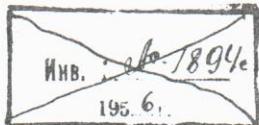


ЧС Бирюса 6/5-47.



Бирюса  
С. Величков

## ДОКЛАД

на научно-техническом Совете 13/X-1954г.

### О РАБОТЕ АЭС

#### 1. Результаты работы АЭС

а/ за прошедший, после первого сообщения о работе АЭС, период с 22 июля по 12 октября е/г т.е. за 2,5 месяца АЭС работала на паровом режиме на разных уровнях мощности всего 685 часов, в том числе:

на мощности до 20%	- 34 часа
-"-	Р = 45% - 275 часов
-"-	Р = 50+55% - 316 часов
-"-	Р = 65% - 23 часа
и -"-	Р = 75% - 108 часов (на 13/X-11ч)

б/ за указанное время выработано тепловой энергии 10.000.000 мгкал, 14.500 тн. пара, более 1900.000 квтч электрозергии на генераторе.

А всего АЭС выработала около 2,8 млн. квтч. электроэнергии.

Всего с начала работы установка проработала 1500 часов или 36 эффективных суток, приведенных к 100% мощности.

в/ Всего установка не работала 960 часов, из них:

На ПИР 700 часов / в т.ч. замена каналов СУЗ 500 час./ и экспериментальные работы.

Остановка аппарата кроме ППР /вынужденные остановки/ за весь период работы установки характеризуются следующими данными:

Длительные остановки  
( более 4 часов каждая )

Назначение и причины остановок	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь до 12/X.:
Всего остановок /кол/	8	1	-	-
Продолжительность прос- той /час./	176	9	-	-
<u>По причинам :</u>				
a/ течь дроссельных устройств;	4	-	-	-
б/ другие течи на ап- парате;	3	-	-	-
в/ неисправность при- бора;	1	-	-	-
г/ прочие причины	-	1	-	-

Короткие остановки

Месяц	Всего остан.: Колич.	Часы	По причинам (количество)			
			A3 от превыш: мощн. 1/ложн.	A3 от CPB и ПРВ работа защиты/	Прочие сниж. уров. в компен:	причин давл. на выходе/
Июль	8	9	1	5	1	1
Август	24	15	1	17	-	6
Сентябрь	2	1	-	1	-	1/ давл. на выходе/
Октябрь - до 12/X.	1	0,5	1/ложн. работа защиты/	-	-	-

Как видно из приведенных цифр, резко сократились остановки по сигналам АЗ и установка в сентябре и октябре месяцах работает значительно устойчивее и "цикл" ее работы стал продолжительнее. Это наглядно видно на графике, который перед вами выведен (показать и рассказать).

Уменьшение остановок аппарата и увеличение продолжительности работы установки обясняется как ликвидацией узких мест, мешающих работе АЭС, о чем я подробнее скажу ниже, так и освоением установки эксплоатационным персоналом.

## 2. Работа установки на различных уровнях мощности и ее параметры.

Далее мне хочется остановиться на работе установки на различных уровнях мощности и установленныхся параметрах АЭС.

a/ на 50%.

Аппарат на 50-55% мощности проработал 1219 часов, т.е. 80% рабочего времени установки.

На этом уровне мощности параметры установки были следующие:

1. Расход воды по 1 контуру  $Q = 230 \text{ тн/час}$
2. Т входа =  $190^\circ\text{C}$
3. Т выхода =  $240^\circ\text{C}$
4. Производ. по пару  $Q \text{ пар} = 19,5-21 \text{ тн/ч.}$
5. Т пара =  $230^\circ\text{C}$
6. Давление пара  $P = 13 \text{ атм.}$
7. Нагрузка электр.  $N = 2.000 \text{ квт.}$

При этом  $T_{\text{гр}}^2 = 350^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{гр}}^8 = 580^{\circ}\text{C}$ .

Можно считать, что работа установки на 50-55% мощности вполне освоена и не вызывает трудностей в эксплоатации.

