

Инженерное оборудование зданий и сооружений

УДК 628.3:504

ЗАМКНУТЫЕ СИСТЕМЫ – ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.И. Аксенов, И.И. Ничкова, В.А. Никулин, Е.В. Николаенко

Дана характеристика замкнутых систем водопользования промышленных предприятий, тенденции их развития в России и за рубежом, сформулированы преимущества перехода к локальным замкнутым системам водопользования и выявлены причины замедления роста их числа на территории России.

Ключевые слова: водное хозяйство промышленных предприятий, замкнутые системы водопользования, сточные воды, очистка сточных вод, обработка осадка.

Тенденция создания замкнутых систем водопользования (ЗСВ) промышленных предприятий четко прослеживается в большинстве развитых стран мира за последние 10–15 лет. Причинами, обуславливающими начало широкого создания ЗСВ, является, с одной стороны, катастрофическое загрязнение природных водоемов промышленными, бытовыми и сельскохозяйственными стоками вследствие значительного роста производства промышленной и сельскохозяйственной продукции при возрастании потребностей населения и промышленности в чистой воде. С другой стороны, появилось разнообразное технологическое оборудование (многокорпусные выпарные установки, оборудование обратного осмоса и др.), применение которого позволяет замкнуть цикл водопользования при обеспечении приемлемых экономических показателей. Сегодня применение ЗСВ является единственным рациональным решением проблемы использования воды в промышленности. Иного реше-

ния, позволяющего уверенно смотреть в будущее, по нашему мнению, не существует. Можно считать, что началом широкого перехода к созданию ЗСВ явился Всемирный конгресс энергетиков в Австралии (1993 г.), на котором замкнутые системы (по зарубежной терминологии – предприятия с нулевым сбросом стоков) были провозглашены единственным путем реконструкции водного хозяйства (ВХ) в промышленности [1].

В России накоплен богатый опыт создания и эксплуатации ЗСВ. Первая в мире ЗСВ металлургического предприятия была введена в строй на Верх-Исетском металлургическом заводе (г. Свердловск) в 1973 г. Указанный комплекс успешно эксплуатируется и в настоящее время. В последующие годы на территории бывшего СССР были сооружены более 350 замкнутых систем на предприятиях различных отраслей (см. таблицу).

К сожалению, в 1990-е годы эта работа по известным причинам не велась, и некоторое оживле-

Данные, характеризующие развитие и распространение ЗСВ на промышленных предприятиях СССР (1990 г.)

Отрасль промышленности	Водооборот в отрасли, %	Число предприятий				
		с ЗСВ	приближающихся к ЗСВ	с элементами ЗСВ	со стоящими ЗСВ	с запроектированными ЗСВ
Черная металлургия	88	24	14	12	9	3
Цветная металлургия	84	15	10	12	1	4
Химическая	83	6	14	10	2	8
Нефтехимическая	89	7	6	5	5	2
Минеральных удобрений	88	4	–	1	1	1
Целлюлозно-бумажная	65	3	3	7	1	1
Машиностроительный комплекс	72	13	11	6	11	7
Энергетика	63	17	8	6	–	3
Прочие	–	11	10	11	5	5

ние наблюдается уже в XXI в. вплоть до экономического кризиса 2008 г. и далее.

Создание ЗСВ является комплексной задачей, которая предусматривает: внедрение эффективных, прежде всего, физико-химических методов очистки сточных вод; установление научно обоснованных предельно допустимых концентраций солей, нефтепродуктов и других компонентов в оборотной воде с учетом ее эпидемиологической и токсикологической безопасности для каждого замкнутого цикла; создание максимально возможного количества локальных замкнутых циклов с многократным использованием воды в них; извлечение из сточных вод ценных компонентов; переработку в целях утилизации выделенных осадков и засоленных вод [2–5].

ЗСВ промышленного предприятия представляет собой химико-технологический комплекс (цех) по производству чистой воды внутри предприятия. В целом, безотходное производство с ЗСВ можно проиллюстрировать схемой, представленной на рис. 1. В этом случае ЗСВ является неотъемлемой и одной из главных составных частей любого безотходного производства.

