



РОСЭНЕРГОАТОМ
**НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС**

**СИПО на блоке НВАЭС-6.
Текущее состояние дел и рекомендации по развитию системы**

**Докладчик: Начальник смены АЭС 4 очереди НВАЭС
Тучков Максим Юрьевич**

Реализация СИПО

- С 2014 г. на площадке НВАЭС-2 ведутся работы по разработке и внедрению СИПО.
- В работе участвует ООО «ИФ СНИИП АТОМ» совместно с Нововоронежской АЭС-2
- Программное обеспечение СИПО реализовано на базе ПО «Крузиз».

Функции СИПО

В соответствии с «Описанием автоматизируемых функций СИПО АЭС-2006 Нововоронежской АЭС-2 Энергоблок №1,2» 59085090.400.033.ПЗ.03 выделены основные функции СИПО:

- Автоматизированное определение режима энергоблока (уровня ГЭЗ)
- Определение состояния энергоблока (работа на мощности, выход на МКУ, горячее состояние...)
- Автоматический выбор уставок сигнализации в зависимости от текущего состояния энергоблока
- Подавление вторичной сигнализации
- Контроль эксплуатационных пределов и условий эксплуатации
- Контроль пределов и условий безопасной эксплуатации
- Мониторинг состояния основного оборудования энергоблока и СБ.
- Контроль автоматического управления оборудованием
- **Прогнозирование состояния энергоблока в режимах НЭ (с помощью модели энергоблока)**

Функции СИПО

- **Реакция на сигнал**
- **Представление оперативному персоналу интерактивных инструкций по процедурам пуска/останова энергоблока, автоматизированное формирование оперативных журналов.**
- Представление оперативному персоналу интерактивных инструкций по процедурам ввода/вывода оборудования, регламентных проверок, опробований и испытаний.
- Представление оперативному персоналу электронного интерактивного аналога процедур по ликвидации нарушений нормальной эксплуатации и управлению авариями в соответствии с ИЛН, ИЛА, РУЗА, РУТА
- **Рекомендации по оптимизации управления технологическим процессом**

Проведение ПНР блока №6 НВАЭС

Проверка динамической устойчивости на модели блока:

- отключение 1-го ПЭН из 4-х работающих и не включение резервного;
 - отключение 2-х ПЭН из 4-х работающих и не включение резервного.
-
- ✓ Результаты совпали с расчетами динамической устойчивости полученными АО «ВНИИАЭС».
 - ✓ Внесены изменения в алгоритмы.
 - ✓ СИПО применяется при ПНР энергоблока №7.

СИПО

- В рамках этой работы создан ряд приложений для контроля безопасного выполнения работ и оптимизации временных затрат.
- Рассмотрим некоторые из них:
 - интерактивные процедуры,
 - интерактивные инструкции,
 - интерактивные карты действий.

Интерактивные процедуры

Интерактивные процедуры - приложение ПО «Круиз», предназначенное для поддержки оператора в пошаговом проведении программ пуска/останова блока и других многоэтапных мероприятий.

Позволяют:

- заменить бумажную документацию;
- снизить информационную нагрузку на оператора;
- ускорить сбор достоверной информации;
- производить автоматическую обработку информации с выдачей заключения о готовности к производству переключений.

Функционал программы ИП

- программная проверка возможности начала и завершения выполнения шагов процедуры по условиям;
- фиксация времени выполнения шагов процедуры;
- ручное изменение статуса шага (не выполнен/выполнен);
- динамическое отображение значений параметров, которые требуется контролировать в текущий момент;
- создание печатной копии протокола.



Интерактивная процедура пуска блока

The screenshot shows a software window titled "Интерактивные процедуры" (Interactive Procedures). The main content is a structured procedure for increasing the power of a power block. The title bar of the window includes standard OS icons and the text "Интерактивные процедуры".

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УВЕЛИЧЕНИЯ МОЩНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКА № 1 НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС-2.
NW20.E.058.1.0UJA&&.JA&&.020.PZ.0025.
Программа отражает этап набора мощности энергоблока в состоянии РУ «Работа на мощности».

Карта готовности перед увеличением мощности энергоблока

Технологические ограничения при увеличении мощности энергоблока.

УВЕЛИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКА ДО 100% N_{НОМ}

1. Подготовка к увеличению мощности РУ.

1.1. **Сопольев Б.Л.** 2018-09-09 09:17 **НСБ**
Дряхленков М.Б. 2018-09-09 09:18 **НС АЭС 4 оч.**

ПРОВЕРИТЬ наличие задания ГИ (ЗГиэ 4оч.), ДДАЭС на увеличение мощности энергоблока при нахождении РУ в состоянии «работа на мощности» в журнале сменных заданий НСБ (распоряжение ДДАЭС по оперативной связи).
Место выполнения - БПУ 10UBV13R011.

1.2. **Дряхленков М.Б.** 2018-09-09 09:18 **НС АЭС 4 оч.**

ПОЛУЧИТЬ разрешение от ДДАЭС на нагрузку блока. Согласовать с ДДАЭС время начала и окончания нагрузки.
Место выполнения - БПУ 10UBV13R011.

1.3. **Иванов А.В.** 2018-09-09 09:19 **НС РЦ-6**
НСБ

ПРОВЕРИТЬ выполнение условий, разрешающих увеличение мощности РУ.

- В работе не менее двух ГЦНА.
- Давление в первом контуре (16,2 ± 0,3) МПа.
- Средняя температура теплоносителя первого контура ≥ 280 °С.
- Уровень в КД = L_{НОМ} ± 0,15 м.
- Уровень в ПГ = H_{НОМ} ± 0,05 м.
- Давление в ПГ = (7,00 ± 0,1) МПа.