Все параметры при этой мощности не выходят из расчетных величин и являются вполне надежными.

Однако особо необходимо остановиться на вопросе течи воды в аппарате.

Как известно в середине июля месяца в аппарате появилась течь воды, что видно было по появлению воды из дренажа аппарата.

Путем проведенных поисков удалось установить, что текут каналы СУЗ.

После извлечения и опрессовки текущих каналов СУЗ было установлено, что течь идет через мелкие синицы и трещины в наружной трубе каналов СУЗ.

Замена текущих каналов на новые такой же конструкции с толщиной стенки 0,25 мм. не ликвидировала течь в аппарате, т.к. вновь поставленные каналы уже через 5-7 дней тоже давали течь.

Таким образом весь июль и август месяц аппарат работал с течью воды в дренаже.

Установлено, что наличие водяных паров в аппарате ухудшило состав газа (гелий), что оказывалось на ухудшение теплопроводности газа, и как следствие повышало несколько температуру графита.

С целью ликвидации течи в аппарате в августе и-це было решено заменить все каналы СУЗ"а на новые с утолщенной стенкой наружной трубы вместо 0,25 мм. на 0,5 мм. для чего был заказан новый комплект каналов СУЗ.

Так как к концу августа месяца течь в дренаже аппарата дошла до 350 литров/час., решено было 29/УП-54г. установку остановить для замены всех каналов СУЗ"а.

При получении новых каналов СУЗ"а, замена была произведена.

При извлечении старых каналов СУЗ"а, их опрессовывали и осмотрены ячейки каналов СУЗ и одного рабочего канала.

Осмотром и опрессовкой каналов СУЗ установлено:

1. Все старые извлеченные каналы СУЗ"а в кол.22 шт. (кроме 4 шт. АР) при опрессовке воздухом на 6 атм. давления дали течь.

2. Внизу на плите под каналами СУЗ в "стаканчиках" была вода от 60 до 150 см<sup>3</sup> (удалилась отсосом вакуум-насосом через мерную калбу).

3. Состояние графита как в ячейках СУЗ"а, так и в ячейке рабочего ТК и на каналах не имеет заметных изменений по структуре (зернистности) и цвету.

4. Извлечение рабочих ТК показало, что заменение ТК вследствии разбухания графита - не наблюдается.

Течь воды в аппарате не давала возможность дальнейшего подъема мощности установки и отняла много времени у персонала АЭС на работы по замене каналов СУЗ, отысканию и ликвидации течи и изучением других связанных с этим вопросов:

(Изучение газового состава и влияние водяных паров на работу аппарата графита).

20-го сентября после замены каналов СУЗ, установка была пущена и проработала до 26/1Х на 50% мощности; в это время проводилась подготовка аппарата к подъему мощности: налаживалась работа влагосигнализации, регулировались расходы воды в каналах СУЗ и налаживались охладители СУЗ"а.

К сожалению 26/IX опять появилась вода в дренаже аппарата. После проведения исследования по запуску нейтрализатора бериллия в водяной контур СУЗ"а установлено, что течь идет из каналов СУЗ. Нужно сказать, что интенсивность течи была не значительная (по сравнению с тем, что было) всего 0,2 л/час. и следы бериллия обнаруживаются слабо.

С целью проверки и выявления текущих каналов СУЗ установка 4 октября с/г была остановлена и проведена опрессовка 11 штук каналов СУЗ, из которых 2 канала заменены, как вероятно текущие, у других течи явной не обнаружено.

После запуска 6/X установки течь в дренаже имеет ся с интенсивностью примерно 0,5 л/час.

В таком состоянии аппарат работает и сейчас.

в/ первая попытка поднять мощность на аппарате до 75% была произведена 6/УШ с/г при интенсивной течи воды в дренаже аппарате 40 л/час.

При этом параметры аппарата по газу были следующие, в сравнении с составом газа при 50% мощностью (тоже при интенсивной течи воды в аппарате).

