

Тенденции потребления воды промышленным сектором Российской Федерации на нужды производства сегодня таковы, что использование оборотной воды составляет примерно от 60 до 80% от общего потребления воды [1]. Таким образом, главной составляющей схем рационального и эффективного использования водных ресурсов являются градирни, работающие в водооборотных охлаждающих системах, что дает возможность повысить экономические показатели промышленных предприятий [2]. Градирня представляет собой основное оборудование для охлаждения оборотной воды промышленных и энергетических предприятий. Согласно данным [3] градирни классифицируют: 1) по способу передачи тепла атмосферному воздуху на: испарительные, в которых теплопередача от воды к воздуху происходит, прежде всего, за счет испарения; радиаторные, иначе сухие, в них теплопередача организуется через стенку радиаторов за счет теплопроводности и конвекции; смешанные - в них используется теплопередача испарением, теплопроводностью и конвекцией; 2) по способу перемещения воздуха через контактные устройства градирни: вентиляторные, через которые воздух перекачивается при помощи вентилятора; башенные, в которых тяга воздуха организовывается за счет подбора необходимой высоты башни; открытые, или атмосферные, в которых для воздуха движется благодаря естественным воздушным потокам - ветер и отчасти естественная конвекция. В радиаторных градирнях нижней границей температуры охлажденной воды может быть температура атмосферного воздуха по сухому термометру, а в испарительных градирнях - температура воздуха по влажному термометру, которая, как известно, может быть ниже температуры по сухому термометру на несколько градусов. Испарительные градирни организуют более эффективное охлаждение воды по сравнению с радиаторными и могут быть изготовлены из более дешевых и не столь дефицитных материалов [3]. Охлаждение воздуха в сухих градирнях обладает одним из недостатков - это то что производительность по охлажденной воде существенно зависит от температуры атмосферного воздуха, которая, к сожалению, нестабильна в течение года, да и на протяжении суток. С целью организации их более устойчивой работы необходимо обеспечить постоянную тепловую нагрузку, а при холодном наружном воздухе в особенности. Во время работы промышленных предприятий и паротурбинных установок ТЭЦ возможна существенная нестабильность отбора и подачи тепла на сухие градирни, что влечет за собой огромный риск замерзания и выхода из строя дорогого теплообменного оборудования. Сухие градирни не столько широко применяются в производстве, как испарительные, это связано с их дороговизной, небольшой производительностью и значительным энергопотреблением. Цена радиаторной градирни более чем в 5 раз превышает стоимость градирни испарительного типа при равной тепловой нагрузке [4]. Градирни также классифицируют по конструктивным типам оросительных

устройств и способу достижения наибольшей поверхности контакта воды с воздухом, так различают градирни пленочные, капельные и брызгальные. Все представленные типы градирен могут отличаться весьма различной конструкцией, как отдельных элементов оросительного устройства, так и типоразмерным рядом и расстоянием между ними, также они могут быть изготовлены из разнообразных материалов. Для открытых атмосферных градирен удельная гидравлическая нагрузка по расчетным данным не должна превосходить от 3 до 5 м³/(м²·ч). Влияние силы и направления ветра на охлаждающую способность открытых градирен сужает условия их применения [3]. Градирни башенного типа организуют немалую площадь испарения и их рентабельно применять при охлаждении воды в количестве более 6000 м³ в час. Забор воздуха и его подача в башенные градирни происходит без помощи вентиляторов, а осуществляется ветром или естественной тягой. Немалая площадь, занимаемая такими градирнями, а также большая стоимость являются их несомненным недостатком. Однако к преимуществам можно отнести простоту в эксплуатации, экономичность работы, возможность размещения в непосредственной близости к промышленному объекту за счет отвода влажного воздуха на внушительной высоте [5]. При решении оригинальных технических задач применяют вентиляторные градирни. Использование принудительной тяги воздуха большей мощности совместно с применением современных комбинированных систем орошения, даёт возможность добиться более глубокого охлаждения воды при большой плотности орошения, что позволяет значительно снизить капиталовложения на строительство железобетонных бассейнов и использовать гораздо меньшие площади под возведение систем охлаждения [6]. При использовании вентиляторных градирен, в отличие от башенных, требуются менее мощные насосы т.к. здесь высотный уровень подачи воды ниже на 2-3 метра, что при больших объёмах охлаждаемой воды даёт большой экономический эффект. Время возведения вентиляторных градирен несравнимо меньше, чем постройка башенных. Помимо этого, вентиляторные градирни можно запускать очередями, не дожидаясь постройки всего комплекса в целом. Под строительство вентиляторных градирен можно использовать неперспективные площадки (узкие участки земли непригодные для возведения башенных градирен) вентиляторные градирни можно возводить в районах с сейсмоопасной обстановкой, где возведение башенных градирен просто невозможно. Применение в вентиляторных градирнях современных водоуловительных систем позволяет значительно снизить потери воды при капельном уносе, а значит сокращает объём используемой воды на подпитку системы [7]. В настоящее время всё чаще возникает проблема перед специалистами предприятий разных отраслей промышленности, связанная с обновлением и ремонтом существующих градирен. Неотъемлемым требованием при планировании дальнейшего развития производства остается повышение