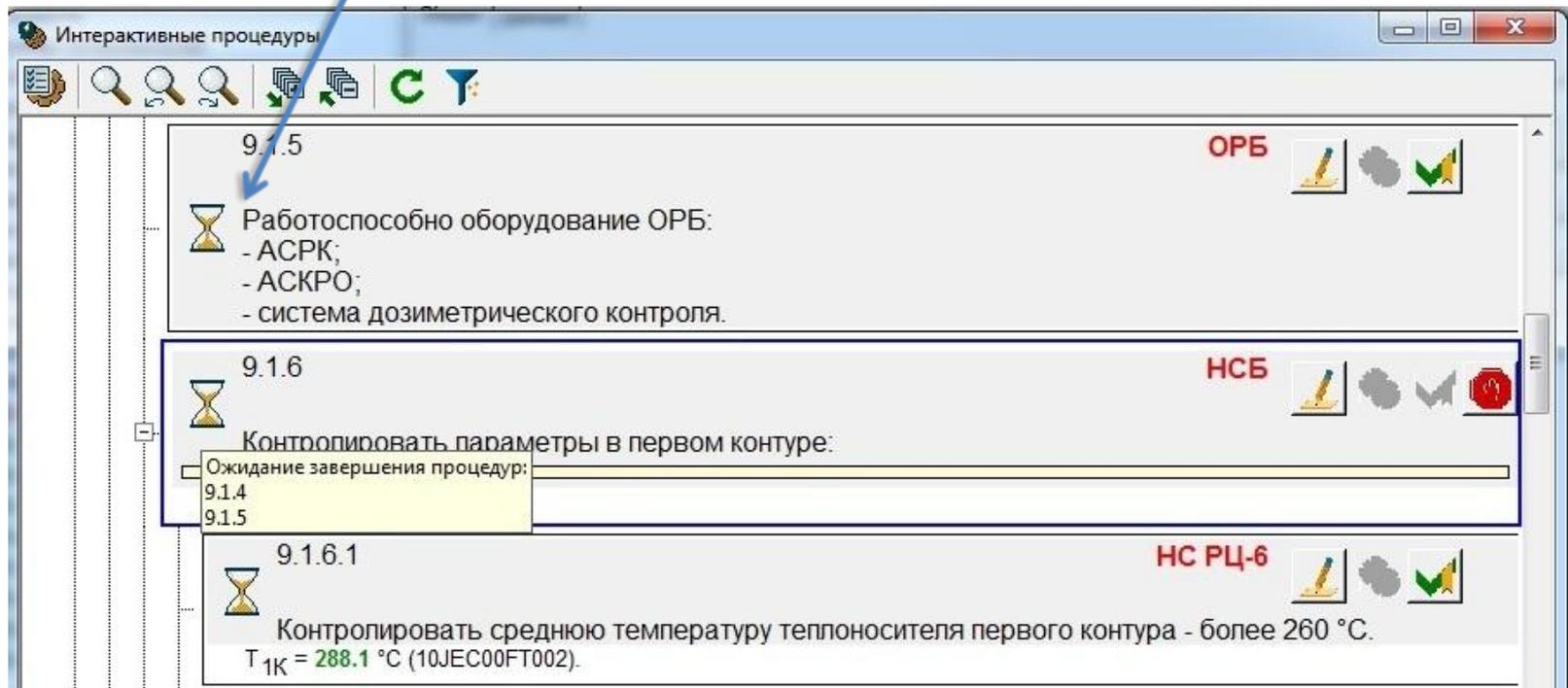
Место выполнения - БПУ 10UBV13R011.

ГЦНА-1 **ВКЛ** ; ГЦНА-2 **ВКЛ** ; ГЦНА-3 **ВКЛ** ; ГЦНА-4 **ВКЛ** .
Р1к = 15.95 МПа.
Т_{1К} = 311.69 °С.
Уровни:
- L_{КД} = 8.03 м. см. Приложение 7. ИЭ. РУ.
- L_{ПГ} = 3.70 м. см. Приложение 7. ИЭ. РУ.

IvanovAV

Интерактивная процедура пуска блока

Программа проверяет подтверждены ли предыдущие шаги



Интерактивная процедура пуска блока

При подтверждении отображается логин пользователя, дата и время подтверждения.

Об успешно проведённых проверках программа сообщает изменением значка состояния шага.

Интерактивные процедуры

9.1.6 НСБ

Контролировать параметры в первом контуре:

см. параметры.

9.1.6.1 Иванов А.В. 2018-09-14 10:32 НС РЦ-6

Контролировать среднюю температуру теплоносителя первого контура - более 260 °С.
Т_{1к} = 310.9 °С (10JEC00FT002).

9.1.6.2 НС РЦ-6

Контролировать давление в первом контуре - (16,2 ± 0,3) МПа.
Р_{1к} = 15.90 МПа (10JAA10CP903).

9.1.6.3 НС РЦ-6

КД находится в паровом режиме. Контролировать уровень в КД (5100 ± 150) мм.
L_{КД} (10JEF10FL003) = 7.99 м.
Р_{КД} (10JEF10CP001) = 15.76 МПа. Т_{КД} (10JEF10СТ909) = 346.9 °С.

9.1.6.4 НС ТЦ-6

Контролировать давление в ПГ (на выходе из коллектора пара ПГ) - (4,7 + 6,8) МПа;
Давление:
- Р_{ПГ1} = 6.88 МПа (10JEA10CP001); - Р_{ПГ2} = 6.89 МПа (10JEA20CP001);
- Р_{ПГ3} = 6.90 МПа (10JEA30CP001); - Р_{ПГ4} = 6.88 МПа (10JEA40CP001).

