

## VARGANZA-2 NASOS STANSIYASI QUVURLARIDA BOSIM IMPULSLARINING TARQALISH TEZLIGINI ANIQLASH

*Rajabov U.M.*

*“Gidravlika va muhandislik inshootlari  
qurilishi” kafedrasida dotsenti,  
Qarshi davlat texnika universiteti,  
O‘zbekiston. Qarshi.sh.*

*Xazratqulov O.F.*

*“Gidravlika va muhandislik inshootlari  
qurilishi” kafedrasida magistranti,  
Qarshi davlat texnika universiteti,  
O‘zbekiston. Qarshi.sh.*

**Annotatsiya:** Ushbu ilmiy maqolada Varganza-2 nasos stansiyasi bosimli quvurlarida hosil bo‘ladigan bosim impulslarining tarqalish tezligi hamda gidravlik zarba jarayonlari nazariy va amaliy jihatdan o‘rganildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi quvur tizimida yuzaga keladigan bosim tebranishlarini aniqlash, ularning tarqalish qonuniyatlarini baholash va ekspluatatsion xavfsizlikni oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Ish davomida eksperimental o‘lchovlar hamda nazariy hisoblashlar uyg‘un holda olib borildi. Natijalar bosim impulslarining tarqalish tezligi 980–1180 m/s oralig‘ida ekanligini ko‘rsatdi. Gidravlik zarba natijasida yuzaga keladigan qo‘shimcha bosim qiymatlari tahlil qilinib, quvur tizimiga ta’siri baholandi. Shuningdek, yumshoq ishga tushirish tizimlari va havo kameralarining samaradorligi o‘rganildi. Tadqiqot natijalari nasos stansiyalarining ishonchliligini oshirish, avariya holatlarini kamaytirish va gidravlik jarayonlarni boshqarish uchun amaliy ahamiyatga ega.

**Kalit so‘zlar:** nasos stansiyasi, bosim impulsi, gidravlik zarba, quvur tizimi, tarqalish tezligi, suv oqimi, ekspluatatsiya.

**Abstract:** This scientific paper investigates pressure impulse propagation and hydraulic shock phenomena in the pressurized pipelines of the Varganza-2 pumping station. The main objective of the study is to determine the propagation velocity of pressure waves, analyze their dynamic behavior, and develop recommendations for improving the operational reliability of the pipeline system. Both experimental measurements and theoretical calculations based on classical hydraulic equations were used in the research. The results show that the pressure wave velocity ranges between 980–1180 m/s depending on pipeline properties and fluid characteristics. The study also analyzes the effect of sudden changes in pump operation modes on hydraulic shock intensity. Special attention is given to the efficiency of soft start systems and air chambers in reducing pressure fluctuations. The findings are important for enhancing

pumping station safety, reducing failure risks, and improving hydraulic system management.

**Keywords:** pumping station, pressure impulse, hydraulic shock, pipeline system, wave velocity, fluid flow, operation safety.

**Аннотация:** В данной научной статье исследуются процессы распространения импульсов давления и явление гидравлического удара в напорных трубопроводах насосной станции Варганза-2. Основной целью работы является определение скорости распространения волн давления, анализ их динамических характеристик и разработка рекомендаций по повышению эксплуатационной надежности трубопроводной системы. В исследовании использованы экспериментальные измерения и теоретические расчёты, основанные на классических гидравлических уравнениях. Полученные результаты показали, что скорость распространения импульсов давления составляет 980–1180 м/с в зависимости от характеристик трубопровода и свойств жидкости. Также изучено влияние резких изменений режима работы насосных агрегатов на величину гидравлического удара. Особое внимание уделено эффективности устройств плавного пуска и воздушных камер. Результаты исследования имеют практическое значение для повышения надежности насосных станций и предотвращения аварийных ситуаций.

**Ключевые слова:** насосная станция, импульс давления, гидравлический удар, трубопровод, скорость распространения, эксплуатация, водный поток.

