

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор Морского колледжа

« М.М. Майстришин
2026 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проведению практического занятия

МДК.01.01 Техническое обслуживание основного и вспомогательного
теплоэнергетического оборудования и систем атомных электростанций
на тему: «Управление элементами основных систем реакторного цеха ЯЭУ с
ВВЭР»

Севастополь
2026

Методические указания по проведению практического занятия МДК.01.01 Техническое обслуживание основного и вспомогательного теплоэнергетического оборудования и систем атомных электростанций на тему: «Управление элементами основных систем реакторного цеха ЯЭУ с ВВЭР» разработаны на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ.01 Техническое обслуживание основного и вспомогательного теплоэнергетического оборудования и систем атомных электростанций для образовательных организаций, реализующих программы среднего профессионального образования и Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 14.02.01 Атомные электрические станции и установки, входящей в укрупненную группу специальностей 14.00.00 Ядерная энергетика и технологии.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Организация-разработчик: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Разработчик:
Браславский Юрий Валентинович, доцент

План практического занятия

1. Вводная часть: опрос студентов	15 мин.
2. Основная часть:	
2.1. Подъем ОР СУЗ.	30 мин.
2.2. Водообмен в предпусковом интервале	40 мин.
2.3. Водообмен в пусковом интервале	40 мин.
2.4. Достижение критического состояния реактора и выход на МКУ.	30 мин.
3. Заключительная часть.	5 мин.

Целевая установка

1. Произвести опрос усвоения студентами лекционного материала.
2. Выполнить основные технологические операции для вывода реакторной установки на минимально-контролируемый уровень мощности.

В результате проведения практического занятия студенты должны:

- а) знать:
 - состояние систем и оборудования ЭБ после разогрева первого контура;
 - операции, выполняемые для вывода реакторной установки на МКУ;
- б) уметь выполнять основные технологические операции для достижения критического состояния реактора;
- в) быть ознакомленными с основными отличиями в алгоритмах проведения операций на различных ЭБ отечественных АЭС.

Литература

1. В.А. Иванов «Эксплуатация АЭС». Энергоатомиздат 1994 г.
2. В.А. Острейковский «Эксплуатация АС». Энергоатомиздат 1999 г.
3. Технологический регламент безопасной эксплуатации энергоблоков с реактором ВВЭР-1000.
4. Инструкция по эксплуатации реакторных установок с реактором ВВЭР-1000.

Организационно-методические указания по проведению практического занятия

Практическое занятие – это форма учебного занятия, на котором преподаватель организует рассмотрение студентами отдельных теоретических положений учебной дисциплины и формирует на этой основе умения и навыки их практического применения путем выполнения студентами конкретных практических работ.

Данное занятие проводится в учебных кабинетах согласно учебному расписанию в отведенные классные часы занятий с учебным классом.

В начале занятия объявляется тема, учебные цели и порядок проведения занятия.

При опросе студентов необходимо ставить вопросы перед всей группой. Ответы на поставленные вопросы студенты дают в форме, предложенной преподавателем. Если отвечающий дает неполный ответ, по усмотрению преподавателя можно опросить другого студента или сделать уточнение самому преподавателю. Во время опроса необходимо добиться того, чтобы неясных вопросов у студентов не осталось.

Письменная проверка производится по контрольным карточкам, устная – путем постановочных вопросов из того же задания. Длительность проверки готовности к занятиям не более 15 мин.

При отработке первого вопроса студенты выполняют действия для подъема ОР СУЗ в регламентное положение.

При отработке второго вопроса студенты выполняют действия для проведения водообмена в предпусковом интервале.

При отработке третьего вопроса студенты выполняют действия для проведения водообмена в пусковом интервале.

При отработке четвертого вопроса студенты выполняют действия для вывода реакторной установки в критическое состояние и на минимально-контролируемый уровень мощности.

Все технологические операции на аналитическом тренажере выполняются под руководством преподавателя.

При разборе занятия преподаватель должен оценить знания и действия студентов, указать на имевшие место недостатки в процессе занятий, дать необходимые указания для самостоятельных занятий.

