

Научная статья  
УДК 628.147.2  
doi: 10.28983/asj.y2023i3pp140-146

**Ввод осевого насосного оборудования в оптимальный эксплуатационный режим**

**Сергей Андреевич Тарасьянц, Вадим Николаевич Ширяев, Дмитрий Васильевич Николаенко, Максим Сергеевич Васинев**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», Ростовская обл., г. Новочеркасск, Россия  
e-mail: vadik334@mail.ru

**Аннотация.** В статье проведен анализ насосных станций, оборудованных осевыми насосами, с целью изучения эксплуатационных характеристик гидромеханического оборудования. Предлагаемые мероприятия приведут к экономии энергоресурсов насосных станций, расположенных как в регионах РФ, так и в странах ближнего зарубежья.

**Ключевые слова:** насосные станции; осевые насосы; коэффициент полезного действия; затраченная мощность.

**Для цитирования:** Тарасьянц С. А., Ширяев В. Н., Николаенко Д. В., Васинев М. С. Ввод осевого насосного оборудования в оптимальный эксплуатационный режим // Аграрный научный журнал. 2023. № 3. С. 140–146. <http://10.28983/asj.y2023i3pp140-146>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**Introductory axial pumping equipment in observations operational mode**

**Sergey A. Tarasyants, Vadim N. Shiryaev, Dmitry V. Nikolaenko, Maxim S. Vasinev**

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Rostov region, Novocherkassk, Russia  
e-mail: vadik334@mail.ru

**Abstract.** The article analyzes pumping stations equipped with axial pumps in order to study the performance characteristics of hydromechanical equipment. The proposed measures will lead to energy savings at pumping stations located both in the regions of the Russian Federation and in neighboring countries.

**Keywords:** pumping stations; axial pumps; efficiency; spent power.

**For citation:** Tarasyants S. A., Shiryaev V.N., Nikolaenko D.V., Vasinev M.S. Introductory axial pumping equipment in observations operational mode. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2023;(3):140–146. (In Russ.). <http://10.28983/asj.y2023i3pp140-146>.

**Введение.** Все промышленные организации РФ с имеющимся гидромеханическим оборудованием, в настоящее время, пришли к необходимости учета каждого кВт часа израсходованной электроэнергии. Особенно ощутили свои расходы энергонасыщенные насосные станции водоснабжения, мелиорации, ГРЭС и АЭС. Только по Северо-Кавказскому региону установленная мощность одних мелиоративных насосных станций составляет 538 627 кВт. Используя существующие нормы, проектные организации принимают для расчета максимальный напор [1, 2], между тем до половины времени эксплуатации гидромеханическое оборудование работает с напором ниже максимального в связи с изменившимися условиями водозабора и места установки потребителя. На сегодняшний день самым современным способом подбора гидравлических параметров насосных станций является инверторный [6, 9], предусматривающий изменение частоты вращения приводных двигателей с напряжением до 500 В и ценами от 264 000 руб. при мощности до 110 кВт, при дальнейшем увеличении мощности цена превышает миллионы рублей. Кроме того, преобразователи частоты вращения приводных двигателей импортные, устанавливающие так же максимальный напор сети при изменении мест потребителя независимо от гидравлической возможности сети и не учитывают влияние параметров всасывающих линий, непрерывно меняю-



щихся в процессе эксплуатации и оказывающих немаловажное влияние на энергопотребление. Другие способы регулирования [8] – обрезка диаметра рабочего колеса, дросселирование, параллельное и последовательное соединение агрегатов, практически не применяются, устаревшие, без возможности оптимального расхода электроэнергии при максимальном КПД.

**Методика исследований.** По исходным данным эксплуатируемой насосной станции рассматриваются гидравлические и энергетические параметры гидромеханического оборудования, проводится обоснование необходимости и анализ, предлагаются мероприятия по корректировке результатов трубопроводной сети для ввода элементов оборудования в оптимальный режим с максимальным КПД, проводится экономический расчет.

Насосные станции, оборудованные осевыми насосами, как правило, используются в качестве головных, эксплуатируются с постоянным напором, не превышающим 20–25 м, для подачи воды в каналы и циркуляционные линии ГРЭС и АЭС. Основным гидравлическим фактором, влияющим на эксплуатационные характеристики осевых насосов, является заиливание всасывающих линий и аварийное снижение отметок уровня в водоисточнике приводящим до критического кавитационного режима [7] и полной остановки насосного агрегата. При монтаже осевых насосов (рис. 1), параллельное соединение, как правило, не используется, всасывающие и напорные линии монтируются индивидуально.

