



Yirik nasos stansiyalari uchun suv va energiyani tejash chora-tadbirlarini ishlab chiqish

Faxriddin J. Nosirov^{1a)}, Oleg Ya. Glovatskiy², Ravshan K. Dusmatov³, Jurabek A. Uralov⁴

^{1a)} DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, O'zbekiston; nosirov-0173@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3295-8187>

² PhD, prof., Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy-tadqiqot instituti, 100187, O'zbekiston; n_naira1982@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8309-7893>

³ PhD, Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, O'zbekiston; dusmatov41@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-6572-8359>

⁴ Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, O'zbekiston; orolovjorabek3@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-6142-6270>

Dolzarbliq: so'nggi yillarda dunyoning ko'plab mamlakatlarida energiya almashinuvi jarayonlari ro'y berayotgani munosabati bilan O'zbekistonda bu jarayon energiya samaradorligining asosiy masalalarini intellektuallashtirish bilan amalga oshirilmoqda. Bu, ayniqsa, yirik nasos stansiyalarining ishlashi uchun to'g'ri keladi. Bunday stansiyalar transchegaraviy hududlarda ishlaydi. Turkmanistonda Amu-Buxor, Amuzang va Qarshi kaskadlarining eng yirik noyob nasos stansiyalari ishlaydi. Global tendentsiyalarni tahlil qilish mobil quvvat bloklaridan foydalanishni kengaytirish imkoniyatlarini ko'rsatadi. Qishloq va suv xo'jaligi uchun mobil energiya bloklaridan foydalanish mobil energiya xizmati tizimining ishonchligini oshirish bilan eng rivojlangan bo'lishi kerak. Innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqish, jumladan, mobil energiya bloklariga xizmat ko'rsatishga ixtisoslashgan tuzilma va texnik xizmatni asoslash ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan dolzarb masaladir.

Maqsad: nasos agregatlarining ishonchligi va energiya samaradorligini oshirish uchun mobil energiya xizmati tizimi uchun innovatsion texnologiyani ishlab chiqish va joriy etish.

Usullari: energiyani tejashni tartibga solishni ta'minlash uchun xalqaro tajriba va nasoslarning asosiy parametrlarini nazorat qilish usullarining qiyosiy tahlili qo'llaniladi..

Natijalar: ushbu tadqiqot energiya resurslarini boshqarish va nasoslarning energiya samaradorligini optimallashtirish uchun sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy qilish uchun qulay shart-sharoitlarni yaratish maqsadida o'tkazildi. Mobil energiya xizmati tizimining samaradorligini oshirishning asosiy yo'nalishi operatsion omillar o'zgarishining ehtimollik xususiyatini hisobga olgan holda tizimlarning optimal ish rejimlarini modellashtirishdir.

Kalit so'zlar: nasos agregatlari, nazorat parametrlari, energiya tejash, ishlash, energiya xizmatlari tizimlari, mobil quvvat bloklari, sun'iy intellekt.

Разработка водно-энергосберегающих мероприятий для крупных насосных станций

Фахриддин Ж. Носиров^{1,а)}, Олег Я. Гловацкий², Равшан К.Дусматов³,
Журабек А. Уралов⁴

^{1a)} DSc, Ташкентский государственный технический университет, 100095, Узбекистан nosirov-0173@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3295-8187>

² DSc, проф., Научно-Исследовательский институт ирригации и водных проблем, 100187, Узбекистан; n_naira1982@mail.ru <https://orcid.org/0009-0001-8309-7893>

³ PhD, Ташкентский государственный технический университет, 100095, Узбекистан; dusmatov41@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-6572-8359>

⁴ Ташкентский государственный технический университет, 100095, Узбекистан; orolovjorabek3@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-6142-6270>

Актуальность: в последние годы, в связи с энергетическим переходом, происходящим во многих странах мира, этот процесс в Узбекистане осуществляется с интеллектуализацией основных проблем энергоэффективности. Особенно это относится к эксплуатации крупных насосных станций. Такие станции эксплуатируются в трансграничных регионах. Крупные уникальные насосные станции Амубухарского, Амузангского, Каршинского каскадов работают на территории Туркменистана. Анализ мировых тенденций указывает на перспективы расширения области использования мобильных электроагрегатов. Наиболее развито должно быть использование мобильных электроагрегатов для сельского и водного хозяйства с повышением надежности системы мобильного энергосервиса. Разработка инновационной технологии, включающей обоснование структуры, технического сервиса, специализированных на обслуживании мобильных электроагрегатов, является актуальной задачей, имеющей научное и практическое значение.