$\Phi = 50\%$

$\Phi = 75\%$

1. $O_2 - 0,6\%$	$O_2 - 0,6\%$
2. $CO_2 - 0,8\%$	$CO_2 - 12,7\%$
3. $CO - 0,2\%$	$CO - 1,4\%$
4. $H_2 - 4,8\%$	$H_2 - 12\%$

Температура графита в центре аппарата  $T_{gr}^8$  поднялась до  $760^{\circ}\text{C}$ .  $T_{gr}^2 = 455^{\circ}\text{C}$ .

Вследствие большого содержания водорода и кислорода в газе аппарата, во избежании образования гремучего газа, было решено снизить мощность на аппарате до 45-50%.

Таким образом аппарат проработал на Е=75, 8 часов и показал невозможность дальнейшей работы при интенсивной течи воды в аппарате.

После замены каналов СУЗ и появления опять течи воды в аппарате, встал перед нами вопрос как быть?

После проведения экспериментов, мы приняли новую методику удаления водяных паров из аппарата, путем выкачивания вакуум насосом через импульсные трубы РВЛС воду из аппарата (из каждой ячейки ТК).

Систематически отсасывая влагу из аппарата нам удалось поддерживать чистоту газа, что видно из следующих сопоставлений.

Состав газа при Е = 50%.

<u>До отсоса</u>	<u>При отсосе</u>
1. О <sub>2</sub> - 0,6%	1. О <sub>2</sub> - 0,3 ± 0,5%
2. СО <sub>2</sub> - 0,8%	2. СО <sub>2</sub> - 0,1 - 0,2%
3. СО - 0,2%	3. СО - 0,1
4. Н <sub>2</sub> - 4,8%	4. Н <sub>2</sub> - 0,2 - 0,4%
	5. СН <sub>4</sub> - нет

Это мероприятие позволило нам пойти на поднятие мощности установки, даже при наличии течи воды в аппарате. Нужно сказать, что при этом увеличился расход гелия от 2 до 8 баллонов в сутки.

8 октября в 12 часов мощность на аппарате была поднята до 65%, а 9 октября в 11 часов - до 75%.

На указанной мощности установка работает и сейчас.

Состав газа не изменился и путем отсоса влаги из аппарата поддерживается в указанных, при 50% мощности, пределах.

Эксплоатация установки на  $\dot{M}=75\%$  в течении 100 ч. беспрерывной работы позволяет сделать предварительное заключение, что этот уровень мощности и установленные параметры приемлемы для продолжительной работы.

Подъема мощности аппарата осуществлялся путем увеличения расхода воды по 1 контуру с 230 до 300 тн/час. и некоторого повышения  $T_{вых.}$  с 240 до  $250^{\circ}\text{C}$ .

После подъема мощности установились следующие параметры установки:

$$\begin{array}{ll} \dot{M} = 75\% & \\ Q_{кон.} = 300 \text{ тн/час} & Q_{пар} = 31 \text{ тн/ч.} \quad P_{ген.}^{эл.} = 3650 \text{ квт} \\ T_{вх.} = 192^{\circ}\text{C} & T_{пар} = 240^{\circ}\text{C} \\ T_{вых.} = 250^{\circ}\text{C} & P_{пар.} = 12 \text{ атм.} \end{array}$$

Температура графита с подъемом мощности увеличивалась по кривой, выведенной перед вами (показать).

Сейчас температура в центре аппарата в пустом канале  $T_{гр}^8 = 650^{\circ}\text{C}$ , а с поправкой, можно считать температуру графита в блоке в центре аппарата  $550-600^{\circ}\text{C}$ .

г/ Максимальные температуры воды на выходе из ТК достигли  $T = 277^{\circ}\text{C}$  (у ТК 10-09). Таким образом одновременно нами проверяется устойчивость или вернее надежность работы навесок на повышенных температурах.

