

На правах рукописи

ПРЕСМАН

Михаил Рафаилович

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СХЕМЫ
ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ БАШЕННЫХ
ГРАДИРЕН ТЭС и АЭС**

Специальность 05.23.16 – Гидравлика и инженерная гидрология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2005

Работа выполнена на кафедре “Энергетические и промышленно-гражданские сооружения” ГОУ ВПО “Санкт-Петербургский государственный политехнический университет”.

Научный руководитель:

- доктор технических наук, профессор Тананаев Анатолий Васильевич

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук, профессор Петриченко Михаил Романович
- кандидат технических наук,
старший научный сотрудник Ищук Татьяна Борисовна

Ведущая организация: ОАО “Объединение ВНИПИэнергопром”

Защита состоится _____ на заседании диссертационного совета Д 212.229.17 при ГОУ ВПО “Санкт-Петербургский государственный политехнический университет” по адресу: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, гидрокорпус-II, ауд. 411.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке ГОУ ВПО “Санкт-Петербургский государственный политехнический университет”.

Автореферат разослан _____

Ученый секретарь

диссертационного совета _____ Орлов В. Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. При строительстве новых и расширении существующих тепловых и атомных электростанций особенно остро встает вопрос, связанный с обеспечением их водой, подаваемой в конденсаторы паровых турбин. Применение прямоточных схем водоснабжения становится все более трудным и не только ввиду недостаточных количеств воды, но и вследствие отрицательного воздействия сбросов охлаждающей конденсатор воды на окружающую среду. В связи с этим на первый план выходят оборотные системы водоснабжения с использованием градирен.

При проектировании и эксплуатации градирен особое внимание обращается на равномерность распределения горячей воды по площади орошения, так как от нее в значительной степени зависит эффективность работы этих сооружений.

Однако, используемые сегодня гидравлические схемы водораспределительных систем градирен имеют ряд недостатков, не позволяющих добиваться равномерного распределения воды по площади орошения при работе градирни. При неравномерном распределении воды по площади орошения, появляются большие неорошаемые или плохо орошаемые зоны, уменьшается поверхность теплообмена, при этом значительная часть воздуха прорывается через эти зоны, минуя зоны с повышенной плотностью орошения. В башенных градирнях прорыв через ороситель холодного и неувлажненного воздуха приводит к заметному уменьшению тяги, что сказывается на работе градирни в целом. Назрела необходимость поиска новой гидравлической схемы водораспределительной системы, позволяющей эффективно эксплуатировать градирню.

Направление диссертационной работы является продолжением многолетних исследований, проводимых специалистами ВНИИГ'а им. Б. Е. Веденеева под руководством Ю. С. Недвиги, а также специалистами институтов ВОДГЕО и СПб «Атомэнергопроект».

Цель работы. Разработка эффективной гидравлической схемы водораспределительной системы градирен, энергосберегающих сопел, исследование технической возможности и экономической целесообразности проведения подобной модернизации градирен, на примере башенной противоточной градирни.

Поставленная цель достигалась путем выполнения следующих задач:

- обобщением опыта эксплуатации водораспределительных систем градирен;
- проведением анализа различных гидравлических схем водораспределения в градирнях и разработкой оптимальной схемы;
- выявлением путей повышения эффективности работы системы водораспределения на основании результатов натурных и лабораторных исследований градирен;
- исследованием возможности снижения капитальных затрат при строительстве градирен путем совершенствования элементов конструкций

под блоки водоуловителя, при выполнении водораспределительного устройства по новой гидравлической схеме;

- проведением технико-экономического анализа предлагаемой гидравлической схемы водораспределительной системы.

Научная новизна работы:

- проведен анализ особенностей существующих гидравлических схем водораспределительных систем градирен и их влияния на равномерность водораспределения по площади орошения;
- разработана новая гидравлическая схема водораспределительной системы с учетом выявленных факторов, снижающих равномерность водораспределения при работе градирен;
- получены экспериментальные данные о работе градири №2 Сосногорской ТЭЦ, на которой впервые у нас в стране выполнена замена разбрызгивания воды вверх на разбрызгивание вниз;
- предложена новая конструкция разбрызгивающего устройства, при которой достигается развитый и равномерный факел разбрызгивания воды при направлении разбрызгивания как вверх, так и вниз.

Практическая ценность и реализация работы:

- при использовании на градири предлагаемой гидравлической схемы водораспределителя, показана возможность отказа от опорных конструкций под водоулавливающее устройство;
- доказана экономическая целесообразность применения предлагаемой гидравлической схемы водораспределителя;
- по результатам проведенных испытаний градири №2 Сосногорской ТЭЦ была выявлена эффективность замены верхнего разбрызгивания на нижнее; руководством ТЭЦ принято решение о модернизации также градири №1 (проект модернизации – ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, натурные исследования – ФГУП «СПб «Атомэнергопроект»);
- предложенные варианты модернизации водораспределительного устройства градири реализованы в проектах ФГУП «СПб «Атомэнергопроект» на стадии ТЭО для градирен, ТЭЦ-2 г.Астана, Соликамская ТЭЦ;
- результаты исследования по обоснованию применения новой гидравлической схемы утверждены ФГУП «СПб «Атомэнергопроект» для рассмотрения в проекте сверхмощных градирен ЛАЭС-2 площадью орошения 10000м² на стадии обоснования инвестиций.

