпульсной промывке осуществляется подача сжатого воздуха в промываемые контуры, что способствует вспениванию масла, увеличению его объема в точке подвода воздуха и позволяет более качественно отмывать напорные маслопроводы и льшую поверхность сливных коллекторов в отличии от гидродинамического способа. Увеличению омываемой поверхности сливных маслопроводов способствует, также, подача гидравлических и пневматических импульсов в период проведения промывки.**

## Букса для очистки ПГИ способом



## Промывочная букса



**На фото представлен один из первых проектов буксы для очистки ПГИ способом**



Для обеспечения подачи гидравлических и пневматических импульсов была доработана промывочная бунда конструкции ОАО «Турбоатом»:

- установлена дополнительная поворотная бунда с рычагом для ручного управления положением;
- смонтирована сальниковая камера, исключая протечки масла вдоль штока;
- установлен воздухопровод, снабженный вентилем и соплом.

В период проведения опытной промывки пневмогидроимпульсным способом была выбрана следующая цикличность подачи импульсов:

- Гидравлические: каждые 30 мин. – 5...6 импульсов.
- Пневматические: каждые 30 мин. – 10...15 импульсов.

Продолжительность промывки по каждому этапу - не менее 8 часов.

**Выводы об эффективности данного способа позволили сделать полученные результаты анализов в которых отмечено снижение удельной загрязненности поверхности более чем в 4 раза с 700 г/м<sup>2</sup> до 170 г/м<sup>2</sup>.**



## ...до очистки 708,65 г/м<sup>2</sup>

## ...после очистки 170,1 г/м<sup>2</sup>

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«Концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях»

(ОАО «Концерн Росэнергоатом»)  
Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
«СМОЛЕНСКАЯ АТОМНАЯ СТАНЦИЯ»

ХЦ ВХЛ

ПРОТОКОЛ № 19/12

анализа отложений из сливного маслопровода  
подшипника №5 ТГ-2 бл. №1 до очистки маслосистемы пневмо-  
гидроимпульсным способом

« 13 » февраля 2012 г.

Дата отбора: 08.02.2012

### 1. Визуальный осмотр:

Проба отложений отобрана с внутренней поверхности сливного маслопровода подшипника площадью ≈ 20 см<sup>2</sup> в районе смотрового стекла.

Отложения представляют собой неоднородную массу коричневого цвета, маслянистые.

### 2. Подготовка пробы:

Отложения хорошо растворяются в растворе соляной кислоты, разбавленной в соотношении 1:1 при нагревании.

### 3. НТД и средства измерения, используемые при выполнении анализа:

3.1 СТО 1.1.1.07.003.0252-2009 Стандарт организации. Лабораторный химический анализ водных сред АЭС с РБМК. Методики выполнения измерений;

РД ЭО 1.1.2.20.0005-2009 Типовая инструкция по выбору условий отбора водных сред и отложений;

РД ЭО 1.1.2.09.0006-2009 Лабораторный химический анализ отложений с теплообменного

оборудования АЭС с РБМК;

И-004-ХЦ Инструкция по анализу отложений с теплообменного оборудования САЭС.

### 3.2 Средства измерения:

- Спектрометр атомно-эмиссионный Optima 2100DV, дата следующей поверки декабрь 2012

### 4. Результаты химического анализа

№ пп	Наименование показателя	Результат анализа
1	Удельная загрязненность поверхности, г/м <sup>2</sup>	708,65
2	Потери при прокаливании (П.П.П.), %	53,08
3	Оксид кремния SiO <sub>2</sub> , %	1,63
4	Оксид железа Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	34,8
5	Оксиды кальция и магния (CaO + MgO), %	3,52
6	Оксид меди SiO, %	0,4
7	Оксид кобальта Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	0,002
8	Оксид никеля Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	0,04
9	Оксид марганца Mn <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , %	0,3
10	Оксид цинка ZnO, %	0,7
11	Оксид хрома Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	0,05

### 5. Выводы

Отобранные для химического анализа отложения состоят, в основном, из продуктов органического происхождения, продуктов коррозии железа, солей жесткости, оксида кремния.

