QARSHI MAGISTRAL KANALI 7-NASOS STANSIYASI YIRIK NASOSIDA KAVITATSIYA VA GIDROABRAZIV YEYILISHNING O‘ZARO TA’SIRINI BAHOLASH

Sayliyev Odiljon Ixtiyor o‘g‘li, *mustaqil tadqiqotchi*
Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy-tadqiqod instituti
https://orcid.org/0009-0008-5091-9804
saylievodiljon@gmail.com
Jovliyev Uktam Temirovich, *Kat.i.x PhD*
Meliorativ texnika va mexanizmlar laboratoriya mudiri
Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy-tadqiqod instituti
https://orcid.org/0000-0003-4490-9518
jovlievuktam1985@gmail.com

Annotatsiya. *Maqolada kavitatsiya va gidroabraziv yeyilishning birgalikdagi ta’siri Qarshi magistral kanali 7-nasos stansiyasi yirik nasosi uchun ish rejimi chegaralari ko’rib chiqilgan. Yirik markazdan qochma nasos misolida ushbu jarayonlarning ish rejimiga bog‘liq ta’siri baholangan. Kavitatsiya zaxirasi, oqimning kirishdagi insidensiya burchagi va yeyilish intensivligi nisbiy sarf hamda manometrik bosim bilan bog‘liq holda tahlil qilingan. Loyqa suv sharoitida ishlaydigan nasoslarning ishchi elementlarida kavitatsiya va gidroabraziv yeyilishning birgalikdagi ta’siri ularning ekspluatatsion ishonchliligi va xizmat muddatini kamaytiruvchi dolzarb ilmiy texnik muammokardan biri ekanligi ko’rsatilgan.*

Kalit so‘zlar: *kavitatsiya, gidroabraziv yeyilish, NPSH, insidensiya burchagi, nisbiy sarf, vertikal markazdan qochma nasos, nasos stansiyasi, Qarshi magistral kanali*

Аннотация. *В статье рассматривается совместное воздействие кавитации и гидроабразивного износа, а также определяются границы*

рациональных режимов работы крупного насоса насосной станции № 7 Каршинского магистрального канала. На примере крупного центробежного насоса оценено влияние указанных процессов на режим его работы. Проанализированы кавитационный запас, угол натекания потока на входе и интенсивность износа в зависимости от относительной подачи и манометрического напора. Показано, что совместное воздействие кавитации и гидроабразивного износа на рабочие элементы насосов, эксплуатируемых в условиях перекачивания мутной воды, является одной из актуальных научно-технических проблем, приводящих к снижению эксплуатационной надёжности и срока службы оборудования.

Ключевые слова: *кавитация, гидроабразивный износ, NPSH, угол атаки, относительная подача, вертикальный центробежный насос, насосная станция, Каршинский магистральный канал*

Abstract. *The article examines the combined effects of cavitation and hydroabrasive wear and determines the operating limits of a large pump at Pumping Station No. 7 of the Karshi Main Canal. Using a large centrifugal pump as a case study, the influence of these processes on its operating conditions is evaluated. The available net positive suction head, inlet flow incidence angle, and wear intensity are analysed in relation to the relative flow rate and manometric head. It is demonstrated that the combined effects of cavitation and hydroabrasive wear on the working components of pumps operating under sediment-laden water conditions constitute a significant scientific and technical problem, reducing equipment reliability and service life.*

Keywords: *cavitation, hydro-abrasive wear, NPSH, incidence angle, relative flow rate, vertical centrifugal pump, pumping station, Qarshi Main Canal*

Kirish. Loyqa suvlarni uzatuvchi markazdan qochma nasoslarning ishchi g‘ildiraklari gidroabraziv yeyilish va kavitatsiyaning birgalikdagi ta’siriga uchrab, ularning gidravlik samaradorligi, ekspluatatsion ishonchliligi va xizmat muddatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Mazkur jarayonlarning o‘zaro kuchayuvchi xususiyati ishchi sirtlarning shikastlanish mexanizmlarini kompleks baholashni talab etadi [1]. Ushbu muammo Qarshi magistral kanali 7-nasos stansiyasida ekspluatatsiya qilinayotgan 2400BP-25/25 rusumli yirik vertikal markazdan qochma nasoslar uchun alohida ahamiyatga ega. Stansiyada manometrik bosimning 16,0–32,8 m oralig‘ida o‘zgarishi hamda kirish yo‘naltiruvchi apparatlarining texnik holati nasoslarning ish nuqtasi va gidravlik rejimiga bevosita ta’sir qiladi [2–4].

