

Безопасность систем водоснабжения и водоотведения на промышленных предприятиях

В.И. Шилков, доцент, канд. эконом. наук,

Ю.В. Аникин, доцент, канд. хим. наук

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург,

e-mail: shilkov-urfu@yandex.ru

Ключевые слова:

промышленное предприятие, критические инфраструктуры, безопасность, водоснабжение и водоотведение.

В статье подчеркивается необходимость комплексного подхода к анализу и решению проблем безопасности водоснабжения и водоотведения. Приведены результаты исследования основных проблем в системах производственного водоснабжения и водоотведения. Предложены практические мероприятия для решения проблем. Декларируется необходимость применения средств информатизации, стратегических методов анализа рисков и инновационных технологий водоподготовки. Предложены основные принципы формирования безопасных и эффективных критических систем водоснабжения и водоотведения в сфере производства.

1. Введение

Промышленное производство является неотъемлемой частью социально-экономических систем и в значительной степени определяет уровень развития производительных сил общества. Эффективность функционирования промышленного производства определяется действием большого количества факторов, к которым можно отнести например, его инфраструктуру.

Инфраструктура современного промышленного предприятия, как правило, включает структурные подразделения, обеспечивающие процесс основного производства необходимыми ресурсами. Часть подразделений можно отнести к *внутренней*, а часть — к *внешней* инфраструктуре. Например, внутренний инфраструктурный комплекс может состоять из транспортного хозяйства, склада, паросилового и энергетического цехов. Внешние инфраструктурные элементы можно связывать с различными формами *аутсорсинга*, т.е. использованием внешнего ресурса, например, с централизованными поставками электроэнергии, газа, тепловой энергии и воды. Элементы инфраструктуры, выполняющие особо важные функции, следует определить как элементы критической инфраструктуры.

В [1] указано, что «сбои в критически важных инфраструктурных системах возникают в результате нескольких причин, таких как операционные сбои, плохая конструкция и механические повреждения, физическое уничтожение в результате природных и техногенных экстремальных событий». В связи с этим следует отметить, что угрозы часто носят вероятностный характер. Их реализацию не всегда можно предсказать с помощью традиционных методов, например построения деревьев сценарного описания. Вместе с тем, вряд ли стоит отрицать возможность применения детерминированных методов анализа, так как даже при отдельных и случайных неблагоприятных явлениях и событиях могут наблюдаться устойчивые корреляционные взаимосвязи. Поэтому можно утверждать, что характеристики инфраструктуры должны изменяться в соответствии не только с требованиями и запросами потребителей, но и с динамикой возможных рисков, для обеспечения необходимого уровня функционирования и развития.

Мы предлагаем связывать термин *критические инфраструктуры* не только с уязвимостью этих структур к нежелательным воздействиям, но и с катастрофическими последствиями для промышленного предприятия, возникающими вследствие

сбоев, отказов и невозможности нормального функционирования элементов инфраструктуры. Между элементами инфраструктур существуют сложные взаимосвязи. В [2] указано, что «зависимость между различными важнейшими компонентами инфраструктуры означает, что проблемы одного из наиболее важных компонентов инфраструктуры могут быстро распространиться на другие».

Внедрение в процессы управления промышленными предприятиями современных информационных технологий приводит к тому, что «масштаб и разнообразие критических инфраструктур и, в частности, промышленного управления (SCADA) систем, требуют разработки и внедрения многочисленных мер защиты [3]». К угрозам безопасности нового типа следует отнести различного рода вирусные атаки, которые могут быть направлены против конкретного объекта [4].

По нашему мнению, к критической инфраструктуре следует отнести и систему водоснабжения и водоотведения современного предприятия, ненадлежащее и неэффективное функционирование которой может приводить к возникновению существенных для предприятия проблем (экологических, экономических и др.). Непосредственную угрозу для нормального функционирования системы водоснабжения и водоотведения предприятия могут представлять, например, пожары, отключение электроэнергии, человеческий фактор, компьютерные вирусы, изношенность и отказы оборудования, аварийное состояние сетей.

С учетом вышесказанного под безопасностью можно понимать такое состояние сложноорганизованной системы, при котором воздействие на нее внешних и внутренних факторов не приводит к значительному (свыше установленных пределов) ухудшению параметров функционирования системы или к невозможности её дальнейшего функционирования и развития. Существует значительное количество определений каждой из составляющих безопасности [5–8], однако их анализ не является предметом рассмотрения в данной статье. Отметим, что к важным характеристикам безопасности системы в случае воздействия на нее какой-либо угрозы относятся продолжительность нормального (допустимого) функционирования и скорость восстановления основных функций после устранения угрозы.

Понятие безопасности как для предприятия, так и для систем водоснабжения и водоотведения комплексное и включает ряд составляющих: техническая, технологическая, экономическая, информационная, экологическая, социальная, антитеррористическая, политико-правовая [9–12]. Возможно, этот перечень может быть дополнен еще какой-либо составляющей.

2. Проблемы и анализ состояния систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий

Промышленные предприятия потребляют значительное количество воды для производственно-технологических целей, а поскольку многие из них забирают воду из городского водопровода или в условиях ограниченного забора из водоисточников, то основным приоритетом должно быть ее экономичное и эффективное использование. Вода на технические цели в основном потребляется на следующие нужды.

1. Для охлаждения какой-либо продукции или отдельных частей и элементов машин и механизмов. Как правило, в этом случае создаются оборотные циклы (часто называемые «чистыми»), в которые добавляется определенное количество «свежей» воды, компенсирующее потери. Это наиболее значительная часть воды, используемой в промышленности (70–90%).

2. Часть воды используется для перемещения сырья или отходов производства в виде пульпы, а также для отмывки (промывки) каких-либо изделий. Такая вода загрязняется в процессе производства, дополнительно может нагреваться и требует очистки перед сбросом в систему канализации (водоем) или возвратом в производство (такой оборотный цикл называется «грязным»). Количество такой воды колеблется от 5 до 15%.

3. От 10 до 20% воды приходится на потери (испарение, проливы и т. п.), а также на другие нужды (приготовление реагентов и др.).