Анализ выполнил: лаборант

Начальник ВХЛ  
Инженер ВХЛ

О.В. Сорокина  
Е.С. Слепканева

М.Г. Окулова  
И.Л. Зайцева

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«Концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях»

(ОАО «Концерн Росэнергоатом»)  
Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
«СМОЛЕНСКАЯ АТОМНАЯ СТАНЦИЯ»

ХЦ ВХЛ

ПРОТОКОЛ № 24/12

анализа отложений из сливного маслопровода  
подшипника №5 ТГ-2 бл. №1 после очистки маслосистемы  
пневмогидроимпульсным способом

« 24 » февраля 2012 г.

Дата отбора: 20.02.2012

### 1. Визуальный осмотр:

Проба отложений отобрана с внутренней поверхности сливного маслопровода подшипника площадью ≈ 20 см<sup>2</sup> в районе смотрового стекла.

Отложения представляют собой неоднородную массу коричневого цвета, маслянистые.

### 2. Подготовка пробы:

Отложения хорошо растворяются в растворе соляной кислоты, разбавленной в соотношении 1:1 при нагревании.

### 3. НТД и средства измерения, используемые при выполнении анализа:

3.1 СТО 1.1.1.07.003.0252-2009 Стандарт организации. Лабораторный химический анализ водных сред АЭС с РБМК. Методики выполнения измерений;

РД ЭО 1.1.2.20.0005-2009 Типовая инструкция по выбору условий отбора водных сред и отложений;

РД ЭО 1.1.2.09.0006-2009 Лабораторный химический анализ отложений с теплообменного

оборудования АЭС с РБМК;

И-004-ХЦ Инструкция по анализу отложений с теплообменного оборудования САЭС.

### 3.2 Средства измерения:

- Спектрометр атомно-эмиссионный Optima 2100DV, дата следующей поверки декабрь 2012

### 4. Результаты химического анализа

№ пп	Наименование показателя	Результат анализа
1	Удельная загрязненность поверхности, г/м <sup>2</sup>	170,1
2	Потери при прокаливании (П.П.П.), %	56,0
3	Оксид кремния SiO <sub>2</sub> , %	3,2
4	Оксид железа Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	25,4
5	Оксиды кальция и магния (CaO + MgO), %	5,24
6	Оксид меди SiO, %	0,6
7	Оксид алюминия Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	1,7
8	Оксид никеля Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	0,03
9	Оксид марганца Mn <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , %	0,2
10	Оксид цинка ZnO, %	1,1
11	Оксид хрома Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	0,05

### 5. Выводы

Отобранные для химического анализа отложения состоят, в основном, из продуктов органического происхождения, продуктов коррозии железа, солей жесткости, оксида кремния.

