

УДК 628.179

**ОЦЕНКА НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ  
РАЗБРЫЗГИВАЮЩИМИ СОПЛАМИ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ГРАДИРЕН****Е.А. ХОНЯК, Ю.В. ДУБОВЕЦ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Д. ЮЩЕНКО; Е.В. ЛЕСОВИЧ)*

*Исследуются неравномерности распределения воды различных типов разбрызгивающих сопел вентиляторных градирен. Рассмотрены разбрызгивающие форсунки, струйно-винтовые и центробежно-струйные распылители вентиляторных градирен. Проведен анализ работы разбрызгивающих устройств, при сравнении эффективности охлаждения воды в одинаковых условиях их эксплуатации.*

В градирнях, которые служат для охлаждения воды в оборотных системах производственного водоснабжения, в последнее время повсеместно применяются трубчатые элементы распределения воды. Напорные трубчатые системы в сравнении безнапорными создают меньшее сопротивление проходу воздуха, менее чувствительны к колебаниям расхода воды и проще в эксплуатации [1–3].

Применение разбрызгивающих устройств специальных конструкций может позволить отказаться от капельно-пленочных оросителей внутри градирни, что значительно снизит затраты при их эксплуатации.

Современные требования к разбрызгивающим соплам градирен в части экономии энергозатрат и равномерности распределения воды по оросителю могут быть сформированы следующим образом: сопла должны обеспечивать развитый факел разбрызгивания воды с радиусом 1,5–2 м при 5–30 кПа и не подвергаться засорению при концентрации взвешенных веществ в оборотной воде менее 50 мг/л в присутствии каких-либо посторонних включений (нефтепродуктов и т. п.). В этих условиях применение разбрызгивающих сопел по эффективности работы приближается к капельно-пленочному оросителю.

По принципу действия сопла разделяются на центробежные, струйно-винтовые и ударные.

Большое разнообразие сопел обусловлено, с одной стороны, поиском конструкции, которая при малом напоре воды и достаточной производительности обеспечивала бы требуемые гидравлические характеристики, а с другой – стремлением каждого производителя иметь свою конструкцию сопла, чтобы изготавливать все элементы градирен на собственном производстве и по патентным соображениям.

Сопла ранее изготавливались в основном литыми из чугуна или цветного металла. За последние несколько десятков лет для изготовления сопел стали применять пластмассу – полиэтилен, полистирол и другие материалы. Сопла из пластмасс не подвергаются коррозии в условиях работы градирен, проще и дешевле в изготовлении и имеют меньшую шероховатость внутренней поверхности, что при прочих равных условиях увеличивает их пропускную способность.

При проектировании водораспределительных систем градирен сопла подбирают с учетом их пропускной способности, габаритов факелов разбрызгивания при располагаемом напоре воды и степени загрязненности оборотной воды.

Удельные потоки воды в факелах сопел распределяются неравномерно не только по радиусам, но и по окружностям. Это принципиально усложняет теоретические расчеты распределения воды в градирнях при групповой работе сопел. Первой причиной неравномерности водораспределения в градирнях является неравномерность факела орошения от единичного сопла, второй – невозможность такой установки сопел (даже с равномерным факелом каждого), при которой суперпозиция этих факелов давала бы равномерное поле удельных потоков воды в оросителе. Закономерности как первой, так и второй неравномерности могут быть глубоко изучены только экспериментально.

Чаще всего из-за меньшей засоряемости применяют сопла с ударными отражателями. Сопла располагают таким образом, чтобы обеспечить направление факела брызг вниз или вверх. В первом случае расстояние от сопла до оросителя принимается равным 0,8–1 м, во втором 0,3–0,5 м [4]. Напор перед соплом принимается меньше, чем в брызгальных бассейнах (1–3,5 м). Для необходимости регулирования водораспределения в процессе эксплуатации градирен, а также отключения отдельных частей системы при необходимости изменения плотности орошения в зимний период или по технологическим причинам, подводные трубопроводы прокладываются в две-три нитки и оборудуются задвижками, которые также устанавливаются в необходимых случаях на магистральной и распределительной сети.

Наименее энергоемкими являются ударные сопла, но они обладают и большим радиусом разбрызгивания, что при полном факеле может создать затруднения в обеспечении равномерного распределения воды по площади оросителя.

Эффективность работы сопел в градирне определяется их основными технологическими (гидравлическими) характеристиками, зависящими от заданного напора перед соплами, расхода воды через сопло, радиуса факела разбрызгивания, распределения воды в зоне факела.

При выборе сопла для конкретной градири следует учитывать следующие критерии: стоимость с учетом доставки, качество изготовления, их соответствие размерам градири и схеме подачи воды (вверх или вниз). В случае загрязненной воды конструкции сопла должна пропускать её, в то же время не засоряясь.

Технические характеристики сопел очень чувствительны к изменениям размеров их элементов и соотношений этих размеров. Любые незначительные отклонения от рекомендуемых размеров элементов сопел могут привести к существенному уменьшению расчетного значения радиуса факела и нарушению равномерности орошения площади факела. Поэтому при изготовлении водораспределительных устройств необходимо строго соблюдать их рекомендуемые размеры. В случае отклонений размеров необходимо проводить проверочные исследования изготовленных сопел. Для получения хороших результатов разработка новых, модернизация существующих конструкций и их производство должны сопровождаться выполнением научно-исследовательских работ.

