

УЧЕБНИК XXI ВЕК

Л.С.Алексеев И.И.Павлинова Г.А.Ивлева

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Б
А
К
А
Л
А
В
Р



Л.С. Алексеев, И.И. Павлинова, Г.А. Ивлева

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

*Рекомендовано Федеральным государственным
бюджетным образовательным учреждением
высшего профессионального образования «Московский
государственный строительный университет» (МГСУ)
в качестве учебника для студентов ВПО, обучающихся
по направлению подготовки 270800 «Строительство»
(профиль «Водоснабжение и водоотведение»)*



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва
2013

Рецензенты:

заведующий кафедрой водоснабжения ФГБОУ ВПО МГСУ
доктор технических наук, профессор *В.А. Орлов*;
директор ЗАО «Водоснабжение и водоотведение», член-корр. РАЕН,
доктор технических наук, профессор *В.И. Баженов*;
заместитель директора по научной работе научно-исследовательского
института МосводоканалНИИпроекта, академик РАЕН,
доктор технических наук, профессор *О.Г. Примин*.

Алексеев Л.С., Павлинова И.И., Ивлева Г.А.

Основы промышленного водоснабжения и водоотведения.
– М.: Изд-во АСВ, 2013. – 360 с.

ISBN 978–5–93093–899–9

Изложен дидактический материал, отражающий современную проблематику водного хозяйства таких водоемких отраслей промышленности как нефтехимическая, целлюлозно-бумажная, теплоэнергетическая, пищевая, черная и цветная металлургия. В разделах, относящихся к техническому водоснабжению, основное внимание уделено описанию технологий, обеспечивающих безопасное осуществление производственных процессов при одновременном повышении доли использования в них оборотных и замкнутых циклов водопользования.

При анализе методов очистки и водоотведения отработанных производственных вод основной акцент сделан на внедрении высокоэффективных экологически безопасных технологий.

В приложении даны материалы для выполнения самостоятельной и расчетной работ по дисциплине, а также тесты для самопроверки.

Обобщены теоретические и научно-технические разработки ведущих научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, требования действующих стандартов, строительных норм и правил проектирования, а также юридические и организационные аспекты водного законодательства России.

ISBN 978–5–93093–899–9

© Алексеев Л.С., Павлинова И.И.,
Ивлева Г.А., 2013
© Издательство АСВ, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Российской Федерации большое внимание уделяется охране природных ресурсов и, в частности, охране водного бассейна. В стране разработано стратегическое направление, предусматривающее комплексный равнозначный учет экономических, социальных и экологических факторов развития.

Для промышленных предприятий большое значение имеют бесперебойное обеспечение водой, а также ее качество, общая минерализация, жесткость, температура и т.д. Количество потребляемой воды зависит от вида промышленной продукции, технологии ее производства и режима использования воды при этом, мощности предприятия. В число наиболее водоемких отраслей промышленности входят химическая, целлюлозно-бумажная, черная и цветная металлургия. Расход воды на единицу некоторых видов продукции составляет ($\text{м}^3/\text{т}$): стали – 20; бумаги – 200; шерстяной ткани – 600; лавсана – 4200; капронового волокна – 5600 и т.д.

Однако только около 20–25% воды используется безвозвратно, большая же часть возвращается в источник, изменив свои качества (промстоки).

Промышленные предприятия, сбрасывая неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды, загрязняют водный объект. Даже очищенные промышленные стоки требуют 10–25-кратного, а иногда и более разбавления свежей водой. В частности, для разбавления 1 м^3 очищенных сточных вод свежей водой требуется: в промышленном производстве минеральных удобрений – 10–15 м^3 , в целлюлозно-бумажной промышленности – 20–40, в нефтеперерабатывающей – 60 м^3 .

В отраслях промышленности нормы к качеству потребляемой воды либо в основном близки к требованиям к составу питьевой воды, либо в случае развитого водооборота или специфики производства должны соответствовать параметрам безаварийной работы системы оборотного водоснабжения: отсутствие любых видов отложений и внутренней коррозии.

Однако в отличие от коммунального в техническом водоснабжении не требуется глубокой очистки воды от грубодисперсных примесей, допускается использование сильнощелочных вод ($\text{pH} > 9$), но предъявляются жесткие требования к управлению балансом карбонатных соединений в охлаждающих водах, содержанию углеродсодержащих соединений в отработанных водах при их биологической очистке и ряд других. Поэтому в водном хозяйстве промышленных предприятий возможно применение большего количества методов стабилизационной обработки воды, чем в коммунальном хозяйстве, в том числе и новых, отличающихся повышенной эффективностью (аэростабилизация, смешение с солеными природными водами и др.).

