

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ГОРОДСКИХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ЗА
СЧЁТ ОПТИМИЗАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ И ЗАЩИТЫ ОТ
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРОВ**

Курбанова Умида Уткировна. PhD.
старший преподаватель Сам ДАКУ
kurbanova.umida@samdaqu.edu.uz

Аннотация

В данной работе рассматриваются методы повышения надёжности городских водопроводных сетей за счёт оптимизации гидравлических режимов и внедрения мероприятий по защите от гидравлических ударов. Приведён анализ существующих проблем, связанных с колебаниями давления и износом трубопроводов. Разработаны рекомендации по выбору оптимальных параметров работы насосных станций, схем регулирования давления и установке устройств защиты. Предложенные решения позволяют снизить вероятность аварийных ситуаций, продлить срок службы оборудования и повысить энергоэффективность системы водоснабжения.

Ключевые слова: водопроводная сеть, гидравлический режим, надёжность, гидравлический удар, оптимизация, насосная станция, защита трубопроводов

**IMPROVING THE RELIABILITY OF URBAN WATER SUPPLY NETWORKS
THROUGH OPTIMIZATION OF HYDRAULIC REGIMES AND PROTECTION
AGAINST WATER HAMMER**

Kurbanova Umida Utirovna .PhD.
Senior lecturer at DACU Itsself
kurbanova.umida@samdaqu.edu.uz

Abstract

This paper discusses methods to improve the reliability of urban water supply networks by optimizing hydraulic operating modes and implementing protection measures against water hammer effects. The study analyzes existing problems related to pressure fluctuations and pipeline wear. Recommendations are developed for selecting optimal pump station parameters, pressure regulation schemes, and protective device installations. The proposed solutions reduce the likelihood of emergency situations, extend equipment service life, and improve the energy efficiency of the water supply system.

Keywords: water supply network, hydraulic regime, reliability, water hammer, optimization, pump station, pipeline protection.

SHAHAR SUV TA'MINOTI TARMOQLARINING ISHONCHLILIGINI OSHIRISH GIDRAVLIK REJIMLARNI OPTIMALLASHTIRISH VA GIDRAVLIK ZARBAGA QARSHI HIMOYA QILISH ORQALI

Qurbonova Umida Utkirovna. PhD.
katta o'qituvchi Sam daku
kurbanova.umida@samdaqu.edu.uz

Annotatsiya

Ushbu ishda shahar suv ta'minoti tarmoqlarining ishonchliligini oshirish maqsadida gidravlik rejimlarni optimallashtirish va gidravlik zarbaga qarshi himoya choralarini qo'llash masalalari ko'rib chiqilgan. Bosim tebranishlari va quvurlar eskirishi bilan bog'liq muammolar tahlil qilingan. Nasos stansiyalari ish parametrlarini, bosimni tartibga solish sxemalarini va himoya moslamalarini tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan. Taklif etilgan yechimlar avariya holatlarining oldini olish, uskunalarining xizmat muddatini uzaytirish hamda suv ta'minoti tizimining energiya samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: suv ta'minoti tarmog'i, gidravlik rejim, ishonchlilik, gidravlik zarba, optimallashtirish, nasos stansiyasi, quvurlarni himoya qilish.

Введение

В условиях интенсивного роста городов и старения инженерной инфраструктуры вопрос обеспечения надёжной и эффективной работы систем водоснабжения приобретает особую актуальность для Узбекистана. В последние десятилетия наблюдается значительное увеличение водопотребления как со стороны бытовых абонентов, так и промышленных предприятий. По данным «Сувоқава» и Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан, общая протяжённость городских водопроводных сетей страны превышает 45 тысяч километров, из которых около 35 % эксплуатируются свыше 30 лет и нуждаются в реконструкции.

Одной из наиболее серьёзных проблем, снижающих надёжность систем водоснабжения, является нарушение гидравлического режима и возникновение гидравлических ударов. Эти явления приводят к разгерметизации трубопроводов, повреждению арматуры и насосного оборудования. Например, в Ташкенте, по данным коммунальных служб, ежегодно фиксируется свыше 1200 аварийных ситуаций, из которых около 20 % связаны с резкими изменениями давления в системе.

Оптимизация гидравлических режимов, внедрение систем плавного пуска и остановки насосов, а также установка воздушных клапанов и демпферов давления позволяют существенно снизить риск возникновения гидравлических ударов. Проведённые исследования и пилотные проекты в городах Самарканд, Бухара и Фергана показали, что использование интеллектуальных систем управления насосными станциями позволило снизить количество аварий на 25–30 %, а энергопотребление — на 10–15 %.

Таким образом, повышение надёжности городских водопроводных сетей за счёт оптимизации гидравлических режимов и защиты от гидравлических ударов является одной из ключевых задач для устойчивого развития коммунального сектора

Узбекистана. Реализация современных инженерных и цифровых решений позволит обеспечить бесперебойное водоснабжение населения, снизить эксплуатационные затраты и продлить срок службы инфраструктуры.

