

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА НУКУС НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ SCADA-ТЕХНОЛОГИЙ

*Каракалпакский Государственный Университет
имени Бердаха, строительный факультет, магистрант
2-курса направления «Инженерные коммуникации»*

Рейпназаров Шарьяр Жолмырза улы

E-mail: rsharyar@mail.ru

Тел.: +998 93 099 02 01

Аннотация

В статье рассматривается модернизация системы централизованного водоснабжения города Нукус на основе внедрения автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления SCADA. Актуальность исследования обусловлена перспективным ростом населения города до 400 тыс. человек к 2040 году, увеличением нагрузки на водопроводную сеть, насосные станции, резервуары чистой воды и очистные сооружения. В условиях засушливого климата Каракалпакстана и ограниченности водных ресурсов важное значение приобретает повышение управляемости, надёжности и энергоэффективности системы водоснабжения.

Обоснована необходимость перехода от традиционной модели эксплуатации водопроводных сетей к цифровой системе управления, позволяющей контролировать расходы воды, давление, уровни воды в резервуарах, режим работы насосных станций, а также своевременно выявлять аварийные участки и утечки.

Ключевые слова: водоснабжение, модернизация, SCADA, город Нукус, насосные станции, потери воды, цифровое управление, гидравлический режим, энергоэффективность.

Abstract

The article considers the modernization of the centralized water supply system of Nukus based on the implementation of Supervisory Control and Data Acquisition systems. The relevance of the research is determined by the projected population growth of the city to 400,000 people by 2040, which will increase the load on the water supply network, pumping stations, clean water reservoirs and treatment facilities. Under the arid climate conditions of Karakalpakstan and limited water resources, improving controllability, reliability and energy efficiency becomes especially important.

The study substantiates the transition from the traditional operation model of water supply networks to a digital management system that enables monitoring of

water flow, pressure, reservoir levels, pumping station operation and timely detection of emergency sections and leaks.

Keywords: water supply, modernization, SCADA, Nukus, pumping stations, water losses, digital management, hydraulic regime, energy efficiency.

Введение

Водоснабжение является одной из важнейших систем инженерной инфраструктуры города, обеспечивающей санитарную безопасность, устойчивое развитие территории и нормальные условия жизни населения. Для города Нукус данный вопрос имеет особое значение, поскольку регион расположен в условиях засушливого климата, ограниченности водных ресурсов и высокой зависимости от устойчивой работы централизованных систем водоснабжения.

Согласно перспективному развитию города, численность населения Нукуса к 2040 году может достигнуть около 400 тыс. человек [2]. Это приведёт к увеличению расчётного водопотребления и росту нагрузки на водозаборные сооружения, очистные сооружения, резервуары чистой воды, насосные станции и распределительную сеть. На государственном уровне модернизация систем питьевого водоснабжения и канализации также рассматривается как одно из важных направлений развития коммунальной инфраструктуры [1].

Традиционный подход, основанный только на увеличении мощности водозабора и прокладке новых трубопроводов, не может считаться полностью эффективным. При отсутствии постоянного контроля давления, расхода воды и фактического режима работы сети возникают эксплуатационные потери, неравномерность водоснабжения и риск аварийных ситуаций. Поэтому модернизация системы водоснабжения должна включать переход к цифровому управлению инженерной инфраструктурой. Цель исследования — обосновать необходимость внедрения SCADA-технологий в систему водоснабжения города Нукус.

Основная часть

Необходимость модернизации системы водоснабжения

При расчётной численности населения 400 тыс. человек и среднем удельном водопотреблении 200 л/сут на одного жителя среднесуточный расход воды может составить:

$$Q_{\text{сут}} = 400\,000 \times 200 / 1000 = 80\,000 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

С учётом коэффициента суточной неравномерности максимальная нагрузка на систему может достигать 100 тыс. м³/сут и более. При наличии неучтённых потерь фактический объём водозабора должен быть ещё выше. Следовательно, без повышения эффективности эксплуатации система будет

вынуждена забирать, очищать и перекачивать больший объём воды, чем реально используется населением [3, 4].

Для засушливого региона такой подход является нерациональным. Увеличение водозабора без снижения потерь приводит к дополнительной нагрузке на источник водоснабжения, очистные сооружения, насосные станции и трубопроводную сеть. Кроме того, избыточная работа насосного оборудования увеличивает расход электроэнергии и ускоряет износ агрегатов.

В традиционной модели эксплуатации управление насосными станциями часто осуществляется по фиксированным графикам, без достаточного учёта фактического водопотребления в разные часы суток. Контроль давления и расхода воды носит локальный характер, а скрытые утечки выявляются в основном после появления последствий. Такая модель не соответствует требованиям перспективного развития города и нуждается в цифровой модернизации.

Роль SCADA в цифровой модернизации

SCADA представляет собой автоматизированную систему диспетчерского контроля и управления, объединяющую датчики, контроллеры, каналы связи, серверное оборудование, программное обеспечение и диспетчерский пункт. В системе водоснабжения SCADA позволяет получать данные о состоянии объектов в режиме реального времени и использовать их для оперативного управления [5].

Для города Нукус внедрение SCADA может охватывать водозаборные сооружения, насосную станцию первого подъёма, очистные сооружения, резервуары чистой воды, насосную станцию второго подъёма, магистральные водоводы, распределительную сеть, а также контрольные точки давления и расхода в разных районах города.