## Мощности по ТК:

<u><math>N = 50\%</math></u>	<u><math>N = 75\%</math></u>
$N_{max} = 179$ квт (07-10)	$N_{max} = 250$ квт (07-10)
$T_{max} = 257^{\circ}\text{C}$ (08-15)	$T_{max} = 277^{\circ}\text{C}$ (10-09)
$T_{min} = 228^{\circ}\text{C}$ (13-04)	=
$\varphi_{max} = 1,12 \cdot 10^6$ ккал/ $\text{м}^2\text{ч}$ (07-10)	$\varphi_{max} = 1,6 \cdot 10^6$ ккал/ $\text{м}^2\text{ч}$ (07-10 в центре канала.)

С выгоранием топлива (высвобожд., извлечении из центра стержней) увеличивается и неравномерность распределения мощности по радиусу, что видно из этих криевых (см. диаграмму).

При начале работ максимальная мощность по каналам была  $N_{max} = 149$  квт., а минимальная  $N_{min} = 124$  квт., т.е. неравномерность была 1,1, а на сегодня (2/X), неравномерность увеличилась и стала уже 1,25, Ясно, что в дальнейшей работе при дальнейшем извлечении стержней из центра аппарата эта неравномерность будет еще увеличиваться, что необходимо учесть на будущую работу.

Д/ несколько слов хочу сказать о водяном и паровом режиме работы установки при повышении мощности аппарата.

1. Исходная вода подаваемая в 1 контур - бидистиллат имеет 0,2 - 0,3 мгр/литр. сухого остатка, что нужно признать вполне удовлетворительным.

Вода 1 контура в рабочем состоянии не превышает - 2,5 мгр/литр. сухого остатка. Что обеспечивает беззакипную работу ТК. (По проекту 3-4 мгр/литр. сухой остаток).

При увеличении мощности сухой остаток не изменился при той же продувке  $\sim 0,4 \text{ м}^3/\text{час}$ .

2. Водный и паровой режим II контура соответствует нормам паровых котлов подобного давления.

= Питательная вода (подаваемая в испарители) содержит:

щелочность -  $1,4^{\circ}\text{N} + 1,6^{\circ}\text{N}$   
жесткость -  $0,03^{\circ}\text{N}$

= Котловая вода (вода в испарителе):

щелочность -  $50 - 60^{\circ}\text{N}$   
жесткость -  $0,2^{\circ}\text{N}$

= Пар:

Сухой остаток  $3,2 \text{ мггр/л}$ . из него -  $3,19 \text{ мг/л Fe}$ . Следовательно пар имеет сухой остаток без железа  $0,01 \frac{\text{мг}}{\text{л}}$  что соответствует высокому качеству. Нужно сказать, что чистота пара достигается все-таки еще большими продувками (о чем я скажу при рассмотрении теплового баланса установки).

Можно сделать вывод, что сепарационное устройство в испарителях мало эффективное и в дальнейших проектах необходимо этот узел переделать, усовершенствовать.

Однако полное заключение по этому вопросу можно будет дать после окончания и обработки материалов теплохимического испытания установки, которые нами проводятся и еще не завершены.

#### Тепловой баланс установки.

Тепловой баланс установки я подробно разбирал при первом сообщении, как результат работы в июле м-ца.

Сейчас не безинтересно сравнить тепловой баланс последних дней работы на  $N = 75\%$  с тем, что было ранее.

Первый месяц работы при $N = 50\%$ (июль)	Работа на $N = 75\%$ (октябрь)
1. Потери на продувку 1 контура - 1%	..... 0,4%
2. Потери на продувку II контура - 10,7%	..... 7%
3. Остальные тепловые потери (излучение, течи, парение, самопродувка и др.) - 11,8%	..... 7,1
4. КПД <sub>дн</sub> ..... - 76,5%	..... 85,5%
5. КПД <sub>АЗС</sub> ..... - 12,0%	..... 16,2%

Как видно из теплового баланса можно сделать следующие выводы:

1. Потери тепла от продувки 1 контура снижены до минимума, и можно считать их предельными, нормой.

2. Снижены потери от продувки II контура. Однако нельзя считать эти цифры за норму. Мне думается, что нормально потери на продувку II контура должны быть в пределах, 3-5%. Для снижения продувок II контура необходимо закончить теплохимические испытания установки и, вероятно, реконструировать, если удастся, сепарацию пара в испарителях.