9.1.6.5 НС ТЦ-6

Контролировать уровень в ПГ (Нном ± 50) мм.
Уровни:
- L_{ПГ1} = 2.69 м (10JEA10CL902); - L_{ПГ2} = 2.71 м (10JEA20CL902);
- L_{ПГ3} = 2.70 м (10JEA30CL902); - L_{ПГ4} = 2.70 м (10JEA40CL902).

9.1.6.6 НС РЦ-6

Не менее двух ГЦНА в работе.
ГЦНА-1 ВКЛ ; ГЦНА-2 ВКЛ ;
ГЦНА-3 ВКЛ ; ГЦНА-4 ВКЛ .

9.1.6.7 НС РЦ-6

На все ГЦНА подана охлаждающая вода промконтура. На все ГЦНА подана уплотняющая вода.
Производится отмывка концевых ступеней уплотнений всех ПГНА

IvanovAV

Интерактивная процедура пуска блока

Для контроля основных параметров на протяжении длительных этапов в правой части экрана предусмотрено окно с заготовленным под каждый этап перечнем технологических параметров.

(Нововоронежская АЭС, Блок 6, АРМ2) (3.6.3.2) - ЭТАП 1. С7. Контроль параметров

Файл Вид

N_{AK3}	9.55e+01 %	P_{IK}	15.9 МПа
ПЕРИОД	999.0 °C	P_{KD}	15.8 МПа
РЕАКТИВНОСТЬ	0.0	wP_{IK}	0.0 МПа/мин
$C_{H_2VO_3}$	4.27 г/кг	wT_{IK}	-0.19 °C/ч

$T_{CP\ IK}$	310.1 °C	$T_{KP\ P} - T_{ГН1}$	4.4 °C	$T_{S1K} - T_{S2K1}$	61.7 °C
T_{KD}	346.9 °C	$T_{KP\ P} - T_{ГН2}$	1.9 °C	$T_{S1K} - T_{S2K2}$	61.7 °C
$T_{KD} - T_{IK}$	36.8 °C	$T_{KP\ P} - T_{ГН3}$	3.4 °C	$T_{S1K} - T_{S2K3}$	61.9 °C
$T_{ГЦТ} - T_{ПОДП}$	41.3 °C	$T_{KP\ P} - T_{ГН4}$	2.2 °C	$T_{S1K} - T_{S2K4}$	62.4 °C
$T_{KD\ ВЕРХ} - T_{KD\ НИЗ}$	4.6 °C	$T_{IK} - T_{КОРП}$	54.1 °C	$T_S - T_{IK}$	21.47 °C
$T_{IK} - T_{ПВ}$	87.0 °C				

РАСХОДЫ

ПРОДУВКА	30.8 м³/ч
ПОДПИТКА	37.2 м³/ч

УРОВНИ В БАКАХ, м

ДП	2.8 м	10KBB10BB001	3.2 м
БАРБОТЕР	1.79 м	10KBB10BB002	2.1 м
КД	7.80 м	10KBC16BB001	6.0 м
	12.85 м	10KBC17BB001	5.2 м
		ЩР ВКУ	11.4 м
		ЩР БЗТ	11.3 м
		11JND10BB001	4.6 м
		12JND20BB001	4.5 м
		11FAK14BB001	2.3 м
		12FAK24BB001	2.5 м

ПГ	10JEA10 AC001	10JEA20 AC001	10JEA30 AC001	10JEA40 AC001
P , МПа	6.79	6.83	6.84	6.83
L , м	2.70	2.69	2.72	2.69
$T_{КОРП}$, °C	275.5	273.3	275.2	275.1
$T_{ВЕРХ} - T_{НИЗ}$	4.1	-3.2	3.6	0.8
$T_{ПВ}$, °C	0.0	0.0	228.5	0.0
$T_{КОРП} - T_{ПВ}$	53.3	49.8	52.4	52.1

ГЕ САОЗ	10JNG50 BB001	10JNG60 BB001	10JNG70 BB001	10JNG80 BB001
$C_{БОР}$, г/кг	17.3	18.5	17.3	19.3
P , МПа	5.90	5.88	5.96	5.89
L , м	7.31	7.34	7.39	7.35
T , °C	62.5	60.2	63.0	61.2

ГЕ СПЗАЗ	11JNG10 BB001	11JNG10 BB002	11JNG20 BB001	11JNG20 BB002	12JNG30 BB001	12JNG30 BB002	12JNG40 BB001	12JNG40 BB002
$C_{БОР}$, г/кг	16.7	16.5	17.3	17.1	17.7	17.8	17.5	18.2
$T_{СРЕД}$, °C	53.3	54.3	54.9	52.4	0.0	51.2	52.4	52.5
L , м	9.77	9.77	9.79	9.78	9.77	9.77	9.51	9.74
$T_{КОРП}$, °C	53.4	54.1	54.8	52.6	51.5	51.1	52.5	52.3

БАСЕЙН ВЫДЕРЖКИ

T , °C	32.1	0.0
$C_{БОР}$, г/кг	-5.0	-5.0
L , м	19.0	19.0

БОРНЫЙ КОНЦ

10KBC40 BB001	43.6	10KBC40 BB002	45.0
	5.85		6.52

ПОЛОЖЕНИЕ ГРУПП ОР СУЗ, %

1 гр.	103	3 гр.	103	5 гр.	103	7 гр.	103	9 гр.	103	11 гр.	103
2 гр.	103	4 гр.	103	6 гр.	103	8 гр.	103	10 гр.	103	12 гр.	87

