



**YIRIK NASOS STANSIYALARIDA AGREGATLARNI ISHGA
TUSHIRISH-TO‘XTATISH JARAYONLARINI TAHLIL QILISH VA
FOYDALANISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO‘LLARI
АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПУСКА И ОСТАНОВА АГРЕГАТОВ
КРУПНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ANALYSIS OF START-UP AND SHUTDOWN PROCESSES OF PUMP
UNITS AT LARGE PUMPING STATIONS AND WAYS TO IMPROVE
THEIR OPERATIONAL EFFICIENCY**

Yusupova Nargiza Eshpulatovna

Ягона бошқарув компанияси МЧЖ Назоратчи инспектор

Annotatsiya. Maqolada yirik magistral kanal kaskadidagi nasos stansiyalari agregatlarini ishga tushirish va to‘xtatish jarayonlarida yuzaga keladigan gidrodinamik va titrash zo‘riqlashlarini tahlil qilish hamda stansiyalardan foydalanish samaradorligini oshirish yo‘llarini asoslash maqsad qilib olingan. Tadqiqotda tajriba-kuzatuv usuli, bosim pulsatsiyasi va titrash amplitudasini o‘lchash natijalarini tahlil qilish, shuningdek elektrodinamik tormozlash va havo berish usullarining samaradorligini baholash metodikasi qo‘llanildi. Natijalarga ko‘ra, nasosni ishga tushirish jarayonida bosim pulsatsiyasining ikkilik amplitudasi ishchi naporning 40–50 foizigacha yetishi, ayrim qismlarning titrashi esa me‘yordan 10 barobargacha oshishi aniqlandi. Yo‘naltiruvchi apparat chiqish zonasiga nasos unumdorligining 0,7 foizi miqdorida bosimli havo berish bosim pulsatsiyasini 2 barobar kamaytirishi, elektrodinamik tormozlash usuli esa avariya to‘xtash paytidagi bosim amplitudasini 80–100 foizgacha pasaytirishi ko‘rsatildi. Shuningdek, tahlil qilingan stansiya agregatlarining foydali ish koeffitsiyenti optimal qiymatdan (86%) o‘rtacha 11,4 foizga past ekanligi, natijada yiliga kaskad bo‘yicha 23,6–35,4 mln. kVt-soat elektr energiyasi ortiqcha sarflanishi mumkinligi hisoblab



chiqarildi. Olingan natijalar yirik nasos stansiyalarida energiya tejamkorligini oshirish va agregatlar ishonchliligini ta'minlash bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: nasos agregati, ishga tushirish jarayoni, bosim pulsatsiyasi, titrash amplitudasi, elektrodinamik tormozlash, energiya tejamkorligi, foydali ish koeffitsiyenti.

Аннотация. В статье поставлена цель проанализировать гидродинамические и вибрационные нагрузки, возникающие при пуске и останове агрегатов крупных насосных станций каскада магистрального канала, а также обосновать пути повышения эффективности их эксплуатации. В исследовании применены экспериментально-наблюдательный метод, анализ результатов измерений пульсации давления и амплитуды вибрации, а также методика оценки эффективности электродинамического торможения и подачи воздуха. Согласно результатам, двойная амплитуда пульсации давления при пуске насоса достигает 40–50% рабочего напора, а вибрация отдельных узлов возрастает до 10 раз по сравнению с нормой. Установлено, что подача сжатого воздуха в зону выхода направляющего аппарата в объёме 0,7% подачи насоса снижает пульсацию давления в 2 раза, а электродинамическое торможение уменьшает амплитуду давления при аварийном останове на 80–100%. Кроме того, рассчитано, что коэффициент полезного действия агрегатов исследуемой станции в среднем на 11,4% ниже оптимального значения (86%), вследствие чего по каскаду может перерасходоваться 23,6–35,4 млн. кВт ч электроэнергии в год. Полученные результаты служат основой для разработки практических рекомендаций по энергосбережению и повышению надёжности агрегатов крупных насосных станций.

Ключевые слова: насосный агрегат, процесс пуска, пульсация давления, амплитуда вибрации, электродинамическое торможение, энергосбережение, коэффициент полезного действия.