В целом ряде случаев вода, используемая для технических целей, должна подвергаться определенной обработке перед поступлением в технологический цикл (удаление взвешенных веществ, умягчение, обессоливание и др.). В этом случае выбранные методы подготовки воды зависят от состава исходной (сырой) воды и требований к ее качеству со стороны технологов. Большое значение при этом имеет постоянство качества исходной воды. Технология водоподготовки, с одной стороны, опирается на стандартные методы (фильтрация, ионный обмен, мембранные методы). Но, с другой стороны, она всегда имеет индивидуальные особенности, обусловленные конкретной основной технологией (показатели качества применяемой воды, реагенты и др.). Оптимальное технологическое и экономическое решение, как правило, индивидуально для каждого предприятия.

Защита водных источников от загрязнения стала в большинстве стран и в целом на планете одной из важнейших задач. К сожалению, большой «вклад» в загрязнение водоемов вносят промышленные предприятия как в России, так и в других странах. Например, на машиностроительном предприятии

к потребителям воды относятся *цех механической обработки деталей, литейный цех, окрасочный участок, цех водоподготовки и гальванический цех*. В сточных водах таких предприятий содержится значительное количество опасных и вредных веществ (кислоты, щелочи, тяжелые металлы, органические вещества). Так, в Индии, по оценкам, 70 % общего объема промышленного загрязнения сбрасывают малые и средние предприятия, они используют устаревшие технологии без строгих правил контроля за загрязнением. Отходы, образующиеся в результате их деятельности, обычно сбрасываются без очистки [13]. Показано [14], что «такие сбросы наносят не только значительный экологический ущерб, особенно в чувствительных экосистемах, но они также часто вступают в прямые (и косвенные) контакты с человеком и животными с последующим повреждением здоровья». Как подчеркнуто в [15], «тяжелые металлы представляют серьезную опасность для человека, животных и окружающей среды. Поэтому надо очищать гальванические сточные воды до их сбросов».

Несмотря на то, что каждый элемент критической инфраструктуры выполняет определенную функцию, их совместное взаимодействие может приводить к появлению сложных синергетических эффектов. Как отмечено в [16], «критические инфраструктуры не изолированы, а тесно связаны, создавая сложную систему взаимосвязанных инфраструктур... нужно понять зависимости и влияния, которые оказывает каждая критическая инфраструктура на другие критические инфраструктуры». Поэтому анализ безопасности систем водоснабжения и водоотведения предприятия требует комплексного анализа связей между техническими, социальными, организационно-экономическими, информационными и экологическими составляющими безопасности.

В [17] отмечено, что сильные связи между инфраструктурными элементами будут приводить к сильным, более серьезным последствиям. Даже не катастрофические сбои и отказы в функционировании отдельных элементов системы будут приводить к увеличению нагрузки на смежные элементы. Например, выход одного из сооружений водоподготовки или очистки сточных вод предприятия (без его дублирования, что часто имеет место) приведет либо к ухудшению показателей качества продукции, либо к экологическим и экономическим проблемам. Авторы [18] говорят о необходимости «поддержания и обновления сетевой инфраструктуры систем водоснабжения, которые требуют системного подхода. В краткосрочной и долгосрочной перспективе должен сохраняться необходимый уровень производительности, инфраструктурного риска и затрат».

Изучение данного вопроса показало, что многие исследователи достаточно глубоко рассмотрели отдельные аспекты функционирования систем водоснабжения и водоотведения. При этом комплексному подходу к решению задачи повышения уровня безопасности и эффективности работы этих систем на промышленных предприятиях уделяется недостаточное внимание. Так, например, в [19] отмечается, что в литературе отсутствует комплексный подход к проблемам очистки сточных вод гальванических производств.

3. Результаты исследований и их обсуждение

Нами проведен анализ результатов исследования проблем промышленного водоснабжения и водоотведения более 20 предприятий. Изучение современного состояния водоснабжения и водоотведения на промышленных предприятиях позволило не только выявить проблемы, возникавшие в работе систем за последние десятилетия, но и назвать причины их возникновения.

В данном контексте термин *проблема* выступает не только как теоретический вопрос, подлежащий дальнейшему исследованию, но и как нерешенная ранее практическая задача, требующая безотлагательного решения. Имеющиеся проблемы несут потенциальные риски, которые могут приводить к критическим отказам в работе системы водоснабжения и водоотведения и возникновению чрезвычайных ситуаций на предприятии. По нашему мнению, следует выделить две основные группы проблем, связанных с критической инфраструктурой промышленных предприятий. К *первой группе* можно отнести проблемы промышленных предприятий, которые могут быть вызваны некачественной либо неэффективной работой критической инфраструктуры и *которые могут приводить к снижению безопасности всего предприятия*. Ко *второй группе* можно отнести проблемы самой критической инфраструктуры либо причины ее неэффективного и небезопасного функционирования.

Названные группы проблем могут быть использованы для построения системы частных и интегральных показателей, как отражающих фактическое состояние системы водоснабжения и водоотведения, так и всесторонне характеризующих уровень ее безопасности и безопасности всего предприятия в целом. На рис. 1 показаны основные направления, по которым может быть сформирована система показателей *первой группы*. Для промышленного предприятия эти проблемы могут быть связаны как с моральными, так и с материальными последствиями.

Моральные последствия связаны с социальной ответственностью предприятия перед обществом.

Вместе с тем негативное отношение потребителей к предприятию неблагоприятно скажется на имидже предприятия, снизит его гудвилл и рыночную стоимость. Непосредственные материальные последствия могут возникать в силу разных причин, например в результате увеличения себестоимости выпускаемой продукции, и приводить к снижению уровня эффективности и конкурентоспособности предприятия.

Некачественное и неэффективное функционирование инфраструктур может приводить к некачественной и неэффективной работе различных звеньев технологических процессов на промышленных предприятиях. Так, не очищенная должным образом вода будет приводить к ускоренному износу и выходу из строя паросилового и водогрейного оборудования.