При регламентировании расхода технической воды нет необходимости вводить поправки на неравномерность использования ее ни в течение часа, ни по часам суток, поскольку в подавляющем большинстве случаев распределение расхода этой воды по времени носит предсказуемый характер и отсутствуют резкие временные колебания его. Это обуславливает возможность создания водоподготовительных и стабилизационных установок, работающих при минимальном резерве оборудования.

По величине карбонатной жесткости поверхностный сток сопоставим с умягченной известково-содовым раствором речной водой. В связи с этим использование поверхностного стока в оборотных системах позволит уменьшить накипеобразование в холодильно-конденсационной аппаратуре, но в то же время он может увеличить коррозию, что требует применения эффективной защиты.

На промышленных предприятиях условия для разложения $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, повышения pH воды и выпадения CaCO_3 на охлаждаемых поверхностях металла создаются в результате повышения температуры воды в конденсаторе систем водяного охлаждения нагретых жидкостей или газов, потери равновесной CO_2 при разбрызгивании воды в градирнях и брызгальных бассейнах в циркуляционной системе водоснабжения.

В отсутствие стабилизационной обработки повышение величины K_u адекватно сопровождается увеличением общей минерализации циркуляционной воды и интенсификацией негативного воздействия ее на систему оборотного водоснабжения, выражающегося во внутренней коррозии конструкционных материалов, отложениях солей и др. В связи с этим совершенствование техники стабилизационной водообработки по существу является одним из факторов, управляющих практикой регламентирования расхода и качества воды в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Существенное влияние на повышение водооборота может оказать внедрение высокоэффективных методов очистки сточных вод, в частности физико-химических, из которых одним из наиболее эффективных является применение реагентов. Использование реагентного метода очистки производственных сточных вод не зависит от токсичности присутствующих примесей, что по сравнению со способом биохимической очистки имеет существенное значение. Более широкое внедрение этого метода как в сочетании с биохимической очисткой, так и отдельно может в определенной степени решить ряд задач, связанных с очисткой производственных сточных вод. В ближайшей перспективе намечается внедрение мембранных методов для очистки сточных вод.

Сегодня существует большой выбор технологий и оборудования для очистки сточных вод от высококонцентрированных загрязняющих веществ. При выборе технологий, обладающих высоким инновацион-

ным потенциалом, необходимо учитывать следующие факторы: высокую эффективность (степень очистки 98–99%), время обработки воды имеет минимальную продолжительность, остаточная концентрация загрязняющего вещества на уровне ПДК для рыбохозяйственных водоемов; обоснованный уровень стоимости технологии и оборудования для данного качества очистки; невысокие эксплуатационные затраты на обслуживание оборудования и системы водоочистки; низкий расход химических реагентов и других расходных материалов на 1 м³ сточной воды; высокую удельную производительность оборудования (объем очищаемой жидкости с площади, занимаемой установкой); отсутствие вторичного загрязнения воды и увеличения количества твердых отходов; отсутствие высококонцентрированных жидких отходов, образующихся в процессе водоочистки; возможность полной автоматизации технологического процесса водоочистки; наличие патентов, защищающих интеллектуальную собственность авторов; максимальную универсальность технологии удаления широкого спектра загрязняющих веществ разной природы из сточных вод в одной технологической операции; опыт промышленной эксплуатации оборудования (не менее одного года); возможность обучения персонала и авторский надзор продавца-производителя за эксплуатацией новых технологий и оборудования.

Вместе с тем разработка эффективных технологических схем очистки производственных сточных вод и оборудования для их реализации связана с рядом трудностей, обусловленных главным образом различием качественных и количественных характеристик сточных вод по отдельным видам производства и технологическим процессам, широким диапазоном требований к качеству очистки воды для сброса (нормы ПДК) или ее возврата в технологический цикл (требования ГОСТ), необходимостью утилизации вторичных отходов водоочистки и выделения ценных компонентов с возвратом их в производственный цикл, высокой стоимостью процессов водоочистки и др. Большинство предлагаемых методов и технологий обезвреживания производственных сточных вод не позволяют очистить воду до жестких требований к сбросу или повторному использованию и к тому же являются громоздкими, ресурсо- и капиталоемкими. Поэтому основной задачей в сфере проектирования и строительства водоочистных сооружений является обеспечение высокого качества очистки сточных вод при минимизации затрат на строительство и эксплуатацию очистных сооружений.

