

В процессе проведения испытаний аппарата и его эксплуатации в течение 15-ти суток нарастания пыли на внутренней стороне поверхности аппарата не наблюдалось.

Таким образом, проведенные испытания показали высокую эффективность ТВП при очистке паровоздушной смеси и надежность его в эксплуатации.

Литература

1. А.С. 654271 СССР, МКИ В01D 47/06; В04С3/00 Газопромыватель / А.И. Летюк, Н.А. Нащёкин, Ю.В. Милинский, А.Н. Малахов, Э.В. Ермаков, Н.А. Федотов и Н.Г. Федотов (СССР); заявитель Государственный научно-исследовательский и проектный институт основной химии; заявлено 18.02.77; опубликовано 30.03.1979.

УДК 66.045.5:628.179

Т.В. Олейченко, Р.А. Роблес Кудрин (ГУ «НИОХИМ»)

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Розглянуто особливості оборотних систем водопостачання. Показано переваги та недоліки різних охолоджувальних систем. Визначено основні напрями подальшого вдосконалення водооборотних систем за рахунок підвищення інтенсивності випарного охолодження та зниження питомих витрат оборотної води.

Рассмотрены особенности оборотных систем водоснабжения. Показаны преимущества и недостатки различных охладительных систем. Определены основные направления дальнейшего усовершенствования водооборотных систем за счет повышения интенсивности испарительного охлаждения и снижения удельных расходов оборотной воды.

The features of circulating water systems. The advantages and disadvantages of the different cooling systems. The main areas for further improvement of water circulation systems by increasing the intensity of evaporative cooling and reducing the unit cost of recycled water.

Ключевые слова: система оборотного водоснабжения, вода оборотная, система водяного охлаждения, пруды-охладители, интенсивность охлаждения воды, аппарат воздушного охлаждения.

Практически на всех промышленных предприятиях техническая вода расходуется преимущественно на охлаждение процессов в различных технологических стадиях – в целом для охлаждения используется от 75 % до 80 % всей воды [1], остальная часть воды расходуется в таких вспомогательных процессах, как промывка, увлажнение, парообразование, гидротранспорт и т.д. [2].

В частности, на предприятиях основной химии, куда относятся и содовое производство, вода используется, в основном, для охлаждения технологических систем и питания котельных ТЭЦ [3]. В энергетике относительная часть расхода воды на охлаждение значительно выше. На мощных тепловых электростанциях, например, лишь 5 % воды расходуется в системе гидрозоло-

удаления, остальная вода используется для охлаждения паровых конденсаторов турбин, электрогенераторов, крупных электродвигателей.

Значения объема охлаждающей воды в оборотных системах промышленности, приведенные в табл. 1, являются значительными.

Таблица 1

Средние значения объема воды в оборотных системах промышленных предприятий, расходуемого на получение 1 т продукции [1]

Наименование производства	Объем оборотной воды, м ³
Производство кальцинированной соды	120
Производство белой сажи	56
Производство серной кислоты	73
Производство фосфорной кислоты	291
Производство слабой азотной кислоты	150
Производство крепкой азотной кислоты	205
Производство аммиака	180

Имеются дополнительные сведения как о более низких расходах холодной воды на получение 1 т продукции, например, в производстве кальцинированной соды – до 95 м³ [2], так и о более высоких расходах, например, в производстве аммиака – до 1050 м³ [3]. В принципе допускается увеличивать на 25% расход воды на производственные нужды, определенный по нормам.

Существуют три системы водяного охлаждения – прямоточная, обратная и повторная, причем последняя лишь модернизирует какую-либо из первых систем [1]. Однако, в настоящее время в соответствии с предостаточным дебитом природных водоисточников при столь расширяющемся промышленном потреблении воды, необходимо существенно сократить затраты на промышленное водоснабжение, требованиями охраны окружающей среды становится обязательной организация в промышленных предприятиях оборотного водоснабжения вплоть до систем без сброса продувочной воды – бессточных, а впоследствии – и безотходных систем [2]. Уже сейчас в химической промышленности системы оборотного водоснабжения играют решающую роль [3].