За рубежом строительство ЗСВ началось, практически, немногим более двадцати лет назад, поскольку там считалось, что строго регламентированный сброс очищенных стоков сохранит водоприемники в «первозданной чистоте». Ничего этого не произошло, особенно в переполненной Европе, и «регламентированный сброс» срочно сменили на отсутствие любого сброса. Мы прогнозировали такое развитие событий [3].

Технологические схемы обработки стоков и осадков в ЗСВ весьма разнообразны и зависят от многих факторов: характеристики стока, возможности предприятия в использовании очищенной воды того или иного состава, возможности утилизации концентратов и осадков на самом пред-

приятии или в соседних организациях и др. На рис. 2 приведена распространенная технологическая схема обработки промышленных стоков различного состава.

Схема включает следующие узлы: узел усреднения – накопления стока с использованием интенсивного перемешивания воздухом (1); узел реагентной (химической, физико-химической, физической, биотехнологической) обработки стока с разрушением токсичных и выделением в виде взвеси вредных (агрессивных) примесей (2); узел хлопьеобразования (флокуляции) для интенсификации процесса удаления взвеси из стока (3); узел осветления (отстаивания) обработанного стока в скоростных (многополостных) отстойниках (4); узел доочистки осветленной воды на зернистых фильтрах с использованием местных фильтрующих материалов – отходов производства типа шлаков (5).

При необходимости получения чистой воды (дистиллята) доочищенную воду направляют в выпарную установку (6), а получающийся концентрат – на утилизацию, образующийся при отстаивании осадок – в узел кондиционирования (7), где его при необходимости, дополнительно обрабатывают реагентами или нагревом. Подготовленный скондиционированный осадок поступает в узел механического обезвоживания (8) на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах или центробежных аппаратах. Обезвоженный осадок подают в узел термической обработки (9) – сушилку, гранулятор, сборник (10) при необходимости расфасовывают и отправляют на утилизацию.

Подобные схемы внедрены на Верх-Исетском металлургическом, Кыштымском медьэлектролитном заводах и еще на многих предприятиях.

Представленная технологическая схема (при необходимости дополненная и другими узлами) является основой системы водного хозяйства промышленного предприятия, имеющего соответ-

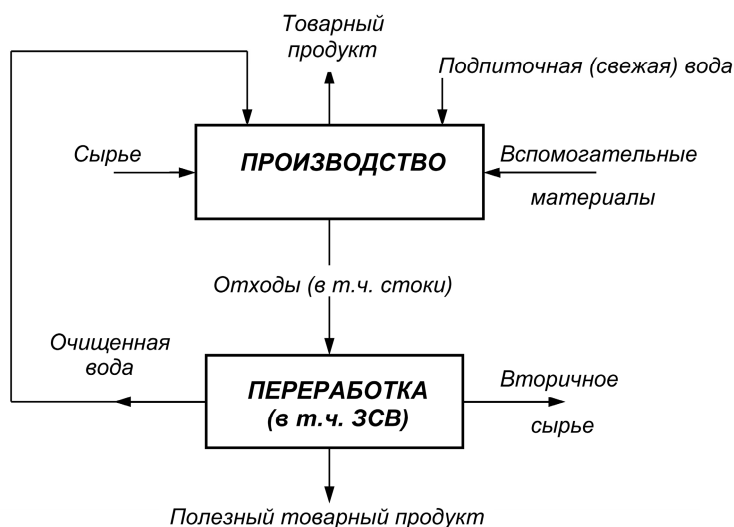


Рис. 1. Технологическая схема безотходного производства с замкнутой системой водопотребления