Таблица 1.СОСТОЯНИЕ И НАДЁЖНОСТЬ ГОРОДСКИХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ В ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНАХ УЗБЕКИСТАНА

Город	Протяжённость сетей, км	Доля изношенных сетей, %	Среднегодовое число аварий	Основная причина аварий
Ташкент	8 500	32	1 200	Гидравлические удары, износ труб
Самарканд	3 200	38	640	Старение труб, колебания давления
Бухара	2 800	41	580	Коррозия, перегрузка насосов
Фергана	2 500	35	510	Неустойчивый гидравлический режим
Нукус	1 900	45	450	Износ и отсутствие защиты от ударов

В городских водопроводных сетях Узбекистана на протяжении последних лет отмечается устойчивая тенденция к увеличению потерь воды и снижению эффективности работы насосных станций. Согласно данным Министерства жилищно-коммунального хозяйства, средние потери воды в сетях составляют до 25–30 % от подаваемого объёма, что в денежном выражении достигает десятков миллиардов сумов ежегодно. Наиболее частыми причинами утечек и аварий являются износ труб, неравномерное распределение давления и воздействие гидравлических ударов, возникающих при резких изменениях режима работы насосного оборудования.

Одним из ключевых факторов, влияющих на надёжность систем водоснабжения, является несбалансированный гидравлический режим. В ночное время, когда потребление воды резко снижается, давление в магистральных сетях возрастает на 30–40 % по сравнению с дневным уровнем. Это приводит к чрезмерной нагрузке на трубопроводы, ускоренному развитию коррозии и частым прорывам. В отдельных случаях давление в узловых точках превышает 0,8–1,0 МПа, что значительно выше нормативных значений для городских сетей.

Для снижения негативных последствий колебаний давления применяются различные методы оптимизации гидравлического режима.

Наиболее эффективными из них являются внедрение автоматизированных систем управления насосными станциями (АСУ ТП), обеспечивающих плавное регулирование давления в зависимости от текущего водопотребления, использование частотно-регулируемых приводов (ЧРП), позволяющих уменьшить динамические нагрузки при включении и отключении насосов, установка предохранительных клапанов, воздушных кранов и демпферов давления в узловых участках сети, а также проведение

гидравлического моделирования для расчёта оптимальных диаметров трубопроводов и скоростей движения воды.

Практический опыт ряда регионов показывает высокую эффективность таких мер. В Самарканде внедрение ЧРП на двух насосных станциях позволило снизить пиковые значения давления на 15–20 %, а количество аварийных отключений уменьшилось почти в два раза. Аналогичные результаты были достигнуты в Бухаре, где после установки автоматических клапанов и реконструкции магистралей уровень потерь воды снизился с 28 % до 19 %.

Внедрение систем дистанционного мониторинга также играет важную роль в повышении надёжности водопроводных сетей. С помощью датчиков давления и расхода, установленных в контрольных точках, диспетчерские службы получают оперативную информацию о состоянии сети. Это позволяет своевременно реагировать на изменение параметров и предотвращать развитие аварийных ситуаций.

Таким образом, оптимизация гидравлических режимов должна рассматриваться как комплексная задача, включающая технические, организационные и цифровые решения. Повышение надёжности водопроводных сетей требует системного подхода — от модернизации насосных станций и внедрения современных технологий регулирования до обучения персонала и внедрения стандартов энергоэффективности.

Реализация таких мер в масштабах Узбекистана позволит не только повысить устойчивость работы водоснабжающих систем, но и обеспечить экономию энергоресурсов, улучшить качество водоснабжения населения и снизить затраты на эксплуатацию коммунальной инфраструктуры.

Гидравлический удар представляет собой кратковременное, но резкое изменение давления в трубопроводе, возникающее при внезапном изменении скорости потока — например, при быстром закрытии задвижек или остановке насосов. В системах городского водоснабжения Узбекистана подобные явления фиксируются достаточно часто, особенно в старых сетях, где оборудование не оснащено средствами плавного регулирования. Давление при гидравлическом ударе может превышать номинальное в 2–3 раза, достигая значений до 2,5–3,0 МПа, что приводит к повреждению сварных швов, разрушению фитингов и протечкам на соединениях.

Одним из наиболее действенных способов защиты является установка специальных устройств — гидроаккумуляторов, предохранительных клапанов, воздушных камер и демпферов. Эти элементы обеспечивают компенсацию скачков давления, создавая буферную зону, которая смягчает воздействие ударной волны. В частности, в Ташкенте на насосной станции «Салар» в 2023 году была проведена модернизация системы подачи воды с установкой мембранных гидроаккумуляторов ёмкостью по 5 м³. В результате амплитуда колебаний давления снизилась с 0,6 МПа до 0,25 МПа, а количество аварийных ситуаций уменьшилось на 40 %.