Nasoslarda kavitatsiya zaxirasini aniqlash, kavitatsion tezyurarlik koeffitsiyenti va gidravlik yo‘qotishlarni baholash bo‘yicha mavjud nazariy hamda amaliy yondashuvlar [5–10] alohida jarayonlarni tavsiflaydi. Biroq nisbiy sarfning o‘zgarishi sharoitida kavitatsiya zaxirasi, oqimning kirishdagi insidensiya burchagi va gidroabraziv yeyilish intensivligini yagona hisobiy tizimda baholash masalasi dolzarbligicha qolmoqda [11–13].

Tadqiqotning maqsadi — NS-7 yirik nasosi misolida kavitatsiya va gidroabraziv yeyilishning o‘zaro bog‘liqligini nisbiy sarf hamda manometrik bosimga nisbatan kompleks baholash, kavitatsiya zaxirasining o‘zgarishi va kirishdagi insidensiya ta’sirini aniqlash hamda nasosning maqbul ish rejimi chegaralarini ilmiy asoslashdan iborat. Hisoblashlarda stansiyaning texnik hujjatlari [2, 3], tiklangan ishchi g‘ildirak geometriyasi [13] va gidroabraziv yeyilish modeli natijalaridan [12] foydalanildi. Obyektda bevosita o‘lchanmagan parametrlar hisobiy va ssenariy qiymatlari sifatida qabul qilindi.

Asosiy qism. Obyekt va boshlang‘ich ma’lumotlar. Ishchi g‘ildirak chizmalari bo‘lmaganligi uchun uning geometriyasi nasoslarni loyihalashning klassik usullari bo‘yicha tiklangan [13, 14]: D_2 = 2.36 m, kurak soni z = 7, β_1 = 17.6°, β_2 = 25°; optimal rejimda u_1 = 15.41 m/s, c_{1m} = 3.94 m/s. Tiklangan geometriya 10.8 % dam zaxirasi beradi. Hisobdagi kattaliklar va ularning maqomi 1-jadvalda berilgan.

1-jadval.

Hisobda ishlatilgan kattaliklar va ularning maqomi

Kattalik	**Qiymat**	**Manba va maqomi**
Yirik nasos sarfi, dami, aylanish chastotasi	25 m³/s; 25 m; 187.5 ayl/min	pasport [3]
Kirishdagi tezliklar u_1, c_{1m}; burchak β_1	15.41 m/s; 3.94 m/s; 17.6°	tiklangan geometriya [13]
Manometrik bosim oralig‘i H_m	16.0-32.8 m	akt [2]
Kavitatsion tezyurarlik koeffitsienti C	800-1000	adabiyot [9, 10]; NS-7 uchun o‘lchanmagan
Zaxira koeffitsienti k_k	1.1-1.3	adabiyot [9, 10]
Yeyilishning sarfga bog‘liqligi	$\varepsilon_t = q^{2.61}$ $(q \geq 0.75)$	model, [12]
Dam tavsifi H(q)	$H_{opt}(1.35 - 0.35\ q^2)$	sxematik; haqiqiy tavsif o‘lchanmagan
h_z, h_w, p_a, p_b	—	NS-7 uchun o‘lchanmagan

Pasport kattaliklari va bosim oralig‘i hujjatlardan, kirish tezliklari va burchak tiklangan geometriyadan olingan. C va k_k adabiyotdan olingan, C NS-7 uchun o‘lchanmagan; dam tavsifi sxematik, $NPSH_A$ tarkibi (h_z, h_w, p_a, p_b) o‘lchanmagan. Shu sababli bu kattaliklarga asoslangan hisoblar hisobiy xarakterga ega.

Kavitatsiya zaxirasi va uni baholash. Kavitatsiyasiz ishlash sharti:

$$NPSH_A = (p_a - p_b)/(\rho g) + h_z - h_w \geq k_k \cdot NPSH_R \qquad (1)$$

bu yerda p_a — suv sathidagi bosim, Pa; p_b — to‘yingan bug‘ bosimi, Pa; h_z — nasos o‘qining suv sathidan pastdagi chuqurligi (vertikal nasoslarda musbat), m; h_w — so‘rish yo‘lidagi yo‘qotishlar, m; k_k — zaxira koeffitsienti. $NPSH_R$ kavitatsion tezyurarlik koeffitsienti C orqali baholanadi [9, 10]:

$$C = 5.62 \cdot n \cdot \sqrt{Q} / NPSH_R^{3/4} \quad \Rightarrow \quad NPSH_R = (5.62 \cdot n \cdot \sqrt{Q} / C)^{4/3} \qquad (2)$$

bu yerda n — ayl/min, Q — m^3/s. Oddiy markazdan qochma nasoslar uchun C = 800-1000 [9, 10]; aniq qiymat zavod yoki natura sinovida ISO 9906 [15] va GOST 6134 [16] usullari bilan aniqlanadi. $Q = q \cdot Q_{opt}$, n va C o‘zgarmas deb olinsa, (2) dan