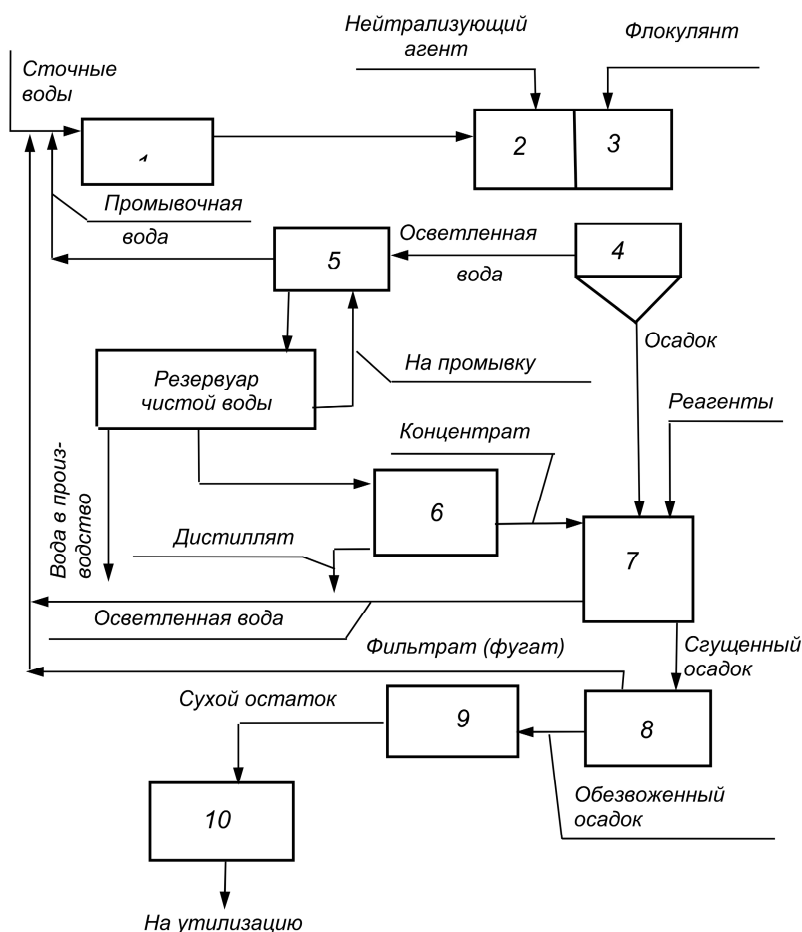


Рис. 2. Схема модуля обезвреживания стоков: 1 – узел усреднения-уплотнения стока; 2 – узел реагентной обработки; 3 – узел хлопьеобразования; 4 – узел осветления обработанного стока; 5 – узел доочистки осветленной воды; 6 – узел получения чистой воды; 7 – узел кондиционирования; 8 – узел механического обезвреживания; 9 – узел термической обработки

вующие стоки. В этих схемах к наиболее важным (определяющим) узлам относятся: блок обессоливания (выпарная установка), блоки обработки осадков – механической (обезвреживания) и термической (сушки, прокатки). Именно они позволяют получить замкнутые системы очистки промышленных вод и повторного использования промстоков, которые обеспечат значительную экономию свежей воды при снижении ее потребления до уровня безвозвратных потерь; утилизацию выделяемых из стоков загрязнителей (полезное использование) или уничтожение либо складирование и позволят ликвидировать все сбросы стоков в окружающую среду.

Как уже отмечалось, вначале создавались в основном крупные ЗСВ предприятий производительностью многие десятки и сотни кубических метров в час, поскольку лишь при высоких производительностях удавалось достигнуть достаточной экономичности многокорпусных выпарных установок. Бурное развитие опреснительной техники в последние десятилетия, основанное на освоении технологий пленочного испарения, механической компрессии водяного пара и тепловых насосов с промежуточным теплоносителем, позволило су-

щественно снизить удельные энергозатраты даже на термодистилляционных установках малой производительности (до нескольких десятков л/ч). Такие установки производительностью от 10 л/ч до 4 м³/ч и более разработаны и изготавливаются компаниями в Германии (H₂O GmbH), Италии (Eco International), Израиле (IDE Technologies) и других странах. Весьма привлекательные по критерию «цена – качество» установки, не имеющие аналогов в мире, разработаны и предлагаются отечественными компаниями.