Среди методов и технологий очистки производственных сточных вод наиболее широкое распространение получили мембранные, электро-мембранные, флотационные, флотомембранные, электрофлотомембранные процессы, ионный обмен на синтетических сорбентах, адсорбция на активированных углях, озонирование, биохимические технологии и реагентное осаждение с использованием новых химических осадителей.

Законодательство РФ в области охраны и рационального использования водных ресурсов предполагает наличие двух подходов к решению проблем загрязнения вод: 1) подход, основанный на определении качества вод (нормативы ПДК), который устанавливает минимальные требования к качеству воды для ограничения совокупного воздействия выбросов как из точечных источников, так и из диффузных источников; 2) подход, основанный на установлении предельно допустимых сбросов (ПДС), который фокусируется на максимальных разрешенных количествах загрязняющих веществ, сбрасываемых с конкретного источника в водный объект. Последний подход рассматривает конечный продукт процесса (очистку сточных вод, промышленные сбросы) или то, какие количества загрязняющих веществ могут поступать в воду. На современной стадии развития природоохранного законодательства ключевым элементом установления ПДС является концепция наилучших доступных технологий, особенно для крупных предприятий, загрязняющих окружающую среду в большей степени.

Материалы учебника подготовили: Л.С. Алексеев – гл. 1, 5, §9.1, приложения 1, 2, 3; И.И. Павлинова – гл. 2, 3, 6, §9.2 и приложение 4; Г.А. Ивлева – гл. 4 и 7; гл. 8 написана совместно Л.С. Алексеевым и И.И. Павлиновой.

Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедр «Водоснабжение» и «Водоотведение и водная экология» Московского государственного строительного университета, а также профессорам О.Г. Примину, В.А. Орлову и В.И. Баженову за ценные замечания, сделанные при рецензировании книги.

Условные обозначения

- АВТ – атмосферно-вакуумная трубчатая установка;
- БПК – биохимическая потребность в кислороде;
- ВЗС – водозаборное сооружение;
- ВМС – высокомолекулярное соединение;
- ВМЭ – водомасляная эмульсия;
- ВТИ – Всероссийский теплотехнический институт;
- ГЗУ – гидрозолоудаление;
- Гр – градирня;
- ГДП – грубодисперсные примеси;
- Ж – жесткость воды;
- ИМТ – интегрированные мембранные технологии;
- K_y – коэффициент упаривания воды;
- K_2 – константа второй ступени диссоциации угольной кислоты;
- КЭС – конденсационная электростанция

Глава 1.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

На промышленных предприятиях вода расходуется на различные цели: технологические нужды; хозяйственно-питьевые цели работников предприятия; пожаротушение; прочие (полив насаждений, проездов, теплиц и т.д.).

Вода, используемая на промышленных предприятиях, может быть различного качества:

- питьевая, предназначенная для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд рабочих и служащих, а также для отдельных технологических процессов, требования к качеству потребляемой воды которых близки к требованиям качества питьевой воды;
- технологическая свежая, забираемая из природного источника и подаваемая для использования в производственных целях;
- технологическая приготовленная, получаемая из технологической свежей или питьевой с использованием различных технологических приемов водоподготовки;
- обратная (циркуляционная), используемая в оборотных системах водоснабжения;
- последовательно используемая, применяемая поочередно в нескольких производственных процессах без промежуточной обработки с отведением в системы водоотведения;
- сточная, повторно используемая вода, полученная после использования в технологических процессах или на хозяйственные нужды с последующей обработкой и полным или частичным повторным использованием.

Техническое водоснабжение

1. От 70 до 90% воды используется на промышленных предприятиях в качестве хладоагента, охлаждающего продукцию в теплообменных аппаратах, или для защиты отдельных элементов установок и машин от чрезмерного перегрева. Эта вода нагревается, но не загрязняется охлаждающей продукцией.

2. От 5 до 13% технической воды используется для очищения продукции или сырья от примесей, а также в качестве транспортирующей среды. Эта вода загрязняется и нагревается.

3. От 10 до 20% технической воды теряется за счет испарения или входит в состав произведенной продукции.

В литературе [1, 2] приводятся данные по удельным расходам воды на единицу продукции в натуральном или стоимостном выражении.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды промышленных предприятий, выбор источника хозяйственно-питьевого водоснабжения должны регламентироваться национальными стандартами.