Увеличение затрат на производство продукции может быть обусловлено как слишком большими затратами на водоподготовку, так и высоким уровнем загрязнения окружающей среды сточными водами и негативными последствиями этого загрязнения в виде различного рода штрафных санкций. Одним из возможных направлений решения этой проблемы и повышения эффективности является повторное использование воды в замкнутом цикле. При этом стоимость оборудования для создания оборотного цикла может в 3–5 раз превысить стоимость существующих очистных сооружений [20]. Однако, на наш взгляд, не существует альтернативы переходу предприятий на системы замкнутого водооборота с точки зрения безопасности по всем ее составляю-

щим. Как отмечено в [21], «оценка удовлетворительности и инновационности методов очистки сточных вод становится важнейшим требованием в наши дни, и одним из значимых критериев в рамках оценки является эффективное обратное водоснабжение и возврат драгоценных или стратегических металлов».

К наиболее характерным и специфичным, но традиционным для многих малых и средних промышленных предприятий проблемам *второй группы* можно отнести *собственные проблемы инфраструктурных комплексов*. Например, к небезопасному функционированию системы водоснабжения и водоотведения могут приводить как внешние, так и внутренние причины, которые также можно определять как *опасности и риски*. К *внешним причинам, снижающим уровень безопасности* инфраструктуры водоснабжения и водоотведения, можно отнести различные виды природных и техногенных факторов. Негативное влияние *природных* угроз — засух, наводнений и других природных катаклизмов — не всегда может быть уменьшено и, как правило, требует значительных материальных затрат. Возникновение *техногенных* факторов и степень тяжести их последствий для инфраструктуры водоснабжения и водоотведения также не всегда поддается точному прогнозированию.

К *внутренним причинам* следует отнести негативные факторы, в большей степени обусловленные как исторически сложившимися проблемами самой инфраструктуры, так и неэффективными методами решения этих проблем. В качестве примера на рис. 2

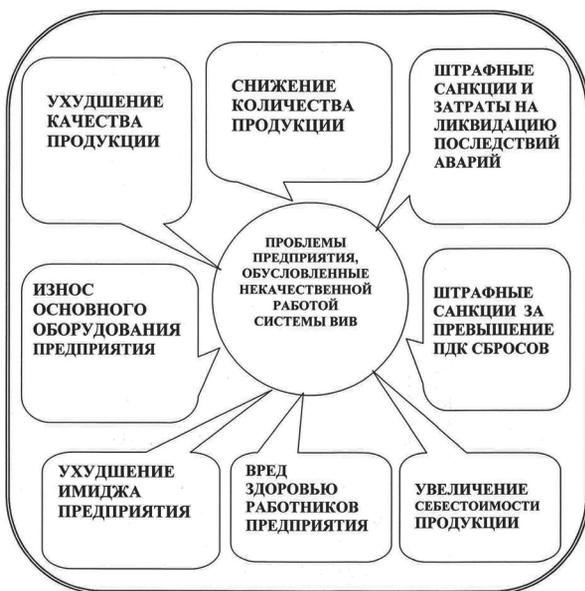


Рис. 1. Проблемы промышленных предприятий, обусловленные некачественной работой системы водоснабжения и водоотведения (ВВ)



Рис. 2. Проблемы систем водоснабжения и водоотведения (ВВ)

показаны основные группы проблем систем водоснабжения и водоотведения.

Решение этих проблем требует не только значительных финансовых затрат, необходимых для внедрения новых технологий и оборудования, но и изменения отношения к водоснабжению и водоотведению промышленных предприятий. Результаты анализа выявленных проблем должны быть использованы для разработки программ развития водоснабжения и водоотведения конкретного предприятия и приняты во внимание при разработке инвестиционных программ в регионе.

В качестве примера рассмотрим ряд проблем водоснабжения и водоотведения, возникающих при работе гальванического цеха предприятия. Следует отметить, что несмотря на существование различных современных технологий нанесения покрытий на поверхности деталей [22], гальванические технологии продолжают занимать лидирующие позиции и постоянно развиваются. Гальваническое производство использует воду для целого ряда операций. Качество воды, используемой для приготовления технологических растворов и операций промывки, во многом определяет качество готовой продукции — плохое качество промывки деталей в технологической цепочке может стать *критически слабым звеном*, приводящим к цепной реакции в производственных процессах. Целая партия изделий с плохим покрытием может быть признана негодной, что приведет к экономически значимым потерям.

Качество воды на отдельных операциях должно соответствовать нормативным технологическим требованиям. Вода, забираемая предприятием из какого-либо водоисточника или из городской водопроводной сети, или часть ее требует дополнительной подготовки. *Критическими факторами*, влияющими в этом случае на работу систем водоснабжения и водоотведения, могут стать: аварии на водозаборном сооружении и водопроводных сетях, отключение электроэнергии, нарушение персоналом технологических регламентов водоподготовки.

Проблемы обработки сточных вод также имеют организационные и технологические аспекты, которые могут рассматриваться как критические по отношению к предприятию в целом и оказывать влияние на его безопасность. Так, невыполнение системой водоотведения и очистки своих функций может привести к аварийному сбросу вредных и опасных загрязнений (CN^- , Cr^{+6} , F^-) как на территорию предприятия, так и в окружающую среду. Для повышения эффективности и безопасности обработки стоков необходимо организовать их транспортировку на очистные сооружения по отдельным системам

трубопроводов. Например, стоки, содержащие один загрязняющий компонент, нужно транспортировать отдельно от стоков, содержащих другой компонент. Это необходимо для эффективной очистки и последующей утилизации ценных компонентов. На практике на очистные сооружения, как правило, поступают отдельно только опасные цианосодержащие, хромосодержащие, фторсодержащие сточные воды. Все остальные стоки объединяют вместе и смешивают на очистных сооружениях с обезвреженными опасными стоками для проведения окончательной очистки.