Важно отметить, что появление установок малой и средней производительности, оснащенных надежными и эффективными системами автоматического управления, позволило изменить подходы к созданию ЗСВ и вместо крупных комплексов начать создание локальных замкнутых систем водопользования (ЛЗСВ), включаемых в состав отдельных производственно-технологических установок. Примеры таких установок приведены на рис. 3–4.

Переход к созданию ЛЗСВ дает ряд существенных преимуществ:

- при переработке стока отдельной технологической установки образующийся концентрат не

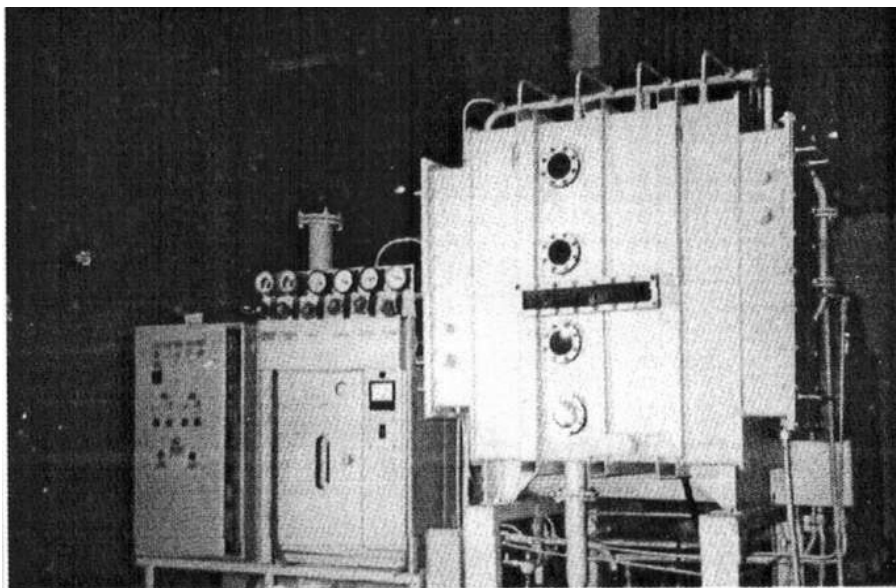


Рис. 3. Установка концентрирования отработанных растворов монохромата калия
производительностью 250 л/ч

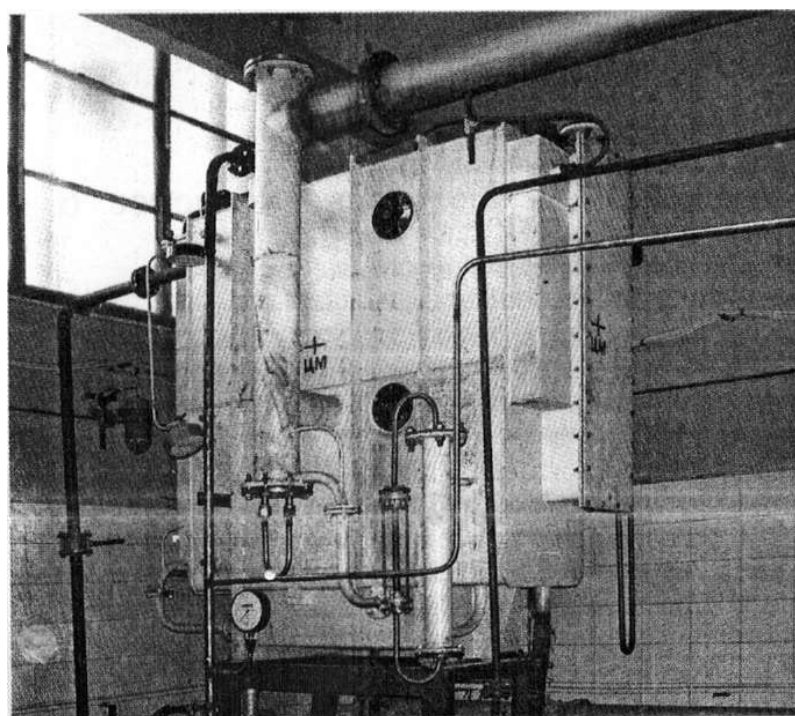


Рис. 4. Установка переработки промывных вод участка хромирования
производительностью 1,5 м³/ч

является смесью многочисленных загрязнителей, потому, как правило, может быть утилизирован или возвращен в технологический процесс. Например, концентрат, образовавшийся при переработке промывных вод хромирования (см. рис. 4) может возвращаться в ванну нанесения гальванопокрытия;

- образующийся при переработке стока дистиллят представляет собой особо чистую воду и, возвращаясь в технологический процесс, как правило, повышает качество основной продукции.