**Kirish:** Bugungi kunda suv resurslaridan oqilona foydalanish, sug'orish tizimlari samaradorligini oshirish hamda nasos stansiyalarining ishonchli ishlashini ta'minlash gidrotexnika va irrigatsiya sohasining eng dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Magistral va bosimli quvurlarda yuzaga keladigan gidravlik jarayonlar, ayniqsa bosim impulslari va gidravlik zarba hodisalari nasos agregatlari, quvur liniyalari hamda armaturalarning texnik holatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli bosim impulslarining quvur bo'ylab tarqalish tezligini aniqlash va ularning gidrodinamik xususiyatlarini tadqiq etish ilmiy hamda amaliy jihatdan katta ahamiyat kasb etadi.

Nasos stansiyalarida agregatlarning ishga tushirilishi yoki to'xtatilishi, zatvorlarning keskin yopilishi, elektr energiyasidagi uzilishlar va suv sarfining birdan o'zgarishi natijasida quvurlarda bosim tebranishlari hosil bo'ladi. Ushbu tebranishlar quvur devorlarida qo'shimcha kuchlanish paydo qilib, metallning charchashi, payvand choklarining yemirilishi va ayrim hollarda avariya holatlariga sabab bo'lishi mumkin. Ayniqsa yuqori bosim ostida ishlovchi nasos stansiyalarida bosim impulslarining tarqalish tezligini aniqlash quvurlarni loyihalash, ekspluatatsiya qilish va himoya vositalarini tanlashda muhim omil hisoblanadi.

Varganza-2 nasos stansiyasi hududiy sug'orish tizimining muhim gidrotexnik obektlaridan biri bo'lib, unda yuqori bosimli suv uzatish jarayonlari amalga oshiriladi. Mazkur stansiyada uzoq muddatli ekspluatatsiya natijasida quvurlarda gidravlik yuklamalar ortishi, bosimning davriy o'zgarishi va impulsli jarayonlarning kuchayishi kuzatilmoqda. Shu bois Varganza-2 nasos stansiyasi quvurlarida bosim impulslarining tarqalish tezligini aniqlash, gidravlik zarba parametrlarini baholash va ularning texnik xavfsizlikka ta'sirini o'rganish dolzarb ilmiy masala hisoblanadi.

Bosim impulslarining tarqalish tezligi asosan suyuqlikning siqiluvchanligi, quvur materialining elastiklik moduli, quvur diametri va devor qalinligiga bog'liq bo'ladi. Gidravlik nazariya bo'yicha ushbu jarayonlar Jukovskiy tenglamasi asosida baholanadi. Mazkur nazariyaga ko'ra bosim to'liqinining tarqalish tezligi quyidagi bog'lanish orqali aniqlanadi:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho(1 + \frac{KD}{E\delta})}}$$

Bu yerda:

$c$  — bosim impulsining tarqalish tezligi, m/s;

$K$  — suyuqlikning hajmiy siqilish moduli;

$\rho$  — suyuqlik zichligi;

$D$  — quvur diametri;

$E$  — quvur materiali elastiklik moduli;

$\delta$  — quvur devorining qalinligi.

Mazkur formula quvur ichidagi bosim to'liqinlarining real sharoitdagi harakat tezligini aniqlash imkonini beradi. Bosim impulslarining tezligi qanchalik yuqori bo'lsa, gidravlik zarbaning quvur tizimiga ta'siri ham shunchalik kuchli bo'ladi. Shu sababli gidravlik zarba parametrlarini aniqlash va nazorat qilish nasos stansiyalarining barqaror ishlashini ta'minlashda muhim o'rin tutadi.

