



Nasos agregatlarining energiya iste'moli barqarorligini oshirish

Bekmamat Hamdamov¹, Faxriddin J. Nosirov^{1,a}, Jo'rabek A. O'ralov^{1,b},
Abduqodirxon S. Abdulaxayev²

¹⁾ Texnika fanlari doktori, Toshkent davlat texnika universiteti professori vazifasini bajaruvchi, Toshkent, 100095, O'zbekiston; khamdamov_55@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9434-6157>

^{1a)} Texnika fanlari doktori, professor Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; nosirov-0173@mail.ru, [0000-0003-3295-8187](https://orcid.org/0000-0003-3295-8187)

^{1b)} Doktorant (PhD) Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; orolovjorabek3@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-6142-6270>

² Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy-tadqiqot instituti (ISMITI) doktoranti, kodirxuja@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-1708-5760>

Dolzarbli: Hozirgi vaqtda mashinali suv ko'tarish tizimlari uchun konstruksiyalar va nasos agregatlarini loyihalashda hal qilinishi kerak bo'lgan asosiy va muhim masalalardan biri bu nasos stansiyalarining asosiy tuzilmalari va jihozlarining minimal energiya sarfi bilan barqaror ishlashini ta'minlashdir. Energiya resurslaridan samarali foydalanish va ularni barqaror saqlash tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Kelajakda energiya taqchilligini bartaraf etish va energiya tejash salohiyatini aniqlash ushbu masalaning to'g'ri hal qilinishiga sezilarli darajada bog'liq.

Maqsad: nasos agregatlarining samaradorligini oshirish uchun zarur echimlarni topish.

Usullar: Tadqiqot davomida energiya iste'moli barqarorligini tahlil qilish uchun suv ko'taruvchi mashinalar tizimidagi dinamik jarayonlarni modellashtirishning zamonaviy nazariyalari va usullari qo'llanildi. Bundan tashqari, chastotani boshqarish muammolarini samarali hal qilish uchun tegishli algoritmlar ishlab chiqilgan. Ushbu usullar muvofiqlashtirilgan avtomatlashtirish va SI boshqaruv tizimlaridan foydalanadi. O'zgaruvchan tezlikli nasosning maksimal samaradorligini aniqlash uchun uning oqim tezligi va bosimini o'zgartiradigan o'zgaruvchan tezlikda ishlash usuli qo'llaniladi.

Natijalar: Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, nasos agregatlari tomonidan iste'mol qilinadigan energiyaning 30% dan 50% gacha nasos stansiyasining asosiy qismlarini yangilash yoki boshqaruv tizimiga o'zgartirishlar kiritish orqali tejash mumkin. Vaqt o'tishi bilan oqim rejimini hisobga olgan holda, nasos agregatlari ishlashining ma'lum bir davri uchun energiya sarfini optimallashtirish bo'yicha tavsiyalar berilgan, ular nominal ish sharoitida nasos va dvigatelnig samaradorligi qiymati, shuningdek, vaqtning ma'lum bir nuqtasida talab qilinadigan oqim diapazoni bilan belgilanadi.

Kalit so'zlar: Mashinaning suvni ko'tarish tizimi, barqarorligi, optimal energiya iste'moli, nasos agregatlari, ish parametrlari, nasos stansiyalari.

Повышение устойчивости энергопотребления насосных установок

Бекмамат Хамдамов¹, Фахриддин Ж. Носиров^{1,a}, Журабек А. Уралов^{1,b},
Абдукодирхон С. Абдулахаев²

¹⁾ д.т.н., и.о.профессора, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; khamdamov_55@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9434-6157>

^{1a)} DSc, профессор, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан.; nosirov-0173@mail.ru [0000-0003-3295-8187](https://orcid.org/0000-0003-3295-8187)

^{1b)} Докторант (PhD) Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; orolovjorabek3@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-6142-6270>

^{2a)} Докторант Научно - исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИИВП), kodirxuja@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-1708-5760>

Актуальность: в настоящее время одним из основных и важных вопросов, с которыми приходится встречаться при проектировании сооружений и насосных установок систем машинного водоподъема, является обеспечение устойчивости эксплуатации с минимальным энергопотреблением основных сооружений и оборудования насосных станций. Эффективное использование энергетических ресурсов и устойчивость их сохранения приобретают огромное значение. От правильного решения этого вопроса в значительной мере зависит преодоление дефицита энергии в будущем и определение потенциала энергосбережения.

