

- максимально использовать синергию биологического и химического методов очистки;
- обеспечить образование плотных хлопьев фосфата алюминия, которые эффективно задерживаются в отстойниках;
- минимизировать расход реагента за счет точного дозирования, автоматически корректируемого в зависимости от текущей концентрации фосфора.

Дополнительным преимуществом применения сульфата алюминия является его способность улучшать седиментационные свойства активного ила, что повышает эффективность работы вторичных отстойников. Для контроля процесса предусмотрена система онлайн-мониторинга остаточного фосфора с обратной связью на дозирующее оборудование.

Проектные решения по обработке осадков предусматривают комплексный технологический подход, обеспечивающий полный цикл переработки образующихся осадков сточных вод. Отбросы, задерживаемые решетками, подвергаются обезвоживанию с использованием шнекового пресса, что позволяет значительно уменьшить их объем. Пескопульпа, образующаяся в процессе очистки, поступает в два имеющихся песковых бункера для последующего удаления. Смешанные осадки, поступающие с решеток, первичных и вторичных отстойников, направляются в метантенки для анаэробного сбраживания в мезофильных условиях, где происходит их стабилизация с одновременным выделением биогаза.

Механическое обезвоживание осадков осуществляется с помощью фильтр-прессов, обеспечивающих снижение влажности до технологически оптимальных значений. Дальнейшая обработка включает сушку в барабанной сушилке с последующим термическим обезвреживанием в барабанных печах. Образующийся в метантенках биогаз используется в качестве энергоресурса для поддержания температурного режима сбраживания, а также для работы сушильных установок и печей.

Вторичный продукт термической обработки – зола – обладает потенциалом для полезного применения в строительной отрасли в качестве добавки при производстве бетонных смесей. Данный подход позволяет минимизировать объем отходов, направляемых на захоронение, и реализовать принципы ресурсосберегающей и экологически ориентированной технологии.

Разработанные проектные решения направлены на модернизацию всего технологического цикла – от механической очистки до обработки образующихся осадков. Переход на современные системы биологической очистки с глубоким удалением азота и фосфора, внедрение энергоэффективного оборудования и автоматизированных систем управления позволят не только достичь нормативных показателей сброса, но и значительно повысить эксплуатационную надежность комплекса. Особое внимание уделено вопросам утилизации осадков, где предусмотрено создание замкнутого цикла переработки с максимальным использованием энергетического потенциала биогаза и полезным применением золы.

Реализация проекта реконструкции позволит не только устранить текущие экологические риски, но и создать технологический запас прочности для будущего развития городской системы канализации. Комплексный подход к модернизации, сочетающий техническое переоснащение с внедрением ресурсосберегающих технологий, обеспечит устойчивую и экономически эффективную работу очистных сооружений на десятилетия вперед, что соответствует принципам экологически ориентированного развития городской инфраструктуры.

Список литературы

- 1 Новикова, О. К. Реконструкция систем водоснабжения и канализации : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 212 с.
- 2 Новикова, О. К. Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 302 с.

УДК 631.624

КОМПЛЕКСНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОВЫСИТЕЛЬНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Н. П. СЕРЕДА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность. Повысительные насосные станции являются важнейшим элементом городской системы водоснабжения. Значительное количество насосных станций третьего подъема функционирует в течение продолжительного времени, в результате чего установленное насосное оборудование и используемые системы автоматизации требует замены [3].

Для повышения эффективности функционирования насосных станций третьего подъёма и их модернизации необходимо проведение комплексного обследования, позволяющего выявить технические и эксплуатационные проблемы и определить оптимальные пути их устранения, что, в конечном счёте, будет способствовать повышению надёжности и эффективности работы всей системы водоснабжения.

Цель работы: проведение комплексного обследования повысительных насосных станций города Гомеля для определения их технического состояния и особенностей функционирования.

Основные результаты. По состоянию на 2025 год на балансе государственного предприятия «Гомельводоканал» находится 69 повысительных насосных станций, классифицируемых как станции третьего подъёма. Эти объекты размещены преимущественно в районах многоэтажной жилой застройки и выполняют функцию обеспечения подачи воды на верхние этажи зданий, где давление в системе недостаточно. Для реализации данной задачи в эксплуатации находится 210 насосных агрегатов, отличающихся разнообразием гидравлических характеристик. Основную долю составляют консольно-моноблочные насосные установки, которые отличаются компактностью конструкции и удобством технического обслуживания. В условиях высокой плотности застройки, требующей поддержания повышенного давления, также применяются вертикальные высоконапорные насосные агрегаты, способные обеспечить стабильную подачу на верхние уровни зданий.

На основании результатов технического обследования и анализа эксплуатационной документации установлено, что около 60 % повысительных насосных станций предприятия «Гомельводоканал» находятся в эксплуатации более 15 лет. Продолжительный срок службы оборудования оказывает негативное влияние на общую эффективность функционирования системы водоснабжения, что негативно отражается на стабильности подачи воды и увеличивает затраты на её транспортировку.

На большинстве станций, а именно около 70 %, используются морально и физически устаревшие насосные агрегаты, гидравлические и энергетические характеристики которых значительно уступают современным аналогам; установлены устаревшие схемы управления, не соответствующие современным требованиям энергоэффективности и автоматизации; отсутствуют частотные преобразователи, а применяется схема прямого подключения агрегатов к электрической сети, что приводит к повышенному энергопотреблению и ограничивает возможность адаптации режима работы оборудования в соответствии с текущим уровнем водопотребления [2].