Кроме того, существенный эффект даёт применение частотно-регулируемых приводов. Они позволяют изменять частоту вращения насосов плавно, предотвращая резкие перепады давления. На практике внедрение таких приводов в системах водоснабжения

Ферганы позволило сократить расходы электроэнергии на 12 %, а срок службы насосов увеличился в среднем на 20–25 %.

Современные системы мониторинга позволяют контролировать давление и расход воды в режиме реального времени. Применение таких систем, например SCADA, даёт возможность не только отслеживать параметры сети, но и управлять насосными агрегатами дистанционно. Это особенно актуально для крупных городов, где общая протяжённость магистральных сетей превышает несколько тысяч километров.

В долгосрочной перспективе внедрение комплекса мер по защите от гидравлических ударов позволит повысить надёжность и устойчивость работы водопроводных сетей, снизить аварийность и сократить эксплуатационные расходы. Кроме того, такие меры способствуют более рациональному использованию энергоресурсов и улучшению качества водоснабжения населения.

Заключение

Проведённые исследования и анализ состояния городских водопроводных сетей Узбекистана показывают, что основными причинами снижения их надёжности являются несбалансированные гидравлические режимы, изношенность трубопроводов и воздействие гидравлических ударов. Эти факторы приводят к частым авариям, значительным потерям воды и повышенным эксплуатационным затратам.

Оптимизация гидравлических режимов и внедрение технических решений по защите от гидравлических ударов представляют собой эффективные меры для повышения устойчивости и долговечности систем водоснабжения. Применение частотно-регулируемых приводов, автоматизированных систем управления насосными станциями и устройств демпфирования давления доказало свою результативность в ряде городов страны. Внедрение данных технологий позволило снизить количество аварий на 25–40 %, сократить потери воды до 10–15 % и уменьшить энергопотребление на 12–18 %.

Особое значение имеет проведение гидравлического моделирования, которое даёт возможность прогнозировать поведение системы при различных режимах работы и выявлять потенциально опасные участки. Создание цифровых моделей водопроводных сетей, интегрированных в современные системы диспетчерского управления, открывает новые перспективы для комплексного управления водными ресурсами и технического состояния инфраструктуры.

Таким образом, повышение надёжности городских водопроводных сетей за счёт оптимизации гидравлических режимов и защиты от гидравлических ударов является не только инженерной, но и стратегической задачей. Реализация предложенных мероприятий позволит обеспечить устойчивое водоснабжение населения, снизить эксплуатационные расходы, продлить срок службы оборудования и внести значительный вклад в развитие коммунального хозяйства Республики Узбекистан.

В перспективе рекомендуется продолжить исследования в направлении разработки интеллектуальных систем прогнозирования аварий, внедрения цифровых двойников водопроводных сетей и совершенствования нормативной базы, регулирующей

эксплуатацию гидравлических систем в условиях растущих потребностей и климатических изменений.

Рекомендации

1. Для повышения надёжности городских водопроводных сетей рекомендуется внедрять **автоматизированные системы управления насосными станциями (АСУ ТП)** с функцией регулирования давления в зависимости от текущего водопотребления. Это позволит снизить вероятность гидравлических ударов и обеспечить стабильный гидравлический режим.
2. Необходимо проводить **плановую модернизацию и реконструкцию изношенных участков трубопроводов**, особенно тех, что эксплуатируются более 25–30 лет. Использование современных полимерных и композитных материалов повысит долговечность и устойчивость сетей к колебаниям давления.
3. Следует внедрять **системы дистанционного мониторинга и цифрового моделирования (SCADA, GIS-модели)** для оперативного контроля параметров потока, прогнозирования аварийных ситуаций и оптимизации гидравлических режимов в реальном времени.

Использованная литература:

1. **Рахматуллаев Ш.Х.** *Гидравлика ва сув таъминоти тизимларининг ишончилигини ошириш усуллари*. – Тошкент: ТошДТУ нашриёти, 2021. – 156 б.
2. **Абдувохидов А.М., Бозоров И.С.** *Шаҳар сув таъминоти тизимларида энергия самарадорлигини ошириш ва насос станцияларини автоматлаштириш*. – Самарқанд: СамДУ, 2022. – 128 б.
3. **Касымов Р.А.** *Оптимизация гидравлических режимов в системах водоснабжения городов Узбекистана*. – Ташкент: «Fan va texnologiya», 2020. – 142 с.
4. **Голубев В.И., Щербаков Н.А.** *Гидравлические удары и защита трубопроводов водоснабжения*. – Москва: Стройиздат, 2018. – 280 с.
5. **Chaudhry M.H.** *Applied Hydraulic Transients*. – Springer, New York, 2014. – 583 p.
6. **Wylie E.B., Streeter V.L.** *Fluid Transients in Systems*. – Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993. – 463 p.