Например, переход на промывку дистиллятом после травления или обезжиривания значительно повышает качество гальванических или лакокрасочных покрытий;

- поэтапное исключение из общезаводских стоков их части, обрабатываемой на ЛЗСВ, повышает эффективность общезаводских очистных сооружений и значительно снижает экологическую нагрузку на природные водоемы;

- создание ЛЗСВ не требует значительных временных и капитальных затрат (как правило,

Инженерное оборудование зданий и сооружений

ЛЗСВ удаётся разместить на существующих производственных площадях), что повышает экономическую эффективность.

Необходимо отметить, что в настоящее время лидерство в создании ЗСВ российскими компаниями утеряно. Особенно это касается ЛЗСВ. Если в России количество ЗСВ и ЛЗСВ, созданных за последние 5 лет, исчисляется единицами, то в странах ЕЭС – тысячами. Причина такого положения, очевидно, объясняется отсутствием экономических стимулов. Ситуация должна радикально измениться после доведения экологических платежей до уровня платежей европейских стран.

Литература

1. *Водное хозяйство промышленных предприятий: справ. изд.* / В.И. Аксенов, С.Е. Щеклеин,

В.Л. Подберезный и др.; под ред. В.И. Аксенова. – М.: Теплотехник, 2007. – Кн. 4. – 239 с.

2. Аксенов, В.И. *Замкнутые системы водного хозяйства металлургических предприятий* / В.И. Аксенов. – М.: Металлургия, 1983. – 112 с.

3. *Создание замкнутых систем водоснабжения металлургических предприятий* / В.И. Аксенов и др. – М.: Сталь, 2005. – С. 83–85.

4. Аксенов, В.И. *Проблемы водного хозяйства металлургических, машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий* / В.И. Аксенов, В.Ф. Балакирев, А.А. Филиппенков. – Екатеринбург: НИСО УрО РАН, 2002. – 268 с.

5. Алферова, Л.А. *Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов* / Л.А. Алферова, А.П. Нечаев; под ред. С.В. Яковлева. – М.: Стройиздат, 1984. – 272 с.

Аксенов Валентин Иванович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Водное хозяйство и технология воды», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Тел.: 8(343)3759319; aksvi@bk.ru.

Ничкова Ирина Ивановна, кандидат химических наук, доцент кафедры «Водное хозяйство и технология воды», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Тел.: 8(343)3759319; nii.7@mail.ru.

Никulin Валерий Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизмы и аппараты химических производств», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Тел.: 8(343)3754448; va.nikulin@mail.ru.

Николаенко Елена Валентиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск. Тел.: 8-919-323-9665; mail.nikolaenko@inbox.ru.

Bulletin of the South Ural State University
Series “Construction Engineering and Architecture”
2013, vol. 13, no. 2, pp. 56–60

CLOSED SYSTEMS AS A BASIC COURSE FOR RECONSTRUCTION OF WATER MANAGEMENT IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

V.I. Aksenov, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russian Federation, aksvi@bk.ru,

I.I. Nichkova, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russian Federation, nii.7@mail.ru,

V.A. Nikulin, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russian Federation, va.nikulin@mail.ru,

E.V. Nikolaenko, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation; mail.nikolaenko@inbox.ru

The article describes closed systems of water management in industrial enterprises and prospects of their development in Russia and abroad. Benefits of the move to local closed systems of water management are stated; and the reasons for slowdown in the increase of their number in Russia are revealed.

Keywords: water management in industrial enterprises, closed system of water management, wastewater, wastewater treatment, sludge treatment.

Поступила в редакцию 31 мая 2013 г.