

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE ANGOR-2 PUMPING STATION AND FACTORS OF LOW ENERGY EFFICIENCY

Komiljonova Irodaxon Baxtiyor qizi

"Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti " milliy tadqiqot universiteti 2-bosqich magistranti

Komiljonova I.

"Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20539724>

Abstract

The article presents an analysis of the technical condition of the Angor-2 irrigation pumping station located in the Tashkent region, aimed at identifying the main factors that reduce its energy efficiency. The condition of the vacuum system, the main pumping equipment, water conduits, the power supply system, and the level of automation are examined. The study reveals critical defects in the VVN-3 vacuum pump, loss of tightness in the vacuum pipeline and separator, significant physical wear of the pipelines, as well as a high dependence of station operation on the human factor. It is established that the combined impact of the identified defects leads to an increase in electricity consumption by 20–30% and water losses of up to 10–15%. The necessity of comprehensive equipment modernization and the implementation of an automated process control system to improve the energy efficiency of the pumping station is substantiated.

Keywords: pumping station, energy efficiency, vacuum system, water pipelines, water losses, automation, automated process control.

Аннотация

В статье представлен анализ технического состояния оросительной насосной станции «Ангор-2», расположенной в Ташкентской области, с целью выявления основных факторов, снижающих её энергетическую эффективность. Рассмотрено состояние вакуумной системы, основного насосного оборудования, водоводов, системы электроснабжения и уровня автоматизации. В ходе исследования выявлены критические дефекты вакуумного насоса ВВН-3, разгерметизация вакуумной магистрали и сепаратора, значительный физический износ трубопроводов, а также высокая зависимость работы станции от человеческого фактора. Установлено, что совокупное влияние выявленных дефектов приводит к увеличению потребления электроэнергии на 20–30 % и потерям воды до 10–15 %. Обоснована необходимость комплексной модернизации оборудования и внедрения автоматизированной системы управления

технологическим процессом для повышения энергоэффективности насосной станции.

Ключевые слова: насосная станция, энергоэффективность, вакуумная система, водоводы, потери воды, автоматизация, АСУ ТП.

Annotatsiya

Maqolada uning energiya samaradorligini pasaytiradigan asosiy omillarni aniqlash maqsadida Toshkent viloyatida joylashgan Angor-2 sug'orish nasos stansiyasining texnik holati tahlili keltirilgan. Vakuum tizimi, asosiy nasos uskunalari, suv quvurlari, elektr ta'minoti tizimi va avtomatlashtirish darajasining holati ko'rib chiqiladi. Tadqiqot davomida VVN-3 vakuum nasosining muhim nuqsonlari, vakuum liniyasi va separatorning germetizatsiyasi, quvurlarning sezilarli jismoniy eskirishi, shuningdek, stansiya ishining inson omiliga yuqori bog'liqligi aniqlandi. Aniqlangan nuqsonlarning umumiy ta'siri elektr energiyasini iste'mol qilishning 20-30% ga oshishiga va suvning 10-15% gacha yo'qolishiga olib kelishi aniqlandi. Nasos stansiyasining energiya samaradorligini oshirish uchun uskunalarini kompleks modernizatsiya qilish va texnologik jarayonni boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimini joriy etish zarurligi asoslandi.

Kalit so'zlar: nasos stantsiyasi, energiya samaradorligi, vakuum tizimi, suv quvurlari, suv yo'qotilishi, avtomatlashtirish.

Введение

Оросительные насосные станции являются ключевыми объектами водохозяйственной инфраструктуры, обеспечивающими устойчивое водоснабжение сельскохозяйственных угодий. В условиях роста стоимости электроэнергии и дефицита водных ресурсов вопросы повышения энергоэффективности насосных станций приобретают особую актуальность.

Насосная станция «Ангор-2» обеспечивает подачу воды на орошаемые земли Урта-Чирчикского района Ташкентской области общей площадью около 284 га. Длительный срок эксплуатации оборудования, отсутствие системной модернизации и автоматизации привели к снижению надёжности работы и росту энергетических потерь.

Целью настоящей статьи является анализ технического состояния насосной станции «Ангор-2» и выявление основных факторов, обуславливающих её низкую энергоэффективность.