Оборотные системы водоснабжения представляют собой достаточно сложные и дорогостоящие сооружения со значительными эксплуатационными расходами, включающими затраты на ремонт и обслуживание оборудования, стоимость электроэнергии на транспортирование воды. От эффективности систем оборотного водоснабжения зависит производительность, качество и себестоимость продукции, удельные расходы сырья и электроэнергии на многих промышленных предприятиях. Повышение температуры охлаждающей оборотной воды на предприятиях химической промышленности, например, приводит к снижению объема выпуска продукции от 3 % до 20 % и ухудшению её качества, в частности, в содовом производстве потери выпуска продукции в летнее время, вследствие недоохлаждения воды на (5-10) °С по сравнению с нормами регламента, составляют от 3 % до 4% от годовой производительности [4]. В энергетике к дополнительным эксплуатационным затратам относятся стоимости недовыработанной электроэнергии из-за невозможности достичь требуемого охлаждения оборотной воды. Как показывает практика, аналогичные дополнительные эксплуатационные затраты присущи предприятиям машиностроительной и других основных отраслей промышленности.

К другой основной проблеме относится обеспечение требуемой надежности систем оборотного водоснабжения, поскольку при частом выходе из

строю их основного оборудования приходится использовать проточную чистую воду с ее последующим оборотом, что приводит к дальнейшему сокращению водных ресурсов, повышенным загрязнениям водных бассейнов, а на некоторых предприятиях нарушение режима охлаждения при выходе из строя водооборотной системы может привести не только к снижению качества продукции, но и к серьезным авариям оборудования с огромными материальными потерями и другими тяжелыми последствиями.

Наконец, одной из наиболее важных и сложных является проблема химических и других дорогостоящих процессов очистки оборотной воды, стабилизации ее состава продувкой для устранения коррозии теплообменных поверхностей, минеральными и биологическими отложениями с целью обеспечить требуемую степень охлаждения технологических процессов, предотвратить разрушение оборудования и сооружений систем оборотного водоснабжения [3, 5].

К настоящему времени известно большое количество схем сооружений для охлаждения воды, начиная от естественных или искусственных прудов-охладителей и кончая подземными трубопроводными сетями.

Пруды-охладители используются при допустимом незначительном охлаждении большого количества воды, наличии близкорасположенных естественных водоёмов, возможности создать искусственные водоёмы вблизи промышленных предприятий или использовать водохранилища, предназначенные для других целей. Их преимуществом являются невысокие энергозатраты на подачу воды, однако, большие занимаемые площади, сложность в эксплуатации, высокая стоимость строительства искусственных или поддержания естественных прудов в требуемом состоянии, низкая интенсивность охлаждения приводят к практической нецелесообразности за исключением мощных электростанций или других промышленных предприятий, расположенных вблизи естественных водоёмов.

Брызгательные бассейны, преимуществами которых являются сравнительно невысокая стоимость, долговечность и простота эксплуатации, применяются в тех случаях, когда допустимы невысокие перепады температур при охлаждении небольшого количества воды. К их недостаткам относятся: большая площадь занимаемой территории, значительные энергозатраты на повышенный напор воды перед соплами [2], высокие брызгоуносы ветром и невысокая интенсивности испарения воды, поэтому в химической, нефтяной и других отраслях промышленности брызгательные бассейны применяются редко.

К настоящему времени в открытых водооборотных системах предприятий машиностроительной, химической, энергетической и других основных отраслей промышленности в виде водоохладительных сооружений нашли широкое применение градирни различных типов и конструкций. Башенные и вентиляторные градирни имеют ряд существенных преимуществ – значительную тепловую нагрузку и более широкий диапазон охлаждения воды, о чем свидетельствуют данные, помещенные в табл. 2, меньшая занимаемая площадь, минимальный брызгоунос. К их недостаткам относятся: высокая стоимость башенных градирен, высокие эксплуатационные затраты на вентиляторных градирнях, быстрые выходы из строя из-за разрушения оросительных блоков и забивания водораспределительных устройств, у невысоких вентиляторных градирен – засоление почвы, повреждение и обледенение близких зданий, отводимом на низком уровне, влажным воздухом [1,2].

В настоящее время наиболее острой становится проблема сокращения потерь оборотной воды при её испарении и загрязнениях окружающей среды, устранения сброса продувочной воды с возможными потерями ценных компонентов, что предлагается осуществлять отводом избыточного тепла во-

ды, поступающей в закрытой оборотной системе, в аппаратах воздушного охлаждения – «сухих» градирнях [6].

