

**ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ,
ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАРОК РЕАГЕНТОВ**

**APPLICATION OF THERMAL, PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESS MODELING SETUP
TO DETERMINE THE EFFICIENCY OF EXISTING REAGENTS**

Федорова О.А., преподаватель СПО, **Fedorova O.A.**, College teacher, Voronezh
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им.
Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Савенко Е.С., преподаватель СПО, ФГБОУ **Savenko E.S.**, College teacher, Voronezh State
ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им.
Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. Проведен анализ компоновки и принципов работы установки моделирования тепловых, физических и химических процессов в системах внешнего контура охлаждения атомных электростанций. Установка позволяет оценить эксплуатационную эффективность различных марок реагентов, которые препятствуют образованию осадков на поверхности оросителя и хлопьев кальцита в воде бассейна градирни. Представлена технологическая схема устройства и рассмотрены основные этапы организации процесса сравнительного испытания реагентов. На основе новых требований безопасности и эффективности работы установки предложены пути её модернизации.

Ключевые слова: атомные электростанции, установка моделирования процессов, модель градирни, панель контроля и управления процессами, блок подогрева оборотной воды.

Abstract. The analysis of the layout and operating principles of the installation for modeling thermal, physical and chemical processes in the external cooling circuit systems of nuclear power plants is carried out. The installation allows to estimate the operational efficiency of various brands of reagents that prevent the formation of deposits on the surface of the sprinkler and calcite flakes in the water of the cooling tower pool. The technological scheme of the device is presented and the main stages of organizing the process of comparative testing of reagents are considered. Based on the new requirements for the safety and efficiency of the installation, ways of its modernization are proposed.

Key words: nuclear power plants, process modeling installation, cooling tower model, process control and management panel, circulating water heating unit.

Введение

Моделирование водно-химического режима системы внешнего контура охлаждения на экспериментальной установке позволяет изучать многофакторные процессы с высокой точностью при соблюдении идентичности физических и химических процессов. Несмотря на

то, что данная установка в настоящее время удовлетворяет базовым требованиям, развитие технологий и изменения в нормативных документах требуют обновления системы с целью повышения её надежности и безопасности. В соответствии с отраслевым планом мероприятий по поддержанию и улучшению эксплуатационной безопасности башенных испарительных градирен, необходимо провести модернизацию установки, которая позволит обеспечить соответствие современным стандартам и требованиям.

Техническое описание и принцип действия установки моделирования тепловых и химических процессов внешнего контура охлаждения АЭС

Для предложения возможных путей решения задачи необходимо разобраться в структуре и принципах работы установки. Это позволит определить элементы, модернизация которых будет наиболее целесообразна, как с точки зрения эффективности, так и безопасности. Установка включает в себя отдельные агрегаты, соединенные гидравлическими и электрическими сетями. В ее состав входят несколько основных компонентов: модель градирни (ГТ); блок подогрева оборотной воды (БПВ) и панель управления и контроля технологического процесса (ПКУ).

К сетям относятся: трубопроводная система, состоящая из магистралей подпиточной воды, воды продувки, воды компенсации воды уноса упариванием и каплеуносом, магистралей оборотной воды и быстрого залива, магистралей слива воды продувки в канализацию; электрическая сеть; беспроводная сеть.

Модель градирни устанавливается снаружи, вне помещения, для обеспечения оптимальной производительности в условиях, приближенных к реальным. Блок подогрева и панель управления всеми процессами установки устанавливается в соответствующем защищенном помещении. Это должно обеспечить эффективный текущий контроль со стороны оператора и облегчить корректировки, которые могут потребоваться.

Для удобства сборки и разборки оборудования, а также для выполнения различных рабочих операций во время испытательных циклов и технического обслуживания, в комплекте с МГ должны быть предусмотрены прочные леса с платформами и лестницами. Для работы в зимнее время наружные трубы имеют систему обогрева с использованием термокабеля и термоскотча.