Для питьевого водоснабжения вода должна соответствовать СанПиН 2.1.4.1074-01 и ГОСТ 2874-82, т.е. должна быть прозрачной, не иметь запахов, дурных привкусов и не должна содержать болезнетворных бактерий. Содержание же солей жесткости в этой воде может достигать до 7 мг-экв/дм³.

Пожаротушение

Расход воды на наружное пожаротушение через гидранты нормируется СНиП 2.04.02-84 в зависимости от строительного объема производственных зданий, степени огнестойкости их строительных конструкций и категории производства по пожарной опасности.

Для особенно ответственных предприятий расчетное количество одновременных пожаров устанавливают индивидуально органы Госпожнадзора.

Требования к качеству воды хозяйственно-питьевого назначения и воды, идущей на технические цели, различны. Поэтому на большинстве промышленных предприятий сооружают отдельную объединенную систему хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения и отдельную систему технического водоснабжения.

Для систем пожаротушения низкого давления минимальный свободный напор у пожарных гидрантов, устанавливаемых на сети, должен быть не менее 10 м. Напор в сети хозяйственно-питьевого водопровода у потребителя должен быть не более 60 м.

1.1. Системы и схемы промышленного водоснабжения

Системы водоснабжения классифицируются по следующим признакам:

- по виду водоисточника – с использованием поверхностных вод, подземных вод и смешанные;

- по способу подъема воды – нагнетательные, в которых вода к потребителям подается насосами; самотечные (гравитационные) и комбинированные;
- по назначению – технологические, хозяйственно-питьевые, противопожарные и объединенные;
- по видам обслуживаемых объектов – городские, промышленные и сельские;
- по территориальному охвату водопотребителей – местные (локальные), предусматривающие водоснабжение отдельных объектов (предприятия, фермы, группы зданий), централизованные, обеспечивающие водой всех потребителей, расположенных в данном городе или поселке;
- по характеру использования воды – прямоточные, в которых воду после однократного использования выпускают в систему водоотведения, прямоточные с повторным использованием воды, оборотные, в которых воду после использования для технических целей очищают и охлаждают, затем многократно используют на том же объекте;
- по надежности – одной из трех категорий в зависимости от вида промышленного предприятия и требований бесперебойности подачи воды.

Существуют три основные схемы СПВ: прямоточная схема, прямоточная с повторным использованием воды и оборотная, а также комбинированные схемы водоснабжения. Рассмотрим первые две схемы – прямоточную схему СПВ и схему СПВ с повторным использованием воды.

Прямоточная схема СПВ. При работе прямоточной системы (рис. 1.1) из источника водоснабжения забирается все необходимое потребителям количество воды. Недостатком прямоточной системы является и то, что отработавшая вода сбрасывается в природные водные объекты, дебит которых должен позволять поглотить эти сбросы без нарушения экологического равновесия.

Прямоточная схема применяется для хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, так как повторное использование воды этими потребителями исключается. Данная схема водоснабжения реализуется в пищевой и фармацевтической промышленности как технологическая.

Схема СПВ с повторным использованием воды. Если среди потребителей технической воды имеется потребитель с большим расходом, сбросная вода от которого по количеству и всем параметрам

рам может удовлетворять остальных потребителей, то в этих случаях применяют систему повторного использования воды (рис. 1.2).

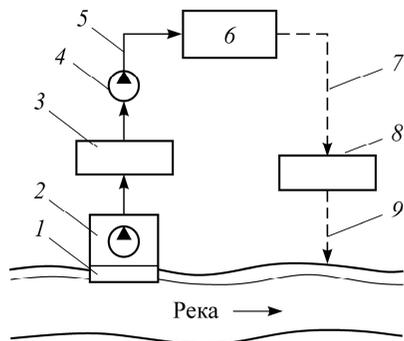


Рис. 1.1. Прямоточная схема СПВ:

1 – речной водозабор; 2 – насосная станция 1-го подъема; 3 – станция водоочистки; 4 – насосная станция 2-го подъема; 5 – подающий трубопровод; 6 – промпредприятие; 7 – трубопровод отработанной воды; 8 – станция очистки сточных вод; 9 – сброс воды в реку