Мощные «сухие» градирни башенного типа, оборудованные радиаторными воздушными охладителями из углеродистой стали при большой разности температур между охлаждаемым потоком и воздухом или тонкостенных алюминиевых трубчатых панелей, нашли внедрение, в основном, на зарубежных и некоторых отечественных электростанциях. К их основным недостаткам относятся значительные габариты, огромная поверхность радиаторных охладителей неудачной конструкции, высокая аварийность, особенно в зимнее время, сложность обслуживания, ремонта и, следовательно, большие капитальные и эксплуатационные затраты. По некоторым данным предельно допустимая температура охлаждения воды в летний период на 20 °С выше температуры воздуха [7].

Таблица 2

Характеристики водяных охладителей [2]

Тип охладителя	Параметры		
	Предел максимальной плотности межфазного теплового потока, МДж/(м ² .ч)	Предел максимального перепада температур охлаждаемой воды, °С	Предел минимальной разности температур охлажденной воды и воздуха по мокрому термометру, °С
Пруды-охладители	0,8-1,7	5-10	10-20
Брызгательные бассейны	30-63	5-10	10-12
Открытые градирни	125-210	-	8-10
Башенные градирни	250-335	8-12	6-8
Вентиляторные градирни	335-420	20-25	4-6

Известен и ряд других способов охлаждения оборотной воды, принципиально отличающихся от обычных, например, специальная система охлаждающих подземных трубопроводов (СОПТ) с утилизацией тепловой энергии почвой в сельском хозяйстве, однако этот способ пока не находит реального применения, поскольку капиталовложения на это сооружение являются значительными, составляют, в частности, около 10 % от затрат на создание мощной АЭС.

В последнее время началось широкое распространение в ряде производств химической, нефтехимической и других отраслей промышленности аппаратов воздушного охлаждения (АВО) для отвода тепла технологических процессов. Это исключает потребление и потери воды, загрязнения окружающей среды, устраняет коррозию и отложения на теплообменных поверхностях с одновременным сокращением капитальных вложений на первоначальном этапе, в основном, за счет устранения протяженных водооборотных коммуникаций, очистных сооружений, мощного насосного оборудования [8].

Однако АВО присущ коренной недостаток – малоинтенсивная теплоотдача от воздушного потока к теплообменным стенкам [8]. Поэтому на многих предприятиях со значительными количествами избыточного тепла приходится резко увеличивать теплообменные поверхности и габариты сложных по

конструкции аппаратов, устанавливать их батареями на значительных производственных площадях, что приводит к росту капитальных затрат.

В последнее время появились рекомендации применять на химических предприятиях системы воздушного охлаждения в комбинации с сезонными холодильными машинами [4], с жидкостными холодильниками, например, аммиачными.

Все возрастающий дефицит пресной воды, загрязнения окружающей среды, большие затраты на обработку и очистку оборотной воды, быстрое нарушение технологических процессов коррозией и с зарастанием теплообменных поверхностей производственных объектов привели к необходимости продолжить разработку закрытых водооборотных систем, в частности, с использованием АВО, т.е. перейти, по-существу, от башенных «сухих» к вентиляторным «сухим» градирням [3]. Так как эти системы охлаждения оборотной воды имеют все указанные выше недостатки АВО, их применение рационально только при небольших расходах оборотной воды, например, на нефтеперерабатывающих предприятиях [8]. Предлагается для интенсификации процесса охлаждения в сухих (радиаторных) градирнях орошать наружные поверхности теплообменников водой.

Наконец, в последнее время для дальнейшего усовершенствования открытых водооборотных систем разрабатываются схемы, комбинирующие различные способы охлаждения воды. Так, при необходимости интенсифицировать выпаривание сточных вод в системе бессточного водоснабжения совмещаются градирни и испарительные пруды, для сокращения потерь воды при испарении и продувочном сбросе комбинируются градирни и закрытые теплообменники, на предприятиях энергетики рекомендуется комбинировать в водооборотной сети «сухие» и «мокрые» системы охлаждения.