Так, в [23] отмечается, что «промышленные сточные воды, содержащие тяжелые металлы и цианиды, требуют очистки для удаления из них металлов и цианида перед утилизацией. Обычные методы для обработки таких сточных вод включают щелочное хлорирование для разрушения цианида, последующую корректировку уровня pH для осаждения металла и последующее удаление осадка путем разделения твердой и жидкой фаз процесса». В [24] отмечено: «Исследования показали, что извлечение металлов из шламов органическими веществами с кислотными и/или хелатирующими свойствами, например мелассы гидролизат, может быть более привлекательным вариантом, чем экстракция с неорганическими кислотами».

Однако, по нашему мнению, извлечение тяжелых металлов из осадков, содержащих смесь этих металлов, экономически и технологически нецелесообразно. Для уменьшения расхода воды и эффективного выделения тяжелых металлов необходимо применять сложные схемы промывки и использовать локальные установки по очистке промывных вод и технологических растворов с возвратом их в производство. Это потребует значительных затрат и подготовки квалифицированного персонала. Следует отметить, что локальные установки имеют ограниченную производительность. Такие методы находят применение на отдельных предприятиях.

При реконструкции основного технологического производства в проект закладываются и новые решения для очистных сооружений. Но на поверку результаты не всегда оправдывают ожидания по ряду причин. Так, в случае продолжительных сроков строительства устаревают технологические решения по очистке сточных вод. Они перестают соответствовать динамике изменяющихся требований основного производства предприятия.

Технологические проблемы обычно связаны с качеством реализации традиционных технологических методов обработки сточных вод, используемых на большинстве предприятий. Детальная оценка эф-

фективности применения отдельных методов обработки сточных вод не входит в задачи данной статьи. Отметим, что устаревшие технологии реагентной обработки (нейтрализация, коагуляция, отстаивание) не соответствуют современным требованиям, хотя часто применяются. Они не обеспечивают допустимые уровни концентрации большинства загрязняющих компонентов для возможности сброса в систему городской канализации и в водоемы. Вода, очищенная с помощью таких технологий, не может быть повторно использована в основных этапах гальванического производства. В связи с этим *необходимо обеспечить*:

- максимальное продление срока «жизни» технологических растворов за счет профилактических и корректирующих работ (микрофльтрация, добавки свежего раствора, добавки из ванны улавливания, удаление из раствора накопившихся загрязнений) [25];
- уменьшение разнообразия технологических растворов и замену растворов с токсичными компонентами (цианиды, кадмий, хром (VI)) на менее токсичные [26], разработку новых видов покрытий.

Для очистки гальванических сточных вод разработаны и применяются различные технологические методы: нейтрализация (химическое осаждение), коагуляция и флокуляция, электрохимические методы, флотация, ионообменные и сорбционные методы, мембранные технологии, различные варианты выпаривания сточных вод, каталитические, экстракционные и другие методы. Например, в [27] сообщается, что «в настоящее время для очистки сточных вод могут быть использованы инновационные методы, такие как применение наноструктурированных материалов (углеродные нанотрубки)». В [28] показано, что «подготовленный графеновый адсорбент показывает отличную адсорбционную емкость для удаления ионов Cr(VI) из водных растворов высокой концентрации хрома. Адсорбент способен удалять около 93 % хрома из растворов, имеющих Cr (VI) в концентрации в диапазоне 8–20 мг/л». В [29] установлено, что «очищенная вода с концентрацией меди и хрома ниже 0,05 мг/л была получена с помощью ионного обмена из сточных вод гальванических цехов».

Следует отметить, что наиболее часто используемые на малых и средних предприятиях реагентные методы имеют существенные недостатки: необходимость применения избыточных доз реагентов, засоление очищенной воды, образование большого количества смешанных, не утилизируемых осадков (шламов), безвозвратные потери значительного коли-

чества металлов. В [30] отмечается, что при использовании реагентных методов «образуются осадки (обычно гидроксиды металлов), большое количество сточных вод поступает в канализацию, а твердые шламы на полигон. Так, в подавляющем большинстве случаев мы по-прежнему имеем бессмысленную практику: отходы + химикаты + труд + оборудование + энергия».

Применение неэффективных методов очистки обычно оправдывают традиционными аппаратными решениями, необходимостью и относительно невысокой стоимостью обработки большого объема сточных вод и простотой контроля применяемых технологических процессов. Применение устаревших технологий снижает эффективность и уровень безопасности производственного процесса.

Проблемы, связанные с безопасностью системы водоснабжения и водоотведения, могут возникать на различных уровнях *управленческой иерархии*. Не вдаваясь в подробные рассуждения относительно данного термина, проблему можно связывать с определенными сложностями, препятствиями в достижении поставленной цели или реализации необходимых функций, что в ряде случаев связано с отсутствием необходимых ресурсов. Поэтому разработка безопасных систем водоснабжения и водоотведения должна включать построение и последовательный анализ комплекса различных видов структур, показанных на рис. 3.

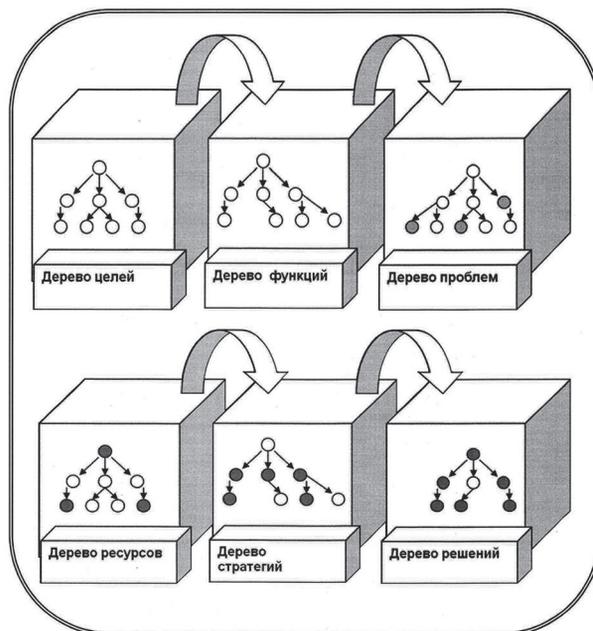


Рис. 3. Комплекс структур анализа безопасности систем водоснабжения и водоотведения

Решения, направленные на устранение проблем и повышение уровня безопасности, должны учитывать не только стратегию развития системы водоснабжения и водоотведения, но и динамику широкого спектра тенденций в социально-экономической сфере.

