



ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ СТІЧНИХ ВОД У СИСТЕМАХ ОБІГОВОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

В. І. Нездоймінов, В. С. Рожков

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
кафедра "Водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів",
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, 86123, Україна,*

Отримана 10 травня 2006, прийнята 12 серпня 2006.

Анотація. Розглянуто питання можливості використання очищених побутових та промислово-зливових стічних вод для поповнення обігових систем водопостачання, запропоновано шляхи скорочення технічної води, що вживається та зниження накопування за рахунок біологічної нітрифікації в обіговому циклі. Розрахунково-експериментальним шляхом винайдена графічна залежність між коефіцієнтом упарювання та максимальною допустимою концентрацією азоту амонійного у поповнюючій воді. Знайдено оптимальний коефіцієнт упарювання в обігових системах коксохімічних виробництв з мінімальною інтенсивністю накопування. Запропоновано схеми очищення побутових та промислово-зливових стічних вод.

Ключові слова: азот амонійний, нітрати, нітрифікація, коефіцієнт упарювання, корозія, накопування.

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В. И. Нездойминов, В. С. Рожков

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
кафедра "Водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов",
ул. Державина, 2, г. Макеевка, 86123, Украина.*

Получена 10 мая 2006; принята 12 августа 2006.

Аннотация. Рассмотрены вопросы возможности использования биологически очищенных хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых сточных вод для подпитки оборотных систем охлаждающего водоснабжения, предложены пути сокращения потребляемой технической воды и снижения накопобразования за счет биологической нитрификации в оборотных системах. Расчетно-экспериментальным путем получена графическая зависимость между коэффициентом упаривания и максимальной допустимой концентрацией азота аммонийного в подпиточной воде. Определен оптимальный коэффициент упаривания в оборотных системах коксохимических предприятий с минимальной интенсивностью накопобразования. Предложены принципиальные схемы очистки хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых сточных вод.

Ключевые слова: азот аммонийный, нитраты, нитрификация, коэффициент упаривания, коррозия, накопобразование.

SEWAGE REUSE IN RECYCLING WATER SUPPLY SYSTEMS

V. I. Nezdoyminov, V. S. Rozhkov

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture;

Department of Water supply, water removals and protection of water resources.

Derzhavin str. 2, Makiyivka, Donetsk region, 86123, Ukraine.

Received 10 May 2006; accepted 21 August 2006.

Abstract. Questions of an opportunity of biologically cleared fecal and industrially-storm sewage reuse for backfeed of turnaround systems of cooling water supply are considered; ways of consumed technical water reduction and scale formation reduction due to biological nitrification in recycled systems are offered. Settlement-experimental graphic dependence between evaporation factor and the maximal admissible concentration of ammonium nitrogen in backfeed water is received. The optimum evaporation factor in turnaround systems of coke enterprises with the minimal scaling intensity is determined. Basic schemes of faces and industrially-storm sewage clearing are offered.

Key words: ammonium nitrogen, sulfates, nitrification, evaporation factor, corrosion, scale formation.

Постановка задачи, актуальность работы

Водное хозяйство промышленных предприятий Украины является на сегодняшний день наиболее перспективным для научных исследований как в области защиты окружающей среды, так и в области сбережения материальных ресурсов промышленных предприятий. Комплексное решение этих двух задач отвечает технологиям бессточного водоснабжения предприятий и переводу технологических циклов производства в режим замкнутого водоснабжения. Наиболее емким в плане промышленного потребления водных ресурсов является металлургический комплекс, в котором коксохимия занимает значительный сектор, поэтому разработка эффективных методов по созданию бессточных технологий в этой отрасли наиболее актуальна.

Цель работы

Целью данной работы является количественная и качественная оценка водного хозяйства коксохимического предприятия (КХП) и разработка прогрессивных решений по внедрению бессточных технологий посредством повторного использования хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых сточных вод, образующихся в процессе производства.

