

## Меры безопасности при проведении пусконаладочных работ АЭС

Студенты гр. 10608117 Сугаков А.Ю., Шардыко А.С.  
Научный руководитель – Филянович Л.П.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

### 1. Основные этапы пусконаладочных работ

Проведение пусконаладочных работ представляет собой завершающий этап в сооружении АЭС. В этот период осуществляются наладка и опробование оборудования и систем электростанции, поэтапные и комплексные испытания блока и выход электростанции на проектную мощность.

В процессе подготовки и выполнения пусконаладочных работ на блоках АЭС разрабатываются программы промывки (продувки) технологических систем, испытаний и функционального опробования оборудования и технологических систем, поэтапные и укрупнённые программы пусконаладочных работ; сетевые графики организации пусконаладочных работ на различных этапах; акты, отчёты, мероприятия по результатам проведения пусконаладочных работ.

В объём работ 1 этапа пусконаладочных работ входят:

По системам и оборудованию 1 контура – промывка трубопроводов, наладка и испытание технологических систем, необходимых для проведения 2 этапа пусконаладочных работ; наладка систем вентиляции; наладка смонтированной механической и электрической части перегрузочной машины; сборка реактора; гидравлические испытания парогенераторов по стороне 2 контура; по общецлочным системам – промывка, испытание и ввод в работу системы химводоснабжения, технического водоснабжения, промконтура неответственных потребителей, противопожарной системы и сигнализации; по электрооборудованию – подача напряжения на собственные нужды блока с наладкой и испытанием электрооборудования собственных нужд; подготовка и опробование под нагрузкой дизельгенераторной электростанции; наладка штатного электропитания кругового крана 320 т; наладка приводов электрифицированной арматуры; наладка и ввод в работу щитовых устройств, защит и автоматики для эксплуатации на начальных этапах пусконаладочных работ и др.

На 2 этапе проводятся гидравлические испытания и циркуляционная промывка контура; проверка прочности и плотности корпуса реактора, трубопроводов, арматуры и оборудования, находящегося в границах давления 1 контура; отмычка внутренних поверхностей оборудования и трубопроводов 1 контура от монтажных загрязнений; функциональное испытание технологических систем и оборудования; получение эксплуатационных данных по работе технологических систем и др.

На этапе гидравлических испытаний и циркуляционной промывки выполняются следующие работы: испытание плотности запорных органов отсечной и граничной арматуры; пусковые испытания и обкатка; проверка работы во взаимодействии и испытание технологических систем; проведение комплекса испытаний на оборудовании; измерение теплогидравлических характеристик 1 контура; циркуляционная промывка и наладка водно-химического режима 1 контура; отработка технологических операций заполнения, разогрева, расхолаживания и дренирования 1 контура; оценка вибрационного состояния оборудования и трубопроводов; наладка перегрузочной машины на стеллажах бассейна выдержки и др.

На 3 этапе проводится первая ревизия оборудования 1 контура. Основные работы, выполняемые на 3 этапе пусконаладочных работ, следующие: контроль качества металла оборудования и трубопроводов; оценка состояния трубопроводов и арматуры; монтаж внутрикор-

пусных устройств реактора с имитаторами активной зоны; монтаж верхнего блока с приводами и блоком электроразводок; монтаж и доработка систем центровки верхнего блока; монтаж проектной теплоизоляции, теплоизоляции на оборудовании и трубопроводах 1 контура; сборка реактора для проведения горячей обкатки; комплексное опробование систем перегрузки топлива; монтаж ВКУ и сборка реактора и др..

На 4 этапе происходит горячая обкатка. Основные задачи этапа: проверка работы всех систем и оборудования в режимах и при параметрах, максимально приближенных к эксплуатационным, гидравлические испытания 1 контура реактора на прочность и плотность, проведение комплекса испытаний системы оборудования обеспечения физического и энергетического пуска реактора, наладка и комплексная проверка защит и автоматики, испытание приводов и электрооборудования, наладка и проверка работоспособности контрольно-измерительных приборов, программ автоматики, блокировок.

На 5 этапе проводят испытание защитной оболочки. Цель этапа – количественная оценка плотности и прочности защитной герметичной оболочки, одновременно с проведением испытаний защитной оболочки выполняются следующие работы: натурные испытания спринклерной системы для проверки эффективности орошения оболочки; наладка системы надежного питания 1 и 2-х категорий; сдача щитовых устройств в эксплуатацию.

На 6 этапе проводится вторая ревизия оборудования: производится разборка реактора и устранение выявленных дефектов в наплавке корпуса реактора; подготовка к работе систем переработки и хранения жидких и твердых радиоактивных отходов; наладка и подготовка к работе систем дозиметрического и радиационного контроля; подготовка ядерного топлива к загрузке в реактор; подготовка помещений АЭС к физическому пуску реактора.

На 7 этапе осуществляется физический пуск. Цель физического пуска – достижение критического состояния и выполнение комплекса физических экспериментов на минимально контролируемом уровне мощности реактора.

На 8 этапе – энергетический пуск, поэтапное освоение мощности блока с проведением на каждом уровне мощности испытаний и экспериментов на основном и вспомогательном оборудовании блока, а также комплексное опробование АЭС.

## 2. Пусконаладочные работы на оборудовании 2 контура

Объем пусконаладочных работ на оборудовании 2 контура АЭС может существенно зависеть от наличия посторонних источников пара для опробования турбоагрегатов на холостом ходу и их подключения в систему.

На 1 этапе должны быть сданы в эксплуатацию трассы от постороннего источника пара (при их наличии), закончен монтаж оборудования и систем опробования турбоагрегата от постороннего источника пара.

На 2 этапе планируется следующий объем работ: обеспечение гидравлических испытаний и циркуляционной промывки 1 контура; послемонтажная очистка и подготовка к работе маслосистемы турбоагрегата; поузловое опробование вспомогательных систем турбоагрегата; наладка и опробование систем смазки; проверка плотности вакуумной системы турбоагрегата.

На 3 этапе по 2 контуру выполняется опробование питательных насосов и их вспомогательных систем; наладка и опробование вакуумно-конденсационной системы турбоагрегата, пробный набор вакуума; наладка и испытание системы вала генератора, проверка газовой плотности генератора воздухом; наладка и ввод в работу системы газового и водяного охлаждения генератора; подготовка к работе системы регенеративного подогрева конденсата и промперегрева; опробование турбоагрегата на холостом ходу.

На 4 этапе производится: опробование турбоагрегата на минимальной нагрузке; проведение комплекса наладочных работ и испытаний на узлах и системах турбоагрегата; испытание и проверка работы системы планового расхолаживания блока; наладка и проверка работоспособности программ автоматики турбоагрегата и др.

На 5-7 этапах продолжаются работы: наладка автоматических регуляторов БРУ; наладка и опробование системы автоматического пожаротушения; наладка и опробование КИП, защит и блокировок; опробование турбоагрегата с минимальной электрической нагрузкой от постороннего источника; проведение комплекса наладочных работ и испытаний на турбоагрегате, оборудовании и системах; подготовка турбоагрегата и его вспомогательных систем к подключению генератора в сеть и др.

На 8, заключительном, этапе производится: подключение турбогенератора к энергосистеме и проверка его работы при различных нагрузках; наладка и включение в работу системы регенерации высокого давления, системы промперегрева пара высокого давления; проведение тепловых и динамических испытаний турбоагрегата; проведение испытаний системы регулирования турбоагрегата по определению статических и динамических характеристик; поэтапное освоение мощности блока на уровнях 10, 18, 35, 55, 75 и 100% номинальной.