



УДК 628.179

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГРАДИРЕН С РАСПЫЛИТЕЛЯМИ ВОДЫ

В.Д. Ющенко, Е.В. Лесович, А.В. Зыков

THE STUDY OF THE EFFICIENCY OF COOLING TOWERS WITH A SPRAY OF WATER

V.D. Yushchenko, E.V. Lesovich, A.V. Zikov

Аннотация. В статье представлен состав воды, применяемый для оборотного водоснабжения нефтеперерабатывающей промышленности, температура воды, подаваемой на охлаждение и выходящей с градирни. Рассмотрены типы градирен с поперечноточечным и противоточечным движением воды, типы распылителей, анализ их работы. Выявлена зависимость частоты нарушения работы распылителей от их расположения в распределительной системе воды в градирне. Изучение эффективности градирен с применением различных типов распылителей.

Ключевые слова: оборотное водоснабжение; состав воды оборотной системы; конструкция градирен; типы и виды распылителей; анализ работы.

Abstract: The paper presents the composition of water used for the circulating water supply of the oil refining industry, the temperature of the water supplied for cooling and exiting the cooling tower. Types of cooling towers with cross-point and counter-point movement of water, types of sprayers, analysis of their operation are considered. The dependence of the frequency of disruption of the sprayers on their location in the water distribution system in the cooling tower has been revealed. Study of the efficiency of cooling towers using different types of sprayers.

Key words: circulating water supply; water composition of the circulating system; the construction of cooling towers; types and types of sprayers; analysis of work.

Введение

Полоцкий промышленный узел является одним из крупных производственных комплексов в Республике Беларусь, в состав которого входят градообразующие предприятия: нефтеперерабатывающий завод «Нафтан», нефтехимический завод «Полимир», Новополоцкая ТЭЦ, завод «Стекловолокно» и др.

Системы промышленного водоснабжения предназначены обеспечивать подачу воды на производство в требуемых количествах и соответствующего качества. Они состоят из комплекса взаимосвязанных сооружений водозаборных устройств, насосных станций, водоводов, установок для очистки и улучшения качества подпиточной и оборотной воды, регулирующих и запасных емкостей, охладителей воды и разводящей сети трубопроводов.

Основная часть воды в промышленности (до 75%) используется для охлаждения продуктов, причем, учитывая значительные объемы воды по сравнению с населенными пунктами необходимо ориентироваться на проектирование и обслуживание систем водоснабжения с оборотом воды (водоблоков), общим для всего промышленного предприятия или в виде замкнутых циклов для отдельных производств, цехов и даже отдельных установок. Эти системы чаще всего могут быть открытыми за счет применения испарительных градирен с охлаждением воды при непосредственном контакте с атмосферным воздухом и со сбросом части воды (до 10% общего расхода) в водоисточник [1].

При этом для химических производств становятся все более актуальными проблемы обеспечения надежности работы технических систем оборотного водоснабжения, в особен-

ности определения рационального состава сооружений, в том числе вида, конструкций оросительных градирен, а также режима их эксплуатации на основании технико-экономических и эколого-экономических расчетов вариантов для рационального использования исходных водных ресурсов.

От эффективности работы градирен зависит степень реализации преимуществ оборотного водоснабжения в сравнении с прямоточными системами, а также производительность технологического оборудования, качество и себестоимость вырабатываемой продукции, удельный расход сырья, топлива и электроэнергии [2].

Требования, предъявляемые к температуре охлажденной оборотной воды на градириях в различных предприятиях, диктуются технологическим процессом и эксплуатационными свойствами оборудования. При выборе типа градирен для обеспечения необходимой температуры следует учитывать возможность загрязнения воды продуктами производства в водооборотном цикле [3].

Основным сооружением для охлаждения воды в нефтехимической промышленности являются секционные вентиляторные градирни, в которых для эффективного контакта воды с воздухом используются оросители из различных материалов и следующих типов: капельные, пленочные и комбинированные. В последнее время вместо таких оросителей стали применяться факельные распылители воды, что снижает капитальные и эксплуатационные затраты. Применение некоторых типов оросителей может не требовать работы вентиляционных систем.

Целью работы является изучение эффективности использования форсунок и распылителей в градирнях без устройства специальных оросителей.

Объектом исследований является один из водоблоков ОАО «Нафтан», в котором предусматривается подъем оборотной воды без разрыва струи на технологических установках, но с обеспечением напора, достаточного для подачи воды на градирни.