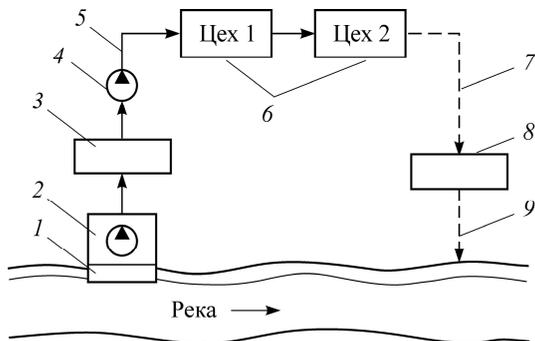


Рис. 1.2. Схема СПВ с повторным использованием воды.
Условные обозначения те же, что на рис. 1.1

В системе *оборотного водоснабжения* (рис. 1.3) насосы НС II подают воду через водопроводную сеть потребителям. Нагревшаяся и загрязнившаяся у потребителей вода по системе трубопроводов направляется на станцию очистки загрязненных вод (ОЗВ). Прошедшая очистку, но еще теплая вода собирается в резервуаре (РОВ), а из него насосами станции оборотной воды (НОВ) подается на охлаж-

дающие устройства (Гр). Охлажденная в нем вода опять подается потребителям насосами НС II.

В зависимости от изменения качества воды в процессе ее использования обратное водоснабжение подразделяется на:

- 1) «чистые циклы» – для воды, которая при использовании только нагревается;
- 2) «грязные циклы» – для воды, которая только загрязняется;
- 3) «смешанные циклы» – для воды, которая при использовании одновременно и нагревается, и загрязняется.

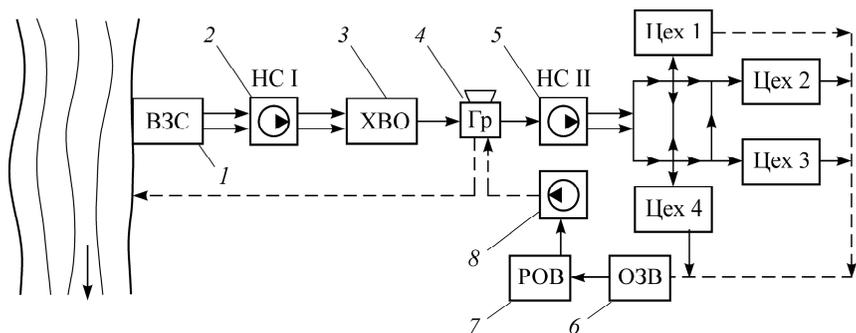


Рис. 1.3. Обратная схема СПВ:

1 – водозаборное сооружение; 2 – насосная станция 1-го подъема; 3 – станция очистки природной воды; 4 – охлаждающая установка; 5 – насосная станция 2-го подъема; 6 – станция очистки загрязненных вод; 7 – резервуар очищенной воды; 8 – насосная станция оборотной воды

Для промышленных предприятий 1-й группы техническая вода регламентируется предельной температурой используемой воды. Вода, используемая как среда для отмывания и гидротранспортировки материалов, освобождается только от грубодисперсной смеси. Это относится и к потребителям 2-й группы. Для потребителей 3-й группы вода должна быть химически очищенной и общее содержание солей в ней не должно превышать $100\text{--}2000\text{ г/дм}^3$ в зависимости от давления вырабатываемого пара.

Практически все потребители технической воды не предъявляют особых требований к ее цвету, запаху, привкусу и содержанию бактерий. Для тушения пожаров и внутренних возгораний используется вода практически любого качества.

В бессточных (замкнутых) системах водоснабжения на предприятиях вместо свежей воды используется доочищенная до норм

качества технической воды смесь промышленных и бытовых сточных вод, предварительно прошедшая биологическую очистку.

Эффективность использования воды промышленными предприятиями может быть оценена коэффициентом использования оборотной воды

$$K = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{св}}$$

Рациональность использования воды, забираемой из водного источника, может характеризоваться коэффициентом использования воды

$$K_{св} = \frac{Q_{св} - Q_{сб} - Q_{с}}{Q_{св}},$$

где $Q_{об}$ – количество (расход) оборотной воды, м³/ч;

$Q_{св}$ – количество свежей воды, забираемой из источника, м³/ч;

$Q_{сб}$ – количество сточных вод, сбрасываемых в природный объект, м³/ч;

$Q_{с}$ – количество оборотной воды, теряемой с сырьем, м³/ч.

Для замкнутых систем водного хозяйства $K_{св} < 1$, а для оборотных $K_{св} \ll 1$.