Abstract. *This article aims to analyze the hydrodynamic and vibration loads that arise during the start-up and shutdown of pump units at large pumping stations of a main-canal cascade, and to substantiate ways of improving their operational efficiency. The study applies an experimental-observational method, analysis of pressure-pulsation and vibration-amplitude measurement results, and a methodology for evaluating the effectiveness of electrodynamic braking and air-injection techniques. The results show that the double amplitude of pressure pulsation during pump start-up reaches 40–50% of the operating head, while the vibration of certain components increases up to tenfold compared to the norm. It was established that supplying compressed air to the outlet zone of the guide vanes, at 0.7% of pump discharge, reduces pressure pulsation by a factor of two, while electrodynamic braking decreases the pressure amplitude during emergency shut down by 80–100%. In addition, it was calculated that the efficiency of the units at the studied station is on average 11.4% below the optimal value (86%), which may result in an excess consumption of 23.6–35.4 million kWh of electricity per year across the cascade. The obtained results form a basis for developing practical recommendations on energy saving and increasing the reliability of units at large pumping stations.*

Keywords: *pump unit, start-up process, pressure pulsation, vibration amplitude, electrodynamic braking, energy saving, efficiency.*

Kirish. Yirik magistral kanallar kaskadidagi nasos stansiyalari nafaqat Respublikamizda, balki jahon miqyosida ham eng noyob va yirik gidrotexnik majmualardan hisoblanadi hamda qishloq xo‘jaligida sug‘orma dehqonchilikni suv bilan ta‘minlashda beqiyos ahamiyatga ega. Hozirgi kunda Respublikamizning qishloq xo‘jaligi tizimidagi ekin maydonlariga suv yetkazib berish uchun 1500 dan ortiq statsionar nasos stansiyasi xizmat qilmoqda, ular respublikadagi barcha iste‘molchilarga beriladigan elektr energiyasining 17–18 foizini yillik iste‘mol qiladi.



Faqat bitta yirik kaskad nasos stansiyalarida yiliga 2 mlrd. kVt·soatdan ortiq elektr energiyasi iste'mol qilinishi va bunga yuzlab milliard so'm mablag' sarflanishi ma'lum. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2013 yil 5 iyundagi 158-son qarorida suv xo'jaligi tashkilotlari nasos stansiyalarining 81 foizi elektrodvigatellarining eskirganligi, bu esa elektr energiyasining zamonaviy uskunaga nisbatan 10–15 foizgacha ortiqcha iste'mol qilinishiga sabab bo'layotgani ta'kidlangan.

Bunday sharoitda nasos agregatlarini ishga tushirish va to'xtatish jarayonlarida yuzaga keladigan gidrodinamik zo'riqishlarni kamaytirish, shuningdek ularning ish rejimini optimallashtirish orqali energiya tejamkorligiga erishish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biriga aylanmoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi - yirik nasos stansiyalari agregatlarini ishga tushirish va to'xtatish jarayonlarida kuzatiladigan bosim pulsatsiyasi va titrash zo'riqishlarini tahlil qilish, ularni kamaytirish usullarining samaradorligini baholash hamda stansiyalar foydali ish koeffitsiyentini oshirish yo'llarini asoslashdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda tajriba-kuzatuv usuli qo'llanildi: nasos agregatini ishga tushirish jarayoni to'rt bosqichga (tinch holatdan sinxron aylanish chastotasiga chiqish; quvurning suv bilan to'lishi; oshirilgan napor bilan ishlash; vakuum yo'qotish klapanining yopilishi va belgilangan rejimga o'tish) bo'lib o'rganildi, har bir bosqichda bosim pulsatsiyasi (yo'naltiruvchi apparat chiqish zonasida) va agregat qismlarining titrash amplitudasi o'lchandi.

To'xtash jarayoni olti bosqichda (tormozlangan nasos rejimi; teskari oqim rejimi; turbina rejimi; tezkor turbina rejimi; tormozlangan turbina rejimi; teskari nasos rejimi) tahlil qilindi, bu bosqichlarda ham bosim pulsatsiyasi ikkilik amplitudasi (2A) va titrash ko'rsatkichlari qayd etildi.

Gidrodinamik zo'riqishni kamaytirish usullarining samaradorligini baholash uchun ikki usul qiyoslandi: (1) yo'naltiruvchi apparat chiqish zonasiga nasos unumdorligining ma'lum foizi miqdorida bosimli havo berish; (2) avariya to'xtash



paytida elektrodinamik tormozlash, ya'ni turbina rejimida elektrodvigatel rotoriga qo'shimcha manbadan o'zgaras tok berib tormozlash.