Adabiyotlar sharhi: Bosim impulslarining tarqalishi va gidravlik zarba hodisalari bo'yicha ko'plab mahalliy va xorijiy olimlar ilmiy tadqiqotlar olib borgan. Dastlabki nazariy tadqiqotlar rus olimi N.Ye. Jukovskiy tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, u gidravlik zarba nazariyasining asoschisi sifatida taniladi. Olim tomonidan ishlab chiqilgan tenglama quvur ichidagi bosimning keskin o'zgarishi natijasida hosil bo'ladigan bosim ortishini aniqlash imkonini beradi:

$$\Delta P = \rho c \Delta v$$

Bu yerda:

$\Delta P$  — bosimning ortishi;

$\rho$  — suyuqlik zichligi;

$c$  — bosim to'liqinining tarqalish tezligi;

$\Delta v$  — oqim tezligining o'zgarishi.

Keyingi yillarda M.M. Xarlamov, A.P. Velikanov, V.A. Lobachev va boshqa olimlar gidravlik zarba jarayonlarini tajribaviy va analitik usullarda tadqiq etib, bosimli quvurlarda elastik deformatsiya hamda energiya yo'qotishlarini chuqur o'rganganlar. Ularning tadqiqotlarida metall quvurlarda bosim impulslarining tarqalish tezligi quvur materiali va ichki bosimga bog'liq ravishda o'zgarishi aniqlangan.

O'zbekistonlik olimlardan Sh.R. Xidirov, B.T. Tursunov, Q.M. Axmedov va boshqa tadqiqotchilar irrigatsiya nasos stansiyalaridagi gidravlik jarayonlarni o'rganib, magistral quvurlarda bosim tebranishlarining ekspluatatsion ishonchlikka ta'sirini tahlil qilganlar. Tadqiqot natijalariga ko'ra, nasos agregatlarining noto'g'ri ish rejimi va zatvorlarning tez yopilishi quvurlarda yuqori amplitudali bosim impulslarini hosil qilishi aniqlangan.

So'nggi ilmiy ishlarda CFD (Computational Fluid Dynamics) modellashtirish usullari yordamida bosim impulslarining tarqalishi, turbulent oqimlarning shakllanishi hamda gidravlik zarba jarayonlari raqamli modellashtirilmogda. Zamonaviy tadqiqotlar quvur tizimlarida bosim to'liqlarini kamaytirish uchun havo kamerasi, kompensator va yumshoq ishga tushirish qurilmalaridan foydalanish samarali ekanligini ko'rsatmogda.

Biroq mavjud ilmiy tadqiqotlarning aksariyatida mahalliy nasos stansiyalari, xususan Varganza-2 nasos stansiyasi quvurlaridagi real ekspluatatsion sharoitlar yetarli darajada o'rganilmagan. Shu sababli ushbu tadqiqotda Varganza-2 nasos stansiyasi quvurlarida bosim impulslarining tarqalish tezligini aniqlash, gidravlik zarba parametrlarini baholash va amaliy tavsiyalar ishlab chiqish asosiy ilmiy yo'nalish sifatida tanlandi.

**Metodologiya:** Mazkur tadqiqotda Varganza-2 nasos stansiyasi bosimli quvurlarida yuzaga keladigan bosim impulslarining tarqalish tezligini aniqlash, gidravlik zarba parametrlarini baholash hamda quvur tizimining gidrodinamik holatini tahlil qilish uchun nazariy, eksperimental va hisoblash usullaridan kompleks ravishda foydalanildi. Tadqiqot ishlari bir necha bosqichlarda amalga oshirildi.

Tadqiqotning dastlabki bosqichida Varganza-2 nasos stansiyasining texnik tavsiflari, quvur tarmog'ining geometrik o'lchamlari, nasos agregatlarining ish rejimlari hamda ekspluatatsion ko'rsatkichlari o'rganildi. Bosimli quvurlarning diametri, devor qalinligi, materiali, uzunligi va ishchi bosim qiymatlari aniqlanib, texnik hujjatlar asosida tahlil qilindi. Shuningdek, nasos agregatlarining ishga

tushirilishi va to'xtatilishi vaqtida yuzaga keladigan bosim o'zgarishlari monitoring qilindi.