1.2. Баланс воды в системе оборотного водоснабжения

При работе оборотной системы часть воды теряется: с уносом, испарением и продувкой из охлаждающих устройств; с утечками через неплотности коммуникаций и оборудования и за счет сброса в канализацию воды, загрязняющейся у потребителя примесями, не разрешающими ее повторное использование. Для компенсации этих потерь из природного источника забирается соответствующее количество воды и насосами НС 1 направляется на станцию ХВО (см. рис. 1.3). Очищенная вода сливается в бассейн охлаждающих устройств. Для поддержания солевого баланса из бассейна ведется непрерывная продувка части воды в систему водоотведения.

Связь между важнейшими режимными параметрами в работающей системе оборотного водоснабжения наилучшим образом отражает коэффициент упаривания оборотной воды

$$K_y = \frac{q_{ис} + q_{кап} + q_{пр}}{q_{кап} + q_{пр}} = \frac{C_{п}}{C_{п}}, \quad (1.1)$$

где $q_{ис}$, $q_{кап}$ и $q_{пр}$ – расходы воды соответственно на испарение, капельный вынос и продувку системы оборотного водоснабжения; $C_{ц}$ и $C_{п}$ – концентрация консервативных ионов (например, хлорида или магния) соответственно в циркуляционной и подпиточной воде.

Имеется еще несколько производных гидравлических параметров режима, связанных с гидравлическими параметрами формулы (1.1): $q_{п.п}$ – потери воды в производственных процессах; $q_{от}$ – расход отработанной воды; $q_{от}^{жидк}$ – суммарный расход отводимых с заводской территории вод; $q_{от}^{ос}$ – расход воды, сбрасываемой с осадками; $q_{т}$, $q_{п}$, $q_{ст}$, $q_{св}$, $q_{об}$ и $q_{бв}$ – расходы соответственно технической, питьевой, сточной, свежей (подпиточной), оборотной и повторно используемой воды, а также безвозвратное водопотребление.

В устойчиво работающей системе оборотного водоснабжения между всеми приведенными гидравлическими параметрами режима наблюдаются следующие водные балансы:

$$q_{св} = q_{ст} + q_{бв} = q_{т} + q_{п}; \quad (1.2)$$

$$q_{бв} = q_{ис} + q_{кап} + q_{пр} + q_{п.п}; \quad (1.3)$$

$$q_{ст} = q_{пр} + q_{от}; \quad (1.4)$$

$$q_{от} = q_{от}^{жидк} + q_{от}^{ос}. \quad (1.5)$$

Для удобства рассмотрения балансовых уравнений (1.2)–(1.5) на рис. 1.4 схематично показан фрагмент системы охлаждающего оборотного водоснабжения промышленного предприятия с градирней в качестве охладителя воды (рис. 1.4).

На стадии проектирования, где формируются технико-экономические показатели системы, величина $C_{ц}$ должна определяться максимально допустимым для безопасного режима работы системы содержанием неконсервативных ингредиентов состава циркуляционной воды (в первую очередь Ca^{2+} , HCO_3^- , CO_2 и др.), т.е. в каждом конкретном случае должен быть произведен прогноз состояния физико-химических равновесий лимитирующих ингредиентов в самых неблагоприятных условиях эксплуатации системы водоснабжения. Как следует из формулы (1.1), при зависящих в основном от конструкции охладителя и потому постоянных $q_{ис}$ и $q_{кап}$ значение $C_{ц}$ фактически управляет размером продувки системы $q_{пр}$, а следовательно, и остальными режимными параметрами. Например, поднимая с по-

мощью внедрения или повышения эффективности существующей стабилизационной обработки величину $C_{ц}$, можно снизить продувку системы, и наоборот.

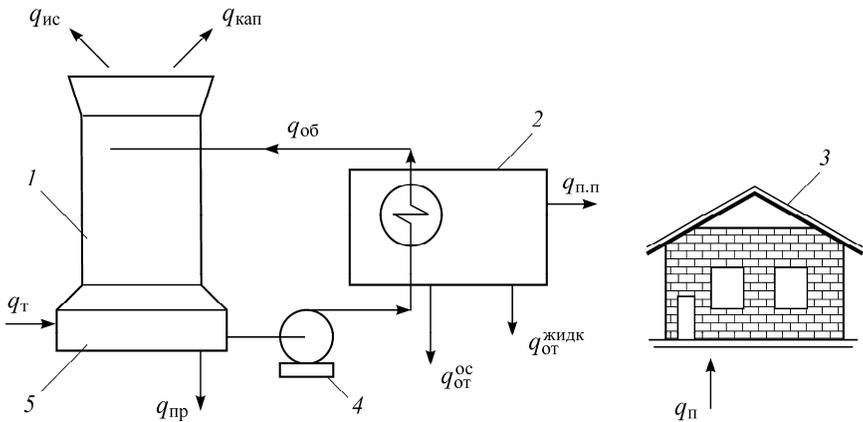


Рис. 1.4. Схема охлаждающей системы оборотного водоснабжения промышленного предприятия с указанием гидравлических параметров, контролирующих ее стабильную работу:

1 – градирня; 2 – теплообменная аппаратура промышленного предприятия; 3 – потребители питьевой воды на промплощадке; 4 – циркуляционный насос; 5 – водосборный бассейн градирни. Остальные обозначения те же, что в формулах (1.1–1.5)

Разделив изображенные на рис. 1.5 расходы воды, отвечающие допустимой $C_{ц}$, на один из технико-экономических показателей производственной деятельности предприятия (объем выпускаемой продукции, среднесписочную численность работающих и др.), устанавливают соответствующие удельные расходы воды, служащие основой для регламентирования водопотребления и водоотведения на отраслевых промышленных предприятиях.

Нормирование качества очищенных отработанных и продувочных вод на предприятиях целиком базируется на параметрах состояния окружающей среды. В случае сброса сточных вод в водный объект принимается во внимание самоочищающая способность приемника этих вод.

При сбросе промышленных сточных вод в городскую водоотводящую сеть учитываются местные нормативы на прием сточных вод на сооружения биохимической очистки.

1.3. Методы предотвращения образования отложений

При эксплуатации водооборотных циклов возникают четыре главные проблемы: солеотложение, микробиологическое зарастание, механические примеси (наличие в воде взвешенных веществ и нефтепродуктов), коррозия конструкционных материалов.

При избыточном количестве в воде кремниевых, сульфатных и карбонатно-кальциевых соединений внутренняя поверхность труб и оборудования покрывается слоем твердых солевых отложений, что сужает проходное сечение, уменьшает теплопередачу котлов, теплообменников, трубопроводов. В котлах это особенно опасно, так как отложения обуславливают перегрев и разрушение нагревательных элементов, а также перерасход топлива и увеличение количества вредных выбросов в атмосферу.

При повышенном содержании агрессивной углекислоты, кислорода, хлоридов и низкой активной реакции (pH) поверхность контакта с водой подвергается интенсивной коррозии (разрушению). Коррозия и отложения приводят к существенному увеличению гидравлического сопротивления, тепловых потерь, способствуют перерасходу электроэнергии на транспортировку воды и ее вторичному загрязнению.

Для оборотных систем охлаждения, эксплуатирующихся со сбросом части воды в водные объекты, применяются подкисление серной кислотой, фосфатирование с использованием полифосфатов, обработка воды оксизтилидендифосфоновой кислотой (ОЭДФ) и сочетание этих способов.

1.3.1. Солевые отложения

При использовании для снятия пересыщения CaCO_3 сильных кислот, не создающих буфера в воде, ее pH подвержен резким изменениям, что в эксплуатационных условиях может легко приводить к переводу стабильности воды из инкрустабельного состояния в агрессивное. Поэтому целесообразно режим подкисления выбирать [3, 4] таким образом, чтобы обеспечить в оборотной воде после обработки состояние небольшого пересыщения карбонатом кальция. Рассмотрим это положение подробнее.

При эксплуатации охлаждающих систем оборотного водоснабжения происходят изменения внешних условий, которые не контролируются, но действуют на безнакипный режим работы системы. Это температура и влажность наружного воздуха, воздействующие на температуру охлаждающей воды, а следовательно, и на процесс