В состав водоблока входят нефтеотделители, резервуары нагретой воды, блочная насосная станция, двухсекционная градирня №2, трехсекционные градирни – 8 шт. (№1,3-9) и резервуары охлажденной воды. Размеры каждой секции градирни – 12х16 м, площадь – 192 м².

По температурам нагретой и охлажденной воды градирни водоблока подразделяются на две системы: первая должна обеспечивать снижение температуры с 33 до 28 °С ($\Delta t=5^{\circ}\text{C}$), вторая - 31 до 25 °С ($\Delta t=6^{\circ}\text{C}$).

Градирни № 4-9 предназначены для охлаждения горячей воды I-й системы, градирни № 1-3 – II-й системы.

Пополнение I-й системы производится водой из реки Западная Двина в резервуар охлажденной воды, но возможно и очищенными стоками после очистных сооружений, II- системы – только речной водой. В таблице представлены значения показателей реки Западная Двина и требования к показателям подпиточной воды водоблока.

Анализ существующего физико-химического состава воды в реке Западная Двина в 2010-2016 гг. по сравнению с серединой 90 гг. (табл.) показывает, что за этот период произошло значительное увеличение цветности, соединений железа и хлоридов, иногда имеется низкая щелочность, данные показатели не являются постоянными и изменяются в течение года.

Таким образом, для работы водоблока в целом не требуется какая-то специальная водоподготовка и достаточно устройства решеток и сеток на водозаборном сооружении [4]. Кроме этого на трубопроводе речной воды, перед подачей ее на подпитку в резервуары, установлен фильтр для очистки воды от механических загрязнений и биологических веществ.

Таблица - Состав воды реки Западная Двина в створе речного водозабора и нормативные требования к оборотной воде завода ОАО «Нафтан»

Наименование показателей	Значения показателей реки Западная Двина*		Нормативные значения подпиточной воды водоблока	
	за период 1950-1970 гг	за период 2005-2016 гг.	I система	II система
Величина pH	7,9-8,48	7,0-8,0	7-8,5	
Температура (июль), °С	23	23	23	
Мутность, мг/дм ³ , т.ч. весенний паводок	5-30 100-250	10 □ 50	25**	
Цветность, град., т.ч. весенний паводок	24-38 47-75	100-150 200-250	--	
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2,4	3,8	8	
Окисляемость, перманганатная, мгО ₂ /дм ³ , т.ч. весенний паводок	7-24 --	4-20 25-40	24	20
Железо общее, мг/дм ³ , т.ч. весенний паводок	1-1,2	0,3-0,24 2,0-3,5	--	
Жесткость, мг-экв/дм ³	1,1-3,75	2,0-3,5	8	
Щелочность, мг-экв/дм ³ (карбонатная жесткость)	0,5-3,5	1,0-3,5	4	
Сухой остаток, мг/дм ³	300-605	600-850	1500	
Хлориды Cl, мг-экв/дм ³	2,3-6,2	6,5-9,3	300	
Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг-экв/дм ³	9,2-11,8	4-7,5	500	

* Данные аттестованных лабораторий завода «Полимир», завода ОАО «Нафтан» и Центра экологической безопасности (Новополоцкая ГРИ ПР и ООС Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды), а также лаборатории кафедры ТТВиГ УО ПГУ.

** Взвешенные вещества

Фильтр состоит из металлического корпуса, в который вставлен перфорированный барабан с отверстиями диаметром 5 мм. Вода по подающему трубопроводу Ду=400 мм поступает во внутреннюю часть фильтра и пройдя через отверстия барабана в пространство между корпусом фильтра и барабаном подается по отводящему трубопроводу Ду=400 мм на подпитку в резервуары.

Проектная производительность трехсекционной градирни равна 2400, двухсекционной - 1600 м³/ч. В целом для первой системы это составит 14400, второй системы - 6400 м³/ч, фактическая, соответственно 10400 и 6400 м³/ч.

Равномерное распределение горячей воды по всей площади секций градирен обеспечивается водораспределительными устройствами (рис. 1), на которых смонтированы разбрызгивающие форсунки (градирни №2,6,8,9) или центробежноструйные распылители (градирни № 1,3,4,5,7).

Количество центробежных распылителей в одной секции градирни составляет 120 шт. (с одной стороны 60 шт. на 12 кустах), а количество разбрызгивающих форсунок – 16 шт.

