

УЎТ 621.31.004.18

НАСОС ҚУРИЛМАЛАРДА ЭНЕРГИЯ ТЕЖАШ МАСАЛАЛАРИ

А.И.Анарбаев – т.ф.н., доцент

А.Н.Қорақулов – таянч докторант

(ЎзР ФА Энергетика муаммолари институти)

Я.Ш.Қаюмов – магистр

“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти”
миллий тадқиқот университети)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7361975>

Аннотация. Мақолада таърифларнинг доимий ошириб борилиши ва энергия самарадорлиги ва энергияни тежашни ошириши талаблари муносабати билан тобора долзарб бўлиб бораётган энергия тежаш масалалари ёритилган. Насос қурилмаларида энергияни тежаш учун частота билан бошқариладиган насос станцияларининг электр юритмани бошқариши хусусиятлари кўриб чиқилди. Сувнинг ҳаракати ва электр таъминотининг технологик жараёни томонидан мос равишда созланиши учун тегишли аналитик боғлиқликлар олинади. Сув қуйиши жараёнларининг физик ибораларини таҳлил қилиши энергия тежаш режимларини ва ускуналарнинг самарадорлигини ошириши технологияларини аниқлашга имкон беради.

Калит сузлар: насос қурилмаси, частотали-ростлаш бошқаруви, энергия тежаш режимлари.

ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В НАСОСНЫХ УСТАНОВКАХ

Аннотация. В статье представлены вопросы экономии электроэнергии, которые становятся все более актуальными в связи с постоянным повышением тарифов и требованиями повышения энергоэффективности и энергосбережения. Для экономии энергии на насосных установках рассмотрены характеристики частотно-регулируемого управления электроприводом насосных станций. Для адекватной регулировки технологическим процессом перемещения воды и электроснабжением получены соответствующие аналитические зависимости. Анализ физических выражений процессов перекачки воды позволил определить энергосберегающие режимы работы и технологии повышения эффективности работы оборудования.

Ключевые слова: насосная установка, частотно-регулируемое управление, энергосберегающие режимы.

ENERGY SAVING ISSUES IN PUMPING UNITS

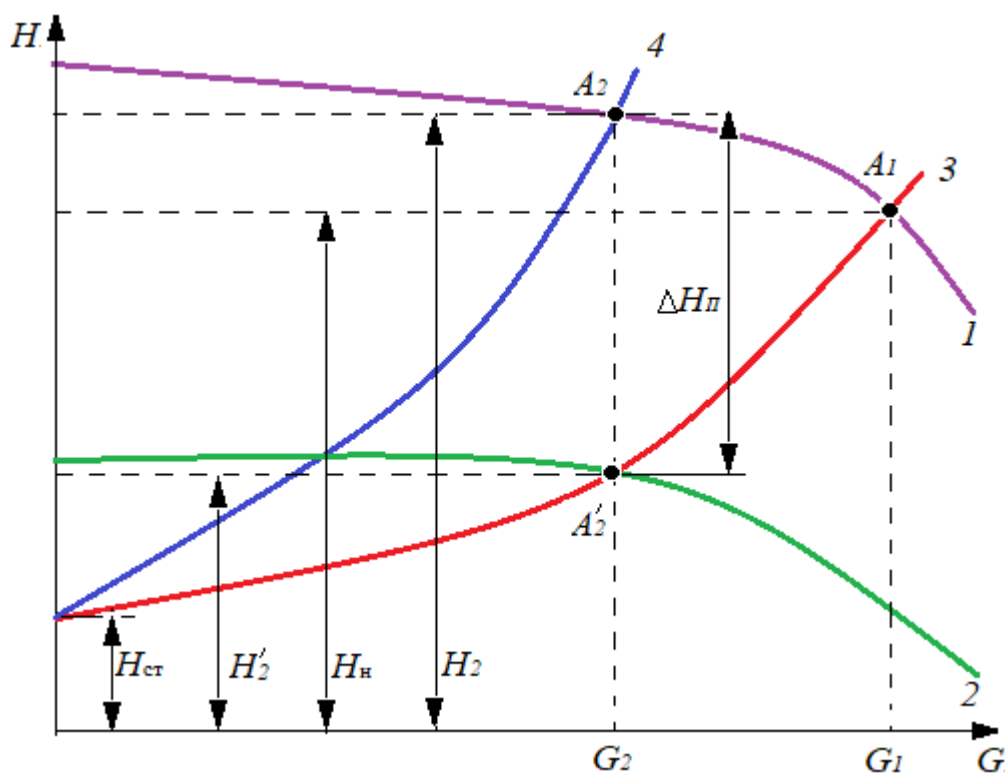
Abstract. The article presents the issues of energy saving, which are becoming increasingly relevant due to the constant increase in tariffs and the introduction of the demands on energy efficiency and energy conservation. To save energy at pumping units, the characteristics of controlling the electric drive of pumping stations with frequency-controlled control are considered. For adequate adjustment by the technological process of water movement and power supply, corresponding analytical dependencies are obtained. An analysis of the physical expressions of water pumping processes allowed us to determine energy-saving modes of operation and technologies for improving the efficiency of equipment.