Анализ выполнил: лаборант

Начальник ВХЛ  
Инженер ВХЛ

О.В. Сорокина  
Е.С. Слепканева

М.Г. Окулова  
И.Л. Зайцева

**Эффективность ПГИс очистки:**

**Увеличение очищаемой площади сливных маслопроводов;**

**Снижение удельной загрязненности внутренней поверхности сливного маслопровода в 4 (!!!) раза.**

**Недостатки:**

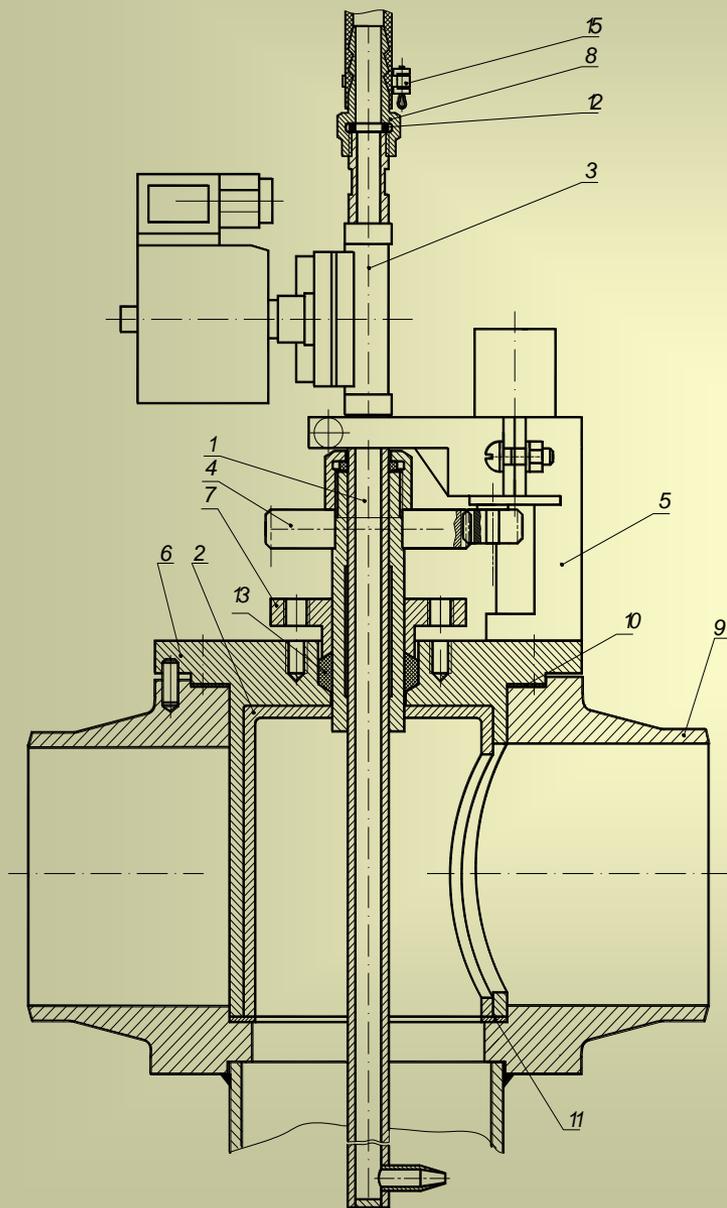
**Увеличение трудоемкости из-за необходимости проведения подготовительных работ;**

**Требуется присутствие ремонтного персонала для подачи импульсов и выполнения переходов по этапам промывки.**

**Пневмогидроимпульсный способ промывки более трудоемкий по сравнению с промывкой повышенным расходом или гидродинамическим способом, поскольку требует присутствия ремонтного персонала, обеспечивающего перестановку промывочных букс и подачу гидравлических и пневматических импульсов ручным методом.**

**С целью совершенствования эффективности и снижения трудоемкости пневмогидроимпульсного способа промывки разработаны автоматические промывочные устройства (АПУ), обеспечивающие автоматическую подачу гидравлических и пневматических импульсов в промываемые контуры.**

## Пути автоматизации ПГИс очистки



- 1 – воздуховод
- 2 – бруска поворотная
- 3 – клапан соленоидный
- 4 – цилиндрическая зубчатая передача
- 5 – мотор-редуктор с держателем
- 6 – бруска основная
- 7 – грундбруска
- 8 – штуцер
- 9 – корпус бруска штатной
- 10, 11, 12 – прокладка
- 13 – сальниковая набивка