Tadqiqot davomida bosim impulslarini qayd etish uchun yuqori aniqlikdagi piezoelektrik bosim datchiklari hamda raqamli registrator qurilmalaridan foydalanildi. O'lchov asboblari bosimli quvur liniyasining kirish, o'rta va chiqish qismlariga joylashtirildi. O'lchash jarayonida vaqt bo'yicha bosimning o'zgarish amplitudasi, impuls davomiyligi va to'lqinlarning qaytish davri qayd etildi. Olingan ma'lumotlar kompyuter dasturlari yordamida qayta ishlanib, grafik va jadval ko'rinishida tahlil qilindi.

Bosim impulslarining tarqalish tezligini aniqlash uchun quvur bo'ylab joylashtirilgan ikki nuqta orasidagi masofa va impulsning yetib kelish vaqti asosida hisoblash usuli qo'llanildi. Hisoblash quyidagi tenglama orqali amalga oshirildi:

$$c = \frac{L}{t}$$

Bu yerda:

$c$  — bosim impulsining tarqalish tezligi, m/s;

$L$  — o'lchov nuqtalari orasidagi masofa, m;

$t$  — impulsning bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga yetib borish vaqti, s.

Bosimning keskin o'zgarishi natijasida hosil bo'ladigan gidravlik zarba qiymatlari Jukovskiy tenglamasi asosida aniqlanib, nazariy va tajriba natijalari o'zaro solishtirildi:

$$\Delta P = \rho c \Delta v$$

Bu yerda:

$\Delta P$  — bosimning ortishi;

$\rho$  — suyuqlik zichligi;

$c$  — bosim to'lqinining tarqalish tezligi;

$\Delta v$  — oqim tezligining o'zgarishi.

Tadqiqotda suvning fizik-mexanik xossalari ham hisobga olindi. Suv zichligi va hajmiy siqilish moduli laboratoriya ma'lumotlari asosida қабул qilindi. Quvur materiali uchun elastiklik moduli qiymatlari standart texnik me'yoriy hujjatlar asosida tanlandi. Bosim impulslarining tarqalish tezligi quvur materiali va geometrik parametrlariga bog'liq ravishda quyidagi ifoda orqali ham baholandi:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho(1 + \frac{KD}{E\delta})}}$$

Tajriba natijalarining aniqligini oshirish maqsadida har bir o'lchov kamida 5 marotaba takrorlandi va o'rtacha qiymatlar qabul qilindi. Statistik qayta ishlash

jarayonida dispersiya va o'rtacha kvadratik og'ish qiymatlari aniqlandi. Olingan natijalar grafik tahlil usuli orqali baholanib, bosim impulslarining amplitudasi hamda tarqalish tezligining nasos agregati ish rejimiga bog'liqligi o'rganildi.

Shuningdek, tadqiqot davomida quvur tizimida gidravlik zarbani kamaytirish bo'yicha texnik yechimlar ham tahlil qilindi. Jumladan, yumshoq ishga tushirish qurilmalari, havo kamerasi va himoya armaturalarining samaradorligi nazariy jihatdan baholandi. Tadqiqot natijalari asosida Varganza-2 nasos stansiyasi quvurlarining ekspluatatsion ishonchligini oshirishga qaratilgan amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

**Tadqiqot natijasi:** Varganza-2 nasos stansiyasi bosimli quvurlarida olib borilgan tajriba va hisoblash ishlari natijasida bosim impulslarining tarqalish qonuniyatlari, gidravlik zarba parametrlarining o'zgarishi hamda quvur tizimining dinamik holati aniqlandi. Tadqiqot davomida nasos agregatlarining ishga tushirilishi, to'xtatilishi va zatvorlarning turli tezliklarda yopilishi jarayonlarida yuzaga keladigan bosim tebranishlari eksperimental ravishda qayd etildi.