Цель: найти необходимые решения для повышения эффективности насосных установок.

Методы: в ходе исследования, с целью анализа устойчивости энергопотребления использованы современные теории и методы моделирования динамических процессов в системе машинного водоподъема. Кроме того, были разработаны соответствующие алгоритмы для эффективного решения задач управления частотой. Для использования методов применяются системы скоординированного управления автоматизации и контроля ИИ. Для определения максимального КПД насоса, работающего с переменной частотой вращения, используется метод эксплуатации с переменной частотой вращения, которая приводит к изменению его подачи и напора.

For citation: Khamdamov B., Nosirov F.J., Uralov J.A., Abdulkhaev A.S. Improving the sustainability of energy consumption of pumping units. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2026, no. 2, pp. 107-114.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21205539>

Received: 21.12.2025
Revised: 20.04.2026
Accepted: 14.06.2026
Published: 26.06.2026

Copyright: © Bekmamat Khamdamov, Fakhridin J. Nosirov, Jurabek A. Uralov, Abduqodirxon S. Abdulkhaev, 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/>).



Результаты: исследования показывают, что от 30% до 50% энергии, потребляемой насосными установками, можно сэкономить за счет модернизации основных элементов насосной станции или изменений в системе управления. Даны рекомендации с учетом профиля расхода во времени оптимизации потребления электроэнергии за определенный период работы насосных установок, которые определяются значением КПД насоса и двигателя при их номинальных рабочих условиях, а также диапазоном требуемого расхода в определенный момент времени.

Ключевые слова: система машинного водоподъема, устойчивость, оптимальное энергопотребление, насосные установки, параметры эксплуатации, насосные станции.

Improving the sustainability of energy consumption of pumping units

Bekmamat Khamdamov¹, Fakhridin J. Nosirov^{1,a}, Jurabek A. Uralov^{1,b},
Abdukodirkhon S. Abdulakhaev²

¹⁾ Doctor of Technical Sciences, Acting Professor, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; khamdamov_55@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9434-6157>

^{1a)} DSc, профессор, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан.; nosirov-0173@mail.ru [0000-0003-3295-8187](https://orcid.org/0000-0003-3295-8187)

^{1b)} Doctoral student at the Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; orolovjurabek3@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-6142-6270>

^{2a)} Doctoral student at the Research Institute of Irrigation and Water Problems (NIIWP), kodirxuja@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-1708-5760>

Relevance: At present, one of the main and important issues that must be addressed when designing structures and pumping units for machine water lifting systems is ensuring the sustainability of operation with minimal energy consumption of the main structures and equipment of pumping stations. Efficient use of energy resources and sustainable conservation are becoming increasingly important. Overcoming future energy shortages and identifying energy savings potential depend significantly on the correct resolution of this issue.

Aim: find the necessary solutions to improve the efficiency of pumping units.

Methods: During the study, modern theories and methods for modeling dynamic processes in a water-lifting machine system were used to analyze energy consumption stability. Furthermore, corresponding algorithms were developed to effectively solve frequency control problems. These methods utilize coordinated automation and AI control systems. To determine the maximum efficiency of a variable-speed pump, a variable-speed operation method is used, which changes its flow rate and pressure.

Results: Research shows that 30% to 50% of the energy consumed by pumping units can be saved by upgrading the main components of the pumping station or making changes to the control system. Recommendations are given, taking into account the flow profile over time, for optimizing energy consumption for a certain period of operation of pumping units, which are determined by the efficiency value of the pump and motor under their nominal operating conditions, as well as the range of required flow at a certain point in time.

Keywords: machine water lifting system, stability, optimal energy consumption, pumping units, operating parameters, pumping stations.

1. Введение (Introduction)

Энергия является одним из важнейших факторов экономического развития стран. Экономический рост приводит к увеличению спроса на энергию. За прошедшие годы возросшее использование традиционных источников для производства электроэнергии во многом истощило запасы традиционных энергоресурсов. Это также привело к росту стоимости энергии, а также колебания ее цен. В таких условиях эффективное использование энергетических ресурсов и устойчивость их сохранения приобретают огромное значение.