$$NPSH_R(q) = NPSH_R(1) \cdot q^{2/3} \tag{3}$$

kelib chiqadi. Bu birinchi yaqinlashish, chunki amalda C sarfga va kirish geometriyasiga bog‘liq. Shart (1) ni sof botish chuqurligi uchun yozamiz:

$$h_z - h_w \geq k_k \cdot NPSH_R - (p_a - p_b)/(\rho g) \tag{4}$$

Kavitatsion koeffitsient C ning pasayishi. Kirish qirrasi profili buzilganda va sirt g‘adir-budurlashganda bosim minimumi chuqurlashadi va C pasayadi [6, 11]. (2) dan C_0 dan C gacha pasayishda

$$NPSH_R/NPSH_{R0} = (C_0/C)^{4/3} \tag{5}$$

ya’ni $dNPSH_R/NPSH_R = -(4/3) \cdot dC/C$. Shart (1) ni saqlash uchun talab etiladigan $NPSH_A$ ning ortishi

$$\Delta NPSH_{A,req} = k_k \cdot NPSH_{R0} \cdot [(C_0/C)^{4/3} - 1] \tag{6}$$

So‘rish yo‘lidagi yo‘qotishlar $\Delta h_w = \Delta NPSH_{A,req}$ ga ortsa, zaxira xuddi shuncha kamayadi, ya’ni ikkala hol (1) shartga bir xil ta’sir qiladi. Avankamera va suv keltiruvchi kanalning loyqa bosishi h_w ni oshiradi [11].

Insidensiya, yeyilish va bosim bilan bog‘lanish. Oqim aylanmasdan kiradi deb olinsa, kirishdagi insidensiya burchagi va u nolga teng bo‘ladigan sarf:

$$i = \beta_1 - \beta_{1f}, \quad \beta_{1f} = \operatorname{arctg}(q \cdot c_{1m}/u_1) \tag{7}$$

$$q_0 = u_1 \cdot \operatorname{tg}\beta_1 / c_{1m} \tag{8}$$

Yeyilishning nisbiy sarfga bog‘liqligi ($q \geq 0.75$ da) [12]:

$$\varepsilon_t = q^{2.61}, \quad \varepsilon_V = q^{1.61} \tag{9}$$

bu yerda ε_t — vaqt birligidagi, $\varepsilon_V = \varepsilon_t/q$ — uzatilgan suv birligiga keltirilgan nisbiy yeyilish (q = 1 ga nisbatan). $q < 0.75$ da qayta sirkulyatsiya kirish qirralarini, disklarni va zichlagich halqalarini jadal yeydi [11]; model buni hisobga olmaydi, shuning uchun (9) faqat $q \geq 0.75$ da qo‘llanadi. Sxematik dam tavsifi va manometrik dam H_m ga mos nisbiy sarf:

$$H(q) = H_{opt}(a_H - b_H q^2), \quad q = \sqrt{[(a_H - H_m/H_{opt})/b_H]} \qquad (10)$$

bu yerda H_{opt} = 25 m, a_H = 1.35, b_H = 0.35; a_H nol sarfdagi dam eng katta manometrik bosimdan (32.8 m) katta bo‘lishi shartidan olingan: 1.35·25 = 33.75 m. Haqiqiy tavsif pasport yoki natura sinovidan aniqlanadi, shuning uchun $q(H_m)$ bog‘lanishi yaqinlashtirilgan. (10) dan A zona chegaralari: q = 1.15 da H_m = 22.2 m,

q = 0.75 da H_m = 28.8 m.

Natijalar va muhokama. Kavitatsiya zaxirasi q = 1 da. Optimal rejimda (2) formula C = 1000 da $NPSH_R$ = 9.2 m, C = 800 da 12.3 m beradi; k_k = 1.1-1.3 zaxira bilan talab etiladigan $NPSH_A$ 10.1-16.0 m (2-jadval).

2-jadval.