Личный вклад автора заключается:

- в разработке новой гидравлической схемы водораспределительного устройства градири;
- в проведении гидравлических и технико-экономических расчетов по обоснованию новой гидравлической схемы;
- в проведении натурального исследования на реконструируемой градири;

- в проведении экспериментального исследования модели замкнутой водораспределительной системы;
- в проведении анализа и обобщений результатов исследований и формулировании выводов.

Достоверность и обоснованность результатов, полученных автором, обеспечиваются: проведением расчетных, модельных и натурных исследований в соответствии с действующими в России стандартами, методиками и нормативными документами; применением современной контрольно-измерительной аппаратуры и электронно-вычислительной техники; получением патентов на предложенные в диссертации решения гидравлической схемы водораспределительной системы.

На защиту выносятся:

1. Результаты анализа гидравлических схем отечественных и зарубежных водораспределительных систем градирен, позволившие наметить пути систематизации средств повышения эффективности их работы.
2. Усовершенствованная гидравлическая схема водораспределительной системы градирни, позволяющая существенно поднять эффективность ее работы, за счет недопущения заиливания трубопроводов системы и, как следствие, более равномерного водораспределения.
3. Новое разбрызгивающее устройство градирни, обеспечивающее развитый и равномерный факел разбрызгивания воды в широком диапазоне значений напора, при направлении разбрызгивания как вверх, так и вниз.

Апробация работы и публикации. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на XIII Международной конференции по энерго- и водоснабжению при модернизации градирен (г. Нижнекамск 2004 г.), а также на семинаре кафедры «Энергетические и промышленно-гражданские сооружения» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. По результатам выполненного исследования опубликована одна статья, а также получено две патентные грамоты.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертационной работы: 133 страницы машинописного текста, 51 рисунок, 24 таблицы, 10 страниц списка литературы, включающего 110 наименований. Общий объем диссертации – 163 страницы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, дана общая характеристика проблемы технического водоснабжения тепловых и атомных электростанций, в частности проблемы неравномерности водораспределения в градирнях, ее влияния на снижение технико-экономических показателей работы градирни. Сформулированы цель и задачи работы.

В первой главе дается аналитический обзор гидравлических схем водораспределительных систем, применяемых на отечественных и зарубежных башенных градирнях по литературным источникам.

Рассмотрены существующие гидравлические схемы водораспределительных систем, а также методики их расчета. В этом отношении были использованы работы ряда российских ученых, среди которых Л. Д. Берман, Б. С. Фарфоровский, В. Б. Фарфоровский, В. С. Пономаренко, Ю. И. Арефьев, В. А. Гладков, В. Б. Дульнев, Ю. С. Недвига, В. В. Гончаров и др. Все эти авторы в своих работах отмечают значительное влияние равномерности распределения воды в зонах теплообмена на охлаждающий эффект градирен. Исследования перечисленных специалистов нашли свое отражение в проектах отечественных градирен.

Приводится классификация водораспределительных систем градирен. Согласно этой классификации водораспределительные устройства можно разделить на три основные группы: разбрызгивающие, без разбрызгивания и подвижные.

На градирнях, как правило, используются разбрызгивающие водораспределительные устройства, которые в свою очередь подразделяются на безнапорные, представляющие собой системы открытых желобов и лотков, и напорные, выполняемые из закрытых желобов или труб с соплами или разбрызгивателями, к которым вода подводится с большим или меньшим напором.

В настоящее время башенные градирни строятся с напорными трубчатыми системами распределения воды, которые обладают рядом преимуществ перед лотковыми. Напорные системы проще в эксплуатации и улучшают эффект охлаждения воды в градирне благодаря лучшему разбрызгиванию и более равномерному распределению воды по площади орошения градирни в широких пределах изменения гидравлической нагрузки, тогда как лотки переполняются при больших расходах воды и неравномерно распределяют ее при малых расходах.

Затем рассматриваются примеры применения водораспределительных систем на отечественных и зарубежных электростанциях, а также некоторые интересные патентные разработки.

Обращаясь к зарубежному опыту строительства градирен, можно отметить, что большинство высокопроизводительных градирен в Англии, США, Германии, Польше и др. оборудуются напорными трубчатыми водораспределительными системами с разбрызгиванием воды вниз. Зарубежные специалисты отмечают, что трубчатая система с разбрызгиванием через сопла вверх требует регулярной ревизии чистоты сопел и, кроме того, связана с большим уносом водяной пыли, что оказывает негативное влияние на окружающую среду.

На градирнях у нас в стране, как правило, водораспределительное устройство выполняется по секторно-радиальной либо по ортогональной схеме.

При секторно-радиальной схеме вода на градирню подается по подводящим трубопроводам в центрально-расположенный железобетонный стояк, где поднимается на отметку водораспределения. Распределение воды по площади орошения осуществляется лучами магистральных трубопроводов, с отходящими от

них под углом 90° рабочими трубопроводами. Разбрызгивание воды осуществляется либо при помощи специальных сопел направлением разбрызгивания вверх, либо с истечением вниз через насадок, с разбрызгиванием при помощи специальной отражательной тарелочки.

При ортогональной схеме вода на градирию подается по нескольким (как правило, двум) подводящим трубопроводам. На отметку водораспределения вода подается по стоякам, расположенным на подводящих трубопроводах. От стояков вода по площади орошения распределяется системой магистральных и рабочих трубопроводов. Разбрызгивание, в основном осуществляется вверх соплами специальной конструкции.