Расчёты показали, что мировое потребление энергии увеличится на 40-45% с 2020 по 2050 год [1]. По этим оценкам, глобальное потребление энергии увеличится с 635 (4х BTU) в 2020 году до 910 (4х BTU) в 2050 году.

Приведённая в статье диаграмма использует единицы измерения принятые в США и Великобритании BTU (British Thermal Unit) и переводится как Британская тепловая единица. Это внесистемная единица измерения тепловой энергии для оценки мощности систем, определяющая количество тепла для нагрева 1 фунта воды на 1°F (рис. 1).

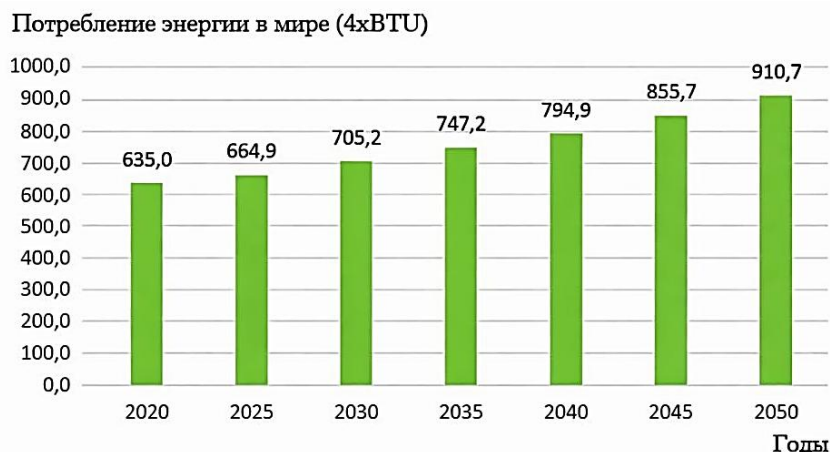


Рис.1. Динамика потребления энергии в мире.

Fig.1. Dynamics of energy consumption in the world.

Исходя из таблицы 1 исследователям и международному сообществу необходимо уделить внимание этой проблеме, чтобы преодолеть дефицит энергии в будущем и определить потенциал энергосбережения.

Для снижения затрат особое внимание уделяется эксплуатации оборудования, поскольку она обладает высоким потенциалом экономии средств, особенно в части минимизации энергопотребления и простоев.

Согласно данным Международного энергетического агентства, электродвигатели потребляют 46% электроэнергии, производимой в мире [2].

На насосные установки приходится 24% потребляемой энергии (рис. 2).

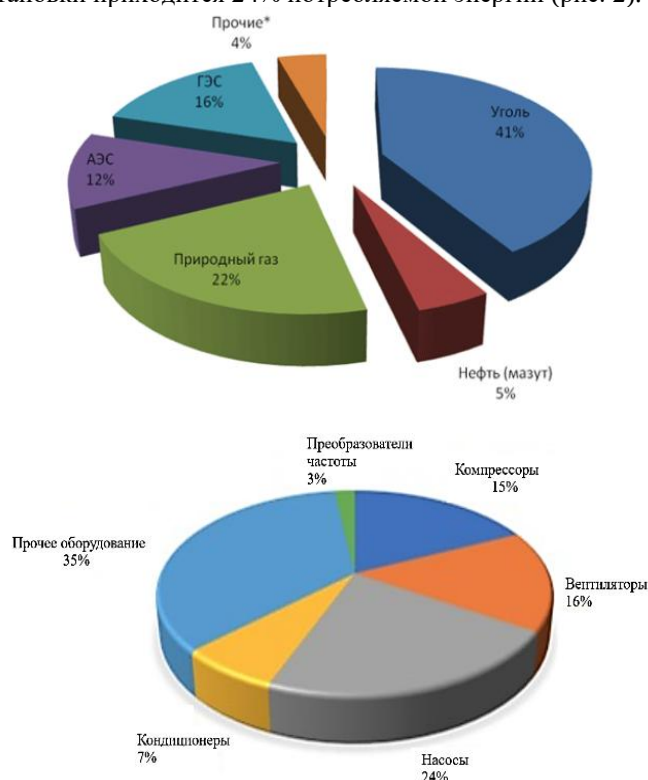


Рис.2. Мировые тенденции изготовления и потребления электроэнергии.

Fig.2. Global trends in electricity production and consumption.

Авторы исследуют возможности экономии потребления энергии и методы повышения энергоэффективности эксплуатации насосных станций [3,4].