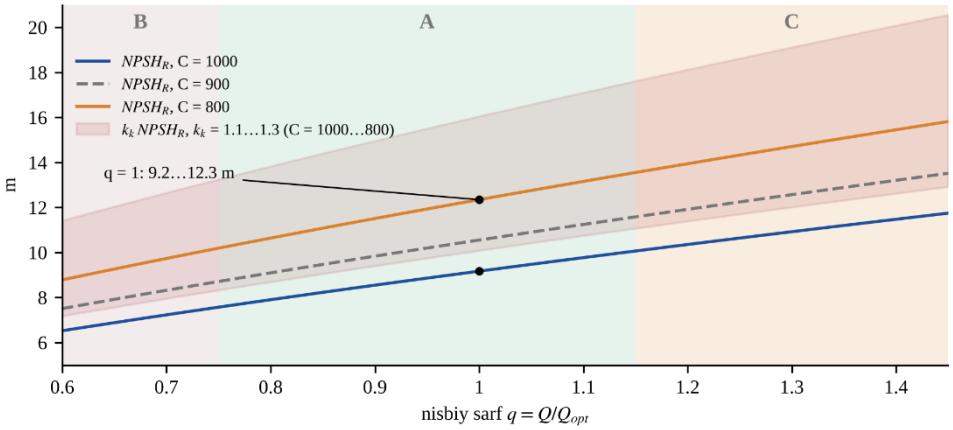
q = 1 da $NPSH_R$ va zaxira bilan talab etiladigan $NPSH_A$ (hisobiy), m

C	$NPSH_R$	$k_k \cdot NPSH_R$, k_k = 1.1	k_k = 1.2	k_k = 1.3
1000	9.2	10.1	11.0	11.9
900	10.6	11.6	12.7	13.7
800	12.3	13.6	14.8	16.0

Oraliqning kengligi C ning noaniqligidan kelib chiqadi. Shart (4) ga ko‘ra sof botish chuqurligi $h_z - h_w$ kamida $k_k \cdot NPSH_R - (p_a - p_b)/\rho g$ bo‘lishi kerak. Dengiz sathidan balandlik va suv haroratiga qarab $(p_a - p_b)/\rho g$ taxminan 9-10 m bo‘lsa (hisobiy), q = 1 da talab etiladigan sof botish chuqurligi taxminan 0.1 m dan 7 m gacha va C ni bilmasdan bu oraliqni toraytirib bo‘lmaydi. NS-7 da h_z, h_w va C o‘lchanmagan, shuning uchun C ni kavitatsion sinovda aniqlash birinchi navbatdagi vazifa.

Nisbiy sarfning $NPSH_R$ ga ta’siri. (3) ga ko‘ra $NPSH_R$ sarf bilan sekin o‘sadi

(3-jadval, 1-rasm). Zaxira bilan talab etiladigan $NPSH_A$ q = 1.15 da 11.1-17.6 m, q = 1.3 da 12.0-19.1 m. Sarf q = 1 dan 1.25 ga oshsa $NPSH_R$ 16 %, 1.42 ga oshsa 26 % ortadi. 1-rasmdagi A, B, C harflari [11] dagi zonalarni bildiradi; B zonada (q < 0.75) qayta sirkulyatsiya sababli hisob yaqinlashtirilgan.



1-rasm. $NPSH_R$ ning nisbiy sarfga bog‘liqligi va zaxira bilan talab etiladigan $NPSH_A$

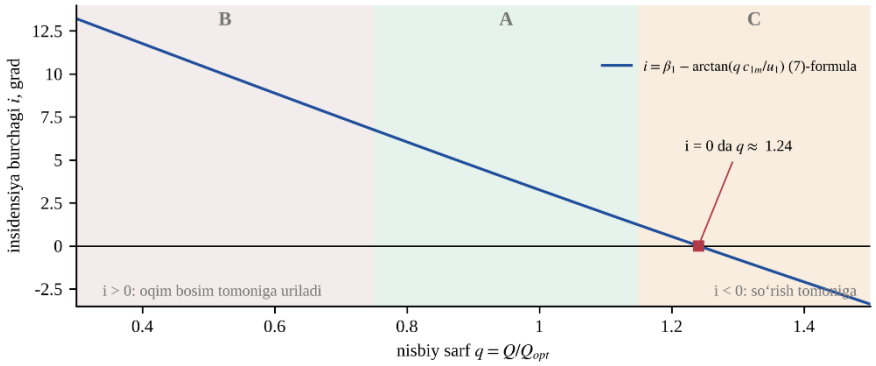
Insidensiya va yeyilish. (8) dan $q_0 = 15.41 \cdot tg17.6°/3.94 \approx 1.24$: shu sarfda oqim kurakka aylanmasdan kiradi, katta sarflarda insidensiya manfiy bo‘lib, oqim kurakning so‘rish tomoniga uriladi (3-jadval, 2-rasm). Musbat insidensiyada oqim bosim tomoniga uriladi, so‘rish tomonida kirish qirrasi orqasida ajralish bo‘lishi mumkin. Modelda kichik sarflarda insidensiya ortishi bilan bosim tomonining kirish qismi ko‘proq yeyiladi, bu yeyilish kurak uzunligining 0-0.25 qismida to‘plangan [12, 13]. 3-jadvaldagi β_{1f}, i va $NPSH_R$ (7), (2), (3) bo‘yicha hisoblangan (hisobiy); ε_t va ε_V modelning to‘rt fraksiyali aralashma bo‘yicha sonli natijalari [12, 13].