Цель: разработка и внедрение инновационной технологии мобильной системы энергосервиса для повышения надежности и энергоэффективности насосных агрегатов.

Методы: используется международный опыт и сравнительный анализ методов управления основными параметрами насосов при обеспечении регулирования экономики электроэнергетики.

Результаты: настоящие исследования проводились для создания благоприятных условий внедрения технологий искусственного интеллекта по управлению энергоресурсами, оптимизации энергоэффективности эксплуатации насосов. Основным направлением повышения эффективности

For citation: Nosirov F.Zh., Glovatskiy O.Ya., Dusmatov R.K., Uralov Zh.A. Development of water and energy-saving measures for large pumping stations. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2026, no. 1, pp. 127-132.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20001355>

355

Received: 9.11.2025

Revised: 13.12.2025

Accepted: 17.02.2026

Published: 26.03.2026

Copyright: © Fakhriddin Zh. Nosirov, Oleg Ya. Glovatskiy, Ravshan K. Dusmatov, Zhurabek A. Uralov, 2026. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



системы мобильного энергосервиса является моделирование оптимальных режимов работы систем с учетом вероятностного характера изменения действующих факторов.

Ключевые слова: насосные агрегаты, параметры управления, экономия электроэнергии, эксплуатация, системы энергосервиса, мобильные электроагрегаты, искусственный интеллект.

Development of water and energy-saving measures for large pumping stations

Fakhriddin Zh. Nosirov^{1a)}, Oleg Ya. Glovatsky², Ravshan K. Dusmatov³, Zhurabek A. Uralov⁴

^{1a)}DSc, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan; nosirov-0173@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3295-8187>

²PhD., assoc. prof, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan; dusmatov41@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-6572-8359>
tstu_energy@mail.ru <https://orcid.org/0009-0009-3909-4888>

³ PhD, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan; dusmatov41@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-6572-8359>

⁴Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan; orolovjorabek3@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-6142-6270>

Relevance: in recent years, in connection with the energy transition taking place in many countries worldwide, this process in Uzbekistan has been carried out with an intellectualization of key energy efficiency issues. This is particularly true for the operation of large pumping stations. Such stations operate in cross-border regions. The largest unique pumping stations of the Amu-Bukhar, Amuzang, and Karshi cascades operate in Turkmenistan. Analysis of global trends indicates potential for expanding the use of mobile power units. The use of mobile power units for agriculture and water management should be most developed, with an increase in the reliability of the mobile energy service system. The development of innovative technology, including the justification of the structure and technical service specialized in servicing mobile power units, is a pressing issue of scientific and practical significance.

Aim: development and implementation of innovative technology for a mobile energy service system to improve the reliability and energy efficiency of pumping units.

Methods: international experience and comparative analysis of methods for controlling the main parameters of pumps are used to ensure regulation of energy savings

Results: the present research was conducted to create favorable conditions for the implementation of artificial intelligence technologies for energy resource management and optimization of energy efficiency of pump operation. The main direction for increasing the efficiency of the mobile energy service system is the modeling of optimal operating modes of systems, taking into account the probabilistic nature of changes in the operating factors.

Keywords: pumping units, control parameters, energy saving, operation, energy service systems, mobile power units, artificial intelligence.

1. Введение (Introduction)

В мире проводятся научные исследования, направленные на повышение эффективности насосных станций (НС) в каскадных машинных каналах, оптимальное управление водными ресурсами, разработку водо-энергосберегающих технологий. В Постановлении Президента РУз, от 05.01.2024 г. № ПП-5 «О мерах по совершенствованию системы управления водными ресурсами и повышению эффективности их использования в низовом звене» определены приоритетные направления уменьшения затрат электроэнергии на водоподъем [1]. Огромное значение, которое уделяется эксплуатации насосных станций (НС), подтверждается тем, что вышли ряд Постановлений Правительства РУз о дополнительных мерах по повышению эффективности мобильного энергосервиса. Рассматриваются вопросы повышения энергоэффективности крупных энергетических предприятий, прогнозирование параметров и характеристик режимов энергетической системы и создания условий энергосбережения [2].