2. Материалы и методы (Methods and materials)

В статье использованы энергогидравлические методы определения параметров насосных агрегатов. Достоверность полученных данных в ходе лабораторных и теоретических исследований доказана математическими методами проверки адекватности результатов

экспериментов, а также результатами натурных исследований условий забора воды и объективных данных условий эксплуатации насосов.

Методика проектирования и гидравлического расчета потоконаправляющих устройств, обеспечивает уменьшение потерь в вихревых областях потока.

Для управления режимов работы и обеспечения необходимых параметров напора ($H_{\min}$ и $H_{\max}$) насосы запускаются по одному до тех пор, пока насосная станция не достигнет максимальной нагрузки с минимум потребления электроэнергии. Эти методы аналогичны в ночное время, когда спрос снижается. Для использования методов применяются системы скоординированного управления автоматизации и контроля ИИ. Энергосистема должна иметь программное обеспечение, созданное на основе методов ИИ. Интеллектуальный учёт позволяет осуществлять передачу данных о количестве потреблённой электроэнергии в режиме реального времени и особенно в часы максимальных нагрузок.

Для определения максимального КПД насоса, работающего с переменной частотой вращения ПЧ, используется метод эксплуатации с переменной частотой вращения, которая приводит к изменению его подачи и напора. Разработанные методы дали возможность, используя приемы направленного многовариантного перебора, определить основные параметры для разных условий применения на насосных станциях. В настоящее время назрела необходимость рассмотрения научно-методической стороны проблемы технологий ИИ по управлению энергоресурсами, определения задач энергоэффективности ее структуры в развитии динамики оптимизации характеристик основного оборудования [5,6].

3. Результаты (Methods and materials)

Потери в каждом элементе систем машинного водоподъёма (СМВ) изучаются ведущими учёными [7,8]. Однако ими признаётся, что максимально возможные потери в насосной системе обусловлены неэффективной конструкцией трубопроводной системы, что составляет около 40–50% потерь КПД насосов составляет 80–85%; электродвигателей— более 90%, а частотно-регулируемых приводов до 95–98% (табл.1).

Таблица 1. Параметры эксплуатации насосных станций

Table 1. Operating Parameters of Pumping Stations

№	Элементы насосных станций	КПД%	Потери%
1	Трубопроводы и водовыпуски	50-60	40-50
2	Насосы	80-85	15-20
3	Узлы соединения	99	1
4	Двигатели	90-95	5-10
5	Преобразователи частоты (ПЧ)	95-98	2-5

Потребление энергии является основой большинства затрат по сравнению с другими статьями расходов. Энергопотребление и расход материалов в системе зависят от конструкции насоса и методов эксплуатации. Эти факторы взаимосвязаны и должны быть тщательно согласованы, чтобы на протяжении всего срока службы насосной системы снижались затраты на энергию и техническое обслуживание.

Технологические параметры являются важным фактором, влияющим на энергопотребление системы Э.

$$\mathcal{E} = T \sum_{i=1}^{i=N} \left(\frac{\Delta t}{T} \right) i \left(\frac{\rho g Q_3 H_3 H_n}{\eta_n \eta_{эд} H_3} \right) \quad (1)$$

T-это количество часов работы;

i- порядковый номер;

N - общее количество интервалов расхода;

Δt - периоды времени интервалов расхода;

Показатели Q_3 и H_3 обозначают запрашиваемый расход и соответствующий напор при различных условиях и времени эксплуатации.

Из приведенного уравнения 1 следует, что потребление энергии в СМВ за определенный период времени, зависит не только от эффективности отдельных компонентов в номинальном режиме работы, но и от диапазона требуемого расхода, временного интервала расхода соответствующего применения и эффективности отдельных компонентов во всем диапазоне режимов работы.

