

УДК 628-144

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Владимир Владимирович Хатунцев

кандидат технических наук, доцент

vladimir_khat@mail.ru

Диана Юрьевна Стурова

студент

dianasturova04@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию технологических процессов в системах водоснабжения и водоотведения. В работе рассматриваются ключевые этапы производственного цикла: водоподъем, водоподготовка, транспортировка воды, водоотведение и очистка сточных вод. Особое внимание уделяется вопросам автоматизации технологических процессов и оптимизации работы оборудования.

Ключевые слова: водоснабжение, водоподготовка, очистка воды, технологические процессы, автоматизация, насосные станции, очистка сточных вод, качество питьевой воды, водоотведение, системы управления.

Этапы технологического процесса имеют основополагающее значение для очистки воды, определяя эффективность и надежность всей деятельности предприятия. Каждый этап, начиная от забора воды и заканчивая подачей потребителям, критически важен для обеспечения высокого качества питьевой воды, соблюдения нормативных требований и минимизации потерь. Детальное изучение и оптимизация этих этапов позволяют выявлять и устранять утечки, оптимизировать энергопотребление насосных станций и обеспечивать эффективную очистку сточных вод [1].

Переходя к детальному рассмотрению технологических этапов, необходимо подчеркнуть их взаимообусловленность и системную значимость в контексте обеспечения качества конечного продукта — питьевой воды [2].

1. Водоподъем является ключевым технологическим процессом в системе водоснабжения, обеспечивающим подачу воды от природных источников к потребителям. Данный процесс реализуется посредством специализированных инженерных сооружений и оборудования, главным образом — насосных станций.

Первый подъем воды начинается с забора воды из источника, например, из водоема или скважины. Вода поступает в насосную станцию, где осуществляется ее первичная очистка и подготовка к транспортировке. Насосы поднимают воду на необходимую высоту и направляют в систему фильтрации и обработки, чтобы удалить механические примеси и обеспечить качество воды. После этого вода поступает в резервуары для хранения и дальнейшего распределения.

Второй подъем воды осуществляется при необходимости доставки воды к конечным потребителям или в систему водоснабжения города. В этом этапе используются дополнительные насосы, которые поднимают воду из резервуаров и транспортируют ее по магистральным трубопроводам. Перед подачей в сеть вода проходит финальную очистку и контроль качества. После этого вода поступает в распределительные сети, обеспечивая водоснабжение жилых и промышленных объектов.

Этот двухэтапный процесс позволяет обеспечить стабильное и качественное водоснабжение, а также контролировать параметры воды на каждом этапе подъема [3].

Автоматизация технологического процесса включает в себя управление насосами первого подъема, контроль уровня воды в водозаборных сооружениях, мониторинг качества воды по показателям мутности и цветности, а также управление задвижками. Для реализации данного процесса используется следующее оборудование: насосы, задвижки, датчики уровня, мутномеры, колориметры и системы управления насосными станциями (ШУНС).

2. Водоподготовка (очистка воды) представляет собой многостадийный технологический процесс комплексной очистки водных ресурсов от различных типов загрязнений, включая механические примеси, органические соединения, микроорганизмы и прочие контаминанты. Данный процесс является фундаментальным элементом системы обеспечения качества водных ресурсов. Включает в себя несколько этапов:

1. Механическая очистка: Удаление крупных загрязнений (решетки, песколовки).
2. Реагентная обработка: Коагуляция (для укрупнения взвешенных частиц), флокуляция (образование хлопьев), хлорирование (обеззараживание).
3. Фильтрация: Удаление взвешенных веществ и хлопьев на фильтрах (скорые фильтры, медленные фильтры, угольные фильтры).
4. Обеззараживание: Уничтожение патогенных микроорганизмов (хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение).

Автоматизация процесса включает управление дозированием реагентов, таких как коагулянт, гипохлорит и озон, контроль уровня воды в резервуарах, управление работой фильтров в процессе промывки, а также мониторинг качества воды по показателям мутности, цветности, содержания гипохлорита и pH. Для реализации этих функций используется следующее оборудование: дозирующие насосы, смесители, флокуляторы, фильтры, установки

обеззараживания, датчики уровня, мутномеры, рН-метры, хлораторы и системы управления фильтрами [4].

3. Транспортировка очищенной воды потребителям осуществляется через водопроводную сеть, представляющую собой систему трубопроводов, по которым очищенная вода подается конечным потребителям. Автоматизация данного процесса включает управление насосными станциями второго подъема, которые обеспечивают необходимый напор воды, поддержание заданного давления в сети водоснабжения, контроль расхода воды, а также обнаружение и локализацию возможных утечек. Диспетчеризация позволяет осуществлять централизованное управление всей системой. Для реализации этих функций используется следующее оборудование: насосные станции, обеспечивающие необходимый напор, трубопроводы различного диаметра, задвижки для регулирования потоков, датчики давления для контроля параметров сети, расходомеры для измерения объема потребляемой воды, а также современные системы телеметрии и диспетчеризации, обеспечивающие сбор и обработку информации о работе всей системы водоснабжения.

4. Водоотведение реализуется через канализационную сеть, которая обеспечивает сбор и транспортировку сточных вод от потребителей к очистным сооружениям.