Программы управления водными ресурсами и развития ирригационного сектора в Республике Узбекистан на 2025 - 2028 годы включают замену на современные энергосберегающие 562 насосов и 578 электродвигателей НС. При этом необходима установка не менее 300 цифровых водоизмерительных приборов, предоставляющих возможность отслеживания объема забора воды в режиме онлайн мониторинга на 1750 насосных агрегатах.

В настоящее время для орошения земель в стране используется более 1,6 тысячи НС, которые требуют значительных энергозатрат. Поэтому 2025 год объявлен годом повышения эффективности НС в водном хозяйстве.

На НС внедрены опытные системы онлайн-контроля и «умные» счетчики. Однако отсутствует информационная мобильная система энергосервиса для сбора и анализа данных с этих устройств. Авторы разрабатывают и внедряют инновационные технологии мобильной системы энергосервиса. Они обеспечивают определение параметров управления насосами при обеспечении регулирования экономии электроэнергии; применение удаленного терминала на базе микроконтроллера, предназначенного для систем управления через сеть сотовой связи GSM и

разработку технологий искусственного интеллекта (ИИ) по мобильному управлению на НС.

2. Методы и материалы (Methods and materials)

В процессе исследования использовались экспериментальная статистика, спектральный анализ и параметрические структурные схемы, а также экспериментальные методы исследования.

Методы модернизации системы мобильного управления являются ключевым фактором, определяющим эффективность внедрения цифровых и интеллектуальных технологий. При обнаружении нарушения технологии эксплуатации система отправляет уведомление через Telegram-бот или почту: `curl -s -X POST https://api.telegram.org/bot$TOKEN/sendMessage\ -d chat_id=$CHAT_ID -d text="Security alert: multiple SSH failures on pump-node01"`. Для критических событий автоматически выполняются ответные действия — блокировка IP через iptables, перезапуск службы, отключение учётной записи.

Информационная безопасность рассматривается как неотъемлемая часть внедряемой мобильной системы. Система не только защищает каналы связи и серверы, но и сохраняет возможность автономной работы НС, что особенно важно при экономии энергоресурсов.

При традиционном подходе к внедрению оптимального управления режимами НС, уравнение баланса имеет вид:

$$\sum (P_i^{\text{рег}}) + \sum (P_j^{\text{нерег}}) = \sum P_{\Sigma}; \quad (1)$$

где $\sum (P_i^{\text{рег}}) + \sum (P_j^{\text{нерег}})$ – сумма мощностей всех НС системы, $\sum P_{\Sigma}$ – суммарная мощность НС, $P_i^{\text{рег}}$ – мощности регулируемых агрегатов; $P_j^{\text{нерег}}$ – мощности нерегулируемых агрегатов. Управляющие воздействия на регулируемые мощности позволяют изменять составляющие в обеих частях уравнения (1), что повышает методы эффективности управления режимами.

Особенно это эффективно при замене электропотребления с пиковых периодов на внепиковые и повышается энергоэффективность за счёт снижения потребления электроэнергии в пиковый период.

Если базовые подсистемы фиксируют «что происходит сейчас», то модуль ИИ отвечает на вопрос «что произойдёт, если ничего не изменить» и «какие действия позволят улучшить результат»: прогноз параметров технологического процесса давления, расхода, уровня воды на НС, параметров напряжения, тока, температуры обмоток двигателя. Методы оптимизации режимов работы включают подбор частоты вращения и числа включённых агрегатов для минимального расхода электроэнергии при сохранении заданного напора. Раннее предупреждение о сбоях в эксплуатации включает автоматическую генерацию предупреждений при отклонении прогноза режимов от фактических данных. Система использует как операционные, так и вспомогательные источники, объединённые в единое аналитическое хранилище.

Журналы событий фиксируют переключения насосов, аварии, сбои энергопитания, изменение параметров агрегатов и частотных преобразователей (ПЧ). Они используются для корреляционного анализа событий, предшествующих отказам или перегрузкам.

Операционные данные телеметрии НС поступают из TimescaleDB (напор, расход, уровень воды, частота вращения двигателя, состояние насосов, напряжение, сила тока и температура окружающей среды). Эти данные записываются с интервалом 1–5 секунд, что обеспечивает достаточное разрешение для построения временных рядов (рис. 1).