8. РАЗОГРЕВ	9.7. ВЗВОД ОР СУЗ	10. РАБОТА НА МОЩНОСТИ I_{IK}	ОФСЕТ	ПРИЛ. 4	ПРИЛ. А
9. ПУСК РЕАКТОРА	9.8. ВОДООБМЕН	10. РАБОТА НА МОЩНОСТИ P_{IK}	УСТАВКИ АЗ	ПРИЛ. 6	ПРИЛ. Б
				ПРИЛ. 7	ГРАФИКИ

10KBC40CQ001_XQ01; Q БОР.К 10KBC40BB001 0-50 Г/л [неизвестно] SolovevBL Динамика



Интерактивная процедура пуска блока

Дополнительный функционал Интерактивной процедуры пуска блока представлен в приложениях:

- содержат активные ссылки на ИЭ РУ, ТРБЭ;
- возможность вывести справку по точке контроля, которая содержит значения уставок требуемой переменной;
- графики с диапазоном уставок для каждого состояния энергоблока;
- возможность заблокировать шаг в процессе выполнения процедуры с указанием причины;
- вносить заметки к шагам (№акта и т.д.).

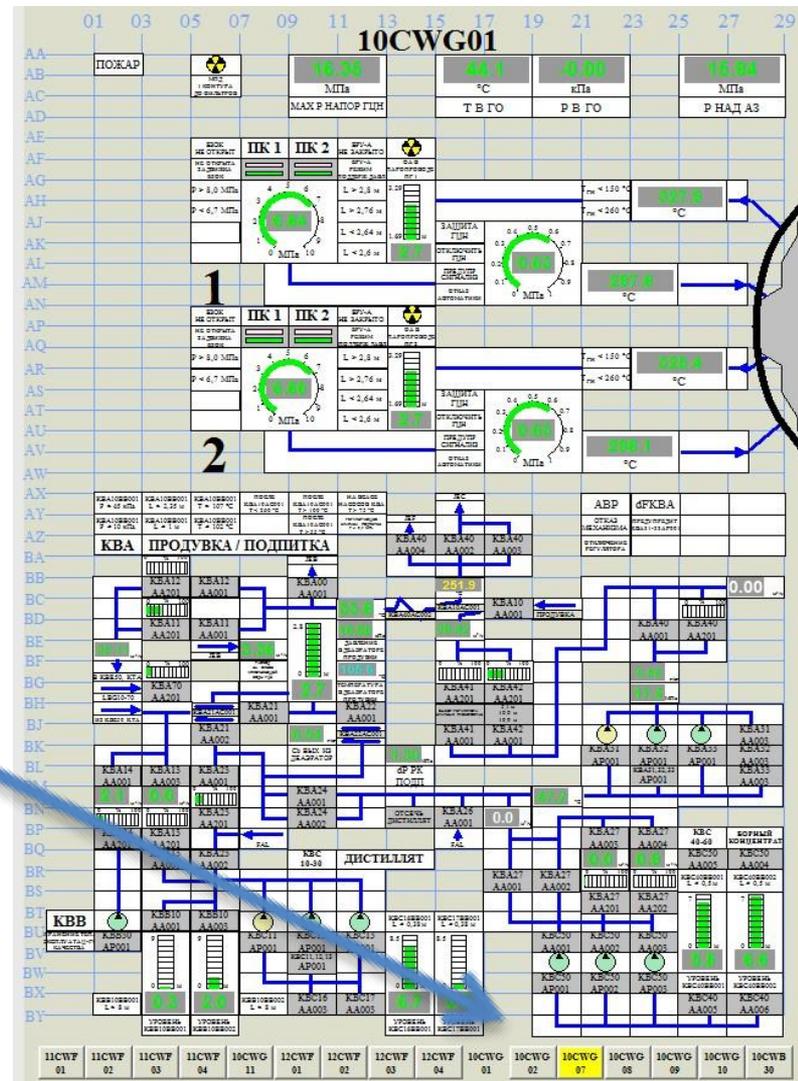
Интерактивные карты действий (ИКД)

В соответствии с ГОСТ Р МЭК 62241-2012 должны быть предусмотрены процедуры реакции на сигнал.

ИКД - приложение для анализа протекания технологического процесса, снижающее нагрузки на оператора в ситуациях с ограниченным временем принятия решения.

Интерактивные карты действий

При срабатывании табло сигнализации на какой-либо панели БПУ кнопка перехода на видеоквадр панели окрашивается в ярко-жёлтый цвет.



Интерактивные карты действий

Карта содержит описание возможных причин срабатывания сигнализации и действия оператора по устранению.

Панель: 10CWG07	Табло: AF03	L > + 0,1 м
УРОВЕНЬ В ПГ-1 БОЛЬШЕ НОМИНАЛЬНОГО НА 0,1 М.		
Возможные причины:		Действия персонала:
Открытие РУ ПГ 10LAB30(31)AA201 по УП. 	Неисправность технических средств формирования сигнала.	<p>1. Перевести неисправный РП ПГ 10LAB30(31)AA201 в режим «ДУ» и воздействием на закрытие восстановить номинальный уровень в ПГ. ВИУТ</p> <p><i>ЛПГ1 = 2.69 м. см. ВК LAB00., см. ВК LAB30-60.</i></p> <p>ОРУ: 10LAB30AA201 АВТ, 62.7 %.</p> <p>ПРУ: 10LAB31AA201 АВТ, 26.7 %.</p>
		<p>2. Вызвать персонал ЦТАИ для устранения неисправности регулятора. НСБ</p>

Интерактивные карты действий

Работа по карте ведётся последовательно по пунктам.