Таким образом, уже предварительный анализ допустимой информации показал, что открытые водооборотные системы с «мокрыми» градирнями в виде водоохлаждательных сооружений, несмотря на их принципиальные и трудно устранимые недостатки, продолжают оставаться предпочтительными в большинстве предприятий самых различных отраслей промышленности, в ближайшей перспективе замена этих охлаждающих систем не ожидается. К основным направлениям дальнейшего усовершенствования таких водооборотных систем относятся повышение интенсивности испарительного охлаждения и снижение удельных расходов оборотной воды, повышение производительности основных охлаждающих сооружений – градирен [9], обеспечение их надежной и устойчивой работы в течение длительных сроков с загрязненной оборотной водой и запыленным воздухом.

Литература

1. Андоньев С.М. Особенности промышленного водоснабжения / С.М. Андоньев, В.М. Жильцов, Г.М. Левин, Е.А. Маламуд, В.С. Чернов. – Киев: Будівельник, 1981. – 248 с.
2. Белан А.Е. Технология водоснабжения / А.Е. Белан, Г.М. Ермолов, М.В. Михайловер. – Киев: Наукова думка, 1985.
3. Когановский А.М. Обратное снабжение химических предприятий / А.М. Когановский, В.Д. Семенюк. – Киев: Будівельник, 1975. – 232 с.
4. Хараз Д.И. Пути использования вторичных энергоресурсов в химических производствах / Д.И. Хараз, Б.И. Псахис. – М.: Химия, 1984. – 224 с.
5. Стерман Л.С. Химические и термические методы обработки воды на ТЭС / Л.С. Стерман, В.Н. Покровский. – М.: Энергия, 1981. – 232 с.
6. Ермолов Г.М. Защита окружающей среды предприятиями нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР / Г.М. Ермолов,

М.В. Михайловер. – Обзоры современной проблемы химии и химической промышленности // – М.: НИИТЭХИМ, 1980. – Вып. 11. – 48 с.

7. Шапошников В.В. Технология охлаждающей воды и проблемы ее оптимального технологического и общехозяйственного использования / В.В. Шапошников. –// Химическая технология. – 1979. – № 4. – С. 3 – 9.

8. Крюков Н.П. Аппараты воздушного охлаждения / Н.П. Крюков. – М.: Химия, 1983. – 168 с.

9. Галустов В. Повышение эффективности систем охлаждения оборотной воды / В. Галустов, А. Чуфаровский. – М.: Информ. бюл. по водному хозяйству СЭВ, 1985. – № 1/33. – С. 27 – 30.

УДК 661.41:661.321

**В.Ф. Райко канд. техн. наук, М.А. Цейтлин докт. техн. наук (НТУ «ХПИ»),
В.А. Панасенко докт. техн. наук (ГУ «НИОХИМ»)**

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С БОЛЬШИМ СВОБОДНЫМ СЕЧЕНИЕМ

Досліджено гідравлічний опір та гідродинамічні режими течії рідини та газу по контактних елементах, що являють собою пари з конусного елемента та лійки, по яких рідина стікає каскадом. Результати порівняно з експериментальними даними щодо опору провальних тарілок із великими отворами. Отримано рівняння для обчислення гідравлічного опору зрошуваних контактних елементів.

Исследованы гидравлическое сопротивление и гидродинамические режимы течения жидкости и газа по контактными элементам, представляющим собой пары из конусного элемента и воронки, по которым жидкость стекает каскадом. Выполнено сравнение полученных результатов с экспериментальными данными по провальным тарелкам с крупными отверстиями. Получены уравнения для расчета гидравлического сопротивления орошаемых контактных элементов.

Hydraulic resistance and hydrodynamic regime of a liquid and gas streams on the contact elements which are a pair from conical element and funnel was investigated. Comparison of the received results with the data for fall-through plates with large openings was executed. The equations for hydraulic resistance calculation irrigated contact elements are received.

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, гидродинамический режим, контактный элемент, скорость газа, пенный слой, скорость «захлебывания».

Одним из направлений использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) содового производства является упаривание растворов, таких как рассол или дистиллерная жидкость, в прямом контакте с топочными газами или воздухом. Однако, выбор контактных элементов для проведения этих процессов весьма ограничен из-за образования отложений и инкрустаций. В содовой промышленности в настоящее время используются так называемые провальные (противоточные) тарелки с перфорацией в виде отверстий [1]. Несмотря на невысокие массообменные характеристики, недостаточное поперечное перемешивание жидкости и относительно высокое гидравлическое сопротивление эти тарелки нашли применение в процессе дистилляции, так как, наряду с простотой конструкции, обладают важным положительным свойством –