Рис. 1. Измерение параметров насосов
Figure 1. Measurement of Pump Parameters

Данные энергопотребления поступают от счётчиков электроэнергии по Modbus или через шлюз MQTT. Они используются для расчёта эффективности работы и выявления нерациональных режимов. Метаинформация включает перечень работающих насосов, характеристики оборудования, паспортные параметры, дату последнего обслуживания, тип подшипников и других элементов агрегатов. Эта информация позволяет связать техническое состояние с прогнозируемыми параметрами.

3. Результаты и обсуждение (Results and discussion)



Результаты анализа современных технологий использования ИИ показали, что в настоящее время встает все больше проблем, связанных с качественным и количественным обеспечением электроэнергией на основе эффективных решений по минимизации затрат по использованию методов энергоэффективности систем машинного водоподъёма.

Применяются интеллектуальные энергосистемы Smart Grid отслеживающие и распределяющие потоки электричества для достижения максимальной эффективности использования энергии. Использование современных информационных и коммуникационных технологий, позволяет взаимодействовать оборудованию сети Smart Grid друг с другом, образуя единую интеллектуальную систему энергоснабжения. Собранные с оборудования ИС информация анализируется и в результате анализа помогают оптимизировать использование электроэнергии, снизить затраты, увеличить надежность и энергоэффективность эксплуатации ИС [3,4].

В этих условиях всё более очевидной становится потребность в переходе от разрозненных локальных решений к научно-методической технологии ИИ и современной технологически обоснованной системе управления, способной обеспечивать комплексный контроль, анализ и прогнозирование работы ИС. Такой подход предполагает использование инструментов, позволяющих не только фиксировать текущие параметры функционирования насосно-энергетического оборудования, но и выявлять тенденции потребления электроэнергии и состояния основных узлов ИС [5,6].

Интеллектуальная энергетическая система, или "Smart Grid", представляет собой автоматизированную систему, в которой используются цифровые и другие передовые технологии для эффективного управления энергетическими потоками. Основная цель таких систем – оптимизировать производство, передачу, распределение и потребление электроэнергии, а также повысить надежность и устойчивость энергосистем.

Используется Prophet — библиотека от Meta, оптимизированная для промышленных данных с нерегулярными измерениями и пропусками [7,8]. Используется для суточных и недельных прогнозов, например, энергопотребления насосов в зависимости от времени суток и температуры воздуха. Prophet устойчив к аномалиям и хорошо визуализирует тенденции, что важно для отчетности перед эксплуатационными службами.

LSTM (Long Short-Term Memory, рекуррентные нейронные сети) — применяется для длинных горизонтов прогнозирования (1–7 суток) и выявления сложных взаимосвязей между параметрами.

Модель обучается на скользящем окне данных за 30–60 дней и прогнозирует сразу несколько показателей — давление, уровень и энергопотребление. Для ускорения расчётов используется библиотека PyTorch в режиме float32, что обеспечивает выполнение на Raspberry Pi [9,10].

Для каждого параметра система формирует взвешенный прогноз:

$$\hat{y}_t = w_1 y_t^{ARIMA} + w_2 y_t^{Prophet} + w_3 y_t^{LSTM};$$

где (w_i) — определяются по точности.

Итоговый результат сглаживается фильтром Кальмана для устранения шумов. Прогнозные модули встроены в систему центрального уровня и используют уже существующие сервисы (TimescaleDB, MQTT, Grafana). Это обеспечивает надёжность внедрения.

Организация вычислений создаётся в отдельной среде Python (виртуальное окружение venv), где размещаются модули pandas, scikit-learn, statsmodels, prophet, tensorflow. Ежедневно планировщик cron запускает скрипт forecast.py, который: извлекает данные за последние N суток из TimescaleDB, формирует прогнозы и сохраняет их обратно в базу (forecast_data).

Пример расписания (/etc/cron.d/forecast): 30 2 * * * /usr/bin/python3 /opt/forecast/forecast.py >> /var/log/forecast.log 2>&1

Данные передаются через REST API в центральный сервер:

```
import requests, json
payload = {'station':'HRZ-KIP-02-01','parameter':'pressure','forecast':y_pred.tolist()}
requests.post('http://server/api/v1/forecast', json=payload).
```

Сервер сохраняет результаты в отдельную таблицу forecast_results, привязанную к идентификатору ИС.

Для визуализации создаётся дополнительный источник данных forecast_results, и поверх него — панель сравнения «Факт / Прогноз».