O'lchov natijalariga ko'ra, quvur liniyasida bosim impulsari juda qisqa vaqt oralig'ida yuqori tezlik bilan tarqalishi kuzatildi. Tajriba jarayonida bosim impulsining quvur bo'ylab harakatlanish tezligi o'rtacha 980–1180 m/s oralig'ida ekanligi aniqlandi. Ushbu qiymatlar quvur materiali, suv sarfi va ishchi bosimning o'zgarishiga bog'liq ravishda farqlanishi kuzatildi. Ayniqsa nasos agregatining to'satdan to'xtashi vaqtida bosim impulsining amplitudasi maksimal qiymatga yetishi qayd etildi.

Bosim to'liqlarining tarqalish tezligi nazariy formula asosida ham hisoblandi:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho(1 + \frac{KD}{Es})}}$$

Hisoblash natijalari eksperimental ma'lumotlar bilan taqqoslanganda ularning o'zaro yaqin qiymatlarga ega ekanligi aniqlandi. Nazariy va amaliy natijalar orasidagi farq 4–7 % dan oshmadi. Bu esa qo'llanilgan metodikaning yetarli darajada aniqlikka ega ekanligini ko'rsatadi.

Tajriba natijalari asosida nasos agregatlarining ish rejimi bilan bosim impulsari orasidagi bog'liqlik ham tahlil qilindi. Nasosning keskin ishga tushirilishi vaqtida quvur ichida musbat bosim impulsari hosil bo'lib, ayrim nuqtalarda bosimning 18–22 % gacha ortishi kuzatildi. Agregatning to'satdan o'chirilishi esa manfiy bosim to'liqlarini yuzaga keltirib, quvur ichida vakuumlashish xavfini oshirishi aniqlandi.

Gidravlik zarba bosimi Jukovskiy tenglamasi yordamida hisoblandi:

$$\Delta P = \rho c \Delta v$$

Hisob-kitob natijalariga ko'ra oqim tezligining keskin kamayishi natijasida bosimning sezilarli darajada ortishi kuzatildi. Tajribalar davomida ayrim holatlarda qo'shimcha bosim qiymati 0,32–0,48 MPa gacha yetgani qayd etildi. Bu ko'rsatkich

quvur devorlarida elastik deformatsiyalar hosil qilishi hamda uzoq muddat davomida metall charchashiga olib kelishi mumkinligi aniqlandi.

Bosim impulslarining vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi tahlil qilinganda impuls amplitudasining quvur uzunligi bo'ylab asta-sekin kamayishi kuzatildi. Bu holat gidravlik qarshiliklar hamda energiya yo'qotishlari bilan izohlandi. Shuningdek, quvur burilish qismlari va armatura joylashgan hududlarda bosim tebranishlari intensivligi yuqoriroq bo'lishi aniqlandi.

Tadqiqot davomida quvur tizimida gidravlik zarba xavfini kamaytiruvchi texnik vositalarning samaradorligi ham baholandi. Yumshoq ishga tushirish qurilmasidan foydalanilganda bosim impulsining amplitudasi o'rtacha 25–30 % ga kamaygani kuzatildi. Havo kamerasi qo'llanilganda esa bosim tebranishlarining so'nish vaqti qisqarib, quvur tizimining dinamik barqarorligi oshgani aniqlandi.

Olingan natijalar asosida Varganza-2 nasos stansiyasi quvurlarida bosim impulslarining tarqalish tezligi quvur materialining elastik xususiyatlari, suv sarfi va nasos agregatining ish rejimiga kuchli bog'liq ekanligi isbotlandi. Tadqiqot natijalari nasos stansiyalarini ekspluatatsiya qilishda gidravlik zarba xavfini oldindan baholash, quvur tizimlarining ishonchliligini oshirish hamda avariya holatlarining oldini olishda muhim ilmiy-amaliy aḡamiяtга ega ekanligi bilan tavsiflanadi.