4. Заключение

Исследование и анализ совокупности технологических и организационно-экономических проблем промышленного водоснабжения и водоотведения позволили сформулировать ряд *основных теоретических и практических принципов* формирования безопасных и эффективных критических инфраструктур, которые влияют на безопасность предприятия в целом.

1. Систему водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия следует рассматривать как *критическую*, так как отказы в работе системы могут приводить не только к сбоям в основном производстве, но и к катастрофическим последствиям, в частности загрязнению окружающей среды вредными и опасными веществами.

2. *Моральная ответственность* за нанесение ущерба окружающей среде и здоровью граждан должна восприниматься как одна из важнейших составляющих политики предприятия.

3. Системы водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия необходимо рассматривать как сложные системы с большим количеством внутренних и внешних основных и вспомогательных элементов и взаимосвязей. Критические факторы должны быть ранжированы по вероятности наступления нежелательных событий и тяжести последствий.

4. Система безопасности предприятия должна быть реализована в виде определенных критериев и показателей, в которых необходимо отразить состояние безопасности систем водоснабжения и водоотведения.

5. Для анализа и разработки эффективных и безопасных критических инфраструктур могут быть использованы научные методы, например метод FMESA (Failure mode, effects, and criticality analysis) [31], FMEA (Failure mode and effects analysis) [32].

6. Стратегическая оценка перспектив развития систем водоснабжения и водоотведения предприятия должна учитывать действие множества детерминированных и случайных факторов, в том числе возможность запроектных аварий [17].

7. Для стратегического анализа внешней и внутренней среды систем водоснабжения и водоотведения могут быть использованы модель 7S, методы SWOT, "WHAT-IF", теория нечетких множеств [33].

8. Показатели, характеризующие работу критической инфраструктуры, должны соответствовать ди-

намической системе сбалансированных показателей (DBSC) всего предприятия [34].

9. Одним из направлений информатизации инфраструктуры водоснабжения и водоотведения может быть внедрение систем SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System), позволяющих осуществлять систематизированный сбор, хранение и обработку технологических данных. Неотъемлемой частью системы водоснабжения и водоотведения должны стать современные информационные системы сбора технологической информации для целей отчетности, анализа и принятия управленческих решений.

10. Повысить эффективность разработки гибких инфраструктурных решений, соответствующих динамично изменяющимся требованиям и условиям производства, позволит описание бизнес-процессов на основе применения современных информационных технологий, в частности ICAM-IDEF-описаний (Integrated Computer Aided Manufacturing) и мульти-агентного моделирования.

11. Информационные технологии сделают возможным анализ взаимосвязанности и взаимозависимости критических факторов и инфраструктур промышленного предприятия.

12. Внедрение информационных технологий в критические инфраструктуры приводит к возникновению рисков нового типа, к которым могут быть отнесены киберугрозы, включающие компьютерные вирусы и хакерские атаки.

13. Эффективность функционирования системы водоснабжения и водоотведения должна основываться на постоянном развитии и внедрении инновационных технологий и оборудования, на взаимодействии с технологическими службами основного производства.

14. Внедрение прогрессивных систем промывки и рациональных схем размещения технологического оборудования, например, гальванических ванн.

15. Переработка отходов основного производства и очистки сточных вод с целью их утилизации.

16. Одной из важных организационных составляющих эффективной системы водоснабжения и водоотведения является подготовка квалифицированных специалистов по водоснабжению и водоотведению, постоянное повышение их квалификации.

На основании проведенного исследования можно сформулировать ряд выводов:

- выявленные проблемы систем водоснабжения и водоотведения следует рассматривать в качестве критических факторов, которые могут оказать неблагоприятное и катастрофическое

воздействие на безопасное функционирование предприятия;

- необходимо провести технологическую и экономическую оценку последствий действия критических факторов в системах водоснабжения и водоотведения на конечные результаты производственной деятельности предприятия;