Автоматизация данного процесса включает управление канализационными насосными станциями (КНС), которые обеспечивают необходимый напор и перемещение сточных вод по системе. Система также осуществляет постоянный контроль уровня сточных вод в коллекторах, что позволяет своевременно предотвращать возможные переливы. Кроме того, производится непрерывный мониторинг работы всего оборудования для обеспечения бесперебойной работы системы [5].

Для реализации этих функций используется следующее оборудование: канализационные насосные станции (КНС), обеспечивающие перекачку сточных вод, трубопроводы различного диаметра для транспортировки, задвижки для регулирования потоков, датчики уровня для контроля заполнения

коллекторов, а также современные системы диспетчеризации, позволяющие осуществлять централизованное управление и контроль всего процесса водоотведения.

5. Очистка сточных вод представляет собой комплексный процесс обработки загрязнённых вод перед их сбросом в водоём. Технологический процесс включает несколько последовательных этапов. На первом этапе осуществляется механическая очистка, в ходе которой происходит удаление крупных загрязнений с помощью решёток, песколовков и первичных отстойников.

Следующий этап — биологическая очистка, направленная на удаление органических загрязнений посредством деятельности микроорганизмов в аэротенках и биофильтрах. Затем следует этап доочистки, включающий удаление остаточных загрязнений в третичных отстойниках, фильтрацию и УФ-обеззараживание воды.

Важным компонентом процесса является обработка осадка, которая включает его стабилизацию, обезвоживание и последующую утилизацию. Автоматизация данного процесса обеспечивает управление работой всего оборудования очистных сооружений, контроль ключевых параметров технологического процесса (рН, растворённый кислород, БПК, ХПК), дозирование реагентов, управление системой аэрации и постоянный мониторинг качества очищенной воды.

Для реализации этих функций используется специализированное оборудование: решётки, песколовки, отстойники, аэротенки, биофильтры, фильтры доочистки, установки УФ-обеззараживания, илоуплотнители, дегидраторы осадка, датчики рН, растворённого кислорода, редокс-потенциала, анализаторы воды, а также комплексные системы управления очистными сооружениями.

Достижение высокого качества конечного продукта — питьевой воды — возможно только при условии тщательного контроля и оптимизации всех технологических этапов, начиная от первичного водозабора и заканчивая

подачей воды конечным потребителям. При этом особое значение имеет автоматизированная система управления, обеспечивающая непрерывный мониторинг и оперативное реагирование на изменения параметров технологического процесса [6].

Таким образом, производственный цикл систем водоснабжения и водоотведения характеризуется целостной взаимосвязью всех технологических этапов. Осуществляемая оптимизация компонентов способствует достижению нормативных показателей качества питьевой воды, снижению эксплуатационных потерь, рациональному использованию энергоресурсов и повышению результативности процессов очистки. Комплексный подход с автоматизацией позволяет поддерживать качество воды, оптимизировать работу оборудования и предотвращать нештатные ситуации.

Список литературы:

1. Водоснабжение и водоотведение в современных условиях: монография / Под ред. А.И. Жукова, В.Н. Шкуратова. М.: Издательство АСВ, 2023. 324 с.
2. Современные технологии очистки природных и сточных вод: учебное пособие / А.П. Цыганков, С.А. Подрезенко. СПб.: СПбГАСУ, 2024. 198 с.
3. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: учебник / В.М. Панченко, Н.В. Попов. М.: Издательство МЭИ, 2023. 284 с.
4. Теоретические основы очистки природных и сточных вод: монография / Под ред. И.Г. Чумаченко. Ростов н/Д: ДГТУ, 2023. 246 с.
5. Системы водоснабжения и водоотведения: учебник для вузов / В.А. Юшков, А.В. Чудновский. М.: Издательство Юрайт, 2024. — 412 с.
6. Инновационные технологии в системах водоподготовки: сборник научных трудов / Под ред. Н.А. Махониной. Екатеринбург: УрФУ, 2023. 214 с.
7. Надежность технических систем: Учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия / П. Н.

Кузнецов, В. В. Хатунцев, И. П. Криволапов, С. Ю. Астапов. Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. 218 с. ISBN 978-5-907586-26-0. EDN EIUAЕУ.

UDC 628-144

**TECHNOLOGICAL PROCESSES IN WATER SUPPLY AND SEWAGE
SYSTEMS: COMPLEX ANALYSIS AND AUTOMATION**

Vladimir V. Khatuntsev

candidate of technical sciences, associate professor

vladimir_khat@mail.ru

Diana Yu. Sturova

student

dianasturova04@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. This article is devoted to the study of technological processes in water supply and sewage systems. The paper examines the key stages of the production cycle: water lifting, water treatment, water transportation, sewage disposal, and wastewater treatment. Special attention is paid to the automation of technological processes and equipment operation optimization.

Keywords: water supply, water treatment, water purification, technological processes, automation, pumping stations, wastewater treatment, drinking water quality, sewage disposal, control systems.

Статья поступила в редакцию 01.11.2025; одобрена после рецензирования 20.12.2025; принята к публикации 29.12.2025.

The article was submitted 01.11.2025; approved after reviewing 20.12.2025; accepted for publication 29.12.2025.