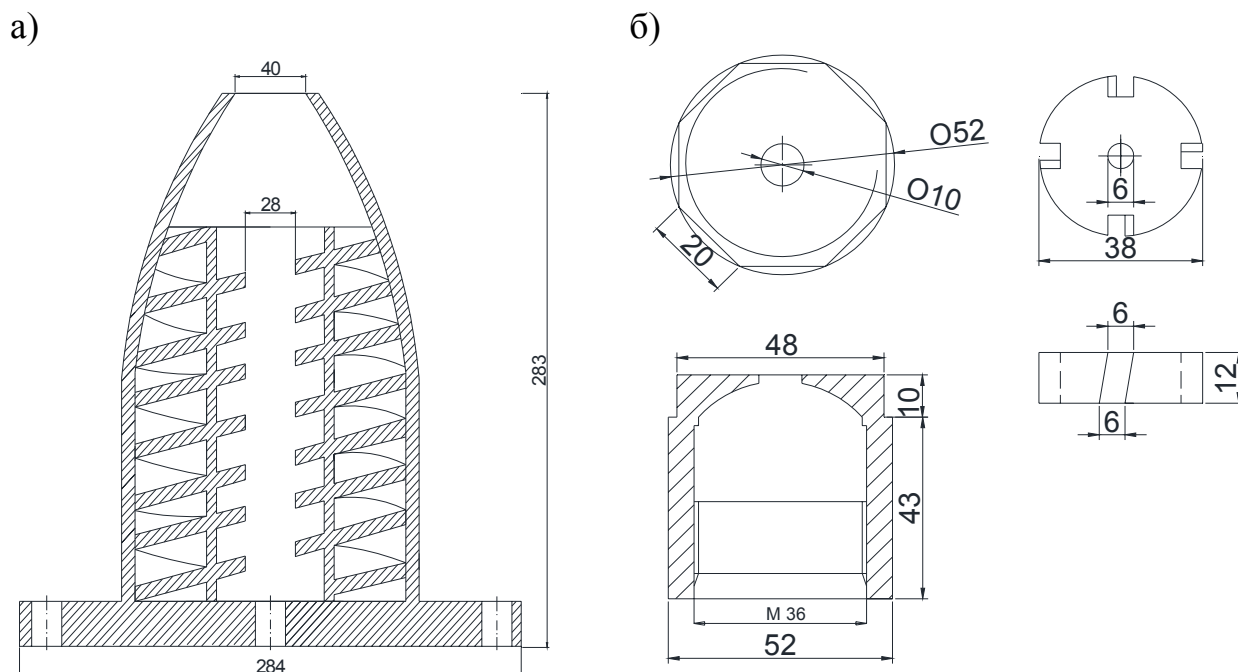


Рис 1- Разбрызгивающие устройства градирен: а – форсунки эвольвентного типа; б – колпачок центрального распылителя с внутренней частью

Обсуждение результатов

Отличие в применении данных разбрызгивающих устройств состоит в следующем. В градирне с разбрызгивающими форсунками система распределительных трубопроводов закольцована, располагается внутри градирни и находится на высоте 5,85 м от максимального уровня воды в чаше градирни. Высота разбрызгивающего факела составляет 1 м, далее контакт капель воды с воздухом происходит в противоточном режиме. Для надежного эффекта охлаждения в градирнях № 2,6,8,9 требуется высокий аэродинамический напор, для чего установлены вентиляционные системы типа ВГ-70, но, вследствие этого повышаются потери воды на капельный унос.

Центробежные распылители, собранные по 5 шт. в отдельных устройствах (кустах) располагаются у стен корпуса градирни, в два ряда направляют струю воды под углом 30° . Распределительная система находится на высоте 2,27 м от нижнего ряда распределительной системы и 3,87 м от верхнего ряда от максимального уровня воды в чаше градирни. Высота распыла факела составляет 3,1 м. Распыление происходит уже в градирне, с поперечно-точечным контактом капель воды с воздухом. Вследствие значительного напора истечения воды и высокой степени распыления воды с образованием капель очень малогоразмеров градирнях №1,3,4,5,7 имеется возможность отказаться от вентиляционных систем.