3-jadval.

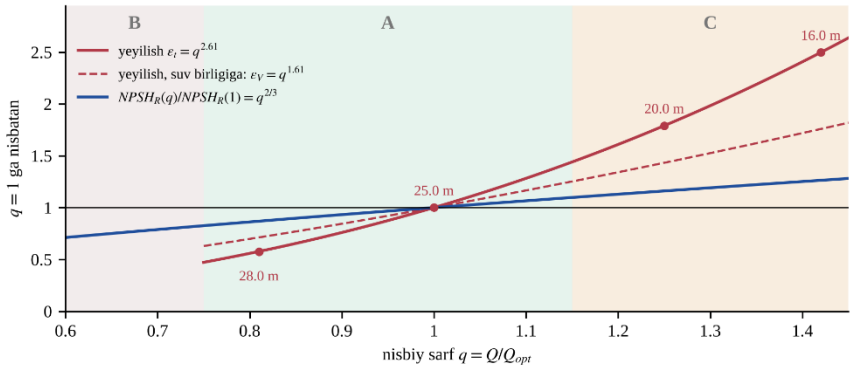
Nisbiy sarfning $NPSH_R$, insidensiya va yeyilishga ta’siri

q	**β_{1f}, grad**	**i, grad**	**$NPSH_R$, m (C = 1000-800)**	**$NPSH_R(q)/NPSH_R(1)$**	**ε_t**	**ε_V**
0.60	8.7	8.9	6.5-8.8	0.71	0.27	0.44
0.75	10.9	6.7	7.6-10.2	0.83	0.48	0.64
0.90	13.0	4.6	8.5-11.5	0.93	0.74	0.82
1.00	14.3	3.3	9.2-12.3	1.00	1.00	1.00
1.15	16.4	1.2	10.1-13.6	1.10	1.47	1.28
1.30	18.4	−0.8	10.9-14.7	1.19	2.00	1.54

Sarf ortishi bilan yeyilish tezroq o‘sadi: q = 1.15 da ε_t = 1.47, q = 1.3 da 2.00; suv birligiga keltirilgan yeyilish ham ortadi (ε_V = 1.28 va 1.54). So‘rish tomonidagi yeyilish maksimumi kurak uzunligining 0.18 qismidan (q = 0.75) 0.58 qismigacha (q = 1.3) siljiydi, oxirgi uchdan bir qismdagi o‘rtacha yeyilish taxminan 4 marta ortadi [13]. Demak, katta sarflarda kavitatsiya xavfi ham, yeyilish ham ortadi, ammo yeyilish $NPSH_R$ ga qaraganda ancha tez (3-rasm).



2-rasm. Kirishdagi insidensiya burchagining nisbiy sarfga bog‘liqligi



3-rasm. Nisbiy sarf ortishi bilan yeyilish va $NPSH_R$ ning q = 1 ga nisbatan o‘sishi

Bosim oralig‘idagi umumiy xarita. 3-rasmda yeyilish (9), $NPSH_R$ (3) bo‘yicha berilgan, nuqtalar manometrik bosimning ayrim qiymatlariga mos rejimlar (4-jadval). (10) yordamida nisbiy sarf manometrik bosimga bog‘lanib, barcha ko‘rsatkichlar bitta o‘qqa keltirildi. Ikki xavf q bo‘yicha qarama-qarshi yo‘naladi: kavitatsiya va yeyilish xavfi sarf bilan, insidensiya va qayta sirkulyatsiya xavfi sarf kamayishi bilan ortadi. B zonada (q < 0.75) (9) qo‘llanmaydi; $NPSH_R$ va i hisobiy.