Панель: 10CWG07	Табло: AF03	L > + 0,1 м
УРОВЕНЬ В ПГ-1 БОЛЬШЕ НОМИНАЛЬНОГО НА 0,1 М.		
Возможные причины:		Действия персонала:
Открытие РУ ПГ 10LAB30(31)AA201 по УП. 	1. При отсутствии замечаний по п.1 дать задание НС ЦТАИ осмотреть технические средства формирования сигнала, определить и устранить неисправность.   НСБ	
Неисправность технических средств формирования сигнала. 	2. Контролировать снятие сигнала «L > + 0,1 м».  НСБ	

Функционал программы ИКД

- проверка возможности начала и завершения выполнения шагов;
- фиксация времени выполнения;
- ввод замечаний пользователя;
- ручное изменение статуса шага;
- отображение значений параметров, которые требуется контролировать в текущий момент;
- создание печатной копии протокола.

Интерактивные приложения

- помогают управлять энергоблоком и планировать дальнейшие действия;
- помогают быстро оценивать ситуацию в условиях быстро протекающих процессов;
- помогают наладить совместную работу различных цехов.

Выводы

Интерактивные приложения - это один из первых шагов в сторону внедрения безбумажных технологий для оперативного персонала БПУ.

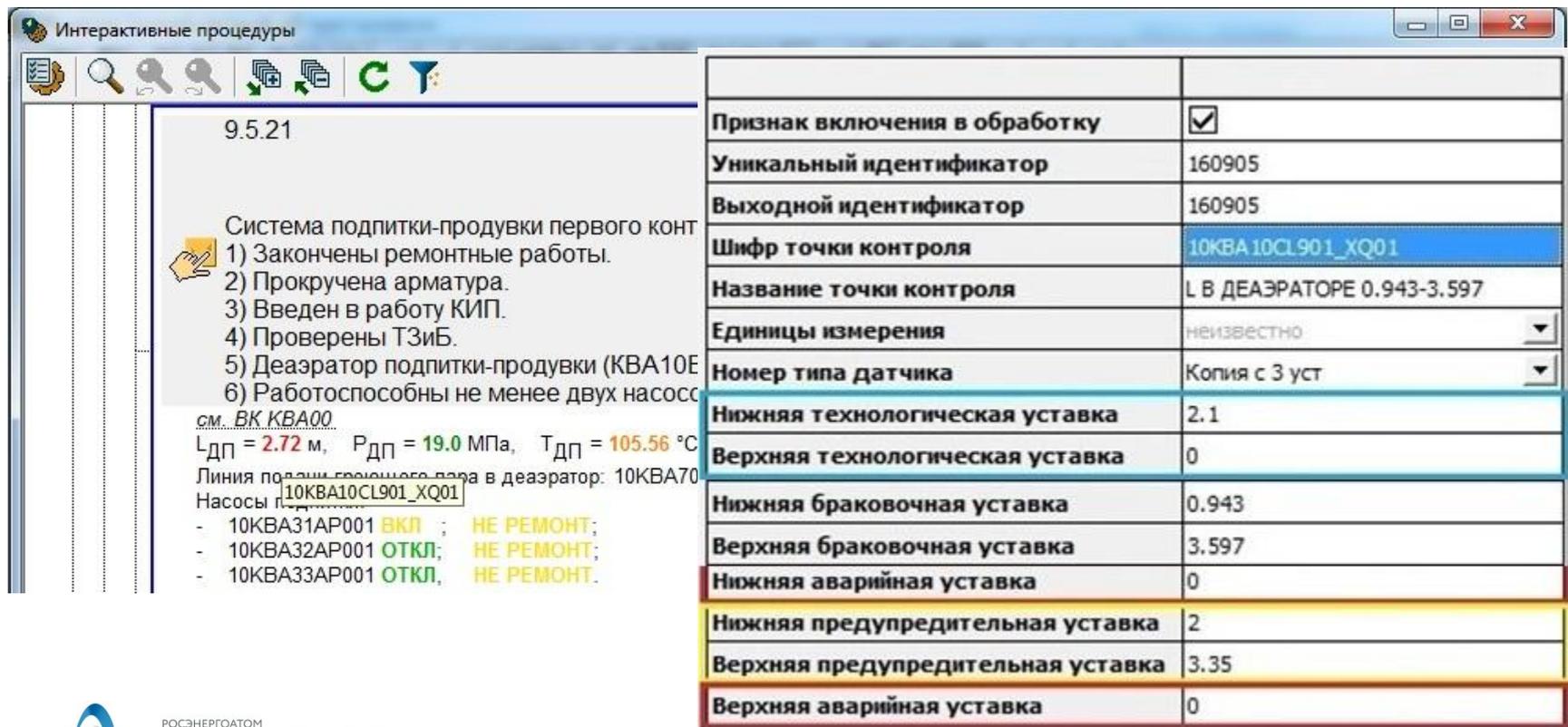


Спасибо за внимание!

Приложения

Интерактивная процедура пуска блока

В программе можно вывести справку по точке контроля, которая содержит значения уставок требуемой переменной, или построить график.



The screenshot displays the 'Интерактивные процедуры' (Interactive Procedures) software interface. On the left, a control point '9.5.21' is selected, showing a list of completion steps and technical parameters. On the right, a table provides detailed setpoint values for various control parameters.