Определение объемных показателей по результатам проведенного обследования проводилось на основе оценки технического состояния и безопасной работы крупнейшего Джизакского каскада и головной станции ДГНС (табл.2,3)

**Таблица 2.** Натурные исследования ДГНС.**Table 2.** Field Studies of the DGNS

Наименование критерия	Значения для ДГНС	Оценка параметра
Пропускная способность подводящего канала	Максимальная водоподача: по проекту-137,7 м ³ /с. Фактически- в разные годы от 102,5 до 50,5 м ³ /с/	Сейчас расходы ниже проектного. Этот фактор повышает надежность ДГНС, так как, вместо одного, на станции больше резерва агрегатов
Заиливание водоприемников	Допустимая незаиляющая скорость движения воды в канале-0,7м/с; допустимая не размывающая – 0,8 м/с.	Комплекс сооружений улучшает режим работы при подачах Q > 60 м ³ /с, когда работает меньше насосов наблюдается заиливание

Таблица 3. Характеристика запорной арматуры насосных агрегатов.**Table 3.** Characteristics of Shut-Off Valves of Pumping Units

Основная арматура	Тип	«Основной» агрегат	«Разменный» агрегат
		Затвор дисковый с гидравлическим приводом от качающегося сервомотора	
		ЗД280-75	ЗД220-75
Условный диаметр, мм	Условное давление, МПа	2800	2200
		0,75	0,75
Техническое состояние	Колонки управления	Изношены цилиндры и поршни	
	Уплотнения	Изношены	

Возможности повышения энергоэффективности насосных станций можно разделить на три категории: проектирование, эксплуатация и техническое обслуживание (рис.3).

**Рис.3.** Категории повышения энергоэффективности.**Fig.3.** Energy efficiency improvement categories.

Каждая категория вносит свой вклад в энергосбережение на протяжении всего жизненного цикла насосной системы.

Проектирование включает выбор элементов (насос, двигатель и муфта), водовыпуска (трубопровода, клапанов) и методы управления. Эксплуатация направлена на эффективную и экономичную работу СМВ для минимизации энергопотребления. Техническое обслуживание сосредоточено на профилактическом обслуживании для увеличения срока службы компонентов насосной системы. Техническое обслуживание составляет до 20% от общей стоимости жизненного цикла СМВ.

Энергоэффективная СМВ отвечает требованиям к расходу и напору при минимальном энергопотреблении. Насосы широкого спектра типов и моделей выбираются на основе их способности соответствовать требованиям системы. Другие факторы, такие как режим работы, доступный и требуемый положительный напор на всасывании, срок службы компонентов и процедура технического обслуживания, также учитываются в процессе выбора.

В СМВ с различными требованиями к расходу и напору в разные моменты времени эффективность насоса изменяется и при определенном расходе она достигает максимума. Эта точка в мировой практике называется точкой максимальной эффективности. В соответствии с международными нормами и стандартами, выбор насоса должен осуществляться таким образом, чтобы

он всегда работал с отклонением $\pm 20\%$ от точки максимальной эффективности для достижения максимального энергосбережения.

Работая непосредственно на насосах или в непосредственной близости от них, точка оптимальной эффективности не только имеет преимущества в плане энергопотребления (стоимость единицы объема), но и дополнительные преимущества, такие как увеличение срока службы подшипников и уплотнений, снижение уровня шума и вибрации в допустимых пределах, а также увеличение среднего времени до отказа [9,10,11].

Энергоэффективные двигатели должны применяться с улучшенной конструкцией по сравнению со стандартными двигателями и специально разработанные для повышения эффективности работы. Это достигается за счет снижения собственных потерь двигателя, использования низкопотерной кремниевой стали, более длинного сердечника для увеличения количества активного материала) более тонких пластин, уменьшенного воздушного зазора между статором и ротором, использования медных, а не алюминиевых стержней.

Энергоэффективные двигатели работают в обычном режиме с КПД на 3-4% выше, чем стандартные двигатели. Коэффициент мощности энергоэффективных двигателей выше, чем у стандартных двигателей. Эти двигатели рассчитаны на работу при нагрузке от 75% до 100% от номинальной мощности без потери КПД, что эффективно в условиях изменяющейся нагрузки. Другим преимуществом энергоэффективных двигателей является более низкая рабочая температура, большая способность к ускорению при более высокой инерционной нагрузке, меньшая подверженность колебаниям напряжения питания и более низкий уровень шума. [12,13].

Выбор насоса для конкретного применения во многом зависит от того, насколько характеристики напора и расхода насоса соответствуют требованиям системы. Для конкретных требований следует учитывать продолжительность работы в различных режимах (частичная нагрузка и перегрузка). Увеличивает энергопотребление выбор мощного насоса для конкретной системы. Это приводит к тому, что фактическая кривая системы отличается от требуемой и насос будет работать с расходом и напором, отличными от ожидаемых. Насос будет работать с чрезмерным расходом или в режиме дросселирования, что увеличивает энергопотребление и сокращает срок службы насоса. [14,15].