3. Прочие тепловые потери, также уменьшились, но еще велики.

Большие потери тепла идут от излучения открытых горячих поверхностей: пом. 42, аппарат, течей горячей воды (на аппарате в недоступных местах).

Желательно, чтобы эти потери не превышали 5%. Однако ликвидация их осложнена неудобной конструкцией аппарата.

4. КПД<sub>АЭС</sub><sup>94.</sup> - достиг и несколько превысил проектные расчеты. Мне кажется, что несмотря на малоэкономичную турбину, можно достичнуть КПД<sub>АЭС</sub><sup>эл.</sup> до 16,5-17,0%.

#### Узкие места и их ликвидация .

а/ при первом обсуждении работы установки, мы подробно рассмотрели узкие места, тормозящие дальнейшую работу АЭС и повышение мощности на аппарате.

Что нам удалось сделать по расшивке узких мест за это время:

1. Заменены все дроссельные устройства на вновь изготовленные с улучшенной сваркой швов и качеством изготовления и обработки. Это мероприятие ликвидировало частые остановки аппарата и неприятные работы по их замене.

2. Проведена наладка работы приборов массового расхода воды по ТК. Перепаяны все капилярные трубы у датчиков, налажена работа вторичных приборов.

По этим двум причинам ранее было 70% всех остановок аппарата. Сейчас эти остановки ликвидированы.

3. Заменены регулирующие клапана на ПГ, на новые, что обеспечило надежное автоматическое питание водой ПГ.

4. Установлен дополнительный холодильник на охлаждение СУЗ"а.

5. Установлен, смонтирован компрессор для подкачки воздуха в компенсаторы об"ема.

6. Установлен был и замерялась температура в центральном канале помошью термопары.

В связи с выходом из строя термометра сопротивления, который работает до  $500^{\circ}\text{C}$ , подъем мощности при отсутствии замера графита не представлялся возможным.

А два узких места: устранение течи в аппарате и наладка работы системы влагосигнализации - до сих пор оказались не устранимыми.

В чем причина?

1. Устранение течи в аппарате связано с определением причин течи каналов СУЗ. В этом пока нет ясности, несмотря на большие исследования, проведенные [ ] и другими организациями.

[ ] Возможны и другие источники поступления воды в аппарат, (рабочие ТК, газ и др.) поэтому этим вопросом продолжает заниматься и эксплуатационники [ ].

2. Наладка работы системы влагосигнализации связана с первым вопросом, однако большие работы проведенные нами по пуску влагосигнализации и в период отсутствия течи виды в аппарате и в другие периоды работы аппарата убедили нас в дефектности схемы и подбора оборудования системы влагосигнализации.

Производительность компрессора (мембранный) настолько мала, что не обеспечивает циркуляции газа через аппарат и трубы влагосигнализации.

Схема и оборудование системы влагосигнализации требует коренной переделки, чем сейчас и занимается НИИ-8.

### 5. Дальнейшие перспективы.

Работа установки на 75% мощности продолжается всего около 100 часов. Полный вывод и анализ работы ее в этих режимах делать еще рано. Однако можно сделать пред-

вариальное заключение, что этот режим будет освоен и установленные параметры - приемлемы.

Следовательно уместно поставить и рассмотреть вопрос дальнейшей работы установки, вопрос подъема мощности установки до 100%, расчетных параметров.

Каким путем произвести подъем мощности установки и какие узкие места расширить?

1. Нам кажется, что подъем мощности установки до 100% можно произвести при условии регулировки расходов воды по ТК, согласно кривой мощности по канал и выравниванием температур по ТК (см. кривую).

При этом расходы воды по ТК будут от 2 до 3 м<sup>3</sup>/час, выходная температура будет на 100% мощности  $280 \pm 5^{\circ}\text{C}$  при общем расходе воды  $\sim 270$  тн/час.