Для оценки работы разбрызгивающих устройств были приняты по одной секции градирни №1 - безвентиляторная с центробежными распылителями и №2 – вентиляторная с разбрызгивающими форсунками, эксплуатируемые в одинаковых условиях II-й системы водоблока, которые должны обеспечивать охлаждение воды с $\Delta t = 6^{\circ}\text{C}$ в расчетный период (определен июль месяц 2015 и 2016 гг.).

Изучение работы двух типов разбрызгивающих устройств заключалась в сравнении эффективности охлаждения воды в одинаковых условиях их эксплуатации. При заданной температуре охлажденной воды 25°C проводились наблюдения за снижением производительности устройств (рис.2 а, б) и характером отложений на внутренних стенках [5].

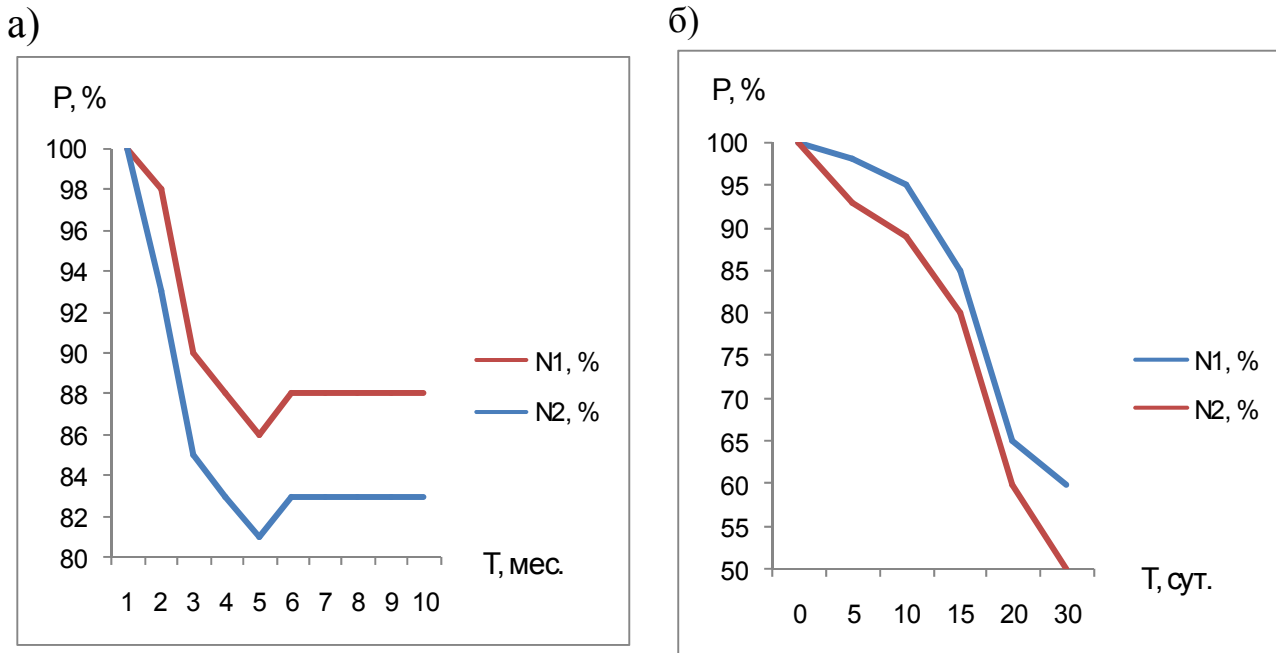


Рис. 2 - Кинетика снижения производительности разбрызгивающих устройств по времени в % от нормативной величины:

а – форсунки эвольвентного типа; б –центробежные распылители

N1 и N2– разбрызгивающие устройства, расположенные соответственно в самом начале и самом конце распределительной системы градирен.

Полученные данные показывают, что разбрызгивающие устройства, на которые приходится меньший напор быстрее теряют свою производительность.

В процессе эксплуатации центробежных распылителей с течением времени, из-за малых размеров отверстий выхода воды, на внутренней поверхности идет рост отложений. Причем за 20-30 дней они могут снизить производительность отдельного распылителя до 60 %, некоторые полностью забиваются.

Установлено, что рост отложений в начальный период эксплуатации распылителей происходит медленно в течении первых двух недель, а затем резко увеличивается. 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 отложений – легкоотслаиваемые в виде нефтепродуктов и продуктов цветения воды, то осуществляется промывка распылителей теплой водой с механической чисткой при помощи различных ершовых приспособлений, после чего возвращаются в систему подачи горячей воды.