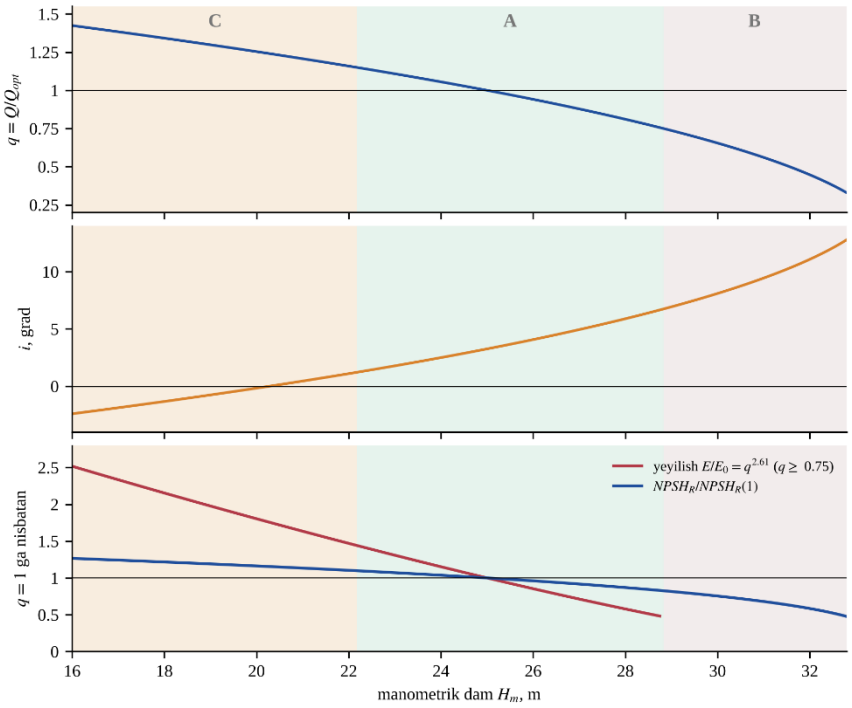
4-jadval.

Manometrik bosimga mos ish nuqtalari: zona, insidensiya, $NPSH_R$ va

yeyilish

H_m, m	**q**	**Zona**	**i, grad**	**$NPSH_R$, m (C = 1000-800)**	**$NPSH_R(q)$/ $NPSH_R(1)$**	**Yeyilish E/E_0**
16.0	1.42	C	−2.4	11.6-15.6	1.26	2.50
20.0	1.25	C	−0.1	10.6-14.3	1.16	1.80
25.0	1.00	A	3.3	9.2-12.3	1.00	1.00
28.0	0.81	A	5.9	8.0-10.7	0.87	0.58
30.0	0.66	B	8.0	6.9-9.4	0.76	—
32.8	0.33	B	12.8	4.4-5.9	0.48	—

Past bosimda (H_m = 16-20 m, q = 1.25-1.42, C zona) $NPSH_R$ 16-26 %, yeyilish 1.8-2.5 marta ortadi, insidensiya nolga yaqin yoki manfiy: kirish qirrasi zarbasi kamayadi, lekin tezliklar va kavitatsiya xavfi ortadi. Yuqori bosimda (H_m > 28.8 m, B zona) $NPSH_R$ kamayadi, ammo insidensiya 8-13° gacha ortib, kirishda qayta sirkulyatsiya va tebranish kuchayadi. A zonada (H_m = 22.2-28.8 m, $0.75 \le q \le 1.15$) $NPSH_R$ q = 1 dagidan 10 % dan, insidensiya 6.7° dan, yeyilish taxminan 1.5 martadan oshmaydi.



4-rasm. Manometrik bosimga bog‘liq ravishda nisbiy sarf, insidensiya burchagi, yeyilish va $NPSH_R$

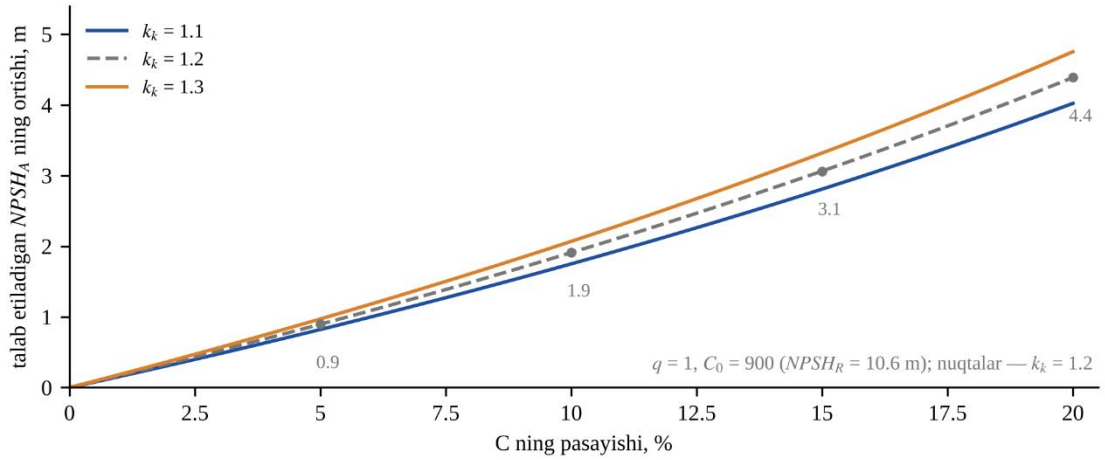
C ning pasayishi va so‘rish yo‘li yo‘qotishlarining ta’siri. Kavitatsiya va yeyilishning o‘zaro kuchayishi (5), (6) da C ning pasayishi sifatida ifodalanadi. Yeyilish bilan C qanchaga pasayishi o‘lchanmagan, shuning uchun 5-jadval ssenariy hisobi: $C_0 = 900$, $q = 1$, $NPSH_{R0} = 10.6$ m.