Далее дается обзор разбрызгивающих устройств градирен по литературным источникам. Приводится классификация разбрызгивающих устройств, и требования к ним в части экономии энергозатрат и равномерности распределения воды по площади орошения.

Степень неравномерности распределения воды по оросителю зависит от величины радиуса факела сопла, который в свою очередь, зависит от напора и характеристик сопел, особенно при разбрызгивании вверх.

Как результат проведенного анализа существующих гидравлических схем водораспределительных систем, выявлены наиболее часто встречающиеся в процессе их работы недостатки:

1. Заиление и вывод из работы концевых участков рабочих лотков или трубопроводов.

2. Засорение строительным мусором направленных вверх сопел.

3. Срыв сопел в момент включения системы водораспределения.

4. Резкое повышение неравномерности распределения воды по оросителю при снижении напора воды. При этом отражательные сопла способствуют образованию «зонтиков», которые помимо повышения неравномерности распределения воды вызывают увеличение общего сопротивления градири.

5. В ортогональных или радиальных системах водораспределения принятые углы соединения магистральных и рабочих трубопроводов вызывают значительные сопротивления системы и, следовательно, потери напора.

6. Разбрызгивание воды вверх приводит к необходимости создания дополнительной опорной конструкции высотой более 2,5м для размещения водоуловительного устройства.

На основании результатов проведенного анализа существующих водораспределительных систем градирен, а также проблем, связанных с их эксплуатацией, сформулированы основные требования, предъявляемые к водораспределительным устройствам градирен.

Водораспределительные устройства градирен помимо обеспечения равномерного распределения воды, должны удовлетворять следующим условиям:

- не требовать частой и сложной регулировки при эксплуатации;
- не ухудшать заметно свою работу при колебаниях расхода воды;

- не допускать засорения системы водораспределения (напорной или безнапорной);
- не создавать большого сопротивления проходу воздуха через градирню;
- обеспечивать минимальные энергетические затраты при сохранении высокой эффективности работы градирни при различных гидравлических режимах.

Во второй главе предлагается усовершенствованная гидравлическая схема водораспределительной системы градирни, позволяющая производить промывку рабочих трубопроводов, не останавливая градирню на ремонт.

На рис. 1 представлен план расположения подводящих трубопроводов (ТП) и стояков (Ст). На рис. 2 – план магистральных и рабочих трубопроводов на отметке водораспределения. Поскольку расположение трубопроводов в градирне симметрично относительно центральной оси (А-В), то рассматривается половина градирни. В качестве примера принята градирня площадью орошения 1600м².

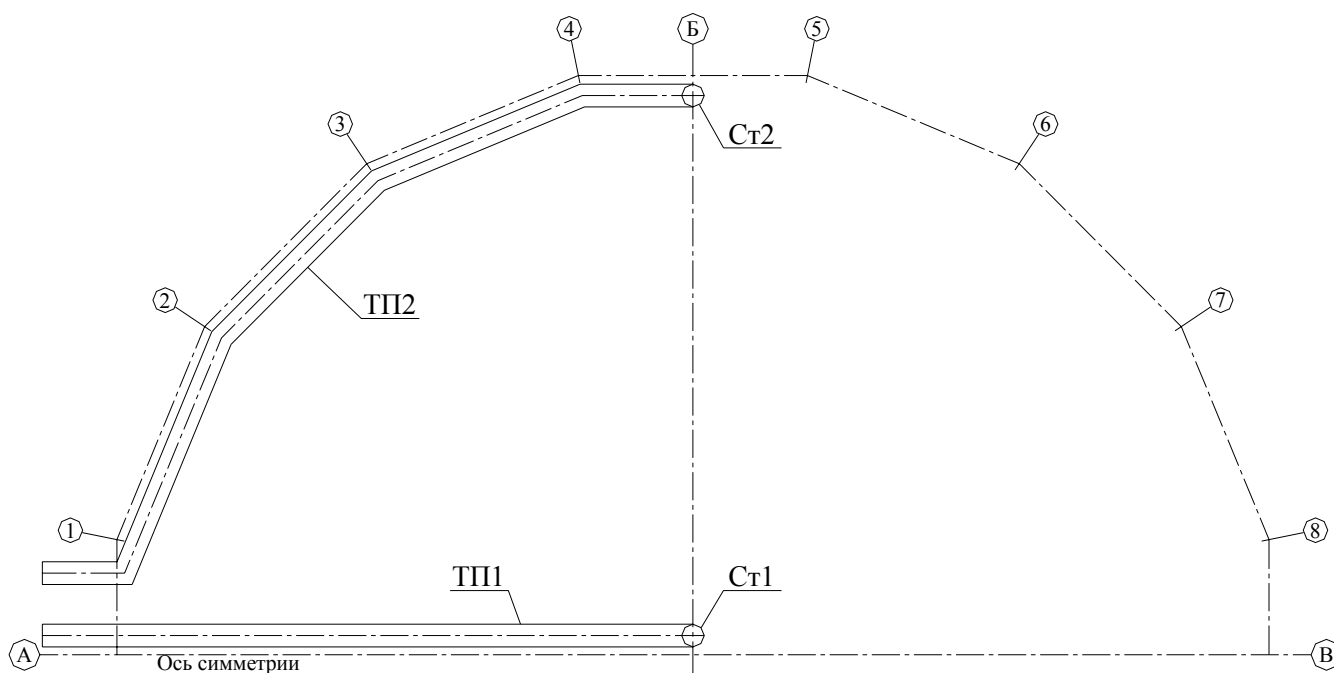


Рис. 1. Схема расположения подводящих трубопроводов (ТП) и стояков (Ст)