Водное хозяйство коксохимических предприятий

Водное хозяйство КХП включает в себя комплекс систем хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, промышленного водоснабжения и водоотведения. Водное хозяйство КХП имеет специфические особенности в использовании воды, свои источники ее загрязнения и, следовательно, требует разработки и внедрения конкретных технологических решений проблемы очистки воды с целью ее комплексного использования.

Пожарно-питьевое водоснабжение КХП обеспечивает подачу воды для питьевых нужд, принятия душа, стирки спецодежды, приготовления пищи в столовой и др. В производственных целях питьевая вода не используется. Ряд КХП воду питьевого качества получают из водопроводных сетей городских водоканалов, например, Макеевский КХЗ, Авдеевский КХЗ. В нынешних условиях с целью снижения затрат на питьевую воду на территории предприятия предусматривают собственные локальные фильтровальные станции очистки технической воды (Ясиновский КХЗ).

На большинстве КХП Украины для подпитки промышленных систем водоснабжения используется вода поверхностных источников после механической очистки либо без таковой.

Условно потребителей воды на КХП можно разделить на 2 группы.

Первая группа потребителей при использовании свежей воды в процессе производства загрязняет ее продуктами коксохимического производства (в конечных холодильниках газа, в оросительных холодильниках сероочистки, мокрая уборка цеховых помещений и др.) и сбрасывает загрязненные стоки в производственную канализацию.

У потребителей второй группы, используемая вода не имеет прямого контакта с продуктами переработки КХП и не загрязняется. Это оборотная вода открытых систем охлаждения, которая используется для конденсации и охлаждения жидких продуктов и парогазовой смеси. Так, в процессе многократной циркуляции воды в системах водооборотных циклов происходит ее упаривание, нагревание, охлаждение, аэрация, абсорбция газов из атмосферы и другие воздействия, в результате чего изменяются физико-химические свойства воды [1]. Промысловые воды оборотных циклов в большинстве случаев без очистки направляются в пруды-накопители либо на тушение кокса. Ко второй группе также следует отнести воды ТЭЦ, которые после механической и химической обработки используются для питания котлоагрегатов. Высокоминерализованные регенерационные воды ТЭЦ повторно не используются и сбрасываются в пруды-накопители.

Для наглядности на рис. 1 показано процентное распределение технической воды между основными потребителями КХП.

Учитывая, что в основном техническая вода расходуется на охлаждение конденсаторов турбин и выработку пара (58%) и на подпитку оборотных циклов (33%), можно наметить пути по сокращению потребления: повышение эффективности охлаждения конденсаторов турбин; усовершенствование технологий химической водоподготовки на ТЭЦ; использование очищенных сточных вод различных категорий для подпитки оборотных циклов водоснабжения. С экологической и экономической точки зрения наиболее оправдано использование очищенных хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых сточных вод.

Рациональная организация работы систем оборотного водоснабжения КХП

Для подпитки систем оборотного охлаждающего водоснабжения на большинстве предприятий используется техническая вода. Принято считать, что для нормальной эксплуатации оборотных систем необходимо придерживаться следующих показателей этой воды: по карбонатной жесткости — до 7 мг-экв/дм³, по концентрации взвешенных веществ — до 30 мг/дм³, суммарное содержание сульфатов и хлоридов — до 100 мг/дм³ и общее солесодержание — до 500 мг/дм³ [2]. Эти требования выдвигаются во избежание процессов накипеобразования и коррозии в теплообменной аппаратуре.

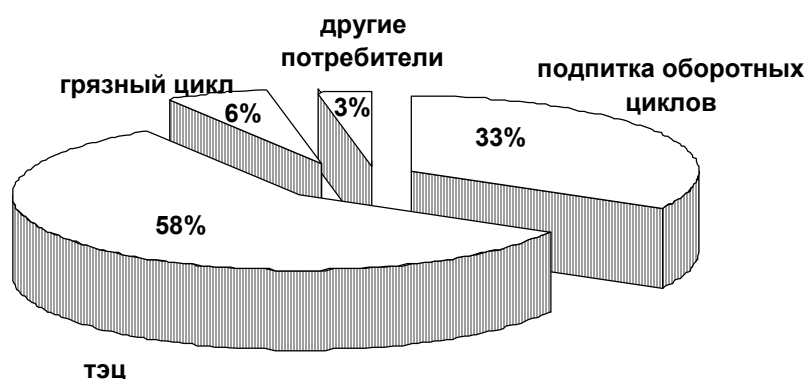
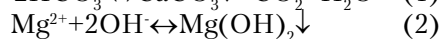
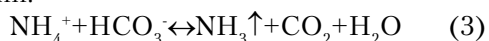