Правильное проектирование СМВ учитывает взаимодействие насоса с остальной частью системы. Для определения требуемой производительности насоса необходимо рассчитать падение давления в трубопроводах. Это относится как к простым трубопроводным системам, так и к разветвленным трубопроводным системам [14,15].

4. Заключение (Conclusion)

1. Приведённый авторами обзор показал, что СМВ потребляют значительное количество энергии в течение всего срока службы. Сокращение ресурсов для производства энергии обуславливают необходимость поиска альтернативных способов снижения энергопотребления [11,12].

2. Один из самых простых альтернативных способов - это устранение потерь энергии в существующем оборудовании для повышения его эффективности. Это не только снизит энергопотребление, но и повысит устойчивость работы.

3. С учетом профиля расхода во времени, потребление электроэнергии в СМВ за определенный период работы определяется не только значением КПД ее компонентов (насоса и двигателя) при их номинальных рабочих условиях, но и значением КПД компонентов при частичной нагрузке, требуемым расходом и напором системы, а также диапазоном требуемого расхода в определенный момент времени.

4. Внедрение интеллектуальной энергосистемы в нашей стране связано с технологическими решениями по развитию альтернативных источников энергии, разработкой моделей и алгоритмов функционирования энергосистемы на основе методов ИИ. В настоящее время авторами рекомендованы несколько принципиальных способов применения ИИ в СМВ, которые используют энергию солнца, ветра и воды, превращая кинетическую энергию в механическую. Энергия преобразовывается в электрическую, которую можно использовать для привода электрофицированных насосов или других целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook 2019. - Washington, 2019.
2. Waide P., Brunner C.U. Energy-efficiency policy opportunities for electric motor-driven systems. - Paris: International Energy Agency, 2011.
3. Носиров Ф.Ж., Уралов Ж.А., Амиров Ш.Т. Совершенствование режимов эксплуатации лопастных насосов ирригационных систем // Scientific-technical journal. - 2025. - Т. 29. - № 4. - С. 143–150.

4. Tamminen J., Kosonen A., Ahonen T., Ahola J., Immonen P., Muetze A. Component selection tool to maximize overall energy conversion efficiency in a pumping system // Proceedings of the 15th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE 2013). - IEEE, 2013. - P. 1–9.
5. Уразкелдиев А.Б., Гловацкий О.Я., Дусматов Р. Внедрение технологий искусственного интеллекта по управлению энергоресурсами и использования возобновляемых источников энергии на насосных станциях // Материалы международной научно-практической конференции. -Ташкент, 2025. - С. 467-476.
6. Khamdamov B., Dusmatov R.K., Saparov A.B., Nasyrova N., Azizova G.S. Hydraulic modeling of vane pump parameters // Innovative: International Multidisciplinary Journal of Applied Technology. - 2025. - Vol. 3. -No. 12. - P. 36-42. - DOI: <https://doi.org/10.51699/fd090m85>
7. Kaya D., Yagmur E.A., Yigit K.S., Kilic F.C., Eren A.S., Celik C. Energy efficiency in pumps // Energy Conversion and Management. - 2008. - Vol. 49. - P. 1662–1673.
8. Lu S.-M. A review of high-efficiency motors: specification, policy, and technology // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2016. Vol. 59. - P. 12.
9. Glovatsky O., Nosirov F., Khamdamov B., Gazaryan A., Khamdamov U. Researches of energy balance in operating wheels of turbines and pumps // Problems of Energy and Resource Saving. - 2023. - No. 84. - P. 392–398.
10. Murtazayev K.M., Muxiddinov J.N., Nurkulov F.N. Studying of atmospheric resistance of fire-protective coatings // Материалы международной конференции «Энерго- и ресурсосбережение: новые исследования, технологии и инновационные подходы». – Карши, 2021. – С. 443–448.
11. Nosirov F., Glovatsky O., Khamdamov B., Gazaryan A., Khamdamov U. Increasing the stability of the supply hydraulic structures // AIP Conference Proceedings. - 2024. – Vol. 3152. - 040010. - DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0218867>
12. Nosirov F.J. Purification of the settling chamber of a pumping station from silt sediments using a slurry pump // Texas Journal of Engineering and Technology. - 2024. - Vol. 30. - P. 29–33.
13. Носиров Ф.Ж., Уроков А.С., Арзикулов Г.П., Амиров Ш.Т. Применение фотоэлектрических установок в аквагидропонике в сельском хозяйстве // Agro ilm. – Ташкент, 2024. - № 1(101). - С. 99-103.
14. Насиров Ф.Ж., Гловацкий О.Я., Хужакулов Р.Т., Ёралов Ж.А., Амиров Ш.Т. O‘zbekiston-2030 strategiyasida belgilangan suv resurslarini tejash va atrof muhitni muhofaza qilish. - SamDAQU, 2024.
15. Fakhridin Nosirov, Oleg Glovatskiy, R. T. Xujakulov, J. A. Uralov, Sh. T. Amirov. O‘zbekiston–2030 strategiyasida suv resurslarini tejash va atrof-muhitni muhofaza qilish.