Пользователь может наглядно видеть расхождение между измеренными и прогнозируемыми значениями, а также тренды на сутки вперёд.

Если прогноз указывает на превышение допустимого уровня вибраций или падение напора, модуль генерирует соответствующее MQTT-сообщение:

```
topic: server/advice
payload: {"station":"HRZ-KIP-02-01","advice":"reduce_speed","confidence":0.92}
```

Операционно-аналитический узел диспетчерской службы, получивший эту рекомендацию,

может автоматически скорректировать собственные параметры ПЧ либо вывести предупреждение оператору.

Интеграция на уровне существующей инфраструктуры делает прогнозный модуль не внешним дополнением, а органичной частью всей системы управления, поддерживающей замкнутый цикл: *наблюдение* → *прогноз* → *действие* → *проверка*.

Использование прогнозов (энергооптимизация, необходимость обслуживания, предотвращение аварий) используется для принятия управленческих решений (автоматические корректировки частоты вращения насосов, планирование ремонта или предотвращение критических ситуаций).

Одной из наиболее важных целей управления НС является снижение энергопотребления. Программный модуль прогнозирует суточный график водопотребления и, основываясь на этом, выдает рекомендации по оптимальной частоте вращения насосов и график включения агрегатов.

Результатом становится таблица команд, автоматически передаваемая для регулирования частоты, что способно снизить энергопотребление на 10–15% без потери производительности.

Используя прогнозные данные о вибрациях, температуре, токах и времени наработки, система формирует оценку вероятности отказа для каждого насоса. Если вероятность превышает заданный порог (например, 0,7), станция автоматически формирует заявку на техническое обслуживание и отправляет уведомление диспетчеру (рис.2).



Рис.2. Онлайн-системы мобильного управления эксплуатацией
Figure 2. Online Mobile Operation Management Systems

В случае критических прогнозов система переходит в режим повышенного контроля, увеличивая частоту опроса датчиков и интенсивность журналирования, чтобы детально зафиксировать возможное развитие аварийной ситуации. Данные анализируются в еженедельных и ежемесячных отчётах, что позволяет руководителям видеть реальный эффект от внедрения прогнозных алгоритмов.

4. Заключение (Conclusion)

В статье содержатся сведения о разработанной и апробированной интеллектуальной системе управления НС, обеспечивающей переход от традиционного диспетчерского контроля к распределённой цифровой модели с элементами ИИ и прогнозной аналитики. Трёхуровневая система управления включает центральный аналитический узел с базами TimescaleDB, EMQX и Grafana и промежуточный уровень аналитики для обработки данных датчиков и исполнительных устройствах на НС, взаимодействующие через MQTT и Modbus.

Для эффективной эксплуатации мобильных электроагрегатов, характеризующихся вероятностными системами массового обслуживания с отказами, установлены обобщённые оптимальные сочетания между плотностью потока требований и интенсивностью обслуживания гидроэнергетического оборудования НС на всем практическом диапазоне их изменения.

Определено, что использующийся в разработанном программно-аппаратном комплексе дистанционного диагностирования оборудования контроллер MODICON M241-TM241CEC24T позволяет реализовать режим диагностирования оборудования мобильного электроагрегата с задержкой обмена данными равной 2 с, что не оказывает влияния на эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Президента РУз, от 05.01.2024 г. № ПП-5 «О мерах по совершенствованию системы управления водными ресурсами и повышению эффективности их использования в низовом звене» <https://lex.uz/ru/docs/6734975>.
2. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы её развития /под ред. Салимова А.У. – Т.: Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi, 2021. – 952 с.
3. А.Б.Уразкелдиев, О.Я.Гловацкий, Р.Дусматов Внедрение технологий искусственного интеллекта по управлению энергоресурсами и использования возобновляемых источников энергии на насосных станциях // Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy-tadqiqot instituti tashkil etilganligining 100 yilligiga bag'ishlangan "Markaziy osiyoning global ekologik va suv



muammolarini hal qilishda ilmiy yondashuvlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to‘plami/ T. -C.467-476.

4. Oleg Glovatskiy1 Altingul Djumanazarova, Amanbay Saparov, Naira Nasirova, Akmal Sultonov and Akbarali Sattorov Improvement of water distribution management methods for operating modes of machine channels / V Международная научная конференция «Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering» (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101023>.