Основная идея предложенной гидравлической схемы водораспределителя в том, что в нем отсутствуют тупиковые участки рабочих трубопроводов. Система водораспределения получается замкнутая путем соединения магистральных трубопроводов рабочими трубопроводами. Таким образом, водные потоки, поступающие по двум соседним магистральным трубопроводам, встречаются в середине соединяющих их рабочих трубопроводов. В случае заиливания участка рабочего трубопровода, где встречаются водные потоки, следует прикрыть подачу воды по одному из двух подводящих трубопроводов, обслуживающих половину градирни. При этом начнет смещаться ось равных напоров рабочего трубопровода от магистрального трубопровода с высоким напором (расходом) к магистральному

трубопроводу с малым напором. Тем самым, будет размываться накопившееся заилиение. Путем восстановления напоров (расходов), произойдет полное размывание отложений. Таким образом, можно не допускать заилиения трубопроводов (с последующим выходом из работы части водораспределительной системы) путем простого регулирования подачи воды на градирню. Устройство для создания необходимых напоров для исключения заилиения в рабочих трубопроводах представляет собой управляемые автоматическим или механическим способом затворы, расположенные в подводящих трубопроводах. Работа перекрывающих затворов в подводящих трубопроводах должна быть асимметрична, т.е. при перекрытии, например, первого трубопровода, второй трубопровод должен быть открытым и наоборот.

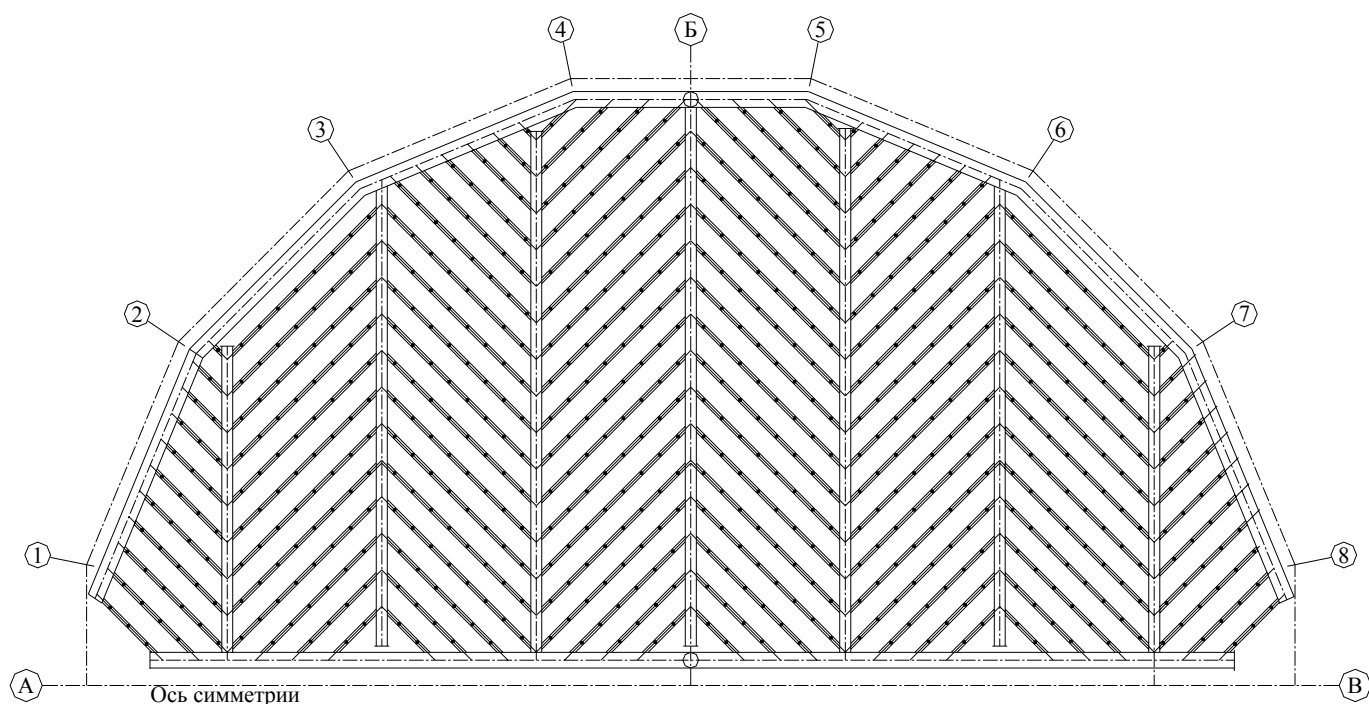


Рис. 2. Схема расположения магистральных и рабочих трубопроводов на отметке водораспределения

Далее глава посвящена гидравлическому расчету предлагаемой системы (рис.1, 2). Гидравлический расчет системы заключался в определении диаметров магистральных и рабочих труб при заданном напоре воды в начале системы, при котором обеспечивается относительно равномерное распределение расходов воды по трубам и через разбрызгивающие сопла.

Исходными данными для гидравлического расчета водораспределительных систем являются: 1) схема водораспределительной системы, т. е. плановое и высотное расположение трубопроводов с указанием расстояния между трубами и между разбрызгивающими устройствами по оси трубопроводов; 2) тип и размеры разбрызгивающего устройства; 3) средний расход воды через разбрызгивающее устройство.