Сигналы с датчиков рН, ЭП транслируются в режиме реального времени и сохраняются в памяти контроллера. Ожидаемое время цикла испытания типа реагента от одной до двух недель. Для определения наступления времени окончания цикла испытания каждые 5 дней снимаются параметры изменения веса пластмассового купона. При достижении значимых величин изменений его веса принимается решение об окончании испытаний. Между циклами испытаний производится промывка МК, БПВ и труб, техническое обслуживание их узлов с восстановлением начальных характеристик. Ороситель в каждом цикле устанавливается новый.

Реагент для применения в испытательном цикле разбавляется в соотношении 1:1000 от товарной концентрации. Это позволяет обеспечивать дозировки 1-50 мг/литр реагента на подпиточную воду. Расход оборотной воды $Q_{ОВ}$ постоянно поддерживается на величине 3000 л/час, и контролируется импульсным расходомером, по сигналам с которого изменяется

производительность насоса H_1 магистрали оборотной воды частотным преобразователем. Через магистраль продувки из бассейна градирни ежедневно удаляется вода из верхних слоёв с задаваемым расходом $Q_{пр}$. Требуемый расход $Q_{пр}$ обеспечивается перистальтическим насосом $ПН_{пр}$ производительностью до 100 л/час уставкой потенциометра $ПН_{пр}$, контроль величины расхода по ротаметру. Через магистраль компенсации продувки постоянно из магистрали подпиточной воды подаётся в бассейн МГ вода подпитки с расходом $Q_{мп} = Q_{пр}$. Подача производится перистальтическим насосом $ПН_{мп}$ производительностью до 100 л/час. Величина расхода обеспечивается уставкой потенциометра $ПН_{мп}$, контроль расхода по ротаметру [1].

Вода уносится из оборотной системы упариванием и каплеуносом. Поэтому уровень в бассейне МГ понижается. Уровень воды в бассейне автоматически поддерживается между верхним и нижним значениями. По сигналам датчиков уровней включается и выключается подача воды для компенсации потерь при упаривании и каплеуносе перистальтическим насосом $ПН_{кв}$ производительностью до 100 л/час. Количество добавленной воды учитывается постоянно контроллером по сигналам импульсного счётчика.

Нагнетающий вентилятор имеет производительность 3500 - 6500 м³/час. Производительность настраивается при запуске МГ в работу жалюзи на входном патрубке вентилятора и автоматически поддерживается в процессе цикла испытания частотным преобразователем по сигналу с датчика температуры воды в бассейне.

Снижение величины потерь воды оборота от каплеуноса достигается увеличением расстояния между оросителем и каплеуловителем с помощью специальных вставок в корпус МГ и регулировкой угла наклона жалюзи каплеуловителя.

В МГ применены следующие способы регулирования и поддержания параметров [2]:

- постоянной гидравлической нагрузки на ороситель поддержанием постоянного расхода оборотной воды $Q_{об} = 3000$ л/час.

- постоянной температуры T_1 на входе в МК отключением и подключением поточных водоподогревателей БПВ по сигналу датчика температуры на входе в МГ;

- постоянной температуры T_2 в бассейне МГ изменением производительности вентилятора МГ частотным преобразователем по сигналу датчика температуры на бассейне МГ;

Предусмотрено аварийное отключение установки при превышении воды в бассейне верхнего уровня или при понижении воды ниже нижнего уровня по контактными датчиками реле уровня РОС-1.

Установка служит для проведения предварительных испытаний по моделированию тепловых физических и химических процессов систем внешнего контура охлаждения АЭС, позволяющих определить эксплуатационную эффективность существующих марок реагентов, препятствующих образованию [3]:

- осадков на поверхности оросителя;
- хлопьев кальцита в воде бассейна градирни.