Key words: hydro pump, frequency-regulated control, energy saving regimes.

Кириш. Таърифларнинг доимий ошиб бориши ҳамда республика сув хўжалигида

энергия самарадорлиги ва энергия тежаш масалаларининг долзарблиги туфайли электр энергиясини тежаш масалалари кескинлашмоқда. Маълумотлардан маълумки, мелиорация харажатларининг салмоқли қисмини насос стансияларини ишлатиш харажатлари ташкил этади [1]. Ушбу турдаги ўрнатишнинг эксплуатация тажрибаси шуни кўрсатадики, насосли сувнинг ҳар бир кубометрида харажатларнинг 74% электр энергиясига тўғри келади [2]. Суғориш насос стансияларининг асосий муаммоларидан бири насос агрегатларини бошқариш тизимларининг қониқарсиз ҳолатидир [3]. Кўпинча улар насос стансияларини куришнинг дастлабки даврида яратилганлиги ва ҳозирда эскирганлиги сабабли ишламайди ёки самарасиз ишлайди. Шу муносабат билан, насос стансияларида энергияни тежаш бўйича мумкин бўлган чора-тадбирлар масалаларини кўриб чиқиш истиқболлидир [4].

Тадқиқот методологияси. Центрифугали насослар иш қилдиракнинг айланиш тезлигини ўзгартириш ёки босим чизиғидаги вентилнинг очилиш даражасини ўзгартириш орқали бошқарилади [5]. Вентилни ёпиш ёки очиш, қувур линиясининг $G-H$ характеристикасининг тиклиги (1-расм) ўзгартирилади, бу унинг гидравлик қаршилигига боғлиқ



1-расм. Центрифугали насоснинг иш режимини тартибга солиш:

1-номинал тезликда насоснинг $G-H$ характеристикаси; 2 - пасайтирилган тезлик билан бир хил; 3-вентил тўлиқ очилганда қувур линиясининг $G-H$ характеристикаси; 4 - вентил очилиш даражасининг пасайиши билан $G-H$ характеристикаси

Дарвозани ёпиш орқали характеристиканинг кескинлиги ошади, A_1 насосининг иш нуктаси A_2 ҳолатига ўтади, оқим G_2 қийматига камаяди, насос томонидан ишлаб чиқилган босим H_2 қийматига ошади ва босим ўзгаради, дарвоза ортидаги қувур линияси дарвозадаги $\Delta H_{п}$ босим йўқотишлари туфайли H'_2 қийматига тушади [6].