В качестве разбрызгивающего устройства принято ударное сопло с чашечным отражателем. Разбрызгивания воды осуществляется вверх. Напор воды на отметке расположения водораспределительной системы принят равным 1,5 м.

Значение расхода при истечении жидкости из принятого сопла при напоре 1,5 м, по данным ВНИИГ'а им. Б. Е. Веденеева составит: $q_c=0,0027\text{м}^3/\text{сек}$. Зная при этом общий расход воды на градирию, определяем общее количество сопел.

Определение диаметров трубопроводов системы водораспределения осуществлялось на основании технико-экономического расчета.

Для этого определялись диаметры трубопроводов системы при трех различных значениях скорости течения воды в них ($v_1=1\text{м/с}$, $v_2=1,5\text{м/с}$, $v_3=2\text{м/с}$). При этом принималось, что расход воды, поступающей в рабочий трубопровод, пропорционален числу установленных на нем разбрызгивающих устройств.

Далее определялись потери напора в подводящих трубопроводах, стояках, в магистральных и рабочих трубопроводах. Расчет системы производится последовательно от последнего водораспределительного устройства конечного рабочего трубопровода к входному сечению магистрального трубопровода. В случае, если магистральный трубопровод разбит на участки с разными диаметрами, то его расчет производится по участкам (от конечного к главному).

Потери напора в системах слагаются из потерь на трение, потерь на расширение и отделение потока (в крестовинах и тройниках), а также потерь при изменении диаметра трубопроводов (в переходных конусах). При этом потери напора в трубопроводах, с последовательно расположенными отводами, на трение $h_{\text{тp}i}$ и на расширение основного водного потока $h_{\text{рши}i}$ на участке трубопровода от i -го бокового отвода до конца трубопровода вычисляются по формулам, приведенным в «Технических указаниях по расчету и проектированию башенных противоточных градириен для тепловых электростанций и промышленных предприятий» (ВСН 14-67):

$$h_{\text{тp}i} = \frac{\lambda S}{d_{\text{тp}}} \frac{i(i-1)(2i-1)}{6n^2} \frac{v_0^2}{2g}, \quad (1)$$

$$h_{\text{рши}i} = \frac{i-1}{n^2} \frac{v_0^2}{2g}, \quad (2)$$

где λ - коэффициент гидравлического трения; S - длина участка трубопровода, равная расстоянию между осями смежных боковых отводов; $d_{\text{тp}}$ - диаметр трубопровода; n - количество боковых отводов; v_0 - скорость воды в начальном поперечном сечении трубопровода; g - ускорение свободного падения.

Результатом гидравлического расчета является определение высоты подачи воды в градирию от уровня воды в бассейне, с учетом потерь напора в системе водораспределения и напора в разбрызгивающих соплах.

Критерием экономической эффективности вариантов водораспределения являются годовые приведенные затраты, определяемые по сумме затрат на трубопроводы водораспределительной системы и затрат, связанных с потребляемой

мощностью насосов на перекачку циркуляционной воды. В результате выполнения технико-экономического расчета определена скорость течения воды в трубопроводах системы водораспределения, при которой годовые приведенные затраты в систему будут минимальны. Для данной скорости окончательно рассчитаны диаметры трубопроводов системы и высота подачи воды на градирню.

В заключение главы выполняется анализ равномерности распределения воды по площади орошения градирни рабочими трубопроводами замкнутой системы водораспределения и системы с тупиковыми участками. Неравномерность распределения воды по длине рабочего трубопровода обуславливается изменением пьезометрического напора, за счет отбора воды на разбрызгивающих соплах. Чем меньше диаметр рабочего трубопровода, тем больше величина падения скоростного напора по длине рабочего трубопровода, и тем больше величина изменения пьезометрического напора. Следовательно, с уменьшением диаметров рабочих трубопроводов повышается степень неравномерности распределения ими воды по площади орошения. И, как показывает опыт проектирования башенных градирен площадью орошения 1600 м^2 с тупиковыми системами водораспределения, диаметры рабочих трубопроводов принимаются не менее $D=150\text{ мм}$. В этом случае неравномерность водораспределения не превышает $0,8\%$. Однако, при попытке уменьшить диаметр рабочих трубопроводов до $D=80\text{ мм}$ установлено, что неравномерность водораспределения в таком случае составит уже $12,4\%$, что является неприемлемым для водораспределительных систем градирен.

При использовании в аналогичной градирне замкнутой системы водораспределения равномерность распределения воды по площади орошения значительно увеличивается за счет подвода воды в рабочий трубопровод с двух сторон. Это позволило принять диаметры рабочих трубопроводов исследуемой гидравлической схемы диаметром $D=100\text{ мм}$. Таким образом, в системе водораспределения, выполненной по новой гидравлической схеме, достигнута экономия в стальных конструкциях рабочих трубопроводов, без ущерба равномерности распределения воды по площади орошения градирни.

В третьей главе приводится анализ результатов натурных и лабораторных исследований водораспределительных систем градирен. На основании этого анализа намечаются пути дальнейшего усовершенствования гидравлической схемы водораспределительной системы, предложенной во второй главе.

В октябре 2004г. на Сосногорской ТЭЦ по проекту ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева была выполнена реконструкция градирни №2 с применением высокоэффективных полимерных оросительных и водоуловительных устройств. Также была выполнена замена рабочих трубопроводов водораспределительной системы с установкой специальных разбрызгивающих устройств с разбрызгиванием воды вниз.