- одним из перспективных направлений может стать переход промышленных предприятий на замкнутые системы водообеспечения, что будет способствовать сокращению нагрузки на водоочистные комплексы предприятий и уменьшению потребления питьевой воды из городских водопроводов на технологические нужды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Urlainis A., Shohet I.M., Levy R., Ornai D., Vilnay O.* Damage in Critical Infrastructures Due to Natural and Man-made Extreme Events, A Critical Review Original Research Article // *Procedia Engineering*. 2014. № 85. P. 529–535.
2. *Huang C. -N., Liou J.J.H., Chuang Y.-C.* A method for exploring the interdependencies and importance of critical infrastructures // *Knowledge-Based Systems*. 2014. № 55. P. 66–74.
3. *Alcaraz C., Zeadally S.* Critical infrastructure protection: Requirements and challenges for the 21st century, Original Research Article // *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. 2015. № 8. P. 53–66.
4. *Hellström T.* Critical infrastructure and systemic vulnerability: Towards a planning framework, Original Research Article // *Safety Science*. 2007. № 45 (3). P. 415–430.
5. *Василенко С.Л.* Экологическая безопасность водоснабжения. Харьков: Райдер, 2006. 320 с.
6. *Терентьев А.Я.* Экономические аспекты развития отрасли водоснабжения и водоотведения: монография /А.Я. Терентьев, В.В. Лесных. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. — 349 с.
7. *Козивкин В.В.* Экономическая безопасность промышленного предприятия. Режим доступа: http://secandsafe.ru/pravovaya_baza/blogi/ekonomicheskaya_bezopasnost/ekonomicheskaya_bezopasnost_promyshlennogo_predpriyatiya
8. *Басова Г.Г., Ушаков А.Г., Елистратов А.В. и др.* Санитарно-гигиенические и технологические аспекты экологической безопасности систем технического водоснабжения // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2009. № 4. С. 63–66.
9. *Кайрова В.М., Бурова А.В.* Финансовая безопасность предприятия водопроводно-канализационного хозяйства // *Сборник научных трудов вузов России «Проблемы экономики, финансов и управления производством»*. 2012. № 31. С. 20–25.
10. *Дуванова Ю.Н., Дмитриева Л.Н.* Управление экономической безопасностью промышленного предприятия на основе социально-ориентированных инноваций // *Экономика. Инновации. Управление качеством*. 2013. № 3 (4). С. 129–130.
11. *Мацнева Е.А., Магарил Е.Р.* Оценка критериев экологической безопасности для определения уровня устойчивости промышленного предприятия // *Экология и промышленность России*. 2013. № 2. С. 54–56.
12. *Самочкин В.Н., Барахов В.И.* Экономическая безопасность промышленных предприятий // *Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки*. 2014. № 3–1. С. 342–352.
13. *Rawat M., Singh U.K., Subramanian V.* Movement of toxic metals from small-scale industrial areas: a case study from Delhi, India // *Int. J. of Environment and Waste Management*. 2010. № 5 (3/4). P. 224–236.
14. *Wastewater Management. A UN-Water Analytical Brief.* Режим доступа: http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/UN-Water_Analytical_Brief_Wastewater_Management.pdf
15. *Wang Z., Liu G., Fan Z., Yang X., Wang J., Wang S.* Experimental study on treatment of electroplating wastewater by nanofiltration // *Journal of Membrane Science*. 2007. V. 305. № (1–20), I. 1–2. P. 185–195.
16. *Laugé A., Hernantes J., Sarriegi J.M.* Critical infrastructure dependencies: A holistic, dynamic and quantitative approach, Original Research Article // *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. 2015. № 8. P. 16–23.
17. *Махутов Н.А., Резников Д.О., Петров В.П.* Особенности обеспечения безопасности критических инфраструктур // *Безопасность в техносфере*. 2014. № 1(46). С. 3–14.
18. *Rokstad M.M., Ugarelli R.M.* Minimising the total cost of renewal and risk of water infrastructure assets by grouping renewal interventions, Original Research Article // *Reliability Engineering & System Safety*. 2015. № 142. P. 148–160.
19. *Kumar A., Clement S., Agrawal V.P.* Structural modeling and analysis of an effluent treatment process for electroplating-A graph theoretic approach // *Journal of Hazardous Materials*. 2010. № 179 (1–3). P. 748–761.
20. *Павлов Д.В., Вараксин С.О., Степанова А.А. и др.* Модернизация очистных сооружений гальванических производств // *Сантехника*. 2010. № 3. С. 26–35.
21. *Matis K.A., Zouboulis A.I., Lazaridis N.K., Karapantsios Th.D.* Metal ions biosorption from dilute aqueous solution // *Int.*

- J. of Environment and Pollution. 2008. V. 34. № 1/2/3/4. P. 231–245.
22. Ferguson D. Approaching zero discharge: in plant evaluation of zinc thermal diffusion coating technology. Phase I // Clean. Technol. Environ. Policy. 2006. № 8. P. 198–202.
23. Bose P., Bose M.A., Kumar S. Critical evaluation of treatment strategies involving adsorption and chelation for wastewater containing copper, zinc and cyanide // Advances in Environmental Research. 2002. V. 7. № 1. P. 179–195
24. Ozbas E.E., Gokce C.E., Guneyso S., Kurtulus H., Ozcan, Sezgin N., Aydin S., Balkaya N. Comparative metal (Cu, Ni, Zn, total Cr, and Fe) removal from galvanic sludge by molasses hydrolysate // Journal of chemical technology and biotechnology. 2013. V. 88. № 11. P. 2046–2053.
25. Electroplating Shops — Watch Your Waste // Illinois Environmental Protection Agency. Режим доступа: <http://epa.illinois.gov/topics/small-business/publications/electroplating-shops/index>
26. Pollution Prevention for the Metal Finishing Industry // A Manual for Technical Assistance Providers. Режим доступа: http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/plating.htm#Non-Cyanide-Based%20Plating%20Processes
27. Akanlar F.T., Celebi U.B., Vardar N. The importance of wastewater treatment in shipbuilding industry // International Journal of Global Warming. 2011. V. 3. № 1/2. P. 103–115.
28. Dubey R., Bajpai J., Bajpai A.K. Green synthesis of graphene sand composite (GSC) as novel adsorbent for efficient removal of Cr (VI) ions from aqueous solution // Journal of Water Process Engineering. 2015. № 5. P. 83–94.
29. Panayotova T., Dimova-Todorova M., Dobrevsky I. Purification and reuse of heavy metals containing wastewaters from electroplating plants // Desalination. 2007. № 206. P. 135–140.
30. Reeve D.R. Environmental improvements in the metal finishing industry in Australasia // Journal of Cleaner Production. V. 15. № 8–9. P. 756–763.
31. Carmignani G. An integrated structural framework to cost-based FMECA: The priority-cost FMECA, Original Research Article // Reliability Engineering & System Safety. 2009. V. 94, № 4. P. 861–871.
32. Белов Д.Б., Масенков Е.В. Использование методологии fmea применительно к оценке качества системы централизованного водоснабжения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. № 3. С. 217–223.
33. Булавка Ю.А. Нечетко-множественный подход в управлении рисками и безопасностью на промышленных предприятиях // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. Т. 1. № 1 (7). С. 71–76.
34. Bianchia C., Montemaggiore G.B. Enhancing strategy design and planning in public utilities through “dynamic” balanced scorecards: insights from a project in a city water company // System Dynamics Review. 2008. V. 24. № 2. P. 175–213.