Дарвозанинг очилиш даражасини ошириш орқали қувур линияси хусусиятларининг кескинлиги пасаяди, бу тартибга солиш усули тежамкор деб ҳисобланади, чунки дарвозадаги қўшимча гидравлик қаршиликни энгиш учун қўшимча энергия талаб қилинади. Насос тезлиги ўзгарганда, насоснинг $G-H$ характеристикасининг позицияси ўзгаради, тезликни пасайтиради, характеристикани ўзига параллел равишда пастга силжитади. Бундай ҳолда, иш нуқтаси қувур линияси характеристикаси бўйлаб ҳаракатланади, кетма-кет A_2 позициясини эгаллайди, оқим тармоқдаги босим ва насос томонидан ишлаб чиқилган босим билан бир хил тарзда камаяди.

Насос моторининг қуввати (кВт) қуйидаги ифода билан аниқланади [7].

$$P_n = \frac{k_{зах} \cdot G_n \cdot (H_c + \Delta H) \cdot \gamma}{377200 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\varepsilon d}}; \quad (1)$$

бу ерда: $k_{зах}$ - захира коэффициенти ($G_n < 100$ м³/соат, $k_{зах}=1,2-1,3$; $G_n > 100$ м³/соат, $k_{зах}=1,1-1,5$); H_c - статик босим (сўриш ва тушириш баландликларининг йиғиндиси), м сув устуни; ΔH - қувур линияларида босимнинг йўқолиши, м сув устуни; η_n - насоснинг самарадорлиги; $\eta_{\varepsilon d}$ - электр двигателининг самарадорлиги; γ - суюқлик зичлиги, кг/м³; G_n - насос етказиб бериш, м³/ч.

Насос агрегатларида солиштирма қувват сарфи кВт·соат/м³ қуйидаги ифода билан аниқланади [8]:

$$\omega_{y\delta} = \frac{0,00272 \cdot (H_c + \Delta H)}{\eta_n \cdot \eta_{\varepsilon d}}; \quad (2)$$

(2)-ифода ва 1-расмдан кўриниб турибдики, насос агрегатларида энергияни тежашга қуйидаги йўллар билан эришиш мумкин: насос агрегатининг (G_n, H) тўғри характеристикаларини танлаш; насослар ва электр моторларнинг самарадорлигини ошириш; насосларнинг юқини ошириш ва уларнинг ишини тартибга солишни такомиллаштириш; қувур линияси қаршилигини камайтириш; сув истеъмоли ва йўқотишларни камайтириш.

Насос станцияларини ўрганиш шуни кўрсатадики, айрим ҳолларда насосларнинг паспорт тавсифлари (G_n, H) ва сув таъминоти тизимларининг ҳақиқий хусусиятлари ўртасида номувофиқлик мавжуд [9,10,11].

Насос агрегати ҳисобланганидан камроқ оқим тезлиги билан ишлаганда, насос томонидан ишлаб чиқилган босим ва маълум миқдордаги суюқлик (яъни, ортиқча насос босими) билан таъминлаш учун зарур бўлган босим ўртасида номувофиқлик пайдо бўлади. 1-расмдан кўриниб турибдики, оқим пасайганда тармоқ учун зарур бўлган босим пасаяди ва насос томонидан ишлаб чиқилган босим ортади [12]. Бу босимлар орасидаги фарк

$$\Delta H_{II} = H_n - H_c; \quad (3)$$

Насос ва қувур линиясининг биргаликдаги ишлаши графигидан (1-расм) кўриниб турибдики, ΔH_{II} қиймати қанчалик катта бўлса, насос ва қувур линиясининг характеристикалари қанчалик тик бўлса ва насоснинг ҳақиқий оқими ҳисобланганига нисбатан паст бўлади.