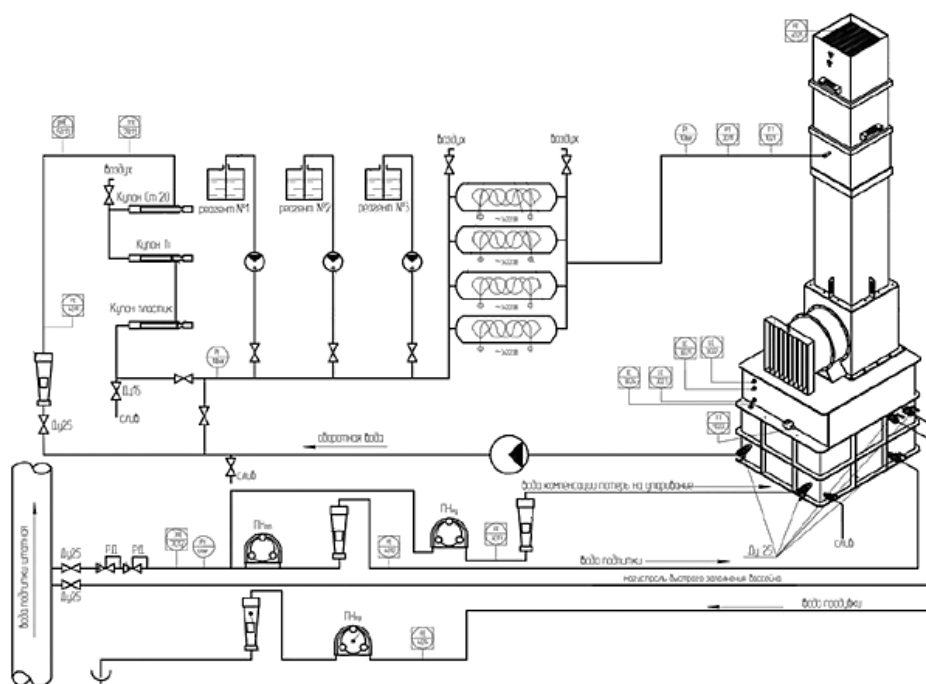


Рисунок 1 – Технологическая функциональная схема УМП

Технологическая схема установки моделирования представлена на рисунке 1.

Эффективность реагента объективно устанавливается приборными методами при моделировании технологического процесса охлаждения оборотной воды в градирне. При моделировании обеспечивается идентичность физических и химических процессов на поверхности оросителя установки физическим и химическим процессам на поверхности оросителя штатной градирни.

Идентичность обеспечивается поддержанием в течении цикла испытания базовых параметров:

- максимальная температура воды на входе в градирню T_1 ;
- предельная температура воды в бассейне градирни T_2 ;
- максимальная гидравлическая нагрузка на оросителе;
- коэффициент упаривания K_y в заданном коридоре;
- применение типа оросителя, используемого объекте моделирования;
- использование исходной воды объекта моделирования.

Для получения приемлемого времени испытания в Установке базовые параметры поддерживаются на значениях: $T_1 = 50$ °C, $T_2 = 35$ °C, $q = 15$ м/час. Параметры T_1 , T_2 , q поддерживаются системой автоматического управления постоянными по величине с максимально возможной точностью во всё время цикла испытания.

Параметр K_y определяется установкой непрерывно и выводится на дисплей. На дисплей автоматически выводится рекомендуемая коррекция расхода воды продувки для удержания величины K_y в заданном коридоре в случае выхода его значения K_y из коридора

Организация процесса сравнительного испытания конкурирующих реагентов включает в себя следующие этапы:

- подготовке установки к циклу испытания;
- проведение цикла испытания;
- заключительные работы после завершения цикла испытания;
- подготовительные работы для начала следующего цикла испытания;
- анализ полученных объективных результатов в течении сессии испытаний и выдача заключения по эффективности испытанных реагентов.

Оператор ежедневно по этим данным корректирует режим продувки.