При письменном опросе студентам возвращаются их работы с выставленными оценками на следующий день после проведения занятия. Полученные оценки за данное практическое занятие выставляются в графе «посещаемость» классного журнала и фиксируются в журнале учета успеваемости преподавателя, в дальнейшем они учитываются при выставлении итоговой оценки по учебной дисциплине.

Пошаговые действия обучаемого

Шаг	Действие / Результат	Место контроля	
Подъем ОР СУЗ			
1.	Загрузить состояние IC 11 – «Горячий останов»		
2.	Проконтролировать: - отсутствие сигналов АЗ, ПЗ-1, ПЗ-II на световых табло панелей НУ16,18; - отключение АРМ		Сигнализация НУ16, 18 НУ55
3.	Приступить к подъему групп ОР СУЗ, используя ключ группового управления. Подъем следующим образом: - поднимаются группы с 1-й по 4-ю; - поднимаются группы с 6-й по 10-ю; - последней поднимается 5-я группа; Показания нейтронной мощности и периода при извлечении ОР СУЗ остаются неизменными. Конечное положение ОР СУЗ: - 1-9 группы на верхних концевых выключателях; - 10 группа на уровне 70 %. <i>Примечания</i> - уровень в деаэраторах поддерживать в пределах 220 ± 20 см периодическим открытием арматуры на линии слива в бак RT20B01; - если расход подпитки станет меньше $10 \text{ м}^3/\text{час}$, поддерживать уровень в КД 601 ± 15 см работой регуляторов подпитки-продувки в ручном режиме.	RL20S04,05 TK31,32S02 TK81,82S02	НУ55 Системы FW12 НУ56_1 НУ56_1
Разомкнутый водообмен			
1.	Подключить деаэратор борного регулирования на всас подпиточных агрегатов: - открыть задвижки ТК70S11,14 - контролировать закрытие ТК71S01	TK70S11,14 TK71S01	НУ10_3 НУ10_4
2.	Отключить деаэратор подпитки от всаса подпиточных агрегатов: закрыть ТК20S01,05 <i>Примечание</i> ТК20S01,05 закрывать только после полного открытия ТК70S11,14	TK20S01,05	НУ10_3

Шаг	Действие / Результат	Место контроля	
3.	Собрать схему слива подпиточной воды первого контура в баки боросодержащей воды ТВ30: - открыть ТК20S03 - поставить в «автомат» ТК20S04. Контролировать: - работу ТК20S04 на поддержание уровня в ТК10B01; - рост уровня в ТВ30B01	ТК20S03 ТК20S04	НУ10_3 НУ10_5 УВС РО: fp074
4.	Для выравнивания концентрации борной кислоты в 1-м контуре и КД снять с положения «автомат» и включить все ТЭН КД. Открыть запорный вентиль на трубопроводе «тонкого» впрыска в КД УР13S03. Давление в первом контуре начнет повышаться и, когда оно превысит 161 кгс/см², приоткроется клапан тонкого впрыска УР13S02, после снижения давления он закроется. Данный процесс будет периодически повторяться, и будет происходить водообмен КД.	УР10W01,02, 03, 04 УР13S03 УР13S02	НУ12_2 НУ12_2 УРС РО: fp002 НУ54_1
5.	Увеличить расход подпитки первого контура до 30 м³/час. Расход продувки поддерживать таким, чтобы уровень в КД был 601 ± 15 см. Через 5-8 мин концентрация борной кислоты в первом контуре начнет снижаться. Задать значение концентрации борной кислоты в первом контуре и в КД 5,9 г/дм³. <i>Примечание</i> - перед программным изменением концентрации борной кислоты сохранить исходное состояние тренажера, набрав в командной строке snr150 и нажав Enter; При достижении критической концентрации борной кислоты в 1-м контуре появляются гистограммы мощности и периода по каналам АКНП. Снизить расход подпитки до 10-15 м³/час.	ТК31,32S02 ТК81,82S02 ТК31,32S02	НУ56_1 НУ56_1 Системы: Cr1 Ремоуты RC050-53 НУ52 НУ56_1