Босимнинг ошиши туфайли йиллик электр энергиясининг йўқолиши қуйидагича бўлади [13], кВт·соат:

$$\Delta W = \frac{k_{\text{зах}} \cdot \gamma}{36720 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{эд}}} \Delta H_{\text{П}} \cdot T_{\text{й}} \sum_{i=1}^n G_{\text{ни}} \cdot ; \quad (4)$$

бу ерда: $T_{\text{й}}$ - $\Delta H_{\text{П}}$ га ортиқча босим билан насоснинг йиллик иш вақти

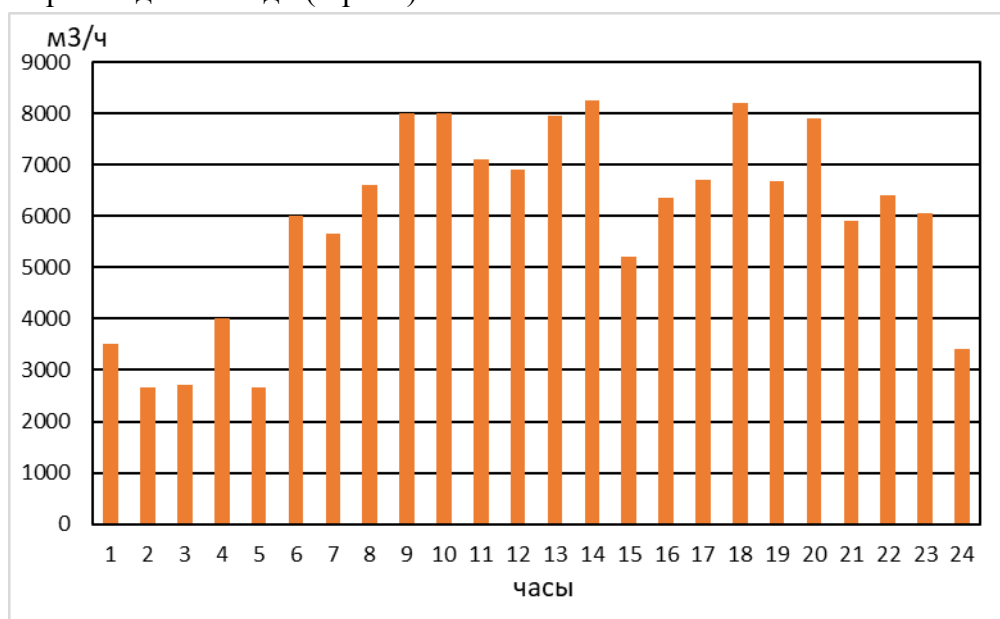
Агар насос ўзгарувчан босим ва босим [14] билан ишлаётган бўлса, у ҳолда:

$$\Delta W = \frac{k_{\text{зах}} \cdot \gamma}{367200 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{эд}}} \sum_{i=1}^n G_{\text{ни}} \cdot \Delta H_{\text{Пi}} \cdot T_{\text{гi}} ; \quad (5)$$

бу ерда: $G_{\text{ни}}$ - i -м вақт оралиғидаги босим, $\Delta H_{\text{Пi}}$ - i -м вақт оралиғида ортиқча босим

$T_{\text{гi}}$ - i -интервалнинг йиллик давомийлиги; n -босим ўзгариши оралиғи сони.

Насосларнинг ишлашини тартибга солиш. Амалда ўзгармайдиган (доимий) сув таъминоти режимлари мавжуд эмас. Насослар сув истеъмол қилиш режимларига қараб ўзгарувчан режимда ишлайди (2-расм).



2-расм. Сув таъминоти станциясининг 2-кўтарилишидан кунлик сув таъминоти [4]

Шунинг учун насосларнинг иш режимларини тўғри ўзгартириш, яъни.оқилона тартибга солиш, электр энергиясини сезиларли даражада тежашни таъминлайди [15]. Насосларнинг ишлаш режимини тартибга солиш босим ёки қабул қилувчи вентил билан амалга оширилиши мумкин; параллел ишлайдиган насослар сонини ўзгартириш; электр моторининг айланиш тезлигини ўзгартириш.