надежности охлаждения оборотной воды градирнями, поскольку от того, насколько стабильно и эффективно работает градирня в системе оборотного водоснабжения зависит мера реализации сберегающих технологий в техническом, экономическом и экологическом плане: количество и стоимость потребления и расходования воды, топлива, электроэнергии и сырья [8]. Не стоит забывать, что нередко капитальный ремонт градирен очень дорогостоящий, его стоимость на 20-40% превышает расхода на строительство новой промышленной градирни. При этом затраты при эксплуатации существующей системы охлаждения за весь срок службы в несколько раз превосходят капитальные затраты на её создание [9]. Испарительные градирни вентиляторного типа, обеспечивая стабильность охлаждения оборотной воды, имеют наибольший перепад температуры воды и максимальную удельную тепловую нагрузку, чем аппараты для охлаждения воды других типов. Тем не менее известные испарительные градирни имеют существенные недостатки, а именно, плохая смачиваемость насадочных элементов, недостаточные равномерность распределения воды, малая поверхность контакта взаимодействующих фаз, большие эксплуатационные затраты на перекачивание воды и потока воздуха. В связи с этим, весьма актуальной задачей является разработка технологического процесса охлаждения оборотной воды и его аппаратного оформления. Применение насадок со спиральными элементами позволяет осуществлять эффективный процесс охлаждения воды при различных скоростях потока воздуха на входе. Внешний вид разработанной насадки представлен на рис. 1 [10]. Рис. 1 - Канал насадки со спиральным элементом: 1 - стенки канала; 2 - спиральный элемент; 3 - стержень. Насадка работает следующим образом. Жидкость через оросительное устройство подают сверху, и она равномерно распределяется по сечению насадки. Газ подают снизу равномерно под насадку. За счет установленного в каждом канале вертикального стержня 2, вокруг которого по всей высоте закреплен спиральный элемент 3, газ приобретает окружную компоненту скорости. Стекающая вниз жидкость равномерно распределяется по периметру канала в виде пленки и контактирует с восходящим потоком газа. Достигая точек соприкосновения внешних краев спирального элемента 3 со стенками канала, жидкость движется по поверхности спирали 3, что существенно увеличивает площадь контакта газа и жидкости. При этом срывающиеся с поверхности пленки капли жидкости за счет центробежной силы, создаваемой газом, снова возвращаются к внутренним стенкам канала, либо оседают на поверхности расположенных выше витков спирального элемента 3, что практически полностью исключает унос жидкости из канала. Для исследования процесса вылета капель из пленки жидкости на стенках каналов, была спроектирована экспериментальная установка, представленная на рисунке 2. Вода циркулирует в канале 1 при помощи насоса 8. Начальная скорость капли, так же как и ее

направление, задается устройством для создания кратковременного потока воздуха 4. На основе данных, полученных при использовании видеокамеры 2, определяется скорость капли перед контактом с пленкой. Дисперсность капель и их количество определяется при помощи видеокамеры 5. Устройство формирующие капли 3 представляет собой шприц с иглой. Через устройство формирующие капли 3 может подаваться подкрашенная жидкость, для исследования растворения капли при соударении с пленкой. Необходимая для научных исследований начальная температура воды создается и поддерживается нагревательным элементом 11. Необходимый расход воды создается запорной арматурой 7. Рис. 2 - Схема экспериментальной установки: 1 - канал; 2, 5 - видеокамеры; 3 - устройство формирующие капли; 4 - устройство для создания кратковременного потока воздуха; 6 - перфорированная перегородка; 7 - запорная арматура; 8 - насос. При проведении экспериментов определяются следующие параметры: расход жидкости на входе в канал (F_1) измеряется ротаметром; температура циркулирующей воды (T_1) измерялась цифровым термометром. Следует отметить, что спроектированная установка не нуждается в канализации и постоянной подпитки воды. В отличие от конструкции, представленной в работе [11], постоянный процесс срыва капель жидкости и последующего их возврата к стенкам увеличивают эффективность теплообмена за счет увеличенной поверхности контакта жидкости и газа. Кроме того, капельная влага не уносится с газовым потоком из насадки, а оседает на стенках спирального элемента, что позволяет сократить потери жидкости..