Материалы и методы исследования

Исследование основано на:



- визуальном обследовании оборудования насосной станции;
- анализе эксплуатационной документации и ремонтных журналов;
- оценке режимов работы насосных агрегатов;
- сравнительном анализе фактических и нормативных параметров работы оборудования;
- экспертной оценке влияния технических дефектов на энергетические и гидравлические показатели.

Анализ состояния вакуумной системы и насосного оборудования

Вакуумная система насосной станции «Ангор-2» является одним из ключевых элементов технологической схемы и оказывает определяющее влияние на надёжность пуска и энергетическую эффективность работы основных насосных агрегатов типа 350Д-90. Назначение вакуумной системы заключается в удалении воздуха из всасывающих трубопроводов и создании необходимого разрежения для заполнения их водой перед запуском насосов. Нарушение работы вакуумной системы приводит к увеличению времени пуска, росту энергопотребления и повышению риска аварийных режимов.

В состав вакуумной системы насосной станции входят вакуумный насос типа ВВН-3, вакуумный сепаратор, трубопроводы вакуумной линии, а также элементы соединительной и запорной арматуры. Проведённое обследование показало, что все перечисленные элементы находятся в состоянии значительного физического и морального износа, что в совокупности формирует системный фактор снижения энергоэффективности объекта.



Рис.1 Оросительная насосная станция «Ангор-2», напорные и всасывающие трубопроводы

Состояние вакуумного насоса ВВН-3



Вакуумный насос ВВН-3 относится к водокольцевым насосам, принцип работы которых основан на формировании водяного кольца внутри корпуса за счёт вращения рабочего колеса. Эффективность такого насоса напрямую зависит от сохранности геометрии рабочего колеса, герметичности корпуса и стабильности циркуляции рабочей жидкости.

Результаты обследования показали, что вакуумный насос ВВН-3 эксплуатируется при высоком уровне физического износа. Зафиксирована деформация рабочего колеса, что приводит к нарушению симметрии водяного кольца и снижению создаваемого разрежения. Фактический уровень вакуума составляет $-0,03...-0,04$ МПа при нормативном значении $-0,08$ МПа, что является критически недостаточным для надёжного пуска насосных агрегатов.

Дополнительным негативным фактором является износ подшипниковых узлов вакуумного насоса, сопровождающийся повышенной вибрацией и локальным перегревом. Работа насоса в таком режиме приводит к росту механических потерь, увеличению потребляемой мощности и ускоренному разрушению узлов трения. В условиях пониженного вакуума насос вынужден работать продолжительное время, что увеличивает общее энергопотребление вакуумной системы.

В результате длительность выхода системы на рабочий режим увеличивается до 10–15 минут, тогда как при исправном состоянии оборудования данный процесс должен занимать не более 2–3 минут. Указанное расхождение свидетельствует о снижении коэффициента полезного действия вакуумного насоса и нерациональном расходовании электрической энергии.



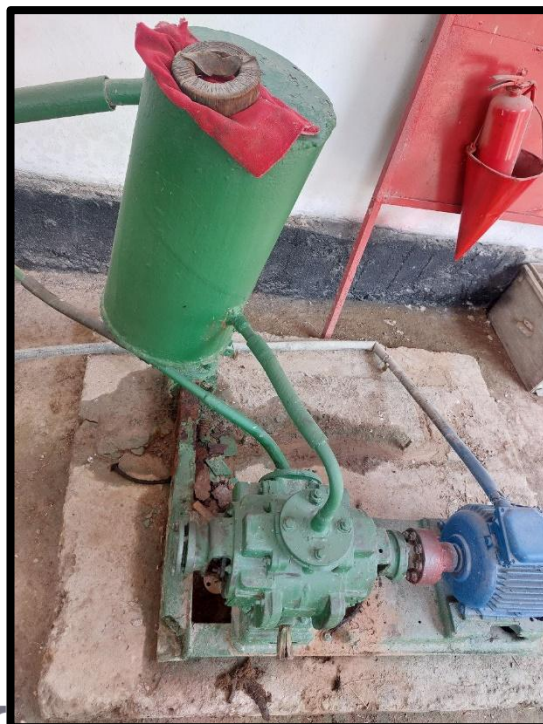


Рис.2 Вакуумный водокольцевой насос ВВН-3

Анализ герметичности вакуумной линии и состояния трубопроводов

Эффективность работы вакуумного насоса в значительной степени определяется герметичностью всей вакуумной магистрали. Даже незначительные утечки воздуха приводят к резкому падению уровня разрежения и сводят к минимуму эффективность работы оборудования.