Шаг	Действие / Результат	Место контроля	
6.	При уменьшении периода разгона реактора до 90 сек. введением 10-й группы ОР СУЗ в активную зону увеличить период до 100-150 сек. <i>Примечание</i> 10-ю гр. ОР СУЗ при этом опускать шагами по одному проценту.		НУ55
7.	При достижении нейтронной мощности реактора (10^{-3} - 10^{-1})% от номинальной считается, что реактор находится на минимально-контролируемом уровне мощности.		НУ52

Контрольные задания

для проведения практического занятия на тему:

«Вывод реактора на минимально-контролируемый уровень мощности»

Контрольное задание № 1

1. В каком положении должен находиться переключатель «включение АРМ» при выводе реактора в критическое состояние и на МКУ мощности:

- в положении включено;
- в положении отключено;
- в положении «Н»;
- в положении «Т».

2. Реактор сильно надкритичен, если:

- нейтронный поток увеличивается с периодом менее 60 секунд;
- нейтронный поток увеличивается с периодом менее 90 секунд;
- нейтронный поток увеличивается с периодом менее 120 секунд.

3. В каком положении должны быть блоки детектирования РЩУ перед началом работ по выводу реактора на МКУ мощности:

- блоки детектирования РЩУ должны быть введены в рабочую зону и управление их переведено на «автомат»;
- блоки детектирования РЩУ должны быть введены в рабочую зону и управление их переведено на «ручное»;
- блоки детектирования РЩУ должны быть выведены из рабочей зоны и управление их переведено на «автомат»;
- блоки детектирования РЩУ должны быть выведены из рабочей зоны и управление их переведено на «ручное».

4. Минимально-допустимая величина содержания борной кислоты в воде 1 контура перед выводом реактора на МКУ мощности:
- содержания борной кислоты в воде 1 контура не ниже минимально допустимой величины, обеспечивающей подкритичность реактора не менее 0,04;
 - содержания борной кислоты в воде 1 контура должно быть не менее 16 г дм³;
 - содержания борной кислоты в воде 1 контура не ниже минимально допустимой величины, обеспечивающей подкритичность реактора не менее 0,02;
 - содержания борной кислоты в воде 1 контура не ниже минимально допустимой величины, обеспечивающей подкритичность реактора не менее 0,05.
5. Что запрещается при выводе реактора в критическое состояние:
- запрещается вывод реактора в критическое состояние, если в работе находятся менее 2-х ГЦН;
 - запрещается вывод реактора в критическое состояние, если в работе находятся менее 3-х ГЦН;
 - запрещается изменять расход подпитки-продувки 1 контура;
 - запрещается проводить любые ремонтные работы на оборудовании и в цепях СУЗ реактора.
6. Температура теплоносителя 1 контура перед выводом реактора в критическое состояние:
- 270-290 °С;
 - 260-280 °С;
 - 250-270 °С;
 - более 200 °С.
7. Какие необходимо предпринять действия в случае уменьшения до 60 секунд периода нейтронного потока во время водообмена:
- ввести в активную зону реактора рабочую группу ОР СУЗ и увеличить период нейтронного потока до 90-120 секунд;
 - уменьшить скорость водообмена и увеличить период нейтронного потока до 90-120 секунд;
 - прекратить водообмен;
 - увеличить концентрацию борной кислоты в 1 контуре вводом борного концентрата из баков ТВ10В01,02.
8. Как часто контролируется концентрация борной кислоты в 1 контуре в предпусковом интервале при выводе реактора в критическое состояние:
- каждые 20 минут;
 - каждые 30 минут;
 - каждые 40 минут;
 - каждые 60 минут.

9. Когда запрещается ввод «чистого» конденсата в 1 контур во время вывода реактора в критическое состояние:

- при не взведенных ОР СУЗ;
- при не работающих ГЦН;
- при работе менее 2-х ГЦН;
- при работе менее 3-х ГЦН.