REFERENCES

1. U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook 2019. – Washington, 2019.
2. Waide P., Brunner C.U. Energy-efficiency policy opportunities for electric motor-driven systems. - Paris: International Energy Agency, 2011.
3. Nosirov F.J., Uralov J.A., Amirov Sh.T. Improvement of operating modes of blade pumps in irrigation systems // Scientific-technical journal. - 2025. - Vol. 29. - No. 4. - P. 143-150.
4. Tamminen J., Kosonen A., Ahonen T., Ahola J., Immonen P., Muetze A. Component selection tool to maximize overall energy conversion efficiency in a pumping system // Proceedings of the 15th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE 2013). - IEEE, 2013. - P. 1-9.
5. Urakeldiyev A.B., Glovatsky O.Ya., Dusmatov R. Application of artificial intelligence technologies for energy resource management and use of renewable energy sources at pumping stations // Proceedings of the International Scientific-Practical Conference. - Tashkent, 2025. - P. 467–476.
6. Khamdamov B., Dusmatov R.K., Saparov A.B., Nasyrova N., Azizova G.S. Hydraulic modeling of vane pump parameters // Innovative: International Multidisciplinary Journal of Applied Technology. - 2025. - Vol. 3. - No. 12. - P. 36-42. - DOI: <https://doi.org/10.51699/fd090m85>.
7. Kaya D., Yagmur E.A., Yigit K.S., Kilic F.C., Eren A.S., Celik C. Energy efficiency in pumps // Energy Conversion and Management. - 2008. - Vol. 49. - P. 1662-1673.
8. Lu S.-M. A review of high-efficiency motors: specification, policy, and technology // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2016. - Vol. 59. - P. 1-12.
9. Glovatsky O., Nosirov F., Khamdamov B., Gazaryan A., Khamdamov U. Researches of energy balance in operating wheels of turbines and pumps // Problems of Energy and Resource Saving. - 2023. - No. 84. - P. 392-398.
10. Murtazayev K.M., Muxiddinov J.N., Nurkulov F.N. Study of atmospheric resistance of fire-protective coatings // Proceedings of the International Conference “Energy and Resource Saving: New Research, Technologies and Innovative Approaches”. - Karshi, 2021. - P. 443-448.
11. Nosirov F., Glovatsky O., Khamdamov B., Gazaryan A., Khamdamov U. Increasing the stability of hydraulic supply structures // AIP Conference Proceedings. - 2024. - Vol. 3152. – 040010. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0218867>.



12. Nosirov F.J. Purification of the settling chamber of a pumping station from silt sediments using a slurry pump // *Texas Journal of Engineering and Technology*. - 2024. - Vol. 30. - P. 29–33.
13. Nosirov F.J., Urakov A.S., Arzikulov G.P., Amirov Sh.T. Application of photovoltaic installations in aquaponics agriculture // *Agro ilm.* - Tashkent, 2024. - No. 1(101). - P. 99–103.
14. Nasirov F.J., Glovatsky O.Ya., Khuzhakulov R.T., Uralov J.A., Amirov Sh.T. Water resource saving and environmental protection in the Uzbekistan-2030 strategy. - SamDAQU, 2024.
15. Nosirov F., Glovatsky O., Khujakulov R.T., Uralov J.A., Amirov Sh.T. Water resource saving and environmental protection in the Uzbekistan-2030 strategy.