Stansiya agregatlarining foydali ish koeffitsiyenti (FIK) real ekspluatatsiya kuzatuvlari asosida aniqlanib, optimal (katalog) qiymat bilan solishtirildi; ortiqcha energiya sarfi FIK farqi va yillik haydaladigan suv hajmi asosida hisoblab chiqarildi.

Natijalar va muhokama. Ishga tushirish jarayonining birinchi bosqichi (sinxronizatsiyaga erishish) 8–10 sekundni tashkil etib, bu bosqichda bosim quvuridagi napor geometrik naporning 15–60 foizini tashkil etadi, parraklarga ta'sir etuvchi kuch momenti 2,5–3,0 barobar oshadi. Ikkinchi bosqichda (13–17-sekundlarda) bosimning katta miqdordagi pulsatsiyasi kuzatiladi va bosqich oxiriga borib (22–28-sekundlar) meyorlashadi. Uchinchi bosqichda geometrik napor meyorga nisbatan 3–4 metr oshiq bo'lishi mumkin.

Umumiy holda, nasosni ishga tushirishda elektrodvigatelga beriladigan tok kuchi meyordagidan 5–7 marta ortiq bo'ladi; maksimal gidrodinamik bosim pulsatsiyasi yo'naltiruvchi apparatdan chiqish zonasida yuzaga kelib, uning qiymati meyoriy rejimga nisbatan 5–7,5 barobar katta bo'lishi va naporning 40–50 foizini tashkil qilishi mumkinligi aniqlandi. Natijada nasosning ayrim qismlari (so'rish quvuri konusi)ning titrash amplitudasi meyorga nisbatan 10 barobargacha oshadi.

Gidrodinamik zo'riqishni kamaytirish maqsadida yo'naltiruvchi apparat chiqish zonasiga nasos unumdorligining 0,7 foizi miqdorida bosimli havo berish taklif etilib, amaliy sinovdan o'tkazildi. Sinov natijalari ishga tushirilgandan keyingi 24 sekund mobaynida (sinxronizatsiya va quvurning to'lish bosqichlari) havo berilishi bosim pulsatsiyasini 2 barobarga kamaytirishini ko'rsatdi. Ushbu usulni amalga oshirish uchun "Nasos quvuriga berilayotgan havo sarfini rostlash tizimi" nomli ixtiro (guvohnoma №1239407) taklif etilgan.

To'xtash jarayonining eng xavfli bosqichi - dvigatelga energiya berishning to'satdan to'xtatilishi natijasida yuzaga keladigan tezkor turbina rejimidir, bunda nasosning teskari aylanishlar soni $n=(1,0...1,15) \cdot n_0$ ga yetadi, bosim pulsatsiyasining ikkilik amplitudasi ishchi g'ildirak tagidagi kesimda $0,6 \cdot N_0$



qiymatgacha boradi, bu jarayon 25–30 sekund davom etadi. Bu holatda so‘rish quvuri konusining titrash amplitudasi statsionar rejimga nisbatan 10 barobar, dvigatel krestovinasidagi titrash esa 3 barobargacha ortadi.

Elektrodinamik tormozlash usuli - turbina rejimida elektrodvigatel rotoriga qo‘shimcha manbadan o‘zgarmas tok berish - o‘tkazilgan tajribalarda nasosning $n=n_{nom}$ chastotada aylanishini ta‘minlab, gidrodinamik bosim amplitudasini 80–100 foizgacha kamaytirishi aniqlandi. Bundan tashqari, nasosning o‘ta tezkor turbina rejimiga o‘tmasligining oldini olish uchun patent bilan himoyalangan “Nasos stansiyasining yassi zatvori” (guvohnoma №2625) nomli qurilma taklif etilgan bo‘lib, u so‘rish quvuridagi teskari oqimni tezkorlik bilan cheklaydi.

Ekspluatatsion tahlil natijalariga ko‘ra, tekshirilgan nasos stansiyasi agregatlarining foydali ish koeffitsiyenti optimal qiymatga (86%) nisbatan 8,4–13,4 foiz, o‘rtacha 11,4 foizga past bo‘lib chiqdi; kaskaddagi qo‘shni stansiya agregatlari esa dekabr oyida 63,0–70,2 foizgacha pasaygan FIK bilan ishlagani aniqlandi. Natijada har bir kubometr haydab berilgan suvga qo‘shimcha 0,01 kVt·soat elektr energiyasi sarflanmoqda, bu esa kaskad bo‘yicha yiliga (2800 mln. m³ suv haydab berilganda) qo‘shimcha 28 mln. kVt·soat energiya isrofiga teng. Agregatlarni optimal rejimda ishlatish hisobiga yiliga kaskad bo‘yicha 23,6–35,4 mln. kVt·soat energiyani tejash imkoni mavjudligi hisoblab chiqarildi.