Обследование вакуумной линии насосной станции «Ангор-2» выявило многочисленные дефекты, включая коррозионное разрушение металлических трубопроводов, микротрещины, деформации и негерметичность фланцевых соединений. В ряде мест обнаружено использование подручных материалов (ветошь, ткань) вместо штатных уплотнительных элементов, что полностью исключает возможность поддержания стабильного вакуумного режима.

Коррозионный износ трубопроводов приводит не только к потере герметичности, но и к ухудшению гидравлических условий циркуляции воды в вакуумной системе. Нарушение геометрии труб и наличие внутренних отложений создают дополнительные сопротивления потоку, что увеличивает нагрузку на вакуумный насос и способствует росту энергопотребления.

Подсос воздуха в вакуумной линии вызывает нестабильность разрежения, что, в свою очередь, приводит к необходимости многократных попыток запуска основных насосных агрегатов. Каждый такой пуск



сопровождается дополнительным потреблением электроэнергии и ускоренным износом электродвигателей.

Состояние вакуумного сепаратора

Вакуумный сепаратор предназначен для разделения воздушно-водяной смеси перед поступлением воздуха в вакуумный насос. Надёжная работа данного элемента возможна только при его полной герметичности и исправности соединительных узлов.

Фактическое состояние вакуумного сепаратора насосной станции «Ангор-2» можно охарактеризовать как аварийное. Установлено отсутствие штатной герметичной крышки, вследствие чего верхний люк закрыт подручными материалами, не обеспечивающими уплотнение. Такое конструктивное нарушение приводит к массовому подсосу воздуха и делает невозможным создание требуемого вакуума в системе.

Дополнительно выявлены коррозионные повреждения корпуса сепаратора и негерметичность входных и выходных патрубков. Отсутствие исправных обратных клапанов и воздухоотводящих устройств увеличивает риск гидравлических ударов и нарушает устойчивость вакуумного режима.

Следует отметить, что даже при исправном состоянии вакуумного насоса наличие указанных дефектов сепаратора не позволило бы обеспечить нормативные параметры работы системы. Таким образом, сепаратор является одним из ключевых ограничивающих факторов энергоэффективности насосной станции.

Влияние состояния вакуумной системы на работу основных насосных агрегатов

Нарушения в работе вакуумной системы оказывают прямое влияние на эксплуатационные характеристики насосов 350Д-90. Недостаточное разрежение во всасывающих трубопроводах приводит к частичному заполнению насосов водой и возникновению кавитационных режимов при запуске.

Кавитация сопровождается разрушением рабочих колёс, повышенной вибрацией и шумом, а также снижением фактического КПД насосных агрегатов. В условиях нестабильного вакуума насосы вынуждены работать вне оптимальной зоны характеристики, что приводит к перерасходу электроэнергии и сокращению срока службы оборудования.

Кроме того, длительный пусковой режим увеличивает суммарное время работы электродвигателей в неуставившемся режиме, что является одной из наиболее энергоёмких стадий эксплуатации насосных агрегатов.



Общая оценка влияния вакуумной системы на энергоэффективность станции

Комплекс выявленных дефектов вакуумной системы насосной станции «Ангор-2» приводит к следующим негативным последствиям:

- увеличению времени пуска насосных агрегатов в 4–6 раз;
- росту потребления электроэнергии вакуумной системой на 20–30 %;
- повышению вероятности кавитационных повреждений основных насосов;
- ускоренному износу механических и электрических узлов;
- снижению общей надёжности и устойчивости работы насосной станции.

Таким образом, вакуумная система в её текущем техническом состоянии является одним из ключевых факторов низкой энергоэффективности насосной станции «Ангор-2». Повышение энергетических показателей работы объекта невозможно без комплексной модернизации вакуумного насоса, восстановления герметичности вакуумной магистрали и реконструкции вакуумного сепаратора.