9.5.21
Система подпитки-продувки первого конт
1) Закончены ремонтные работы.
2) Прокручена арматура.
3) Введен в работу КИП.
4) Проверены ТЗиБ.
5) Деаэратор подпитки-продувки (КВА10Е
6) Работоспособны не менее двух насосс
см. ВК КВА00.
Lдп = 2.72 м, Рдп = 19.0 МПа, Тдп = 105.56 °С
Линия подачи греющего пара в деаэратор: 10КВА70
Насосы п. 10КВА10СL901_XQ01
- 10КВА31АР001 ВКЛ; НЕ РЕМОНТ;
- 10КВА32АР001 ОТКЛ; НЕ РЕМОНТ;
- 10КВА33АР001 ОТКЛ; НЕ РЕМОНТ.

Признак включения в обработку	<input checked="" type="checkbox"/>
Уникальный идентификатор	160905
Выходной идентификатор	160905
Шифр точки контроля	10КВА 10СL901_XQ01
Название точки контроля	L В ДЕАЭРАТОРЕ 0.943-3.597
Единицы измерения	неизвестно
Номер типа датчика	Копия с 3 уст
Нижняя технологическая уставка	2.1
Верхняя технологическая уставка	0
Нижняя браковочная уставка	0.943
Верхняя браковочная уставка	3.597
Нижняя аварийная уставка	0
Нижняя предупредительная уставка	2
Верхняя предупредительная уставка	3.35
Верхняя аварийная уставка	0

Интерактивная процедура пуска блока

Внимание!

При подъёме мощности РУ должно находиться в регламенте. Для корректировки положения водообмен I контура с целью [см. Прил. 4 ИЭРУ](#).
 $N_p = 37.48\%$ (10JKS00FU901_XQ02).

10.5.31

Выполнить предварительную мощность, выполненного по з при мощности реактора (30 → тепловой мощностью СВРК до $N_p = 38.55\%$ (по параметрам теплонос Рабочая программа корректировки по NW20.E.058.1.0UJA&&.JKT&&.091.PZ.0

10.5.32

Выполнить испытания ТА пер турбины, проверка плотности С. Сделать соответствующие за СКР ВРЩ POT = 1000 об/мин (10MAX5 ИЗ ТА NW20.E.058.1.0 UMA&&.MA&&

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.
ДОПУСТИМЫЕ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ГРУППЫ ОР СУЗ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОЩНОСТИ РЕАКТОРА В СТАЦИОНАРНЫХ СОСТОЯНИЯХ ЭНЕРГОБЛОКА.

Интерактивная инструкция - Регламент

Приложение 4
Нормы химического состава воды 1-го и 2-го контуров в различных режимах работы

1 Нормы водно-химического режима первого контура, систем, связанных с первым контуром, и требования к качеству растворов борной кислоты систем безопасности

1.1 Общие положения

1.1.1 В первом контуре при работе энергоблока на мощности должен применяться слабощелочной восстановительный координированный аммиачно-калийный водно-химический режим с борной кислотой.

1.1.2 Водно-химический режим первого контура должен обеспечивать следующие функциональные требования:

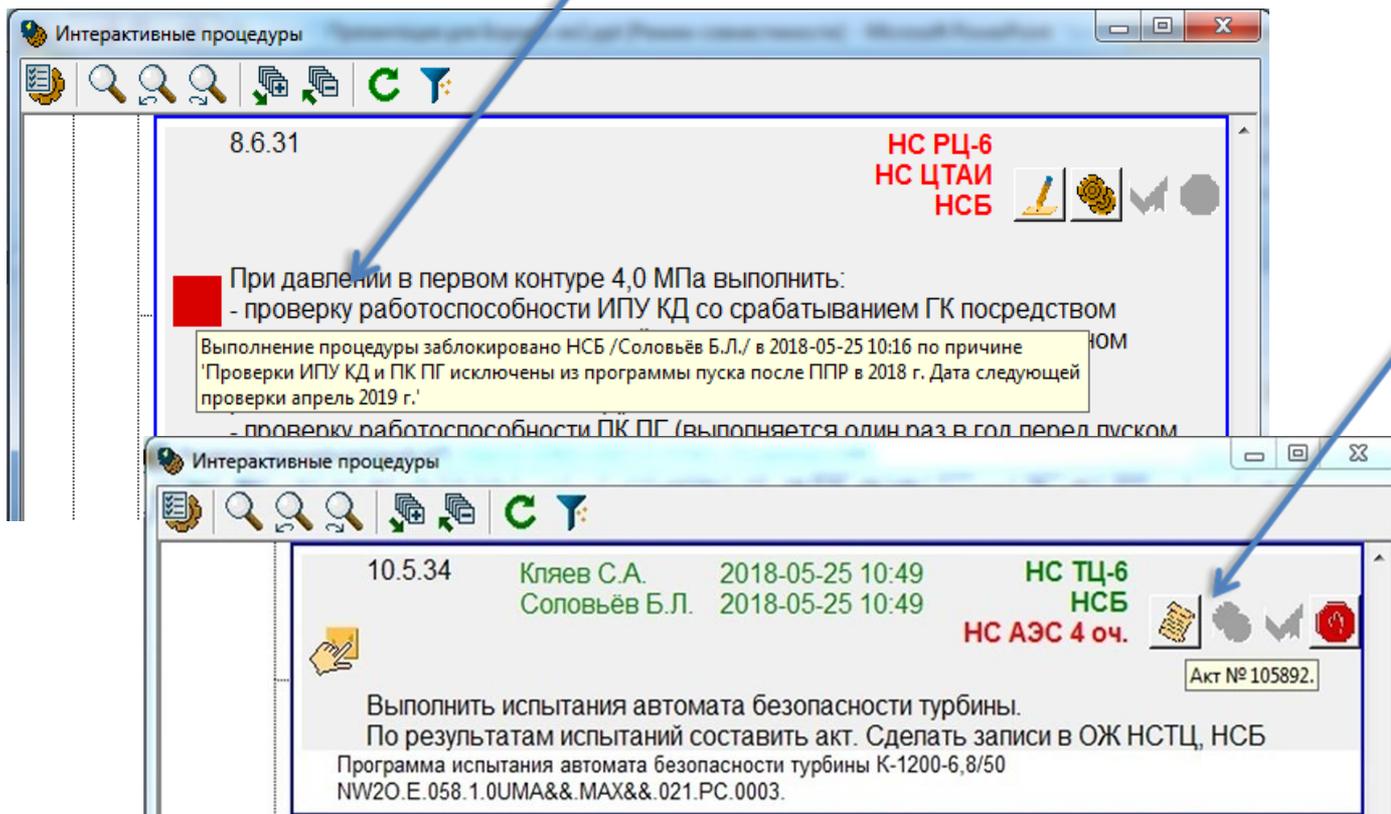
- подавление образования окислительных продуктов радиолитического распада при работе на мощности;
- коррозионную стойкость конструкционных материалов оборудования и трубопроводов в течение проектного срока службы энергоблока;
- минимизацию отложений на поверхностях тепловыделяющих элементов активной зоны реактора и теплообменной поверхности парогенераторов;
- минимизацию накопления активированных продуктов коррозии.