Это единственный возможный и правильный режим работы установки на 100% мощности:

a/ температуры на выходе из ТК в пределах, испытанных в настоящее время и далеки от температуры кипения при  $P = 100$  ат. (309.5);

b/ общий расход  $Q = 270$  тн/час укладывается в пределах измерения приборами расходов воды по максимальным ТК  $q = 3,0$  м<sup>3</sup>/час (шкала измерения 0-3,2 м<sup>3</sup>/час) и соответствует работе 2-х насосов ЦН-6.

2. Что необходимо сделать для надежной работы установки на  $N = 100\%$ ?

a/ устранить течь в аппарате, для чего нужно ее найти;

b/ внести изменения в схему влагосигнализации и осушки газа, для обеспечения надежного контроля ТК по течи, эта работа требует проектного решения [ ] и переделки, перемонтажа системы влагосигнализации;

в/ улучшить систему охлаждения СУЗ"ов, чтобы снизить температуры воды на выходе из каналов СУЗ. Для чего требуется проектное решение [ ]

г/ смонтировать защиту от превышения Т вых. в каждом канале с подключением к "АЗ", чтобы обеспечить надежную работу ТК и предостеречь от закипания в них воды;

д/ вместо температурного центрального канала, поставить охлаждаемый канал в яч. 08-13. Чтобы снизить температуру графита в центре аппарата.

Измерение температуры графита производить в центральном, горизонтальном, физическом канале.

Проведение этих мероприятий позволит работать на 100% мощности.

Однако проведение их займет много времени 1,5-2 месяца и может успеть ко второй комашине (более вероятно).

3. С целью изучения параметров аппарата, выявления дефектов в работе при повышенной мощности, нам ~~кажется~~ ~~представляется~~ необходимым в октябре или начале ноября месяца произвести пробный под~~"ем~~ мощности аппарата до 100% без проведения всех перечисленных капитальных мероприятий, на несколько часов работы (5-8 часов).

Для этого мы считали-бы необходимым сделать следующее:

а/ после изучения работы аппарата на  $N = 75\%$ , числа 20/X - до 25/X (на 5 дней) вывести установку на проведение экспериментальных работ по регулировке расходов воды в ТК и проверки надежности работы аппарата на различных мощностях при данной методики регулировки

расходов существующими вентилями с крутой характеристикой. При этом также проводить работы по отысканию и устранению течи воды в аппарате.

б/ после регулировки расходов воды по ТК, (а если это не удастся, то после испытания других методов и предложений), поднять мощность на установке до 100% и проработать 5-8 часов.

При этом установить следующие предельные параметры по аппарату при кратковременной работе на 100%:

а/ максимальную температуру воды  
на выходе из ТК (у одного) .....  $285^{\circ}\text{C}$   
(средняя температура должна при 100 атм. на  
быть около  $280^{\circ}\text{C}$  ) выходе из аппарата

б/ максимальная температура графита (в центре гор. физ. канала измеряемая термопарой) .....  $+ 850^{\circ}\text{C}$

в/ максимальная температура в  
каналах СУЗ (на выходе) ..... -  $95^{\circ}\text{C}$

г/ состав газа в аппарате

$$\begin{aligned} \text{O}_2 &< 1,0\% \\ \text{H}_2 &< 1,0\% \end{aligned}$$

Данное предложение мы считаем необходимым вынести на обсуждение и решение Совета.

4. При существующем положении работы аппарата, можно несколько повысить мощность на аппарате до 80-85%. За счет некоторого увеличения общего расхода воды (на  $50\text{m}^3/$

При этом возможно будет необходимо частичная регулировка воды в тех ТК, , которые будут иметь расход воды выше шкалы измерения массовых расходомеров ( $3,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ )

Температура выхода воды в ТК ограничить  $280^\circ\text{C}$ .

Параметры при этом будут:

$$Q = 350 \text{ м}^3/\text{час.}$$

$$T_{\text{вых}}^{\text{ср}} = 265^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{вых}}^{\text{макс}} = 280^\circ\text{C}$$

$$\varphi_{\text{макс}} \approx 1,85 \cdot 10^6 \text{ ккал/м}^2 \text{ час.}$$