Частота айлантурувчининг қуввати қуйидаги ифода билан аниқланади

$$P_{\text{ч.а}}=(1,1-1,2) \cdot P_n. \quad (6)$$

Айлантурувчрни жорий қилишда йиллик электр энергиясини тежаш қуйидагилар билан белгиланади

$$\Delta W = \frac{H_{\text{чик}} - H_{\text{ўрн}}}{367 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{эд}}} \sum_{i=1}^n G_{\text{ни}} \cdot T_{\text{гi}} \quad (7)$$

бу ерда: $H_{\text{чик}}$ - насоснинг чиқишидаги босим, м сув устуни; $H_{\text{ўрн}}$ - қувурда клапан орқасида ўрнатилган босимнинг қиймати, м сув устуни.

Насосларнинг самарадорлигини ошириш. Эскирган насосларни юқори самарадорлик билан янгиларига алмаштириш электр энергиясини тежашга имкон беради [16]:

$$\Delta W = 0,00272 \frac{H}{\eta_{\text{эо}} \cdot \eta_{\text{н.н}} \cdot \eta_{\text{н.см}}} \cdot \frac{1}{G_n \cdot T_{\text{Гі}}}; \quad (8)$$

Кувур линияларининг қаршилигини пасайтириш. Сув таъминоти учун электр энергиясининг солиштирма истеъмоли ошишининг сабаблари кувур линияси конфигурациясининг нотўғрилиги, оқим кескин бурилишлар, тикилиб қолган ассимиляция мосламалари ва бошқалардир. Ушбу сабабларни бартараф этиш кувур қаршилигининг пасайишига ва электр энергияси истеъмолининг пасайишига олиб келади [17].

Тўғри участкада кувур линиясидаги босимнинг йўқолиши тенгдир [18]

$$\Delta H = 0,083 \cdot \lambda \cdot L \cdot G^2 / d^5, \quad (9)$$

$$\Delta H = 0,083 \cdot f \cdot G^2 / d^4, \quad (10)$$

бу ерда: λ -сувнинг кувур деворларига ишқаланиш коэффициенти ($\lambda=0,02-0,03$);

L -кувур линиясининг узунлиги, м; G -ҳақиқий истеъмол, м³/с; d -кувур диаметри, м;

f - маҳаллий қаршилик коэффициенти: клапанлар учун $f=0,5$; 90° тирсак учун $f=0,3$; назорат валфи учун $f=5,0$.

Кувурлар ва арматураларнинг оқадиган уланишлари орқали сув оқиши тўғридан-тўғри электр йўқотишларига олиб келади, бу йўқотишларнинг қийматлари қуйидаги усуллар билан аниқланади. [19]:

- агар тақсимлаш тармоғи участкасининг бошида ва охирида оқим ўлчагичлар мавжуд бўлса, йўқотишлар участканинг бошида ва охирида ҳисобот даври учун ўлчанган сув оқимлари ўртасидаги фарқ билан аниқланади.;

- катта ички ҳажмли кенг тармоқ билан сув йўқотишлари барча истеъмолчиларни тармоқдан узиб, аниқ оқим ўлчагич билан аниқланиши мумкин.

Ўлчанган сув йўқотишлари маълум бир насос станциясини сув билан таъминлаш учун ҳақиқий ўзига хос энергия сарфига кўпайтирилиши керак, натижада олинган қиймат сув таъминоти тармоғининг ёмон ҳолатидан келиб чиққан энергия йўқотишларига тенгдир.

Саноат корхоналарида кўп миқдорда сув турли технологик бирликларни совутиш учун ишлатилади. Ушбу мақсадлар учун сув ёпиқ циклда қайта-қайта ишлатилиши мумкин. Қайта ишланган сув таъминотини жорий этиш бирламчи сув сарфини 2 баробарга қисқартириш ва энергияни 15-20% тежаш имконини беради. [20].