Основными параметрами контроля являются расход воды, давление в трубопроводах, уровень воды в резервуарах, состояние насосных агрегатов, энергопотребление и аварийные сигналы. Внедрение SCADA позволяет перейти от ручного контроля к централизованной системе управления, где диспетчер видит фактическую картину работы сети и может принимать решения до возникновения серьёзной аварии.

Особое значение SCADA имеет для насосных станций. При использовании частотно-регулируемых приводов возможно автоматическое изменение режима работы насосов в зависимости от фактического давления и расхода воды в сети. Это позволяет снизить энергопотребление, уменьшить вероятность гидроударов, продлить срок службы оборудования и обеспечить более стабильное давление у потребителей [6].

Контроль потерь воды и аварийных участков

Одной из наиболее важных задач модернизации является снижение потерь воды. Они могут возникать из-за физического износа трубопроводов, скрытых утечек, аварийных повреждений, несанкционированного водоразбора, неточности приборов учёта и неэффективной эксплуатации сети.

SCADA позволяет контролировать баланс воды между отдельными участками сети. Если на одном участке наблюдается несоответствие между поданным и фактически учтённым объёмом воды, система фиксирует отклонение и передаёт сигнал диспетчеру. На основе этих данных можно определить вероятную зону утечки и направить аварийную бригаду более точно [5, 7].

Постоянный контроль давления позволяет выявлять участки с нестабильным гидравлическим режимом. Резкое падение давления может указывать на аварию или крупную утечку, а чрезмерное повышение давления — на риск повреждения трубопровода. Для города Нукус снижение потерь воды имеет особое значение, так как водные ресурсы региона ограничены, а перспективный рост населения будет увеличивать нагрузку на систему.

Связь SCADA с основными сооружениями системы

Модернизация системы водоснабжения города Нукус должна рассматриваться комплексно. Водозаборные сооружения, очистные сооружения, резервуары чистой воды и насосные станции работают как единая технологическая цепочка. Нарушение режима на одном объекте влияет на работу всей системы.

При внедрении SCADA водозаборные сооружения могут быть оборудованы датчиками уровня воды, расходомерами и системой контроля аварийных режимов. На очистных сооружениях SCADA может использоваться для контроля расхода поступающей воды, мутности, дозирования реагентов, работы смесителей, отстойников, фильтров и систем обеззараживания.

Резервуары чистой воды также должны быть включены в систему автоматизированного контроля. Данные об уровне воды позволяют согласовывать работу очистных сооружений и насосной станции второго подъёма. При подключении насосной станции второго подъёма к SCADA появляется возможность регулировать работу насосов в зависимости от текущего потребления, давления в сети и уровня воды в резервуарах [3, 4].

Ожидаемая эффективность и этапы внедрения

Внедрение SCADA-технологий позволяет повысить надёжность водоснабжения, улучшить гидравлический режим сети, сократить потери воды, снизить энергопотребление насосных станций и сформировать цифровую базу данных о работе системы. Такая база может использоваться для анализа

аварийности, планирования реконструкции сетей, выбора приоритетных участков ремонта и расчёта будущих нагрузок [7].

Для города Нукус целесообразно рассматривать поэтапное внедрение SCADA. На первом этапе необходимо оборудовать средствами контроля водозабор, насосную станцию первого подъёма, очистные сооружения, резервуары чистой воды и насосную станцию второго подъёма. На втором этапе следует установить контрольные точки давления и расхода на магистральных водоводах и ключевых участках распределительной сети.

На третьем этапе необходимо создать единый диспетчерский центр, куда будут поступать данные со всех контролируемых объектов. На четвёртом этапе возможно подключение аналитических модулей, позволяющих прогнозировать аварии, оценивать эффективность работы оборудования и формировать рекомендации по дальнейшей реконструкции сети. Такой подход позволит внедрять цифровую модернизацию постепенно и получать практический эффект уже на начальных стадиях.

Заключение

Модернизация системы водоснабжения города Нукус является необходимым условием устойчивого развития городской инфраструктуры в условиях перспективного роста населения до 400 тыс. человек к 2040 году. Увеличение численности населения и расширение городской территории приведут к росту водопотребления и повышению нагрузки на основные сооружения системы.

Простое увеличение мощности системы не может считаться достаточным решением. При наличии потерь воды, нестабильного давления, избыточного энергопотребления и недостаточного контроля аварийных участков система будет оставаться уязвимой даже при расширении производственных мощностей.

Внедрение SCADA-технологий позволяет перейти к современной модели управления водоснабжением, основанной на постоянном мониторинге и оперативном регулировании. Это повышает надёжность системы, снижает потери воды, улучшает гидравлический режим и уменьшает эксплуатационные затраты. Для города Нукус цифровая модернизация имеет особое значение, поскольку позволяет более рационально использовать водные и энергетические ресурсы в условиях засушливого климата.

Список литературы

1. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-4555 от 30.12.2019. <https://lex.uz/docs/4660457>
2. Генеральный план развития города Нукус до 2040 года. <https://mc.uz/uz/documentation/nukus-master-plan>
3. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

4. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84.
5. Martinovska Bande C., Bande G. SCADA System for Monitoring Water Supply Network: A Case Study. <https://eprints.ugd.edu.mk/16285/1/1.3401-Cveta.compressed.pdf>
6. Tata Trusts. SCADA Based Water Management System – Nava Raipur Smart City Case Study, 2021. https://www.tatatrusts.org/Upload/Content_Files/case-study-nava-raipur-SCADA.pdf
7. Hindy H., Brosset D., Bayne E. Improving SCADA for Critical Water Infrastructure Using Machine Learning, 2019. <https://arxiv.org/abs/1904.05724>