Рис. 1. Процентное распределение технической воды на КХП

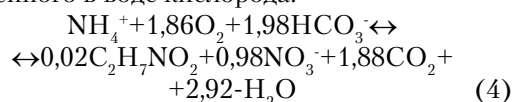
Накипеобразование обусловлено наличием в оборотной воде таких компонентов, как щелочность (HCO_3^-) и соли кальция и магния (Ca^{2+} и Mg^{2+}). Под действием завышенных температур в теплообменной аппаратуре ($45-55^\circ\text{C}$) происходит образование нерастворимых соединений CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$, которые образуют на стенках теплообменников слой накипи и снижают эффективность теплообмена.



Одним из методов ингибирования процесса накипеобразования в оборотной системе является снижение содержания ионов жесткости и щелочности в подпиточной и оборотной воде. Так, в работе [3], приведены данные по снижению щелочности в оборотной воде за счет введения солей аммония и протекания следующей реакции:



При данном методе негативным фактором является то, что из воды в окружающую среду выделяется летучий аммиак. Подобного явления не наблюдается, если в оборотных циклах протекают процессы биологической нитрификации. Как известно [4], при нитрификации (окислении) азота аммонийного до нитратов происходит потребление нитрифицирующими микроорганизмами ионов щелочности и растворенного в воде кислорода:



В соответствии с формулой (3), щелочность и растворенный кислород воды расходуются на построение клеточного вещества микроорганизмов и свободную углекислоту. Именно этот фактор лежит в основе предлагаемого метода ингибирования накипеобразования и коррозии за счет биологической нитрификации. Кроме того, накипеобразование ингибируется и за счет биологической рекарбонизации.

Стабильная работа оборотных систем определяется качеством подпиточной воды и коэффициентами упаривания.

Оптимальные значения коэффициентов упаривания для работы оборотных систем водоснабжения рекомендуется устанавливать экспериментально. Так, для КХП Донбасса нами проведен ряд экспериментов на лабораторном

рециркуляционном контуре, основные результаты которых представлены на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что для данных условий коэффициент упаривания необходимо поддерживать в пределах 2-2,5. В этом диапазоне наблюдается значительное снижение высаживания солей кальция относительно опыта с чистой технической водой, и величина убыли щелочности из оборотной системы соответствует стехиометрическому расчету по формуле 4. При меньших коэффициентах упаривания процесс нитрификации не набирает необходимой интенсивности из-за значительных объемов продувки, а при больших — концентрирование ионов жесткости и щелочности приводит к интенсивному накипеобразованию.

Максимальная концентрация ионов $[\text{NH}_4^+]$ в подпиточной воде продиктована ограничением концентрации нитратов в оборотной воде (до 40 мг/дм^3) [5]. Для этого по формуле [4] получена расчетная зависимость, связывающая допустимую концентрацию NH_4^+ в подпиточной воде и коэффициент упаривания (рисунок 3).

Таким образом, оптимизировать работу теплообменных аппаратов возможно за счет процессов нитрификации в системах оборотного охлаждающего водоснабжения.

Внедрение подобной технологии подразумевает разработку соответствующих решений по очистке сточных вод предприятия.

Подготовка промышленно-ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод для последующего использования в оборотных системах водоснабжения КХП

Хозбытовая канализация включает фекальные воды от основных цехов предприятия, а также от банно-прачечного комбината, уличных туалетов, от установки мойки автомобилей автотранспортного цеха и др. Количество этих стоков напрямую связано с потреблением питьевой воды. Сточные воды этой категории могут содержать в своем составе большинство загрязнений коксохимического производства, но в концентрациях, допустимых для сброса в городскую канализацию [1].