Диагностика состояния водоводов и потерь воды

Система водоводов насосной станции «Ангор-2» является определяющим элементом технологической схемы транспортировки оросительной воды от насосных агрегатов к распределительным каналам и конечным потребителям. Техническое состояние трубопроводов оказывает прямое влияние на величину фактического расхода воды, уровень гидравлических потерь, режим работы насосных агрегатов и, как следствие, на энергетическую эффективность всей насосной станции.

В условиях длительной эксплуатации без комплексной реконструкции водоводы становятся одним из основных источников как прямых потерь воды, так и косвенных энергетических потерь, связанных с необходимостью компенсации утечек и повышенных сопротивлений.

Общая характеристика водоводов насосной станции

Водоводы насосной станции «Ангор-2» включают:

- всасывающие трубопроводы насосных агрегатов 350Д-90;
- напорные трубопроводы от насосов к главному водоводу;
- распределительные линии по направлениям орошения;
- элементы запорно-регулирующей арматуры и фланцевые соединения.

Основным конструкционным материалом трубопроводов является сталь, срок эксплуатации которой превышает 20 лет. Учитывая



агрессивные условия эксплуатации (перепады давления, высокая минерализация воды, сезонные пуски и остановки, воздействие грунтовой влаги), фактический ресурс трубопроводов значительно исчерпан.

Основные виды дефектов водоводов

Сквозные трещины и отверстия

На ряде участков напорных трубопроводов выявлены сквозные дефекты шириной до 3–7 мм, через которые вода выходит под значительным напором. Такие дефекты приводят к мгновенным прямым потерям воды, формированию зон переувлажнения грунта и локальным размывам, что дополнительно увеличивает риск деформации труб.

С энергетической точки зрения подобные утечки являются наиболее критичными, поскольку насосы продолжают потреблять электроэнергию для перекачки объёма воды, который не достигает конечных потребителей.

Коррозионный износ трубопроводов

Коррозионные процессы охватывают как наружные, так и внутренние поверхности трубопроводов. Выявлены язвенная, щелевая и сквозная коррозия, а также разрушение металла вдоль сварных швов. Внутренний коррозионный износ приводит к увеличению шероховатости стенок, что вызывает рост коэффициента гидравлического сопротивления и дополнительную потерю напора.

Уменьшение толщины стенок труб до 2–3 мм на отдельных участках существенно снижает надёжность трубопроводов и повышает вероятность аварийных разрывов.

Деформации и изменение геометрии труб

Зафиксированы овальность труб, локальные вмятины и изгибы, вызванные просадкой грунта, динамическими нагрузками и последствиями гидравлических ударов. Такие дефекты приводят к локальному сужению проходного сечения и образованию зон турбулентности, что увеличивает гидравлические потери на 10–18 %.

Негерметичность фланцевых соединений и арматуры

Фланцевые соединения водоводов характеризуются износом прокладок, коррозией болтовых соединений и ослаблением крепежа вследствие вибраций насосных агрегатов. Утечки на фланцах, даже при малом расходе, имеют накопительный эффект и со временем перерастают в значительные потери воды.

Изношенная запорно-регулирующая арматура (задвижки, клапаны) не обеспечивает полного перекрытия потока, что затрудняет управление режимами работы и проведение ремонтных мероприятий.

Отложения и зарастание внутренних поверхностей

На внутренних поверхностях трубопроводов выявлены отложения ила, песка, солей кальция и продуктов коррозии. Толщина отложений достигает 5–15 мм, что приводит к уменьшению эффективного диаметра трубопровода на 10–20 %.

Снижение проходного сечения вызывает рост скорости потока, увеличение потерь напора и необходимость работы насосов при более высоком напоре, что напрямую отражается на росте энергопотребления.

Классификация потерь воды

По результатам диагностики потери воды на насосной станции «Ангор-2» целесообразно разделить на три основные категории.

Технические потери

Связаны с физическими дефектами трубопроводов и арматуры:

- трещины и отверстия;
- негерметичность фланцев;
- утечки через задвижки.