Электр қурилмаларини совутиш тизимларини такомиллаштириш, шунингдек совутиш учун сув етказиб беришни автоматик бошқариш схемаларини қўллаш орқали сув сарфини ва шунга мос равишда электр энергиясини истеъмол қилишни камайтириш мумкин.

Хулосалар

Юқоридаги тартибга солиш усулларини таҳлил қилиш қуйидагиларни кўрсатади:

- сув оқимининг пасайиши билан валф билан тартибга солишда насоснинг самарадорлиги пасаяди ва босим қийматлари ортади. Шунинг учун, сув оқимининг пасайиши билан электр энергиясининг солиштирма истеъмоли тез ўсиб боради;

- параллел ишлайдиган насослар сонини ўзгартириш орқали тартибга солишда двигател ва насоснинг самарадорлиги ўзгаришсиз қолади. Тармоқларда оқим тезлиги ва йўқотишларнинг камайиши туфайли босим пасаяди, бу эса электр энергиясининг ўзига хос энергия сарфини пасайишига олиб келади;

-насос тезлигини ўзгартириш орқали тартибга солишда насос ва электр моторининг самарадорлиги амалда оқимнинг пасайиши билан камаймайди, лекин босим камаяди. Шундай қилиб, ўзига хос энергия сарфи камаяди.

Частотани тартибга солиш частота айланувчилари ёрдамида амалга оширилади. У қуйидагиларга имкон беради: сув истеъмоли ҳажми ўзгарганда керакли сув босимини автоматик равишда ушлаб туриш; сув истеъмоли пайтида, шунингдек, тармоқдаги кучланишнинг пасайиши пайтида ортикча юкларни бартараф этиш ҳисобига электр двигателлари ва насосларнинг ишлаш муддатини 2-3 баробар ошириш; ортикча босим йўқлиги сабабли қувурларнинг хизмат қилиш муддатини ошириш; ортикча босим йўқотишларини камайтириш орқали сув сарфини камайтириш (сув таъминоти тизимларида ҳар бир ортикча атмосфера катта қочкинлар туфайли қўшимча 7÷9% сув йўқотишларини келтириб чиқаради); насосларнинг узлуксиз ишлаши ҳисобига сув таъминоти тизимларининг ишлаши учун меҳнат харажатларини камайтириш, шунингдек, захира насосни улаш учун буйруқ сигналинини яратиш ва жараённи бошқариш тизимидан бошқарувни автоматлаштиришдан фойдаланиш билан автоматик ўчириш.

Частотани тартибга солишдан фойдаланишнинг йиллик иқтисодий самараси учта компонентдан иборат [21] насос агрегатлари самарадорлигини ошириш орқали электр йўқотишларини камайтириш самараси; таъминот тизимларида босимни барқарорлаштириш орқали сув сарфини камайтириш таъсири; электр ва механик асбоб-ускуналарнинг хизмат кўрсатиш муддати ва капитал таъмирлаш муддатларини ошириш таъсири, ўчириш клапанларини сотиб олиш, ўрнатиш ва сақлаш харажатлари.

Насос агрегатларининг частотали бошқариладиган электр юритмасини бошқариш алгоритми билан ишлатиш уларнинг электр энергиясини истеъмол қилишни 30÷40% га камайтиришга имкон беради.[13].

REFERENCES

1. Тимофеев Е. В., Эрк А. Ф., Размук В. А. Применение частотных регуляторов в составе оборудования для водоснабжения объектов АПК // Молодой ученый. Москва. 2017. №11. С. 178-183.
2. Э.К.Кан, Н.М.Икрамов, Г.С.Теплова. Энергоэффективные эксплуатационные режимы средних и малых ирригационных насосных станций с центробежными насосами типа «Д». IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA. Maxsus son 2019. Toshkent. Bb.47-51.
3. Дидыч В.А. Пути энергосбережения в насосных установках системы мелиорации и орошения. Научный журнал Куб ГАУ, №69(05), Краснодар, 2011. С.14-39.
4. Шепелев А.Е., Штанько А.С. Требования к основным положениям нормативных документов в области эксплуатации мелиоративных насосных станций. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 1(05), Москва. 2012 г. С. 34-37
5. Kanzumba Kusakana Hybrid DG-PV with groundwater pumped hydro storage for sustainable energy supply in arid areas Journal of Energy Storage, Volume 18, August 2018, Pp. 84-89
6. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходушных установках. Производственно-практическое издание. -Москва: Энергоатомиздат, 2006. 360 с.