1.1.3 Подавление образования окислительных продуктов радиолитического распада обеспечивается поддержанием концентрации водорода в пределах допустимого диапазона посредством непрерывного или периодического дозирования аммиака, радиолитически разлагающегося с образованием водорода и азота.

Интерактивные процедуры содержат активные ссылки на ИЭ РУ, ТРБЭ

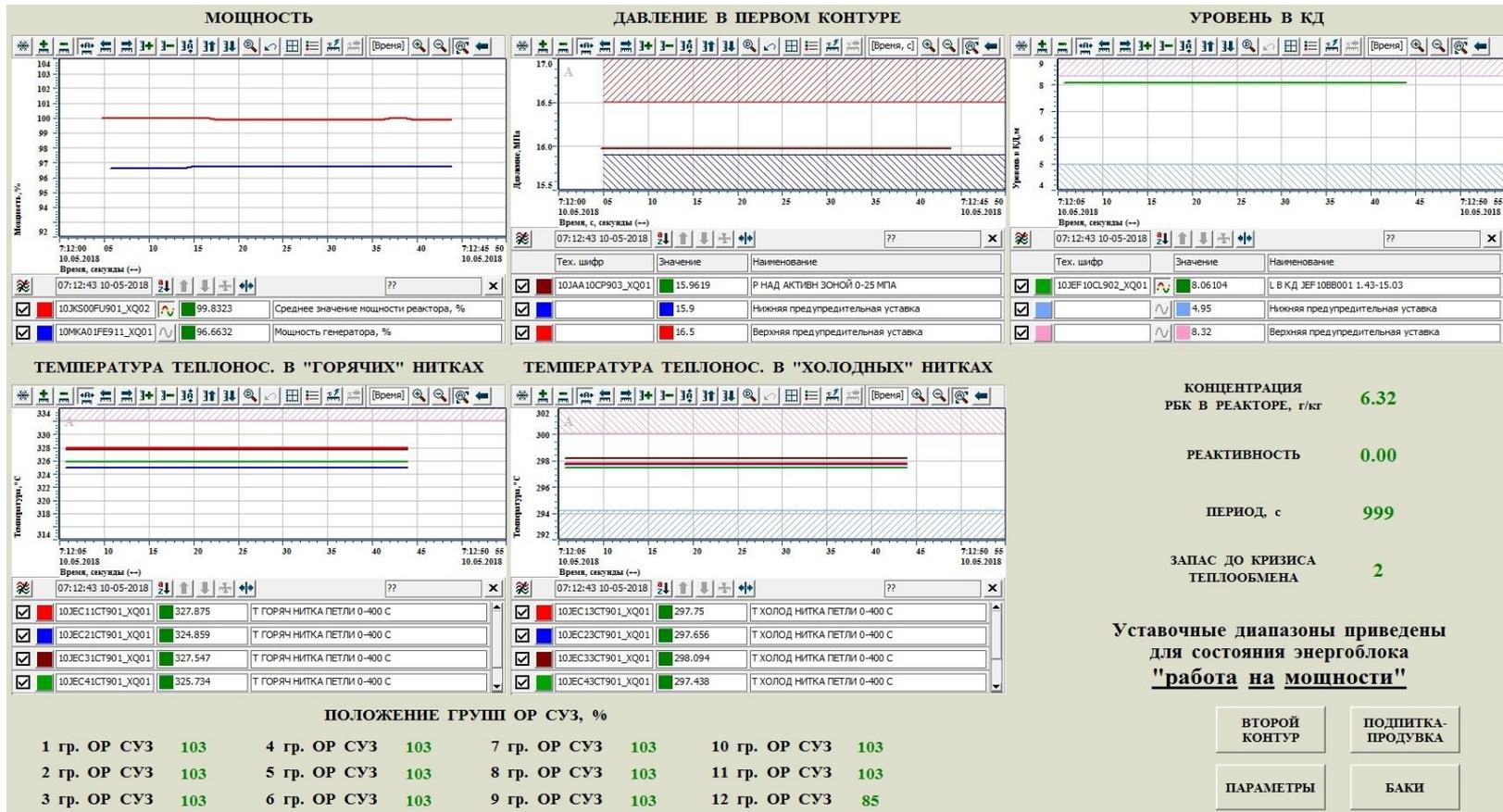
Интерактивная процедура пуска блока

Шаг можно заблокировать в процессе выполнения процедуры с указанием причины.