5-jadval.

C ning pasayishida $NPSH_R$ va talab etiladigan $NPSH_A$ ning ortishi ($q = 1$, $C_0 = 900$; hisobiy)

C ning pasayishi, %	C	$NPSH_R$, m	$NPSH_R$ ortishi, %	$\Delta NPSH_{A,req}$, m, $k_k = 1.1$	$k_k = 1.2$	$k_k = 1.3$
0	900	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0
5	855	11.3	7.1	0.8	0.9	1.0
10	810	12.1	15.1	1.8	1.9	2.1
15	765	13.1	24.2	2.8	3.1	3.3
20	720	14.2	34.7	4.0	4.4	4.8

C ning har 1 % pasayishi $NPSH_R$ ni taxminan 1.3 % oshiradi; C 10 % ga pasaysa talab etiladigan $NPSH_A$ 1.8-2.1 m ortadi, bu so‘rish yo‘lidagi yo‘qotishlar h_w ning shuncha ortishiga teng (5-rasm; nuqtalar k_k = 1.2 ga mos). Katta sarflarda bu ortish mutlaq qiymatda kattaroq: q = 1.25 da C_0 = 900 va C ning 10 % pasayishida $NPSH_R$ 12.2 m dan 14.0 m gacha, ya’ni 1.8 m ortadi (hisobiy).



5-rasm. C ning pasayishida talab etiladigan $NPSH_A$ ning ortishi

Natura kuzatuvi. Markaziy ta’mirlash ustaxonasida ko‘rilgan zichlagich (himoya) halqasining sirti zich mayda chuqurchalar bilan tekis qoplangan, chiziqli izlar (tirnalishlar) yo‘q (6-rasm). Bunday ko‘rinish mayda zarrachalar urilishi va kavitatsiyaning birgalikdagi ta’siriga xos va halqa bo‘shlig‘idagi taxminan 15 m/s tezlikka mos [14]. Ta’mirdagi detallarning yeyilish darajasi o‘lchanib jurnalga yozilmaydi, shuning uchun natura ma’lumotlari faqat sifat xarakteriga ega va hisobni miqdoriy tasdiqlamaydi.



6-rasm. Zichlagich (himoya) halqasi sirtidagi chuquchali gidroabraziv-kavitatsion emirilish (dala tadqiqoti fotosurati)

Materiallar va ish rejimi choralari. Kirish qirrasi materiali ham ikki ta’sirni hisobga olishi kerak: cho‘yan mo‘rt, katta burchakli zarba va kavitatsiyaga sezgir, zanglamaydigan po‘lat esa kichik burchakli mikrokesishga ko‘proq uchraydi [1]. Shu sababli kirish qirrasi va bosim tomonining kirish qismi uchun xrom-nikelli po‘lat, elastomer yoki polimer kompozit, kurak so‘rish tomonining o‘rta va chiqish qismlari uchun qattiq qotishma bilan qoplash tavsiya etiladi; qoplamalar chidamliligi stendda tekshiriladi. Natijalar 6-jadvalda zonalar bo‘yicha jamlangan.

6-jadval.

Zonalar bo‘yicha asosiy xavflar va tavsiya etiladigan choralar

Zona	H_m, m	q	Asosiy xavf	Chora
C	< 22.2	> 1.15	$NPSH_R$ +10…26 %, yeyilish 1.5-2.5 marta ortadi	past bosimda kam ishlash; kirish yo‘naltiruvchi apparatini tiklash; avankamerani tozalash
A	22.2-28.8	0.75-1.15	$NPSH_R \le +10$ %, $i \le 6.7°$, yeyilish ≤ 1.5	asosiy ish zonasi
B	> 28.8	< 0.75	i = 6.7-12.8°, qayta sirkulyatsiya, tebranish	uzoq ishlamaslik; resurs hisobida yuqori koeffitsient

Amaliy xulosalar: agregatlarni $0.75 \le q \le 1.15$ oralig‘ida ishlatish lozim; kirish yo‘naltiruvchi apparatlarini tiklash bosim o‘zgarganda ish nuqtasini A zonada ushlab turadi [4], avankamerani muntazam tozalash esa h_w ni va shu bilan $NPSH_A$ ni saqlaydi [11]. C va sof botish chuqurligini o‘lchash kerak: kavitatsion sinov q = 0.75; 1.0; 1.15 da ISO 9906 [15] yoki GOST 6134 [16] bo‘yicha, h_z va h_w suv sathi bilan birga. Ta’mirda kirish qirrasi profilini tiklash va chidamli material bilan qoplash, C va B zonalarda ishlagan soatlarni resurs hisobida yuqori koeffitsient bilan olish tavsiya etiladi.