7. Ajit Kumar, K. Dasgupta, Jayanta Das. Achieving constant speed of a hydrostatic drive using controlled operation of the pump and enhancing its energy efficiency *ISA Transactions*, Volume 90, July 2019, Pp. 189-201

8. Козлов М., Чистяков А. Эффективность внедрения систем с частотно регулируемые электроприводами. Современные технологии автоматизации. Москва. 2001. № 1., С. 76-82.

9. Данфосс. Совершенное решение для водоснабжения и водоотведения и ирригации. Издание PEMMSC 2011.07. Брошюра VLT® AQUA Drive. Копенгаген. 32 с

10. Данфосс. Совершенное решение для водоснабжения и водоотведения и ирригации. Издание PEMMSC 2011.07. Брошюра VLT® AQUA Drive. Копенгаген. 32 с.

11. Shafiqur Rehman, Luai M. Al-Hadhrami, Md. Mahbub Alam. Pumped hydro energy storage system: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 44, April 2015, Pp. 586-598

12. Николаев В.Г. Энергосберегающие методы управления режимами работы насосных установок систем водоснабжения и водоотведения: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук. Москва, 2010, 48 с.

13. Копытов Ю.В., Чуланов Б.А. Экономия электроэнергии в промышленности: Справочник. Москва: Энергоатомиздат, 1982. 112 с.

14. Сиволов Г.Е., Кармалов А.И., Ивансон П.Б., Исхаков Ю.Б. Многоуровневая автоматизированная система управления технологическими процессами водоснабжения и водоотведения. Водоснабжение и санитарная техника. Москва. 2011. № 9. С.11-14.

15. Камалов Т.С., Шавазов А.А., Сайфуллаева Л.И. Вопросы пуска и регулирование производительности насосного агрегата насосных станций систем машинного орошения. Энергосбережение и Водоподготовка №3 (119), 2019 С.51-54

16. Инструкция по расчету экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода. Минтопэнерго. Москва. 1997. 28 с.

17. Шакарян. Ю. Г. Инструкция по расчету экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода./ Москва: АО ВНИИЭ, МЭИ, 1997. С.19-22

18. Гоппе Г.Г. Методы и технические средства энерго- и ресурсосберегающего управления турбомеханизмами: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук. - Иркутск, 2009, 36 с.

19. Байбаков С.А., Субботина Е.А., Филатов К.В., Нагдасев В.М., Желнов А.Ю. Частотно-регулируемый привод. Регулирование центробежных насосов и методы регулирования отпуска тепла в тепловых сетях. Журнал "Новости теплоснабжения" №12 (160), Москва, 2013 г. С.23-26.

20. Максимов С. В. Методика оценки эффективности применения частотных регуляторов в составе оборудования гидросооружений. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. ИАЭП. С-Пб, 2010. № 82. С.87-96

21. Эрк А. Ф., Максимов С. В. Методика оценки эффективности применения частотных регуляторов в составе оборудования гидросооружений. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. ИАЭП. — С-Пб, 2010. № 82. С.87-96

Анарбаев Анвар Изатуллаевич – т.ф.н., доцент (ЎзР ФА Энергетика муаммолари институти)

Қорақулов Аслиддин Нуриддинович – таянч докторант (ЎзР ФА Энергетика муаммолари институти)

Қаюмов Яшин Шеробод ўғли – магистр (“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” миллий тадқиқот университети)