10. Когда представитель ОЯБ проверяет расчет пусковой концентрации борной кислоты в 1 контуре и пускового положения ОР СУЗ:

- при выводе реактора на МКУ мощности из подкритического состояния после перегрузки топлива;
- при останове блока на время менее 3-х суток;
- при останове блока на время более 3-х суток;
- при останове блока на время более 10 суток.

Контрольное задание № 2

1. В каком положении должен быть ключ выбора панели группового управления ОР СУЗ:

- включено
- работа-1;
- работа-2;
- ПГУ-1 или ПГУ-2.

2. Реактор находится в критическом или слабо надкритическом состоянии, если:

- нейтронный поток увеличивается с периодом более 120 секунд;
- нейтронный поток увеличивается с периодом более 90 секунд;
- нейтронный поток увеличивается с периодом более 60 секунд;
- нейтронный поток увеличивается с периодом менее 90 секунд.

3. В каком положении должны быть блоки детектирования БЩУ перед началом работ по выводу реактора на МКУ мощности:

- блоки детектирования ДИ и ДП обоих комплектов БЩУ должны быть введены в рабочую зону и управление их переведено на «автомат»;
- блоки детектирования ДИ и ДП обоих комплектов БЩУ должны быть введены в рабочую зону и управление их переведено на «ручное»;
- блоки детектирования ДИ обоих комплектов БЩУ должны быть введены в рабочую зону и управление их переведено на «автомат», а блоки детектирования ДП обоих комплектов должны быть выведены из рабочей зоны и управление их переведено на «ручное»;
- блоки детектирования ДИ обоих комплектов БЩУ должны быть введены в рабочую зону и управление их переведено на «ручное», а блоки детектирования ДП обоих комплектов должны быть выведены из рабочей зоны и управление их переведено на «автомат».

4. Когда производится выравнивание концентрации борной кислоты в КД и 1 контуре при выводе реактора в критическое состояние:

- при разности текущей и расчетной концентрации борной кислоты $0,5 \text{ г/дм}^3$;
- при разности текущей и расчетной концентрации борной кислоты $1,0 \text{ г/дм}^3$;
- при достижении критической концентрации борной кислоты в 1 контуре;
- при уменьшении периода нейтронного потока менее 100 секунд.

5. Какая должна быть информация на дисплее АKNП и цифровых табло по уровню и периоду нейтронного потока при выводе реактора в критическое состояние и на МКУ мощности:

- мощность не менее $1 \times 10^{-5} N_{\text{ном}}$;
- период нейтронного потока 999;
- мощность не менее $1 \times 10^{-7} N_{\text{ном}}$;
- период нейтронного потока менее 200 сек.

6. Что производится после выравнивания концентрации борной кислоты 1 контуре и КД при достижении реактором критического состояния:

- контролируется закрытие регулирующего клапана YP11S02;
- контролируется закрытие регулирующего клапана YP12S02;
- контролируется закрытие регулирующего клапана YP13S02;
- отключаются все группы нагревателей КД.

7. Что означает количество отработанных эффективных суток на момент останова реактора:

- количество суток, отработанных реактором с момента его пуска;
- количество суток, отработанных реактором после последней перегрузки топлива в перерасчете на 100 % мощность;
- количество суток, отработанных реактором с момента его пуска на 100% мощности;
- количество суток, отработанных реактором после последней перегрузки.

8. Как часто контролируется концентрация борной кислоты в 1 контуре в предпусковом интервале при выводе реактора в критическое состояние:

- каждые 20 минут;
- каждые 30 минут;
- каждые 40 минут;
- каждые 60 минут.

9. Кто дает указание на вывод реактора в критическое состояние и на МКУ мощности:

- главный инженер АЭС;
- начальник смены станции;
- руководитель пуском блока;
- зам. Главного инженера по эксплуатации ЭБ АЭС.

10. При проведении каких работ при выводе реактора в критическое состояние водообмен должен быть остановлен и продолжен после выполнения этих работ:

- при выполнении любых ремонтных работ на оборудовании СУЗ;
- при подъеме ОРСУЗ;
- при отключении ТЭН КД;
- при выполнении любых ремонтных работ на оборудовании АКНП.