Основной задачей натурных исследований башенной градирни №2 являлось определение фактической охлаждающей способности градирни после проведения ее реконструкции с использованием полимерного оросительного устройства, а также с применением сопел направлением разбрызгивания воды вниз.

Для определения охлаждающей способности градирни измерялись следующие параметры:

- температура наружного воздуха по сухому термометру;
- температура наружного воздуха по смоченному термометру;
- скорость ветра (анемометром);
- температура воды поступающей на градирню по ртутным термометрам, установленным в гильзах на подводящих трубопроводах;
- температура охлажденной воды по ртутным термометрам, заключенным в специальные оправы, в двух точках в отводящих каналах у градирни;
- расход воды на градирню (ультразвуковой расходомер «Взлет УТ»).

Оценка охлаждающей способности реконструируемой градирни производилась путем сопоставления температур охлажденной воды, полученных в результате измерений и температур воды, определенных по расчетной номограмме, разработанной во ВНИИГе им. Б. Е. Веденеева для градирни площадью орошения 2100 м^2 с использованием полимерного оросителя высотой 1,4м.

Было установлено, что работа градирни в различных режимах соответствовала гарантийной номограмме. Немалую роль в этом сыграла замена верхнего разбрызгивания на нижнее. В первую очередь такая замена повлекла за собой отсутствие влияния трубопроводов системы водораспределения на равномерность распределения воды в градирне.

В ходе натурного исследования градирни была выявлена возможность расположения блоков водоуловителя на трубопроводах водораспределительной системы.

В диссертационной работе автором выполнено экспериментальное исследование модели предлагаемой гидравлической схемы.

Цель эксперимента – исследование равномерности распределения воды по площади орошения в режиме промывки рабочих трубопроводов системы. Для этой цели была разработана модель исследуемой гидравлической схемы (рис. 3).

Выбор размеров модели осуществлялся с одной стороны геометрическим подобием размеров трубопроводов модели натурным размерам трубопроводов системы водораспределения, а с другой – значениями числа Рейнольдса, соответствующим турбулентному режиму движения жидкости.

В натуральных условиях, на примере градирни Сосногорской ТЭЦ площадью орошения 2100 м^2 движение воды в трубопроводах системы водораспределения происходит в турбулентном режиме при числах Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{1,5 \cdot 0,15}{10^{-6}} = 2,25 \cdot 10^5, \quad (3)$$

где $V=1,5\text{ м/с}$ – средняя скорость движения воды в трубопроводах, $D=0,15\text{ м}$ – диаметр распределительных трубопроводов, $\nu=10^{-6}$ – кинематический коэффициент вязкости воды.

Для трубопроводов модели:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{3 \cdot 0,012}{10^{-6}} = 3,6 \cdot 10^4.$$

Таким образом, движение воды в трубопроводах модели гидравлической схемы будет осуществляться в турбулентном режиме.

В ходе эксперимента вода подавалась в систему с одинаковыми и разными напорами на подводящих трубопроводах. Меняя напоры на подводящих трубопроводах, и, тем самым, меняя высоты факелов разбрызгивания, высота каждого отдельного факела разбрызгивания оставалась одинаковой (большей или меньшей в зависимости от напора) для всех отверстий системы (рис.4).

Основной вывод проведенного эксперимента: в режиме промывки рабочих трубопроводов распределение воды по площади орошения будет равномерным.



Рис. 3. Модель фрагмента замкнутой системы водораспределения



Рис. 4. Работа модели фрагмента замкнутой системы водораспределения

Далее в главе анализируются результаты лабораторных исследований гидравлических схем водораспределителей градирен, проводимых во ВНИИ ВОДГЕО, а также на кафедре водных исследований ЛГМИ в лабораторных и натуральных условиях.

В исследованиях, проведенных во ВНИИ ВОДГЕО, рекомендуется для правильного выбора расстояний между соплами, а также для теплового расчета

градирен, пользоваться данными о так называемых коэффициентах неравномерности распределения воды $K_{нр}$ при групповой работе сопел с взаимодействующими факелами разбрызгивания. В результате стендовых испытаний с группой сопел была получена эмпирическая зависимость коэффициента неравномерности водораспределения $K_{нр}$ при групповой работе 4-х типов сопел как функция от расстояния между ними в плане, расстояния от сопел до оросителя, размеров факелов разбрызгивания, гидравлических характеристик единичного сопла.

Сопоставляя результаты данных исследований с расчетными данными применительно к рассматриваемой замкнутой системе водораспределения, был определен коэффициент неравномерности водораспределения $K_{нр}$. Установлено, что $K_{нр}=0,19$, что является допустимой величиной (допускаемая неравномерность распределения воды соплами по оросителю градирен $K_{нр}\leq 0,25$).

При экспериментах было замечено, что при работе сопел с факелами вверх, на равномерность распределения воды отрицательное влияние оказывают трубопроводы системы водораспределения. Капли при ударе о поверхность труб разбивались на большое число мелких капель-брызг. Часть брызг отлетала от этой поверхности под разными углами, а часть воды стекала по трубам. При этом наблюдались значительные провалы плотности орошения под трубами водораспределительной системы.

На кафедре водных исследований ЛГМИ всестороннему изучению подвергалась работа разбрызгивающего устройства, состоящего из цилиндрического насадка и чашечного отражателя. В натуральных условиях была исследована работа водораспределительных систем градирен Старобешевской ГРЭС и Новокуйбышевской ТЭЦ-2.