Xulosa. O‘tkazilgan tahlil shuni ko‘rsatadiki, yirik nasos stansiyalari agregatlarini ishga tushirish va to‘xtatish jarayonlarida yuzaga keladigan gidrodinamik bosim pulsatsiyasi va titrash zo‘riqlari agregatlarning ishlash resursiga sezilarli salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Yo‘naltiruvchi apparat zonasiga dozalangan miqdorda havo berish va avariya to‘xtash paytida elektrodinamik tormozlashdan foydalanish ushbu zo‘riqlarni ikki-uch barobargacha kamaytirish imkonini beradi.

Stansiya agregatlarining foydali ish koeffitsiyenti optimal qiymatdan o‘rtacha 11,4 foizga past ekanligi aniqlanib, buning asosiy sabablari - agregatlarning nooptimal rejimda ishlashi, parraklarni burish orqali rostlashning qo‘llanilmasligi



hamda texnologik jarayonni avtomatlashtirish darajasining pastligi ekanligi ko'rsatildi.

Aniqlangan zaxiralar hisobiga eskirgan jihozlarni bosqichma-bosqich zamonaviy, energiya tejamkor uskunalarga almashtirish, ish rejimini avtomatlashtirilgan tizimlar orqali boshqarish hamda ishga tushirish-to'xtatish jarayonlarida gidrodinamik himoya vositalarini joriy etish tavsiya etiladi. Bu tadbirlar yiliga o'nlab million kVt soat elektr energiyasini tejash va agregatlarning ishlash resursini uzaytirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Виссарионов В.И., Уришев Б.У., Беляев С.Г., Пименов В.И. Снижение гидродинамических нагрузок в насосных станциях методом выпуска воздуха // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – №2. – С. 25-27.
2. Виссарионов В.И., Пузанов А.И., Уришев Б.У. Система регулирования подачи воздуха в водовод насосной установки. А.с. №1239407 // Открытия, изобретения. Бюл. №23, 1986.
3. Виссарионов В.И., Беляев С.Г., Уришев Б.У., Дуденко И.К., Очилов Р.А., Хеймонен П.В. Способ регулирования насоса. А.с. №1408115 // Открытия, изобретения. Бюл. №25, 1988.
4. Карелин В.Я., Новодережкин Р.А. Насосные станции гидротехнических систем с осевыми и диагональными насосами. – М.: Энергия, 1980. – 288 с.
5. Уришев Б.У., Уралов Б.Р. Вопросы энергосбережения в насосных станциях Каршинского магистрального канала // "Qishloq xo'jaligida texnika va texnologiyalar servisini rivojlantirish istiqbollari" respublika ilmiy-texnik konferensiyasi materiallari. – Qarshi, 2010. – В. 184-187.
6. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Энергоэффективные технологии при эксплуатации насосных станций. Монография. – Т.: ТГТУ, 2012. – 115 с.
7. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Жураев С.Р. Энергоэффективная эксплуатация мелиоративных насосных станций // Сб. трудов седьмой



Всероссийской научно-технической конференции с международным участием.
– Благовещенск, 2011. – С. 294-298.

8. Виссарионов В.И., Беляев С.Г. Управление переходными процессами в насосных станциях методом электрического торможения // Мелиорация и водное хозяйство. НТИ, Минск: Ураджай, 1984. – №1. – С. 17-21.

9. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2013 yil 5 iyundagi 158-son “2014-2018 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasi qishloq va suv xo‘jaligi vazirligi suv xo‘jaligi tashkilotlarining nasos-kuch asbob-uskunalarini bosqichma-bosqich yangilash chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori.

10. Guvohnoma №2625. “Nasos stansiyasining yassi zatvori” nomli ixtiro patenti.

11. Mamajonov M. Nasoslar va nasos stansiyalari. Darslik. – T.: “Fan va texnologiya”, 2012. – 372 b.

12. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 17 iyundagi PF-5742-son “Qishloq xo‘jaligida yer va suv resurslaridan samarali foydalanish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Farmoni.