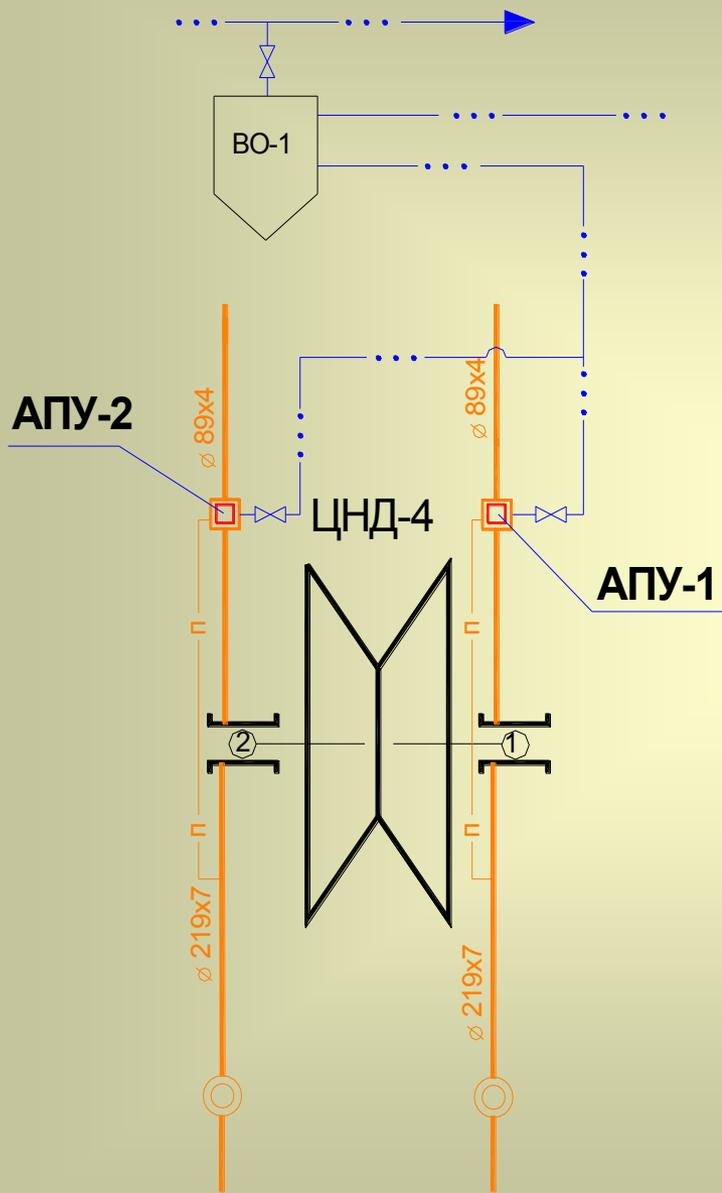


**В основу автоматического промывочного устройства положена промывочная букса доработанная с учетом, выявленных в период проведения опытных промывок, недостатков.**

**Автоматическая подача гидравлических импульсов осуществляется посредством мотор-редуктора, соединенного через цилиндрическую зубчатую передачу с поворотной буксой.**

**Автоматическая подача пневматических импульсов производится с помощью соленоидного клапана, установленного на воздуховоде.**

**Управление электрифицированным оборудованием (ротор-редуктором и соленоидным клапаном) осуществляется посредством программируемых логических контроллеров, которые позволяют программно задавать периодичность и продолжительность подачи гидравлических и пневматических импульсов в промываемые контуры.**



**Схема организации одного цикла ПГис очистки по двум контурам с применением автоматических промывочных устройств (АПУ)**

**Таким образом, применение автоматических промывочных устройств позволяет в значительной степени совершенствовать эффективность пневмогидроимпульсного способа очистки маслопроводов систем маслоснабжения турбоагрегата и снизить число отказов САРЗ, связанных с нарушениями в работе регуляторов скорости из-за неудовлетворительного качества масла.**

**Конечно, по окончании пневмогидроимпульсной промывки, необходимо выполнить очистку масла с помощью штатного или переносного маслоочистительного оборудования или произвести его полную замену.**