REFERENCES

1. Urlainis A., Shohet I.M., Levy R., Ornai D., Vilnay O. Damage in Critical Infrastructures Due to Natural and Man-made Extreme Events, A Critical Review Original Research Article // Procedia Engineering. 2014. № 85. P. 529–535.
2. Huang C-N., Liou J.J.H., Chuang Y-C. A method for exploring the interdependencies and importance of critical infrastructures // Knowledge-Based Systems. 2014. № 55. P. 66–74.
3. Alcaraz C., Zeadally S. Critical infrastructure protection: Requirements and challenges for the 21st century, Original Research Article // International Journal of Critical Infrastructure Protection. 2015. № 8. P. 53–66.
4. Hellström T. Critical infrastructure and systemic vulnerability: Towards a planning framework, Original Research Article // Safety Science. 2007. № 45 (3). P. 415–430.
5. Vasilenko S.L. *Ekologicheskaya bezopasnost' vodosnabzheniya* [Environmental safety of water supply]. Khar'kov: Rayder Publ., 2006. 320 p. (in Russian)
6. Terent'ev A. Ya. *Ekonomicheskie aspekty razvitiya otrasli vodosnabzheniya i vodootvedeniya* [Economic aspects of development of water supply and sanitation sector]. Ekaterinburg, Ural. un-t Publ., 2011. 349 p. (in Russian)
7. Kozivkin V.V. *Ekonomicheskaya bezopasnost' promyshlennogo predpriyatiya* [The economic security of industrial enterprise]. Available at: http://secandsafe.ru/pravovaya_baza/blogi/ekonomicheskaya_bezopasnost/ekonomicheskaya_bezopasnost_promyshlennogo_predpriyatiya. (in Russian)
8. Basova G.G., Ushakov A.G., Elistratov A.V. i dr. Sanitarnogigienicheskie i tekhnologicheskie aspekty ekologicheskoy bezopasnosti sistem tekhnicheskogo vodosnabzheniya [Sanitation and technological aspects of ecological safety maintenance of water supply systems]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Herald of the Kuzbass State Technical University]. 2009, I. 4, pp. 63–66. (in Russian)
9. Kayrova V.M., Burova A.V. *Finansovaya bezopasnost' predpriyatiya vodoprovodno-kanalizatsionnogo khozyaystva* [Financial enterprise security water and sewage]. *Sbornik nauchnykh trudov vuzov Rossii "Problemy ekonomiki, finansov i upravleniya proizvodstvom"* [Collected

- scientific works of Russian universities' Problems of economy, finance and production management"]. 2012, I. 31, pp. 20–25. (in Russian)
10. Duванова Yu.N., Dmitrieva L.N. Upravlenie ekonomicheskoy bezopasnost'yu promyshlennogo predpriyatiya na osnove sotsial'no-orientirovannykh innovatsiy [Management of economic security of industrial enterprise on the basis of social-oriented innovations]. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom* [Economy. Innovation. Quality control]. 2013, I. 3 (4), pp. 129–130. (in Russian)
 11. Matsneva E.A., Magaril E.R. Otsenka kriteriev ekologicheskoy bezopasnosti dlya opredeleniya urovnya ustoychivosti promyshlennogo predpriyatiya [Assessment of environmental safety criteria for determining the level of stability of industrial enterprise]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia]. 2013, I. 2, pp. 54–56. (in Russian)
 12. Samochkin V.N., Barakhov V.I. Ekonomicheskaya bezopasnost' promyshlennykh predpriyatii [The economic security of industrial enterprises]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki* [News of the Tula State University. Economic and legal science]. 2014, I. 3–1, pp. 342–352. (in Russian)
 13. Rawat M., Singh U.K., Subramanian V. Movement of toxic metals from small-scale industrial areas: a case study from Delhi, India // *Int. J. of Environment and Waste Management*. 2010. I. 5 (3/4). P. 224–236.
 14. Wastewater Management. A UN-Water Analytical Brief. Rezhim dostupa: http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/UN-Water_Analytical_Brief_Wastewater_Management.pdf
 15. Wang Z., Liu G., Fan Z., Yang X., Wang J., Wang S. Experimental study on treatment of electroplating wastewater by nanofiltration // *Journal of Membrane Science*. 2007. V. 305. I. (1–20), I. 1–2. P. 185–195.
 16. Laugé A., Hernantes J., Sarriegi J.M. Critical infrastructure dependencies: A holistic, dynamic and quantitative approach, Original Research Article // *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. 2015. I. 8. P. 16–23.
 17. Makhutov N.A., Reznikov D.O., Petrov V.P. Osobennosti obespecheniya bezopasnosti kriticheskikh infrastruktur [Features security of critical infrastructures]. *Bezopasnost' v tekhnosfere* [Safety in Technosphere]. 2014, I. 1(46), pp. 3–14. (in Russian)
 18. Rokstad M.M., Ugarelli R.M. Minimising the total cost of renewal and risk of water infrastructure assets by grouping renewal interventions, Original Research Article // *Reliability Engineering & System Safety*. 2015. I. 142. P. 148–160.
 19. Kumar A., Clement S., Agrawal V.P. Structural modeling and analysis of an effluent treatment process for electroplating-A graph theoretic approach // *Journal of Hazardous Materials*. 2010. I. 179 (1–3). P. 748–761.
 20. Pavlov D.V., Varaksin S.O., Stepanova A.A. Modernizatsiya ochistnykh sooruzheniy gal'vanicheskikh proizvodstv [The modernization of treatment facilities in electroplating]. *Santekhnika* [Plumbing]. 2010, I. 3, pp. 26–35. (in Russian)
 21. Matis K.A., Zouboulis A.I., Lazaridis N.K., Karapantsios Th.D. Metal ions biosorption from dilute aqueous solution // *Int. J. of Environment and Pollution*. 2008. V. 34. I. 1/2/3/4. P. 231–245.
 22. Ferguson D. Approaching zero discharge: in plant evaluation of zinc thermal diffusion coating technology. Phase I // *Clean. Technol. Environ. Policy*. 2006. I. 8. P. 198–202.
 23. Bose P., Bose M.A., Kumar S. Critical evaluation of treatment strategies involving adsorption and chelation for wastewater containing copper, zinc and cyanide // *Advances in Environmental Research*. 2002. V. 7. I. 1.P. 179–195
 24. Ozbas E.E., Gokce C.E., Guneyso S., Kurtulus H., Ozcan, Sezgin N., Aydin S., Balkaya N. Comparative metal (Cu, Ni, Zn, total Cr, and Fe) removal from galvanic sludge by molasses hydrolysate // *Journal of chemical technology and biotechnology*. 2013. V. 88. I. 11. P. 2046–2053.
 25. Electroplating Shops — Watch Your Waste // Illinois Environmental Protection Agency. Rezhim dostupa: <http://epa.illinois.gov/topics/small-business/publications/electroplating-shops/index>
 26. Pollution Prevention for the Metal Finishing Industry //A Manual for Technical Assistance Providers. Rezhim dostupa: http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/plating.htm#Non-Cyanide-Based%20Plating%20Processes
 27. Akanlar F.T., Celebi U.B., Vardar N. The importance of wastewater treatment in shipbuilding industry // *International Journal of Global Warming*. 2011. V. 3. I. 1/2. P. 103–115.
 28. Dubey R., Bajpai J., Bajpai A.K. Green synthesis of graphene sand composite (GSC) as novel adsorbent for efficient removal of Cr (VI) ions from aqueous solution // *Journal of Water Process Engineering*. 2015. I. 5. P. 83–94.
 29. Panayotova T., Dimova-Todorova M., Dobrevsky I. Purification and reuse of heavy metals containing wastewaters from electroplating plants // *Desalination*. 2007. I. 206. P. 135–140.
 30. Reeve D.R. Environmental improvements in the metal finishing industry in Australasia // *Journal of Cleaner Production*. V. 15. I. 8–9. P. 756–763.
 31. Carmignani G. An integrated structural framework to cost-based FMECA: The priority-cost FMECA, Original Research Article // *Reliability Engineering & System Safety*. 2009. V. 94, I. 4. P. 861–871.
 32. Belov D.B., Masenkov E.V. Ispol'zovanie metodologii fmea primenitel'no k otsenke kachestva sistemy tsentralizovannogo vodosnabzheniya [Using the methodology fmea in relation to assessing the quality of the centralized