**Diskussiya:** Mazkur tadqiqot davomida olingan natijalar Varganza-2 nasos stansiyasi bosimli quvurlarida gidravlik jarayonlarning murakkab dinamik xarakterga ega ekanligini ko'rsatdi. Ayniqsa bosim impulslarining yuqori tezlikda tarqalishi quvur tizimida qisqa vaqt ichida katta energiya almashinuvi sodir bo'lishini tasdiqladi. Tadqiqot natijalari asosida aniqlangan 980–1180 m/s oralig'idagi bosim to'lqini tezligi avvalgi nazariy va eksperimental tadqiqotlar bilan mos kelishi kuzatildi. Bu holat quvur materialining elastikligi va suvning siqiluvchanligi gidravlik zarba jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatishini yana bir bor isbotlaydi.

Eksperimental natijalar shuni ko'rsatdiki, nasos agregatlarining keskin ishga tushirilishi yoki to'xtatilishi bosim tebranishlarining amplitudasini keskin oshiradi. Ayniqsa agregatning favqulodda o'chirilishi vaqtida hosil bo'ladigan manfiy bosim impulslari quvur ichida vakuumlashish xavfini yuzaga keltirishi mumkin. Bu esa amaliy ekspluatatsiya jarayonida kavitasion hodisalarning paydo bo'lish ehtimolini oshiradi. Kavitatsiya natijasida quvur devorlari va nasos ishchi organlarida yemirilish jarayonlari tezlashadi hamda uskunalarining xizmat muddati qisqaradi.

Nazariy va tajriba natijalari orasidagi farqning 4–7 % doirasida bo'lishi qo'llangan metodologiyaning yetarli aniqlikka ega ekanligini ko'rsatadi. Shu bilan birga ayrim nuqtalarda natijalar o'rtasidagi tafovut quvur ichki yuzasining notekisligi, turbulent oqimlar hamda armaturalarda yuzaga keladigan lokal qarshiliklar bilan izohlanadi. Ayniqsa uzoq muddat ekspluatatsiya qilingan quvurlarda ichki korroziya va cho'kma qatlamlari oqimning gidravlik parametrlariga ta'sir qilishi kuzatildi.

Tadqiqot davomida bosim impulslarining amplitudasi quvur uzunligi bo'ylab kamayib borishi aniqlandi. Ushbu holat energiyaning gidravlik qarshiliklar orqali so'nishi bilan bog'liq bo'lib, Darcy–Weisbach qonuniyati asosida izohlanadi. Oqimning turbulent rejimda harakatlanishi energiya yo'qotishlarini oshirib, bosim to'lqinlarining sekinlashishiga olib keladi. Biroq ayrim quvur burilishlari va armatura qismlarida impulslarning qayta akslanishi kuzatilib, lokal bosim ortishlari hosil bo'lishi aniqlandi. Bu esa aynan shu hududlarda metall charchashi va mexanik deformatsiya xavfi yuqori ekanligini ko'rsatadi.

Tahlillar natijasida yumshoq ishga tushirish qurilmalari hamda havo kameralaridan foydalanish gidravlik zarba amplitudasini sezilarli darajada kamaytirishi aniqlandi. Yumshoq boshqaruv tizimlari qo'llanilganda oqim tezligining keskin o'zgarishi kamayadi va natijada bosim impulslari silliqlashadi. Havo kamerasi esa bosim energiyasining bir qismini yutib, to'lqinlarning qayta akslanishini kamaytiradi. Bu usullar quvur tizimining ekspluatatsion ishonchliligini oshirishda samarali texnik yechim sifatida baholandi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari nasos stansiyalarida avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish zarurligini ko'rsatdi. Real vaqt rejimida bosim impulslarini kuzatish imkoniyati gidravlik zarba xavfini oldindan aniqlash va favqulodda holatlarning oldini olishga xizmat qiladi. Ayniqsa yuqori bosimli irrigatsiya tizimlarida raqamli sensorlar va SCADA tizimlaridan foydalanish ekspluatatsion xavfsizlikni oshiradi.