Объём технических потерь оценивается на уровне 5–12 % от подаваемого расхода.

Эксплуатационные потери

Возникают вследствие нерациональных режимов эксплуатации:

- длительные пуски насосов;
- повторные включения;
- сбросы воды при регулировании давления;
- отсутствие автоматического контроля утечек.

Уровень эксплуатационных потерь составляет 2–5 %.

Гидравлические потери

Обусловлены увеличением сопротивления трубопроводов:

- коррозией и шероховатостью стенок;
- отложениями;
- деформациями труб.

Гидравлические потери приводят к росту требуемого напора на 15–30 % и косвенно увеличивают энергопотребление насосных агрегатов.

Влияние потерь воды на энергоэффективность насосной станции

Потери воды приводят к необходимости перекачки дополнительного объёма воды для достижения заданного расхода у потребителей. Это



вызывает увеличение времени работы насосных агрегатов и их эксплуатацию в зонах пониженного КПД.

По результатам анализа установлено, что совокупное влияние утечек и гидравлических потерь приводит к увеличению потребления электроэнергии на 10–20 %. Дополнительным негативным фактором является нестабильность режима всасывания, вызванная подсосом воздуха, что повышает вероятность кавитационных повреждений.

Социально-экономические и эксплуатационные последствия потерь воды

Площадь орошаемых земель, обеспечиваемых насосной станцией «Ангор-2», составляет около 284 га. Потери воды в объеме 100–200 м³ в сутки приводят к недообеспеченности сельскохозяйственных культур влагой, особенно в периоды пикового водопотребления. Это негативно отражается на урожайности и экономической устойчивости фермерских хозяйств.

Кроме того, утечки воды ускоряют разрушение строительных конструкций насосной станции, способствуют размыву грунта и повышают аварийность трубопроводной системы.

Итоговая оценка состояния водоводов

Результаты диагностики свидетельствуют о том, что система водоводов насосной станции «Ангор-2» находится в неудовлетворительном техническом состоянии и является одним из ключевых источников как прямых водных, так и энергетических потерь. Повышение энергоэффективности насосной станции невозможно без комплексной реконструкции водоводов, включающей замену наиболее изношенных участков, восстановление герметичности соединений, санацию внутренних поверхностей и модернизацию запорно-регулирующей арматуры.

Анализ системы электроснабжения и уровня автоматизации

Система электроснабжения насосной станции характеризуется нестабильностью напряжения и изношенностью силового электрооборудования. Насосные агрегаты запускаются прямым пуском, что сопровождается высокими пусковыми токами и дополнительной нагрузкой на сеть.

Отсутствие автоматизации технологических процессов приводит к:

- длительным и нестабильным пускам насосов;
- невозможности оптимального регулирования давления и расхода;
- позднему обнаружению аварийных ситуаций;



- высокой зависимости от человеческого фактора.

Сравнительный анализ ручного управления и автоматизированной системы управления показал, что внедрение АСУ ТП с частотным регулированием позволяет снизить энергопотребление на 20–30 %, сократить потери воды на 10 % и уменьшить аварийность оборудования.

Заключение

Анализ технического состояния насосной станции «Ангор-2» показал, что существующий уровень износа оборудования и отсутствие современных средств управления приводят к значительным энергетическим и водным потерям. Повышение энергоэффективности станции возможно только при комплексной модернизации, включающей восстановление вакуумной системы, замену изношенных водоводов, стабилизацию электроснабжения и внедрение автоматизированной системы управления. Реализация данных мероприятий позволит обеспечить устойчивую работу насосной станции и повысить эффективность использования водных и энергетических ресурсов.

Список литературы:

1. Соколов С. Анализ основных причин низкой энергоэффективности насосного оборудования на промышленных предприятиях.
2. Абдрашитов Р.Р. Повышение энергоэффективности насосных станций в водоснабжении жилых домов. Исследование методов оптимизации работы насосных установок и внедрения современных систем управления.
3. Толпаров Д.В., Дементьев Ю.Н. Анализ систем управления насосных станций.
4. Кахоров Р.А., Белов М.П. Анализ электроприводных систем насосных станций и способы повышения их эффективности