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Условные обозначения	6
Глава 1. Промышленное водоснабжение	8
1.1. Системы и схемы промышленного водоснабжения	9
1.2. Баланс воды в системе оборотного водоснабжения	13
1.3. Методы предотвращения образования отложений	16
1.4. Коррозия. Методы защиты металла от коррозии	20
1.5. Охлаждение оборотной воды. Охлаждение воды в охладителях	22
1.6. Водоохранилища-охладители	23
1.7. Брызгальные бассейны	24
1.8. Градирни	25
1.9. Применение испарительного охлаждения	28
1.10. Применение воздушного охлаждения воды	29
1.11. Потери воды в охладителях	30
1.12. Резервы промышленного водоснабжения. Использование доочищенных городских сточных вод в системах водного хозяйства промышленных предприятий	31
1.13. Поверхностный сток-резерв замкнутых систем промышленного водоснабжения	31
1.14. Специальные методы обработки воды для технического водоснабжения	34
1.15. Удаление из воды растворенных газов (дегазация воды)	34
Выводы	37
Глава 2. Промышленное водоотведение. Сточные воды и их образование. Методы очистки производственных вод	41
2.1. Типы сточных вод	41
2.2. Методы очистки сточных вод	42
2.3. Группы загрязняющих веществ в сточных водах и примеры методов их обезвреживания	71
2.4. Стадии обработки сточных вод	75
2.5. Примеры предварительной обработки сточной воды. Перемешивание и флокуляция	76
Выводы	79
Глава 3. Высокоэффективные экологически безопасные технологии очистки сточных вод	80
3.1. Выбор инновационных технологий	80
3.2. Электрохимические технологии очистки сточных вод	80
3.3. Электромембранные процессы разделения и коррекции состава сточных вод	98
3.4. Электрофлотационные процессы очистки сточных вод	104
3.5. Мембранные технологии и оборудование для очистки сточных вод и выделения ценных компонентов	112
3.6. Мембранные биореакторы	123
Выводы	126

Глава 4. Производственные схемы очистки сточных вод на основе инновационных технологий	127
4.1. Очистка сточных вод с организацией водооборота.....	127
4.2. Очистка сточных вод от нефтепродуктов	131
4.3. Применение электрохимических процессов очистки стоков гальванических производств	138
4.4. Применение мембранных процессов очистки стоков	153
Выводы.....	161
Глава 5. Водное хозяйство предприятий черной металлургии	166
5.1. Водопотребление отрасли.....	166
5.2. Образование сточных вод.....	173
5.3. Методы и схемы обработки сточных вод.....	179
Выводы.....	186
Глава 6. Водное хозяйство предприятий цветной металлургии	189
6.1. Водопотребление отрасли.....	189
6.2. Образование сточных вод.....	192
6.3. Методы и схемы обработки сточных вод.....	200
Вывод	225
Глава 7. Водное хозяйство предприятий теплоэнергетики	226
7.1. Водопотребление отрасли.....	226
7.2. Образование сточных вод.....	231
7.3. Методы и схемы обработки сточных вод.....	235
7.4. Способы получения сверхчистой воды	239
Выводы.....	242
Глава 8. Водное хозяйство предприятий пищевой промышленности	245
8.1. Сахарные заводы	247
8.2. Заводы по производству крахмала.....	251
8.3. Заводы по производству пищевого растительного масла и жира	254
8.4. Предприятия по переработке картофеля	257
8.5. Предприятия по переработке овощей и фруктов.....	258
8.6. Предприятия по переработке мяса птиц и животных	260
8.7. Кондитерская промышленность.....	261
8.8. Предприятия по переработке молока.....	262
8.9. Предприятия по изготовлению соков и прохладительных напитков	266
8.10. Пивоваренные заводы	268
8.11. Винокуренные заводы.....	269
8.12. Производство бутилированной воды.....	272
Выводы.....	274
Глава 9. Сточные воды с органическими и неорганическими загрязнениями	276
9.1. Водное хозяйство целлюлозно-бумажной промышленности.....	276
9.2. Водное хозяйство нефтехимических предприятий	290
Вывод	318

Заключение	318
Приложения	319
1. Тесты для самоконтроля	319
2. Материалы для выполнения самостоятельной работы на тему «Определение расчетных расходов и балансов потребления технической воды на промышленном предприятии»	325
3. Материалы для выполнения расчетной работы на тему «Определение технологических параметров работы малогабаритной вентиляторной градирни»	333
4. Справочные материалы по сооружениям и аппаратам очистных сооружений водоотведения	337

Учебное издание

Леонид Сергеевич Алексеев

Ирина Игоревна Павлинова

Галина Алексеевна Ивлева

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Редактор: *В. Ш. Мерзлякова*

Компьютерная верстка: *В. Ю. Алексеев*

Компьют. дизайн обложки: *Н. С. Романова*

Диапозитивы предоставлены издательством

Подписано в печать 10.10.2012. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.
Усл. 22,5 печ. л. Тираж 500 экз. Заказ №

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации: оф. 511
тел., факс: (499) 183-56-83
<http://www.iasv.ru>, e-mail: iasv@mgsu.ru