Качественный и количественный состав дождевых, талых и поливочно-мочных стоков с территории КХП весьма разнообразен и зависит от многих факторов, а именно, от климатических ус-

ловий, от строгого соблюдения технологического регламента, от культуры производства на предприятии, наличия дренажных вод, а также метода тушения раскаленного кокса. В таблице 1 приведены средние показатели качества хозяйственных и промышленно-ливневых стоков КХП по сравнению с технической водой.

Различный состав и характер образования поверхностного стока и хозяйственно-бытовых сточных вод предопределяет раздельную очистку этих потоков на локальных очистных установках. Кроме того, раздельная очистка позволяет изменять объемное соотношение очищенных потоков, тем

самым варьируя солевой (включая NH_4^+) баланс в подпиточной воде, направляемой на подпитку оборотных систем водоснабжения.

Для очистки этих категорий сточных вод нами разработаны технологии очистки, включающие механическую очистку от песка (гидроциклоны), биохимическую очистку активным илом в аэробных условиях, доочистку на фильтрах с волокнистой загрузкой и обеззараживание с помощью бактерицидных ламп. Принципиальные технологические схемы очистки хозяйственно-фекальных и поверхностно-ливневых сточных вод представлены на рисунке 4.

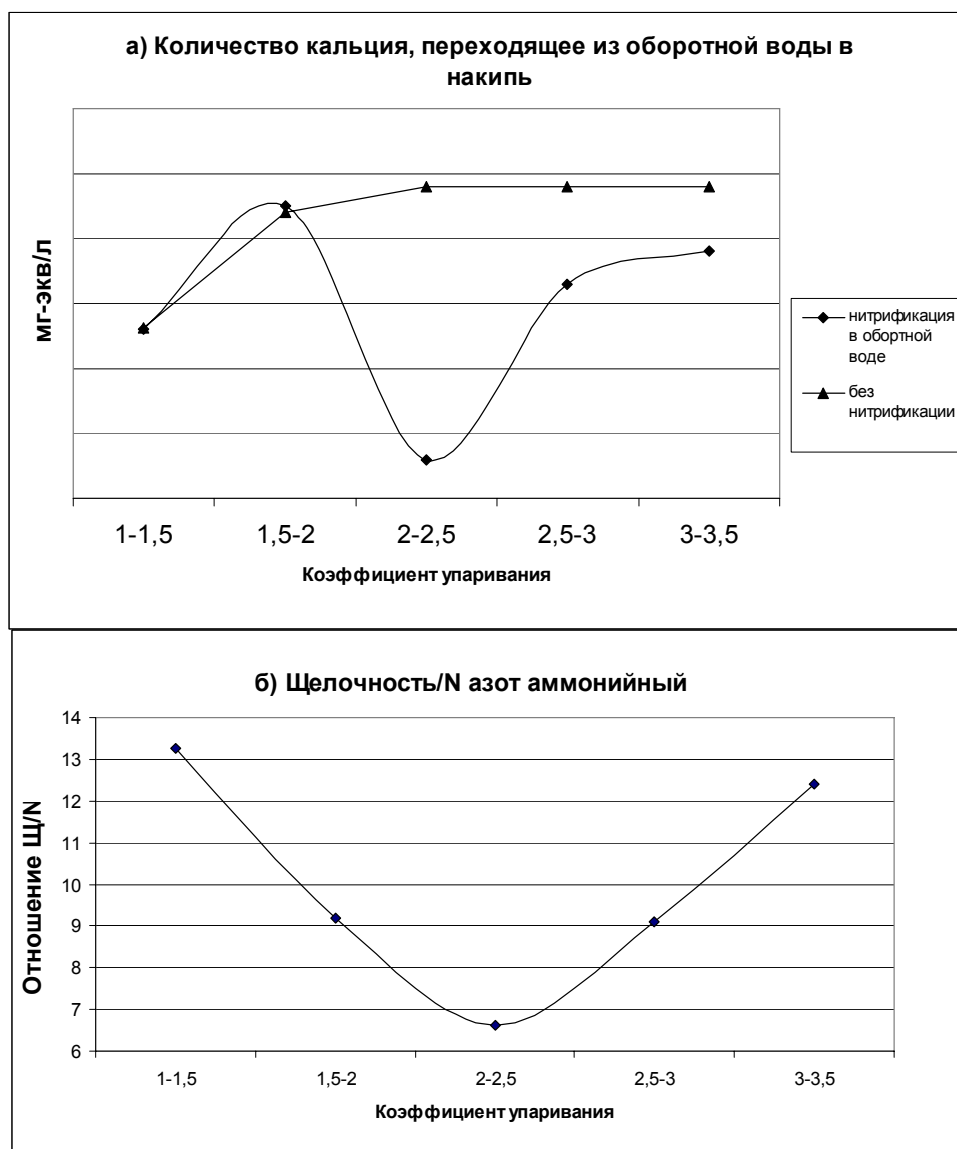


Рис. 2. Основные результаты исследований по нитрификации в оборотных циклах



Рис. 3. Допустимое количество азота аммонийного в подпиточной воде

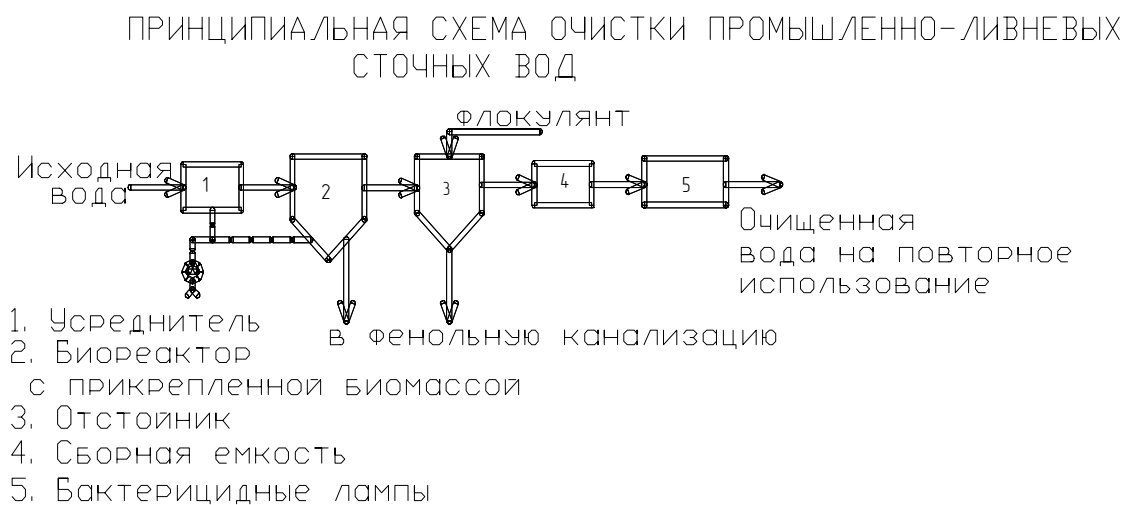
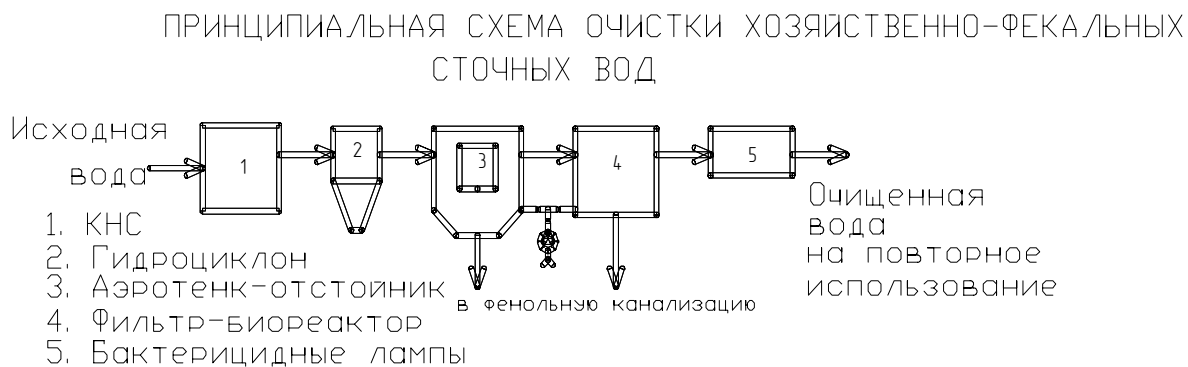