В большинстве повысительных насосных станций города Гомеля около 70 % применяется типовая трёхагрегатная схема, в соответствии с которой основной насосный агрегат функционирует в постоянном режиме, обеспечивая базовый уровень подачи воды и поддержание требуемого давления, вспомогательный агрегат активируется при превышении нормативного расхода воды, что характерно для утренних и вечерних пиков потребления (он работает совместно с основным насосом, стабилизируя параметры давления), а резервный агрегат предназначен для включения в случае отказа основного оборудования, обеспечивая непрерывность водоснабжения и минимизируя риски перебоев. Такая конфигурация способствует повышению надёжности системы, гибкости её работы и устойчивости к аварийным ситуациям [1].

В рамках комплексного обследования была проведена оценка технического состояния всех повысительных насосных станций города. В качестве примера рассмотрена станция, расположенная в микрорайоне Федюнинский по адресу: ул. Оранжерейная, 117, а. На данном объекте в эксплуатации находятся три насосных агрегата марки КМ. Управление их работой осуществляется посредством одного частотного преобразователя и двух датчиков давления: первый датчик установлен на входе в коллектор и обеспечивает контроль входного давления; второй датчик размещён на напорном коллекторе и фиксирует выходное давление. Станция также оснащена запорно-регулирующей арматурой, обеспечивающей корректное функционирование оборудования.

Установлено, что использование одного частотного преобразователя для управления несколькими насосными агрегатами нельзя считать оптимальным решением. В условиях повышенного водопотребления (утренние и вечерние пики) при недостаточной мощности основного насоса в работу вводится дополнительный агрегат. Однако его подключение осуществляется напрямую к электрической сети, что приводит:

- к увеличению энергопотребления;
- снижению общей энергоэффективности станции;
- ограничению возможностей гибкого регулирования режимов работы.

Для повышения энергоэффективности и надёжности функционирования данной станции и аналогов рекомендуется провести модернизацию, предусматривающую установку отдельного частотного преобразователя для каждого насосного агрегата, что позволит:

- гибко регулировать производительность оборудования в зависимости от текущего уровня водопотребления;
- снизить эксплуатационные энергозатраты;
- повысить устойчивость и надёжность системы водоснабжения.

Повысительная насосная станция, расположенная по адресу: ул. Белорусская, 13, а, оснащена четырьмя высоконапорными вертикальными насосными агрегатами марки WIL0. Система управления станции включает четыре частотных преобразователя, каждый из которых обеспечивает индивидуальное регулирование работы соответствующего агрегата. Такая схема управления позволяет гибко адаптировать режим функционирования насосов к текущим параметрам водопотребления, что обеспечивает:

- оптимизацию эксплуатационных характеристик оборудования;
- снижение энергозатрат;
- повышение общей энергоэффективности работы станции.

В ходе комплексного обследования особое внимание было уделено анализу продолжительности работы насосных агрегатов. Установлено отсутствие функции ротации насосов: один насосный агрегат работает в постоянном режиме, остальные остаются неиспользуемыми. Длительный простой оборудования повышает риск возникновения неисправностей и выхода агрегатов из строя, что снижает общую устойчивость системы водоснабжения. Для повышения эффективности работы повысительных насосных станций рекомендуется установка новейших систем управления, которые предусматривают функцию ротации насосных агрегатов для исключения длительного простоя резервного оборудования.

Выводы. В результате проведённого комплексного обследования повысительных насосных станций г. Гомеля установлено следующее:

- 1) данные объекты характеризуются различным уровнем технического оснащения и отличаются по параметрам, обеспечивающим поддержание требуемого давления в распределительной сети;
- 2) на станциях со сроком эксплуатации более 15 лет, а это более 60 %, используется устаревшее насосное оборудование, также отсутствуют современные системы автоматизированного управления.

Указанные факторы оказывают негативное влияние на эффективность функционирования станций, приводят к снижению надёжности водоснабжения и увеличению эксплуатационных затрат, связанных с обслуживанием насосных агрегатов.

Для повышения эффективности работы повысительных насосных станций рекомендуется:

- внедрение современных систем управления и автоматизации;
- установка энергоэффективного насосного оборудования;
- своевременная замена изношенных элементов.

Реализация данных мероприятий позволит:

- повысить надёжность и стабильность функционирования станций;
- снизить энергопотребление;
- оптимизировать эксплуатационные расходы.

Список литературы

- 1 **Зинаков, В. А.** Проблемы, возникающие при проектировании и эксплуатации канализационных насосных станций / В. А. Зинаков // Передовые технологии в системах водоотведения населенных мест : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12–13 февр. 2020 г. – Минск : БГТУ, 2020. – С. 81–83.
- 2 Насосные станции : пособие для студентов специальностей 1-70 04 01 «Водохозяйственное строительство» и 1-70 07 01 «Строительство тепловых и атомных электростанций» / В. В. Ивашечкин, Н. Н. Линкевич, О. В. Немеровец, Я. А. Семенова. – Минск : БНТУ, 2022. – 123 с.
- 3 СН 4.01.012-2019. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 78 с.