В работе рассмотрен вопрос поддержания основных осевых насосных агрегатов в режиме максимального КПД. В качестве примера предлагается напорно-расходная характеристика вертикального осевого насоса ОПВ6-87К,  $n = 485 \text{ мин}^{-1}$ ,  $D_{\text{рк}} = 870 \text{ мм}$  (рис. 2).

В качестве основной величины характеризующей кавитационные явления принят кавитационный запас  $\Delta h$ , устанавливаемый заводом изготовителем для соответствующей подачи и напора. Для расчета допустимой вакуумметрической высоты всасывания  $H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$  (разность отметок горизонта водоисточника и оси рабочего колеса) используется зависимость:

$$H_{\text{доп}}^{\text{вак}} = H_0 - \Delta h - H_{\text{пж}} - \Sigma h_{w.v.}$$

где  $H_0$  – атмосферное давление, принимаемое 10,2 м;  $H_{\text{пж}}$  – давление насыщенных водяных паров при температуре 20 °С,  $H_{\text{пж}} = 0,24 \text{ м}$ ;  $\Sigma h_{w.v.}$  – суммарные потери напора во всасывающей линии, м.

Как правило, значение  $H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$  для осевых насосов есть величина отрицательная (колеса работают под заливом). КПД осевых насосов поддерживается, в основном, на уровне оптимального за счет изменения угла установки лопаток рабочего колеса.

Пример расчета изменения КПД от потребляемой полезной и затраченной мощности приведен в табл. 1.