Xulosa. Tadqiqot natijasida Qarshi magistral kanali 7-nasos stansiyasi yirik nasosida kavitatsiya zaxirasi, oqimning kirishdagi insidensiya burchagi va gidroabraziv yeyilish intensivligining nisbiy sarfga bog‘liqligi aniqlandi. Hisobiy

tahlillar asosida nasosning 0,75–1,15 nisbiy sarf va 22,2–28,8 m manometrik bosim oralig‘idagi ish rejimi maqbul deb baholandi. Sarfning ortishi kavitatsion talab va yeyilish jadalligini oshirishi, kamayishi esa kirishdagi qayta sirkulyatsiya hamda gidravlik beqarorlik xavfini kuchaytirishi asoslandi. Nasosning ekspluatatsion ishonchliligini oshirish uchun maqbul ish rejimini saqlash, kirish yo‘naltiruvchi apparatlarini tiklash, avankamerani tozalash va ishchi g‘ildirak sirtlarini himoyalash tavsiya etiladi.

Adabiyotlar:

1. Duan C.G., Karelin V.Y. Abrasive Erosion and Corrosion of Hydraulic Machinery. - London: Imperial College Press, 2002.

2. Qarshi magistral kanali foydalanish boshqarmasi. 7-nasos stansiyasining texnik holati to‘g‘risida dalolatnoma. - Talimarjon, 2022 yil 15 iyul. [Qo‘lyozma, stansiya arxivi]

3. Qarshi magistral kanali 7-nasos stansiyasi. Nasos agregatlarining texnik va ekspluatatsion ko‘rsatkichlari to‘g‘risida ma’lumotnoma (2026 yil 8 oktyabr holatiga). [Qo‘lyozma, stansiya mutaxassislari ma’lumotlari]

4. Sayliyev O.I., Jovliyev U.T. Effect of delivery head variation and inlet guide vane failure on the operating point and blade wear of large vertical centrifugal pumps // Global Forum on 21st Century Education Strategies. - London, Great Britain, 2026. - Vol. 6, Issue 1. - P. 39-42.

5. Brennen C.E. Cavitation and Bubble Dynamics. - New York: Oxford University Press, 1995.

6. Franc J.-P., Michel J.-M. Fundamentals of Cavitation. - Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004.

7. Knapp R.T., Daily J.W., Hammitt F.G. Cavitation. - New York: McGraw-Hill, 1970.

8. Gülich J.F. Centrifugal Pumps. 3rd ed. - Berlin, Heidelberg: Springer, 2014.

9. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. - М.: Стройиздат, 1986. - 320 с.

10. Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы. 2-е изд. - М.; Л.:

Машиностроение, 1966. - 364 с.

11. Уралов Б.Р., Хакимова Г., Каюмов Ж.С., Нишанова С.Х., Арзиева Д.Б., Дурманов А. О проблемах гидроабразивного износа рабочего колеса центробежных и осевых насосов [Elektron resurs]. - 2024. URL: https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1900697

12. Sayliyev O.I., Jovliyev U.T. A generalized hydro-abrasive wear correlation for a large irrigation centrifugal pump handling Amu Darya sediment: effects of flow rate, rotational speed and particle size // American Journal of Multifunctional Publishing. - 2026. - Vol. 3, Issue 3. - P. 73-80.

13. Sayliyev O.I., Jovliyev U.T., Ablatova A.M. Markazdan qochma nasos ish g‘ildiragi kanalida oqizindi zarrachalari harakati va kuraklar bo‘ylab gidroabraziv yeyilish taqsimotini sonli modellashtirish // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. - 2026. - Vol. 6, Issue 8. - P. 346-353.

14. Sayliyev O.I., Jovliyev U.T. Wear of seal clearances and blade exit edges in a large irrigation centrifugal pump: hydraulic consequences and impeller trimming as a wear-reduction measure // American Journal of Innovation in Science, Research and Development. - 2026. - Vol. 3, Issue 4. - P. 35-41.

15. ISO 9906:2012. Rotodynamic pumps - Hydraulic performance acceptance tests - Grades 1, 2 and 3. - Geneva: ISO, 2012.

16. ГОСТ 6134-2007. Насосы динамические. Методы испытаний. - М.: Стандартинформ, 2008.