- water supply system]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the Tula State University. Technical science]. 2016, I. 3, pp. 217–223. (in Russian)
33. Bulavka Yu.A. Nechetko-mnozhestvennyy podkhod v upravlenii riskami i bezopasnost'yu na promyshlennykh predpriyatiyakh [Set approach to risk management and safety in industrial plants]. *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy* [Modern technologies providing civil defense and emergency situations]. 2016, V. 1, I. 1 (7), pp. 71–76. (in Russian)
34. Bianchia C., Montemaggiore G.B. Enhancing strategy design and planning in public utilities through “dynamic” balanced scorecards: insights from a project in a city water company // *System Dynamics Review*. 2008. V. 24. № 2. P. 175–213.

Safety of Water Supply Systems and Wastewater Treatment of Industrial Enterprises

V.I. Shilkov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Ural Federal University named after the First Russian President B.N. Eltsin

Yu.V. Anikin, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Ural Federal University named after the First Russian President B.N. Eltsin

In this article, the necessity of integrated approach to the analysis and solution of problems of safety of water supply and wastewater treatment are declared. The results of the study the main problems of the systems of production of water supply and wastewater treatment are described. Practical measures for solving problems are proposed. Pressing need of application of means of informatization, strategic risk analysis methods and innovative technologies of water treatment are declared. The basic principles of safe and effective critical systems of water supply and wastewater treatment in the sphere of production are proposed.

Keywords: industrial enterprise, safety of critical infrastructure, water supply and wastewater treatment.

Некоторые экологические итоги уходящего года накануне 2017 г. – года экологии

Россия подписала Парижское соглашение по климату. Правительства более 160 стран, в том числе России, объявили о поддержке соглашения. Стоит отметить, что после того как принятое в декабре 2015 года Парижское соглашение будет подписано, документу предстоит пройти процедуру ратификации в каждой стране. Только после ратификации Парижское соглашение вступит в силу.

Контроль промышленных выбросов станет обязательным. В соответствии с документом, принятым в России в 2016 г., использование автоматических средств контроля выбросов на крупных промышленных предприятиях станет обязательным с 1 января 2018 года. В перечень предприятий с обязательным контролем попали 11 категорий промышленных производств. Предусмотрен контроль за выбросом диоксида, фторидов, аммиака, сероводорода, хлористого водорода, углеводородов, метилмеркаптана, этилмеркаптана, мышьяка и его соединений.

Ввод в работу солнечных электростанций. В 2016 г. ожидалось введение около 200 МВт солнечных станций, а в 2017 г. этот объем собираются увеличить в 1,5 раза. Однако в 2016 года введено только 70 мегаватт мощности. Министерство энергетики РФ предполагает, что к 2024 году ожидается генерация от источников на основе возобновляемой энергетики на уровне 6 ГВт мощности.

Пилотные проекты электромобилей отечественного производства. Пилотная партия электромобилей на базе

«Газели Next» проходит испытания. Испытания первого прототипа электрокара Lada Vesta EV (Лада Веста EV) завершены. Седан Vesta EV (Веста EV) от компании Lada (Лада) оснастили электродвигателем отдачи 60 кВт (около 82 л.с.) и аккумулятором Li-ion. С таким мотором электромобиль Vesta (Веста) способен разогнаться до 100 км/час за 15,5 сек. Максимальная скорость новинки достигает отметки 150 км/час. На одной подзарядке электрокар может преодолеть 150 км. Для полной зарядки электромобиля от бытовой сети понадобится 9 часов, при подзарядке на специальной станции — примерно 1,3 часа.

Развивается система зарядных электростанций. В Москве уже функционирует около 30 зарядных станций для электромобилей. До конца 2016 г. электромобили будут заряжать бесплатно. Ожидается, что владельцы электромобилей получат расширенную удобную сеть зарядных станций и ощутимые льготы при пользовании парковками: машина может находиться на стоянке абсолютно бесплатно.

Раздельный сбор мусора обязательным не стал. Сортировка отходов по отдельным контейнерам у нас в стране пока не стала обязательной. Озвучены планы по строительству мусоросжигательных заводов по всей России. Последствия сжигания несортированных отходов могут быть катастрофическими из-за загрязнения диоксинами и токсичной золой.