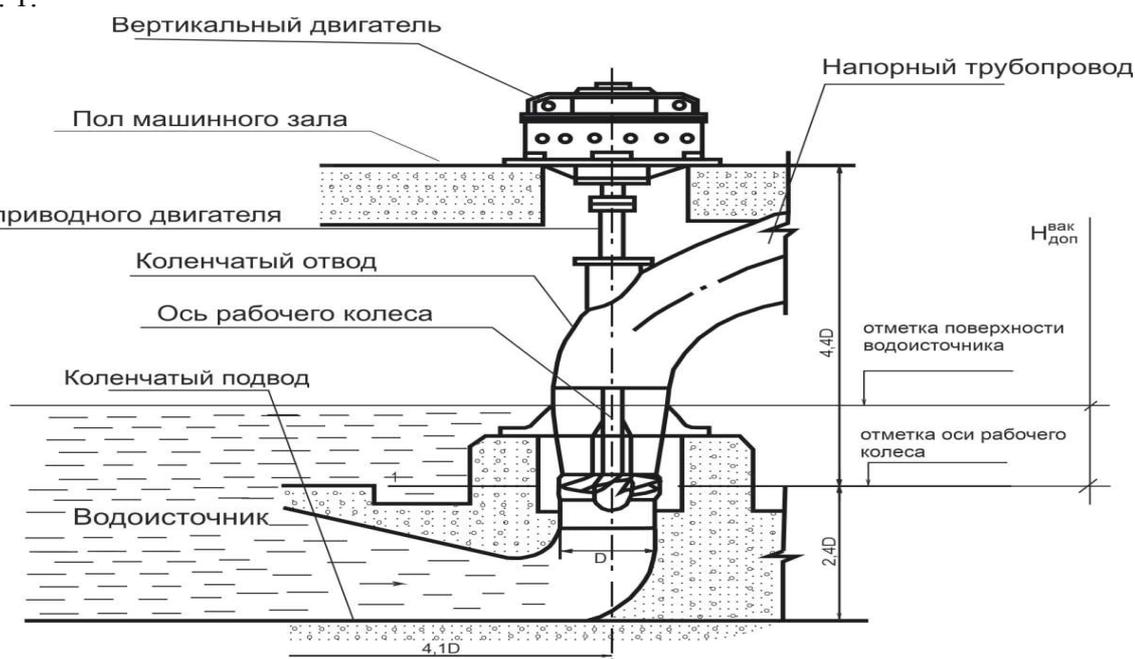


Рис. 1. Конструктивная схема установки осевого насоса с коленчатым подводом



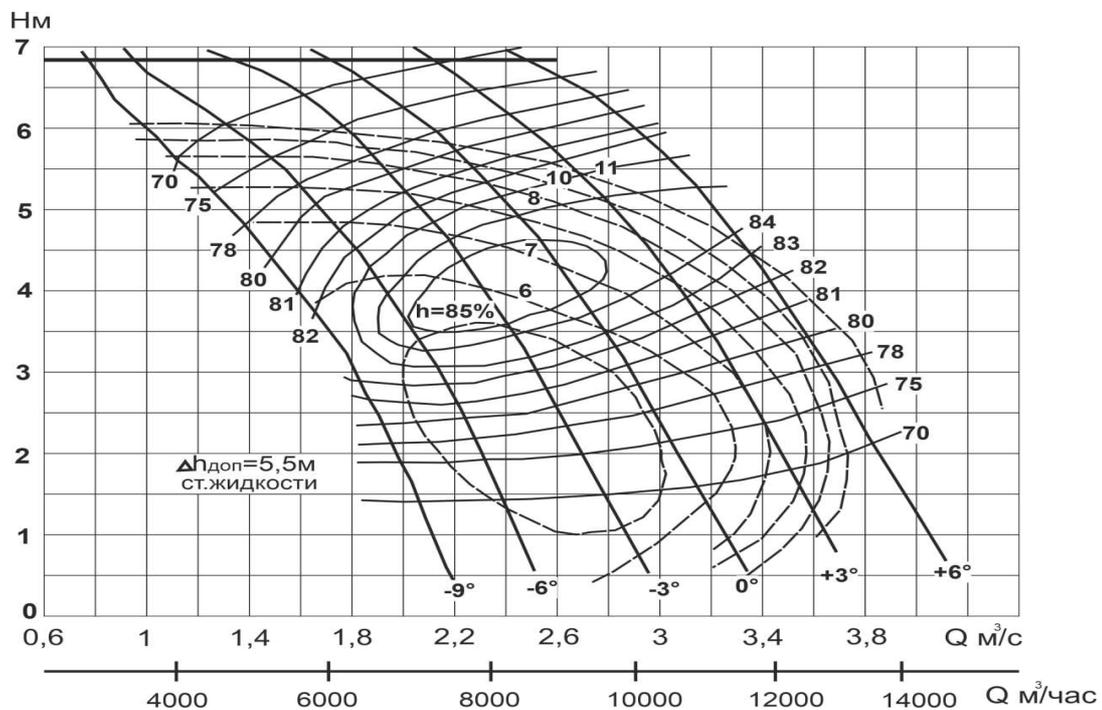


Рис. 2. Напорно-расходная характеристика осевого насоса ОПВ6-87  $n=485 \text{ мин}^{-1}$ ,  $D_{pk}=870 \text{ мм}$

Таблица 1

Расчет изменения КПД от потребляемой полезной и затраченной мощности

Кавитационный запас $\Delta h/\text{м}$	Угол установки лопаток колеса $\alpha_0$	Подача $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Напор $H, \text{ м}$	КПД $\eta_{\text{нас}}, \%$	Полезная мощность насоса, кВт $N_{\text{п}}=9,8QH$	Затраченная мощность $N_3=0,8QH/\eta_{\text{п}}$	Разность затраченной $N_3$ и полезной $N_{\text{п}}$ , кВт
10,0	-9,0	1,0	6,0	65,0	58,80	90,46	31,66
6,8	-9,0	1,4	4,8	79,0	65,85	83,3	17,45
9,1	-6,0	1,4	5,8	74,0	79,50	107,5	28,0
5,5	-9,0	1,8	2,8	81,0	49,30	60,9	11,67
6,0	-6,0	1,8	4,8	83,0	84,60	102,01	17,40
	-6,0	2,2	2,5	78,0	53,90	69,1	15,20
6,0	-3,0	2,2	4,3	85,0	92,70	109,06	16,30
5,0	-3,0	2,6	2,0	72,0	50,96	70,77	19,80
8,0	0,0	2,6	4,0	84,0	101,9	124,3	19,40
10,0	+3,0	2,6	5,5	82,0	140,14	170,9	30,96
15,0	+6	2,6	6,50	78,0	165,6	212,3	46,73
6,0	0,0	3,0	1,7	68,0	49,98	73,5	23,52
8,8	+3,0	3,0	3,8	81,0	111,72	137,9	26,20
11,0	+6,0	3,0	5,4	85,0	158,76	186,77	28,01
9,0	+3,0	3,4	4,7	65,0	56,64	87,14	30,50
10,0	+6,0	3,4	3,5	78,0	116,62	149,51	32,89
12,0	+6	3,8	1,4	55	52,13	94,79	42,66



По анализу табл. 1 видно, что осевое насосное оборудование эксплуатируется, в основном, с высоким КПД, зависящим от угла поворота лопастей рабочего колеса и разность затраченной  $N_3$  и полезной мощности не превышает 30 кВт, в исключительном случае достигает 46,73 кВт в вариантах, которые практически не используются. Основным фактором, влияющим на КПД и основные гидравлические параметры, является значение кавитационного запаса, колеблющегося в зависимости от напора, в пределах максимального значения – 15 м и минимального – 5,5 м, вследствие чего в настоящем анализе основное внимание уделено эксплуатации осевого насосного оборудования с оптимальным кавитационным запасом для необходимых, назначенных значений, подачи и напора при строгом соблюдении допустимой вакуумметрической высоты всасывания – разности отметок водоисточника и оси рабочего колеса.