Mazkur tadqiqotning yana bir muhim jihati shundan iboratki, olingan natijalar faqat Varganza-2 nasos stansiyasi uchun emas, balki shunga o'xshash yuqori bosimli nasos stansiyalarini loyihalash va modernizatsiya qilish jarayonlarida ham qo'llanishi mumkin. Tadqiqot asosida ishlab chiqilgan tavsiyalar gidravlik zarba ta'sirini kamaytirish, quvur tizimlarining xizmat muddatini uzaytirish hamda energetik samaradorlikni oshirishda muhim amaliy aҳамиятга ega hisoblanadi.

**Xulosa:** Mazkur tadqiqotda Varganza-2 nasos stansiyasi bosimli quvurlarida bosim impulslarining tarqalish tezligi hamda gidravlik zarba jarayonlari nazariy va eksperimental usullar asosida o'rganildi. Tadqiqot natijalari quvur tizimida yuzaga keladigan bosim tebranishlari nasos agregatlarining ish rejimi, quvur materialining elastikligi, suv sarfi va quvur geometrik parametrlariga bevosita bog'liq ekanligini ko'rsatdi.

Eksperimental o'lchovlar natijasida bosim impulslarining quvur bo'ylab tarqalish tezligi o'rtacha 980–1180 m/s oralig'ida ekanligi aniqlandi. Olingan qiymatlar nazariy hisoblash natijalari bilan solishtirilganda ular orasidagi tafovut 4–7 % dan oshmagani kuzatildi. Bu esa tadqiqotda qo'llangan metodika va hisoblash usullarining ishonchliligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, yumshoq ishga tushirish qurilmalari va havo kameralaridan foydalanish gidravlik zarba amplitudasini sezilarli darajada kamaytirishi aniqlandi. Yumshoq boshqaruv tizimi qo'llanilganda bosim impulslari o'rtacha 25–30 % ga pasaygani kuzatildi. Bu esa nasos stansiyasi uskunalarning ekspluatatsion ishonchligini oshirish va avariya xavfini kamaytirishda muhim texnik yechim ekanligini ko'rsatadi.

Olingan ilmiy natijalar asosida quyidagi amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi:  
 nasos agregatlarini bosqichma-bosqich ishga tushirish tizimlarini joriy etish;  
 quvur liniyalarida havo kamerasi va gidravlik kompensatorlardan foydalanish;  
 bosim impulslarini real vaqt rejimida nazorat qiluvchi avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini o'rnatish;  
 quvur tizimlarida davriy diagnostika va texnik nazorat ishlarini kuchaytirish;  
 gidravlik zarba xavfi yuqori bo'lgan hududlarda qo'shimcha himoya armaturalaridan foydalanish.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari Varganza-2 nasos stansiyasi quvurlarida bosim impulslarining tarqalish qonuniyatlarini aniqlash, gidravlik zarba xavfini baholash va quvur tizimining texnik ishonchligini oshirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi. Mazkur tadqiqot irrigatsiya va suv xo'jaligi tizimlaridagi nasos stansiyalarini modernizatsiya qilish, energiya samaradorligini oshirish hamda avariya holatlarining oldini olishga xizmat qiluvchi ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

#### **Adabiyotlar ro'yxati**

1. Механический удар в водопроводных трубах — Жуковский Н. Е. *Механический удар в водопроводных трубах*. — Москва–Ленинград: Государственное техническое издательство, 1949. — 104 с.
2. Hydraulic Transients — Streeter V. L., Wylie E. B. *Hydraulic Transients*. — New York: McGraw-Hill Book Company, 1967. — 329 p.
3. Fluid Transients in Systems — Thorley A. R. D. *Fluid Transients in Systems*. — London: D. & F.N. Spon, 1991. — 550 p.
4. Gidravlika — Alimuhamedov R. A. *Gidravlika*. — Toshkent: O'qituvchi, 2008. — 384 b.
5. Nasos va nasos stansiyalari — A.N. Rizaev, G.R.Rixsixodjayeva.
6. Hydraulics of Pipeline Systems — Sharp B. B. *Hydraulics of Pipeline Systems*. — Boca Raton: CRC Press, 1981. — 248 p.