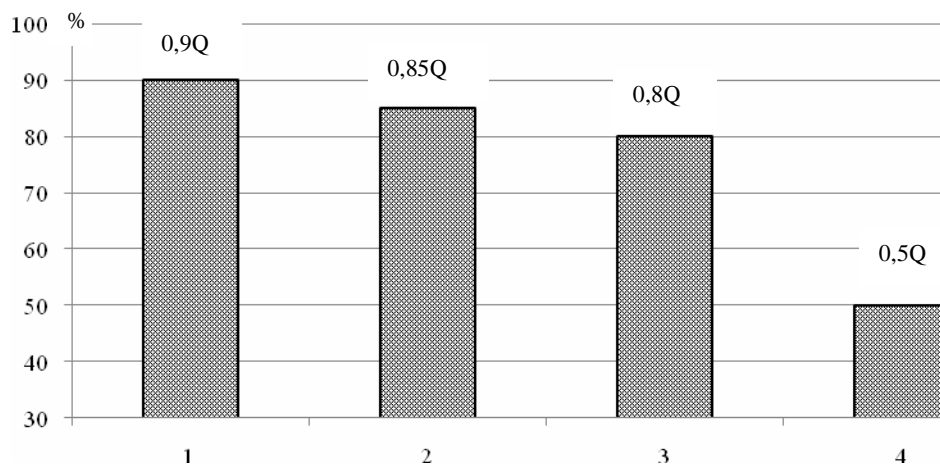
*Задачей исследований* явилось:

- изучение работы разбрызгивающих устройств при сравнении эффективности охлаждения воды в одинаковых условиях их эксплуатации;
- проведение наблюдений за снижением производительности устройств и характером отложения на внутренних стенках, при заданной температуре охлажденной воды;
- определение временного интервала, за которое происходит снижение производительности систем контакта воды с воздухом, в связи с их ремонтом или заменой;

Объектами исследования были приняты четыре типа разбрызгивающих форсунок и распылителей вентиляторных градири: каскадные и ударные, струйно-винтовые и центробежно-струйные, расположенные в распределительной сети охладителей.

Опытным путем установлено [5], что ороситель капельно-пленочного типа улучшает производительность градири по охлаждению воды, однако при его использовании необходимо применять реагенты, препятствующие биообрастанию. При загрязнении только механическими примесями и остаточными нефтепродуктами, которые присутствуют в оборотной воде, производительность оросителя снижается примерно на 7–10% за 11 лет непрерывной эксплуатации, что является хорошим показателем.

На рисунке 1 представлена гистограмма снижения производительности рассматриваемых устройств, принимая за проектную (начальную) производительность за 100%.



1 – вентиляторная градири совместная с блоком капельно-пленочного оросителя и форсунками каскадного типа; 2 – вентиляторная градири со струйно-винтовыми форсунками; 3 – вентиляторная градири с форсунками ударного типа; 4 – безвентиляторная градири с центробежно-струйными распылителями

Рисунок 1. – Гистограмма снижения производительности градири в зависимости от типа охладительного устройства

### Заключение

Проведенные наблюдения за работой разбрызгивающих устройств показали и измерения:

- *форсунки* являются более надежными разбрызгивающими устройствами в обеспечении надлежащего охладительного эффекта из-за постоянства их производительности в период эксплуатации без очистки от отложений. Следует отметить также их малое количество в одной секции (более чем в 6 раз

меньше, чем распылителей), что обеспечивает простоту конструкций и меньшие затраты материалов, а также эксплуатационные затраты. К недостаткам можно отнести то, что форсунки располагаются внутри градирни, это затрудняет доступ к ним. Также наблюдаются значительные потери на капельный унос воды (примерно 1,5% от общей производительности секции градирни);

- *струйно-винтовые и центробежно-струйные распылители* располагаются у наружных стен корпуса секции градирни, что значительно облегчает к ним доступ, не требуют установки вентиляторов и имеют меньший капельный унос (0,3–0,5%). Вследствие особенностей работы с такими распылителями аэродинамическое сопротивление внутри секций градирен уменьшается и появляется возможность отключения (демонтаж) вентиляционного оборудования. Но эти устройства показали самый высокий процент потери производительности (45–50%) за 2–3 месяца. Прежде всего, из-за малого диаметра проходного отверстия данный тип форсунок чаще остальных забивается и требует чистки для восстановления оптимальной работы. После потери производительности распылителей (одного или несколько) более 50%, производят выключение их работы путем закрытия соответствующих задвижек, снимают с куста распылители и подвергают прочистке. Так как характер загрязнений – легко отслаиваемые примеси в виде нефтепродуктов и мелких механических включений, то промывка распылителей осуществляется теплой водой с механической чисткой при помощи различных ершовых приспособлений, после чего возвращаются в систему подачи горячей воды. Для оптимальной работы и предотвращения засорений давление воды перед соплом должно быть 0,1 МПа. В целом из-за малого периода эксплуатации без принудительной очистки от загрязнений градирни такого типа обеспечивают меньший охлаждающий эффект.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беликов, С.Е. Водоподготовка : справочник / С.Е. Беликов. – М. : Аква-Терм, 2007. – 240 с.
2. Градирни промышленных и энергетических предприятий : справочное пособие ; под общ. ред. В.С. Пономаренко. – М, 1998. – 376 с.
3. Ташенев К.М. Подготовка технической воды. – Алматы, 1997. – 172 с.
4. Никаноров, А.М. Гидрохимия : учебник / А.М. Никаноров. – 2-е изд. перераб. и доп.– СПб. : Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
5. Ющенко, В.Д. Изучение эффективности работы градирен с распылителями воды / В.Д. Ющенко, Е.В. Лесович, А.В. Зыков // Калинингр. гос. техн. ун-т // Вестн. науки и образования Северо-Запада России. – 2017. – Т. 3, № 2. – Калининград, 2017. – С. 75–82.