Рис. 4. Принципиальные схемы очистки хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых сточных вод

Качество очищенных сточных вод приведено в таблице 1.

Учитывая современные тенденции, процессы биохимической очистки осуществляют в металлических емкостных сооружениях башенного типа высотой 10...15 м. Использование таких конструк-

ций позволяет применять существующее низконапорное воздухоудное хозяйство предприятия, использовать имеющиеся свободные емкости, сократить отвод земли под очистные сооружения, уменьшить аэрозольный выброс загрязнений с поверхности аэротенка в окружающую среду и др.

Таблица 1. Средние показатели качества хозяйственных и промышленно-ливневых стоков КХП до и после очистки, качество технической воды.

Компоненты	Техническая вода	Показатели качества сточных вод			
		Хозяйственные		Промышленно- ливневые	
		До очистки	После очистки	До очистки	После очистки
БПК ₅ (БПК ₂₀), мг/дм ³	...	150 (200)	5 (15)	130 (190)	5 (15)
ХПК, мг/дм ³	25	331	30	300	30
Азот аммонийный, мг/дм ³	...	13	2...5	32...44	20...25
Нитриты, мг/дм ³	...	0,42	...	1...1,5	...
Нитраты, мг/дм ³	10	0,5	...	5...12	...
Взвешенные вещества, мг/дм ³	до 100	71	70...80	118...312	150...300
Фенолы, мг/дм ³	...	0,07	...	3...5	...
Роданиды, мг/дм ³	...	1...1,1	...	1,5...15	...
Сульфаты, мг/дм ³	250	224	224	400...700	400...700
Хлориды, мг/дм ³	75	102	102	140...160	140...160
Щелочность мг-экв/дм ³	5	3...5	3...5	2...2,5	2...2,5