В разбрызгивающих форсунках в процессе эксплуатации также происходит уменьшение производительности из-за отложений на внутренних стенках корпуса форсунки. Но, из-за их большего размера выходного диаметра отверстия форсунок по сравнению с центробежными распылителями, снижение производительности происходит всего на 5-10% в течении первых нескольких месяцев, а затем наступает стабилизация с незначительными колебаниями по их работоспособности. Очевидно, что при расположении форсунок внутри секций градири при их работе в постоянной теплой влажной среде, ранее закрепленные частицы легкоотслаиваемых отложений могут отрываться под напором воды, а их места занимать вновь пришедшие и т.д., вследствие чего отпадает необходимость в их очистке.



Заключение

Проведенные наблюдения и измерения за работой двух типов разбрызгивающих устройств показали:

- 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 (почти в 6 раз меньше, чем распылителей), что обеспечивает простоту конструкций и меньшие затраты материалов, а также эксплуатационные затраты. К недостаткам можно отнести то, что требуется установка вентилятора; форсунки располагаются внутри градирни, это затрудняет доступ к ним; в теплой влажной среде используются металлические трубопроводы, что приводит к их коррозии; наблюдается значительные потери на капельный унос воды (примерно 1,5% от общей производительности секции градирни)

- Центробежные 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.

Однако для нормальной работы распылителей необходимо их большое количество постоянной и частой прочисткой, нужно поддерживать высокий напор воды перед кустом распылителей. В целом, из-за малого периода эксплуатации без принудительной очистки от загрязнений, градирни такого типа имеют меньший охлаждающий эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беликов С.Е. Водоподготовка: справочник. Москва: Аква-Терм, 2007. 240 с.
2. Градирни промышленных и энергетических предприятий: справочное пособие / Под ред. В.С. Пономаренко. Москва: Энергоатомиздат: 1998. 376 стр.
3. Комаровский Д.П., Ющенко В.Д., Монак Т.М., Орехво О.Н. К вопросу коагуляционной обработки воды реки Западная Двина. Водопользование и задачи гидромеханики: сборник науч. трудов. - Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2015. С. 48-53.
4. Никаноров А.М. Гидрохимия: учебник. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2001. 444 с.
5. Ташенев К.М. Подготовка технической воды. Алматы: Изд-во КазГАСА, 1997. 172 с.

REFERENCES

1. Belikov S.E. *Vodopodgotovka: spravochnik* [Water treatment: Reference book]. Moskva: Akva-Term Publ., 2007. 240 p.
2. *Gradirni promyshlennykh i energeticheskikh predpriyatij: spravochnoe posobie* [Cooling towers of industrial and power enterprises: Reference Manual]. Edit.. V.S. Ponomarenko. Moskva: Energoatomizdat Publ., 1998. 376 p.
3. Komarovskiy D.P., Yushchenko V.D., Monyak T.M., Orekhvo O.N. *K voprosu koagulyatsionnoy obrabotki vody reki Zapadnaya Dvina* [To the question of coagulation treatment of the water of the Western Dvina River]. *Vodopol'zovanie i zadachi gidromekhaniki: sbornik nauch. trudov*. Kaliningrad: KGTU Publ., 2015, pp. 48-53.
4. Nikanorov A.M. *Gidrokimiya: uchebnik* [Hydrochemistry: a textbook]. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat Publ., 2001. 444 p.



5. Tashenev K.M. *Podgotovka tekhnicheskoy vody* [Preparation of technical water].
Almaty: KazGAS Publ., 1997. 172 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ющенко Виктор Дмитриевич

Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь, кандидат технических наук, доцент кафедры трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики,
E-mail: post@psu.by

Yushchenko Viktor Dmitrievich

Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus, candidate of technical sciences, department of pipeline transport, water supply and hydraulics,
E-mail: post@psu.by

Лесович Екатерина Викторовна

Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь, инженер кафедры трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики,
E-mail: post@psu.by

Lesovich Catherine Viktorovna

Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus, engineer of the department of pipeline transport, water supply and hydraulics,
E-mail: post@psu.by

Зыков Артём Владимирович

Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь, магистрант кафедры трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики,
E-mail: post@psu.by

Zykov Artem Vladimirovich

Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus, graduate student of the department of pipeline transport, water supply and hydraulics,
E-mail: post@psu.by

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:

211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29, Беларусь
+375 (214) 53-16-32