В ходе данных экспериментов установлено, что несколько большую неравномерность распределения воды по площади орошения градирни в натуральных условиях по сравнению с расчетом можно объяснить тем, что при расчете не учитывается имеющая место затеняющая ороситель роль магистральных и рабочих трубопроводов. Падающий на трубопроводы поток капель стекает с них струйками. При этом остается почти 15-20% неорошаемой поверхности оросителя под трубами.

Таким образом, если изначально в предложенной системе водораспределения для разбрызгивания воды использовалось сопло с чашечным отражателем, направлением разбрызгивания вверх, то, проанализировав результаты лабораторных исследований, возникла необходимость в разработке разбрызгивающего устройства для предложенной системы водораспределения, направлением разбрызгивания вниз.

Результатом поиска, разработки и исследования разбрызгивающих сопел явилось изобретение универсального разбрызгивающего устройства.

Технической задачей изобретения является повышение и стабилизация эффективности охлаждения воды при разбрызгивании как вверх, так и вниз, используя одно универсальное разбрызгивающее устройство, исключение неорошаемых секторов факела разбрызгивания, увеличение срока эффективной и

безаварийной работы данного устройства, исключение разрушения его стоек во время пуска градирни, особенно в зимнее время эксплуатации.

Предлагаемое разбрызгивающее устройство представлено на рис. 5.

Работа разбрызгивающего устройства осуществляется следующим образом.

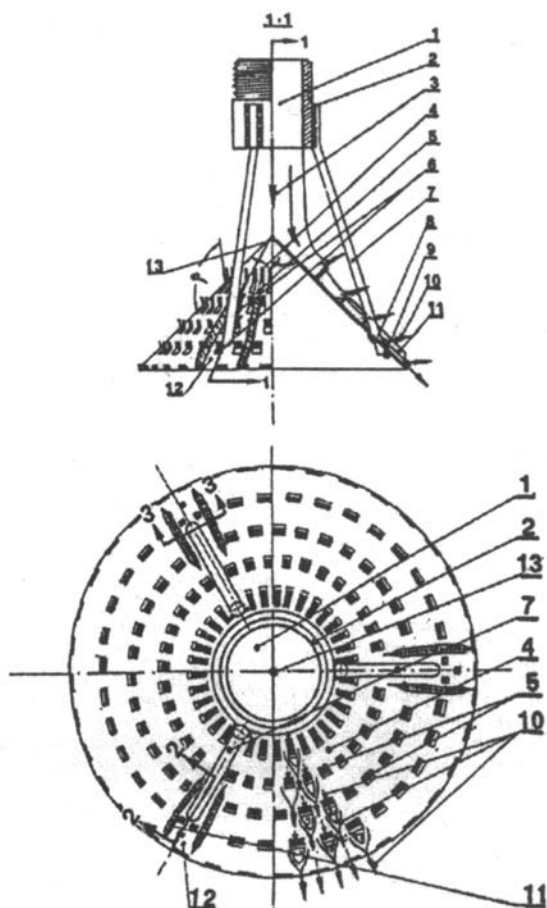


Рис. 5. Универсальное разбрызгивающее устройство

На разбрызгивающее устройство 1 через подводящий патрубок 2, а затем на конусный отражатель 4 попадает и растекается равномерно по нему струя воды 3, встречая на пути разной высоты пороги 5 и отверстия 6 за ними, а также стойки 7, проходящие от подводящего патрубка 2 через отверстия 8 в конусном отражателе 4. Обтекая отверстия 6 и отражаясь от порогов 5, струя воды 3 расщепляется на отдельные струи 10 и далее превращается в капельный факел разбрызгивания. При помощи треугольных выступов 11 выделяются секторы 12 конусного отражателя 4 у стоек 7. В этих секторах, ниже стоек разбрызгивающего устройства, выполнены пороги различной высоты, благодаря чему в секторах 12 у стоек 7 не возникает причин для образования не орошенных зон в факеле разбрызгивания, т. е. треугольные выступы 11 и изменение высоты порогов 5 способствуют созданию таких же условий стекания охлаждаемой воды, как и на всей основной части конусного отражателя 4.

Таким образом, предлагаемое разбрызгивающее устройство позволяет обеспечить постоянную равномерность распределения капельного водного потока по площади орошения при любых расходах воды, как при верхнем, так и при нижнем водораспределении по площади орошения градирни, повышая эффективность охлаждения воды, что подтверждается экспериментальными лабораторными исследованиями и расчетными данными.

В заключительном разделе главы исследуется возможность расположения конструкций водоуловительного устройства на трубопроводах водораспределительной системы.

При установке водоуловителя на рабочих трубах водораспределительной системы часть его оказывается в тени труб, что приводит к уменьшению рабочей площади водоуловителя и соответственному увеличению аэродинамического

сопротивления градирни в нем по сравнению с аэродинамическим сопротивлением градирни при установке водоуловителя выше. Однако, выполненное сравнение вариантов показало, что дополнительные аэродинамические сопротивления при укладке водоуловителя на трубопроводах водораспределительной системы незначительны. Очевидным же преимуществом такой установки будет отсутствие опорных конструкций под блоки водоуловителя, а также сокращение высоты колонн опорного каркаса.