Заметка

Интерактивная процедура пуска блока



На графиках приведены диапазоны уставок для каждого состояния энергоблока

Интерактивная процедура пуска блока

Интерактивные процедуры содержат ссылки мгновенного перехода на актуальные графики

Интерактивные процедуры

10.4
Технологические ограничения к этапу 3.

10.5
Перевод блока в состояние «Работа на энергетическом уровне мощности».

[см. парам. /к.](#), [см. парам. //к.](#)
[см. граф. /к.](#), [см. граф. //к.](#), [см. граф. КВА](#), [баковое хоз.](#)

10.5.1 Соловьёв Б.Л. 2018-05-22 17:15 НСБ
 Дряхленков М.Б. 2018-05-22 17:15 НС АЭС 4 оч.

Проверить наличие задания ГИ (ЗГИз 4 оч.) на перевод РУ из состояния «Выход на МКУ» в состояние «Работа на мощности».

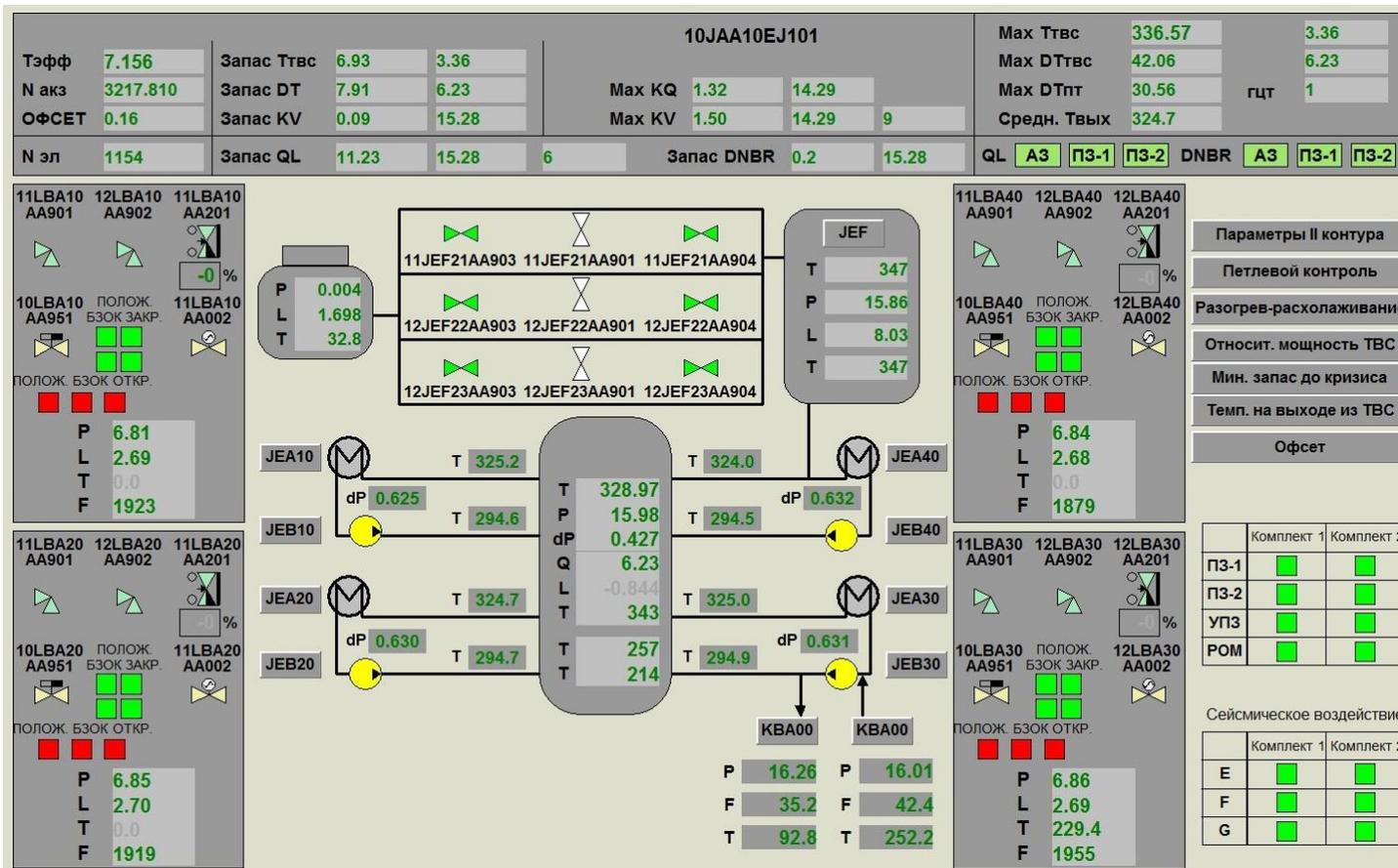
10.5.2 Дряхленков М.Б. 2018-05-22 17:15 НС АЭС 4 оч.

Получить разрешение от ДД АЭС на включение в сеть ТГ. Согласовать с ДД АЭС время включения в сеть и график дальнейшей нагрузки блока.

10.5.3 ИФ ОЯБ
 ВИУР
 НС РЦ-6

С помощью программы ИР выполнить расчетное моделирование увеличения мощности реактора, уточнить алгоритм управления.
Определить оптимальную фазовую траекторию на офсет - мощностной диаграмме.
[см. офсет-мощностную диаграмму.](#)

Интерактивная процедура пуска блока



Для контроля состояния систем, введены ссылки мгновенного перехода на видеокадры.