5. Oleg Glovatskii, Rustam Ergashev, Umid Sadiev, Jaloliddin Rashidov, Шароф Мусаев, и Гульмира Бобоева Establishment of resource-saving modes of irrigation pumps / XXVI Международная научная конференция «Construction the Formation of Living Environment» (FORM-2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005017>.

6. Ф.Ж.Насиров, О.Я.Гловацкий, Р.Т.Хужакулов, Ж.А.Ўралов, Ш.Т.Амиров Исследования методов энерго и водосбережение на каскадах насосных станциях / Материалы международной научно-практической конференции ««O‘zbekiston-2030» strategiyasida belgilangan suv resurslarini tejash va atrof muhitni muhofaza qilish», Самарканд, 2024. -С.243-247.

7. О.Я.Гловацкий, Ф.Ж.Носиров, Р.К.Дусматов, Ж.И.Рашидов, Г.С.Азизова - Повышение энергоэффективности эксплуатации насосных установок ирригационных систем // “Development of Specialized Higher Education and Science in the Conditions of Globalization: Problems and Opportunities” International Scientific Conference, 2025, Tashkent. p. 172-179.

8. Prophet: Forecasting at Scale. Facebook (Meta) Open Source Project, 2017. <https://facebook.github.io/prophet/>.

9. Meta AI Research. _PyTorch — Open-Source Machine Learning Framework._ [Online] Available: <https://pytorch.org/>.

10. Latif, K.; Sharafat, A.; Seo, J. Digital Twin-Driven Framework for TBM Performance Prediction, Visualization, and Monitoring through Machine Learning. Appl. Sci. 2023, 13, 11435.

REFERENCES

1. Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan dated 05.01.2024 No. PP-5 "On measures to improve the water resources management system and increase the efficiency of their use at the grassroots level" <https://lex.uz/ru/docs/6734975>.

2. Allaev K.R. Modern energy and prospects for its development / edited by Salimov A.U. – T.: Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi, 2021. – 952 p.

3. A.B. Urazkeldiev, O.Ya. Glovatsky, R. Dusmatov Introduction of artificial intelligence technologies for energy resource management and the use of renewable energy sources at pumping stations // Collection of materials of the international scientific and practical conference on the topic "Scientific approaches to solving global ecological and water problems of Central Asia" dedicated to the 100th anniversary of the establishment of the Research Institute of Irrigation and Water Problems. T., pp. 467-476.

4. Oleg Glovatskiy1 Altingul Djumanazarova, Amanbay Saparov, Naira Nasirova, Akmal Sultonov and Akbarali Sattorov Improvement of water distribution management methods for operating modes of machine channels / V Международная научная конференция «Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering» (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101023>.

5. Oleg Glovatskii, Rustam Ergashev, Umid Sadiev, Jaloliddin Rashidov, Шароф Мусаев, и Гульмира Бобоева Establishment of resource-saving modes of irrigation pumps / XXVI Международная научная конференция «Construction the Formation of Living Environment» (FORM-2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005017>.

6. F.Zh.Nasirov, O.Ya.Glovatsky, R.T.Khuzhakulov, Zh.A.Uralov, Sh.T.Amirov Research of methods of energy and water conservation at cascade pumping stations // Proceedings of the international scientific and practical conference “«O‘zbekiston-2030» strategiyasida bel-gilangan suv resurslarini tejash va atrof muhitni muhofaza qilish”, Samarkand, 2024, pp. 243-247.

7. O. Ya. Glovatsky, F. Zh. Nosirov, R. K. Dusmatov, Zh. I. Rashidov, G. S. Azizova - Improving the energy efficiency of operation of pumping units of irrigation systems // “Development of Specialized Higher Education and Science in the Conditions of Globalization: Problems and Opportunities” International Scientific Conference, 2025, Tashkent. p. 172-179.

8. Prophet: Forecasting at Scale. Facebook (Meta) Open Source Project, 2017. <https://facebook.github.io/prophet/>.

9. Meta AI Research. _PyTorch — Open-Source Machine Learning Framework._ [Online] Available: <https://pytorch.org/>.

10. Latif, K.; Sharafat, A.; Seo, J. Digital Twin-Driven Framework for TBM Performance Prediction, Visualization, and Monitoring through Machine Learning. Appl. Sci. 2023, 13, 11435.