В итоге, на основании результатов натуральных и лабораторных исследований найден путь повышения экономической эффективности предложенной гидравлической схемы водораспределительного устройства градирни посредством установки специального разбрызгивающего устройства с направлением разбрызгивания вниз, и укладкой блоков водоуловителя на рабочие трубопроводы водораспределительной системы.

В четвертой главе выполнено технико-экономическое сравнение двух вариантов башенных градирен с различным исполнением узла водоохладительного устройства.

Для сравнения взята типовая градирня площадью орошения 1600м^2 . Расчет производился применительно к условиям ТЭЦ-2 г. Астана (Казахстан).

В первом варианте водораспределительное устройство выполняется по ортогональной схеме. Система водораспределения состоит из двух частей: подводящих трубопроводов, расположенных на днище водосборного бассейна, и трубопроводов системы водораспределения, расположенных на отметке разбрызгивания воды. В качестве разбрызгивающего устройства приняты пластмассовые сопла с чашечным отражателем.

Во втором варианте водораспределительное устройство выполнено по гидравлической схеме, предложенной автором. В качестве разбрызгивающего устройства принято сопло, предложенное автором в третьей главе диссертации. Направление разбрызгивания воды осуществляется вниз.

Оросительное и водоуловительное оборудование для двух вариантов принималось одинаковое, однако, если в первом варианте под блоки водоуловителя необходимо устройство дополнительной конструкции, то во втором варианте блоки водоуловителя укладываются на рабочие трубопроводы системы водораспределения.

Показателем экономической эффективности при сравнении вариантов служила разность годовых приведенных затрат, определяемых по сумме затрат на сооружения и затрат, связанных с потерей мощности турбины.

Приведенные затраты на сооружение $П_c$ представляют собой сумму ежегодных эксплуатационных расходов \mathcal{E} при одновременных капитальных вложениях K , приведенных к годовым единицам измерения с помощью нормативного коэффициента сравнительной экономической эффективности E_n :

$$П_c = \mathcal{E} + E_n K. \quad (4)$$

Приведенные затраты, связанные с потерей мощности, потребляемой насосами на перекачку циркуляционной воды, определяются по формуле:

$$P_N = N_{\text{ц}} \cdot C_{\text{эл}} \cdot h, \quad (5)$$

где: $N_{\text{ц}}$ – мощность, потребляемая насосами на перекачку циркуляционной воды, МВт; $C_{\text{эл}}$ – стоимость электроэнергии, руб/МВт·час; h – продолжительность работы турбин, час.

В результате проведенного технико-экономического расчета установлено, что суммарные годовые приведенные затраты в водоохладительное устройство градирни площадью орошения 1600м^2 , выполненное по новой гидравлической схеме, будут на 45 тыс. руб. меньше, чем в водоохладительное устройство, выполненное по традиционной гидравлической схеме. Это связано с меньшими затратами на перекачку циркуляционной воды, а также отсутствием дополнительных конструкций под блоки водоуловителя.

Таким образом, предложенное в диссертации решение усовершенствования гидравлической схемы водораспределительной системы башенных градирен позволяет не только избавиться от большинства известных недостатков, возникающих при работе водораспределительных систем, выполненных по ортогональной или секторно-радиальной схемам, но и оказывается экономически выгодным.

Основные выводы:

1. Выполнен анализ гидравлических схем водораспределительных систем градирен, применяемых у нас в стране и за рубежом. Выявлены наиболее часто встречающиеся недостатки их работы: заиливание и засорение трубопроводов, появление неравномерности распределения воды по оросителю, повышение гидравлического сопротивления водораспределительной системы и др., приводящие к нарушению эффективной и бесперебойной работы градирни.

2. Разработана гидравлическая схема водораспределительной системы, позволяющая производить промывку рабочих трубопроводов, не останавливая градирню на ремонт.

3. Экспериментальное исследование модели предлагаемой водораспределительной системы, показало, что распределение воды в режиме промывки рабочих трубопроводов будет равномерным.

4. Предложена усовершенствованная конструкция разбрызгивающего устройства градирни, позволяющая получить развитый и равномерный факел разбрызгивания воды в широком диапазоне значений напора, при направлении разбрызгивания как вверх, так и вниз.

5. Выполненное технико-экономическое сравнение предложенной автором гидравлической схемы водораспределительной системы, с традиционной гидравлической схемой водораспределительной системы, применительно к конкретным условиям ТЭЦ-2 г. Астана, показало, что предложенные в диссертации мероприятия по повышению эффективности работы градирни, путем выполнения водораспределительного устройства по новой гидравлической схеме, будут экономичнее по сравнению с используемыми на сегодняшний день.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Пресман М. Р., Черняев Ю. П. Особенности применения сверхмощных градирен в системах технического водоснабжения ТЭС и АЭС / Материалы межвузовской научной конференции «XXXI Неделя науки СПбГПУ. Ч.1», С-Пб.: Изд. СПбГПУ, 2003. С. 64 – 65.
2. RU 2247294 С2 7 F 28 F 25/04. Водораспределительное устройство градирни / Недвига Ю. С., Родионов А. М., Пресман М. Р. - №2003108488; Заявл. 26.03.2003.
3. RU 2243467 С2 7 F 28 F 25/08. Ороситель для тепломассообменного аппарата / Недвига Ю. С., Недвига Н. Ю., Ипатов В. Н., Пилипенко К. В., Свердлин Б. Л., Федоров А. В., Шишов В. И., Пресман М. Р. - №2003105988; Заявл. 03.03.2003.