# Переносное маслоочистительное оборудование

## Центробежные сепараторы

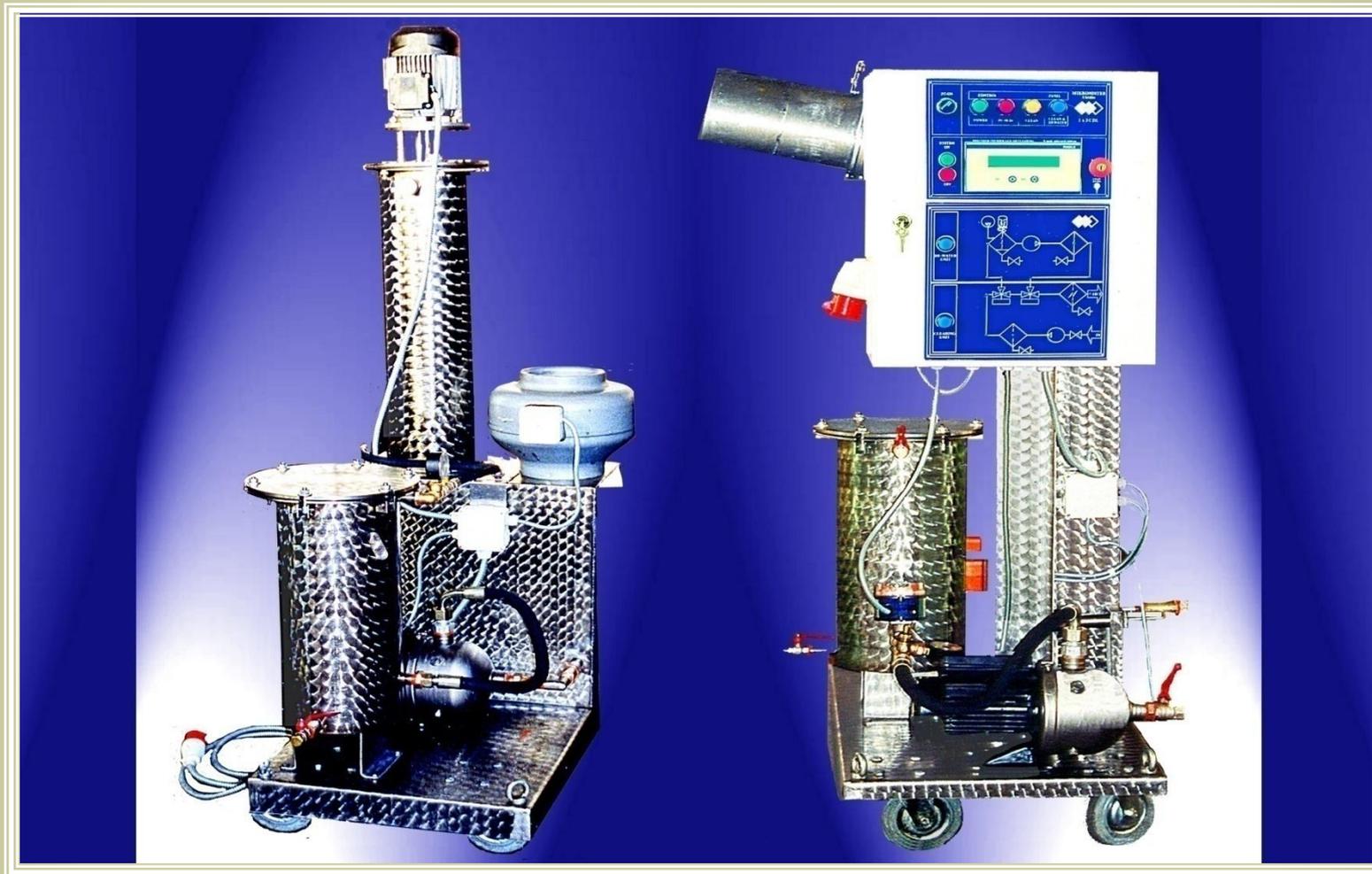
**СОГ-933КТ1**



**ОСМ**



## Установки электроочистки ФОДЖ 200



**Наиболее целесообразно производить очистку пневмогидроимпульсным способом в период капитальных ремонтов турбоагрегатов или перед плановой заменой масла.**

**Благодарю за внимание!**

**Прошу задавать вопросы...**