В начале и по окончании цикла испытания производятся контрольные взвешивания: оросителя; пластин сбора кальцитов; купонов. По результатам контрольного взвешивания определяются величины изменения массы: оросителя; пластин сбора кальцитов; стального купона; титанового купона; пластмассового купона. Величина однозначно характеризует свойства реагента. Если она меньше единицы, то предлагаемый на замену реагент эффективней базового.

Заключение

Данная УМП выполняет изначальные требования, возложенные на систему, но согласно отраслевому плану мероприятий по поддержанию и повышению безопасности эксплуатации башенных испарительных градирен необходимо провести модернизацию установки, позволяющую обеспечить требуемые параметры. Достигнуть нужных показателей можно путем замены блока теплообменников на пластинчатый теплообменник. Целью модернизации является достижение следующих параметров [4, 5]:

- температура воды в греющем (внутреннем, закрытом) контуре на выходе из котельного агрегата задается автоматикой и в процессе эксплуатации поддерживается от 60 до 90 °С;
- циркуляция воды в греющем (внутреннем, закрытом) контуре обеспечивается насосом с 3 ступенями производительности: 32, 45, 55 л/мин;
- циркуляция воды в нагреваемом (внешнем, открытом) контуре составляет 3 м³/ч;
- целевая температура нагретой воды 50 °С;
- целевая температура охлажденной воды 32 °С;
- теплообменник должен обеспечивать удельный тепловой поток не менее 2 Вт/см², что обеспечивает оптимальное время проведения эксперимента.

Для решения данной задачи необходимо провести анализ конструкции теплообменника, расчет теплогидравлических параметров, определить оптимальную по размерам и конфигурации поверхность теплопередачи. Выбрать тип теплообменника, соответствующий требованиям эксплуатационных режимов работы установки УМП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Химические вещества и материалы, влияющие на работу оборудование атомных электростанций. Основные требования. Стандарт организации. СТО 1.1.1.02.005.1116-2016. – Москва: АО «Концерн Росэнергоатом», 2016. – 57 с.

2. Водно-химический режим атомных станций. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. РБ-002-16. – Москва: АО «Концерн Росэнергоатом», 2016. – 10 с.

3. Шимова, Ю.С. Моделирование химико-технологических процессов: учеб. пособие / Ю.С. Шимова, Н.Ю. Демиденко, Е.В. Лис ; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2021. – 94 с.

4. Организация и проведение модернизации систем и оборудования атомных станций. Стандарт организации. СТО 1.1.1.04.003.0542-2019. – Москва: АО «ВНИИАЭС», 2020. – 150 с.

5. Теплообменное оборудование для атомных электростанций. Технические требования эксплуатирующей организации. СТО 1.1.1.01.001.0889-2013. – Нижний Новгород: ООО «НЭЦЯТ», 2021. – 30 с.

REFERENCES

1. Chemicals and materials affecting the operation of nuclear power plant equipment. Basic requirements. Organization standard. STO 1.1.1.02.005.1116-2016. – Moscow: JSC «Concern Rosenergoatom», 2016. – 57 p.

2. Water chemistry of nuclear power plants. Safety Guide for the use of atomic energy. RB-002-16. – Moscow : JSC «Concern Rosenergoatom», 2016. – 10 p.

3. Shimova, Yu.S. Modeling of chemical-technological processes: textbook / Yu.S. Shimova, N.Yu. Demidenko, E.V. Lis; Siberian State University named after M.F. Reshetnev. – Krasnoyarsk, 2021. – 94 p.

4. Organization and implementation of modernization of systems and equipment of nuclear power plants. Organization standard. STO 1.1.1.04.003.0542-2019. – Moscow : JSC «VNIIAES», 2020. – 150 p.

5. Heat exchange equipment for nuclear power plants. Technical requirements of the operating organization. STO 1.1.1.01.001.0889-2013. – Nizhny Novgorod : ООО «NNECNT», 2021. – 30 p.