Схема водного баланса КХП

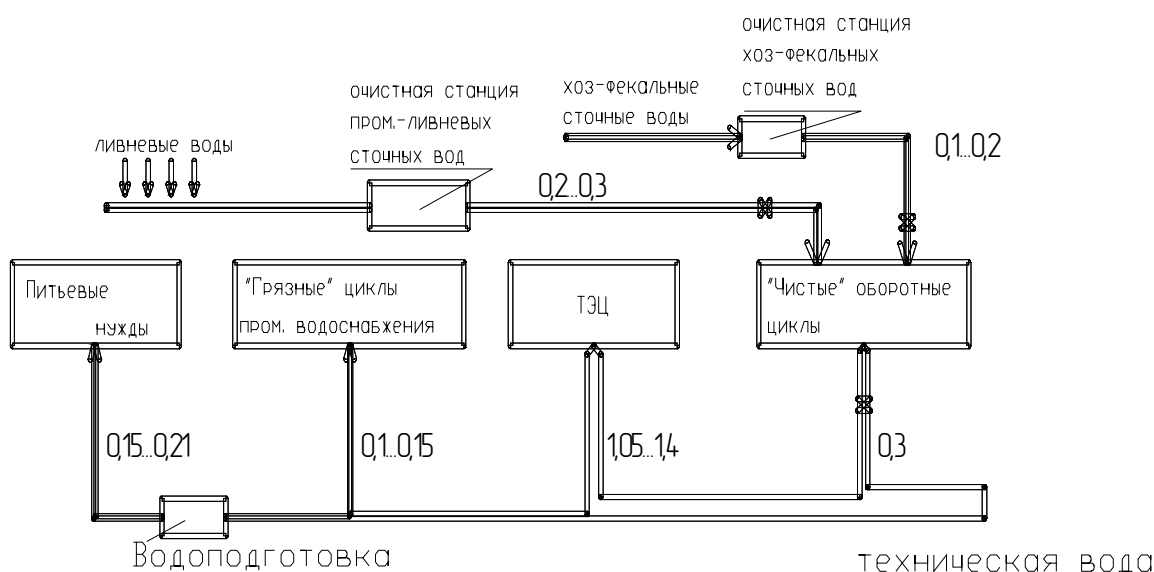


Рис. 5. Схема водного баланса КХП

Необходимо отметить, что очистка хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых сточных вод не предусматривает процессов нитри-денитрификации. На положительное воздействие азота аммонийного на работу систем оборотного водоснабжения указано выше.

На рисунке 5 представлена схема водного баланса КХП ($\text{м}^3/\text{тонну кокса}$) с учетом использования промышленно-ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод для подпитки систем оборотного водоснабжения.

Например, для одного из заводов коксохимии расчетным путем установлено соотношение биологически очищенных промышленно-ливневых, хозяйственно-бытовых сточных вод к технической воде для подпитки оборотных систем водоснабжения цеха улавливания, которое составило — 1:2:3. При этом общее потребление предприятием технической воды сократится на 17-20%.

Выводы

1. Использование очищенных хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых сточных вод позволяет сократить потребление технической воды предприятием на 17-20%.
2. Биологическая нитрификация в оборотной системе является альтернативным методом подавления накипеобразования и коррозии теплообменных аппаратов.

3. Расчетно-экспериментальным путем получена графическая зависимость между коэффициентом упаривания и максимальной допустимой концентрацией азота аммонийного в подпиточной воде.
4. Определен оптимальный коэффициент упаривания в оборотных системах КХП с минимальной интенсивностью накипеобразования.
5. Предложены принципиальные схемы очистки хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых сточных вод.

Литература

1. Нездойминов В.И., Бескровная М.В., Хабту Т. Экологические аспекты в технологии водного хозяйства коксохимии// Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. - Макеевка, 2005. - выпуск 2005-2(50). - с. 34 - 37.
2. Войтенко Б.И., Рубчевский В.Н., Ивко И.Н., Чернышов Ю.А., Шарагин В. С., Слепцов Г.В., Лисогор Е.С. Внедрение технологи и бессточного замкнутого оборотного водоснабжения на ОАО "Запорожжкокс"// Кокс и химия. - 01 - 2004. - с. 37 - 39.
3. Гринберг А.М. и др., Состояние атмосферы при использовании сточных вод в оборотном водоснабжении// Кокс и химия. - 01 - 1981. - с. 57-58.
4. Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы., - М.: Мир, 2004. - 480с.
5. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений. Утв.Гл. государственным санитарным врачом СССР. № от 04.07.88 г./ М-во здравоохранения СССР.-М.:1988.-71с.

Нездоймінов Віктор Іванович — кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри “Водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів” Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: очищення фекальних та промислових стічних вод. E-mail: vk_dgasa@ukr.net

Рожков Віталій Сергійович — аспірант кафедри “Водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів” Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: очищення стічних вод, оборотне водопостачання промислових підприємств.

Нездойминов Виктор Иванович — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой “Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов” Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: очистка фекальных и производственных сточных вод. E-mail: vk_dgasa@ukr.net.

Рожков Виталий Сергеевич — аспірант кафедри “Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов” Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: очистка сточных вод, оборотное водоснабжение промышленных предприятий.

Victor I. Nezdoyminov — Ph. D., assoc. prof., head of department water supply, water removals and protection of water resources Donbas National academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: clearing of fecal and industrial sewage. E-mail: vk_dgasa@ukr.net.

Vitaliy S. Rozhkov — post-graduate student department water supply, water removals and protection of water resources Donbas National academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: sewage treatment, recycling water supply industrial enterprises.