Исходя из вышеизложенного, для осевого насосного оборудования при выполнении поставленной цели предлагается по фактическим параметрам, принятым по показаниям контрольно-измерительных приборов, назначить мероприятия по расчетам необходимых, гидравлических величин всасывающих и напорных линий гидравлического оборудования и мероприятия по восстановлению оптимального эксплуатационного режима всей насосной станции.

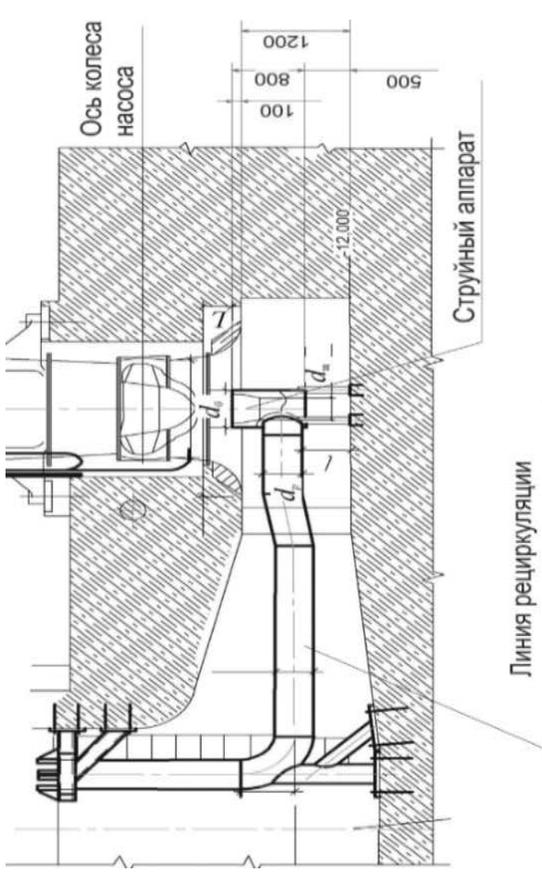
**Результаты исследований.** Пример обработки данных оказывающих существенное влияние на эксплуатационный режим насосной станции и возможных вариантов принятия решений показан в табл. 2.

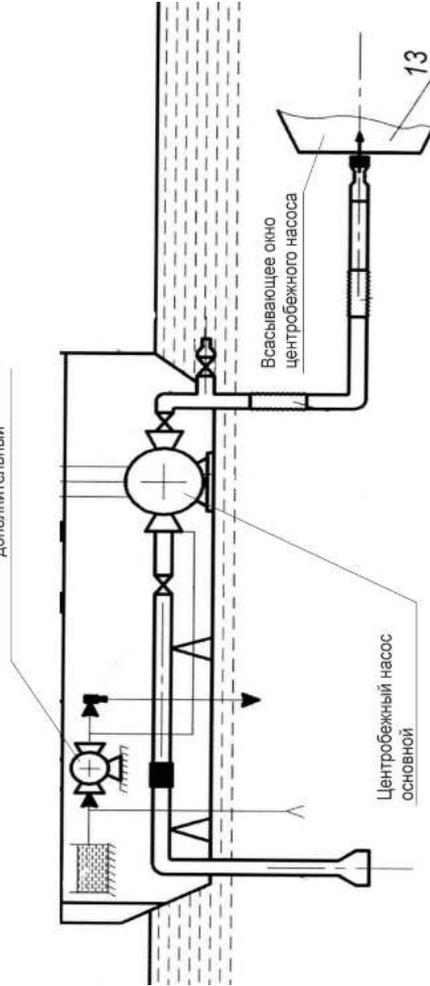
При принятии решений по вводу оборудования и сети в оптимальный режим предлагается использовать исходные данные:

- 1) назначение насосной станции и схема установки оборудования в сети;
- 2) год пуска в эксплуатацию насосных агрегатов;
- 3) вид водоисточника (река, водохранилище), водовыпуска (канал, дождевальная техника);
- 4) внутренний диаметр и длины всех всасывающих и напорных трубопроводов ( $D_B, D_H, L_B, L_H$ );
- 5) заводская характеристика насоса, напорно-расходная  $H-Q$ , КПД =  $f(Q)$ , зависимость мощности от расхода  $N = f(Q)$ , зависимость кавитационного запаса от расхода  $\Delta h = f(Q)$  частота вращения, тип двигателя; мощность и частота вращения;
- 6) фактическая подача (по расходомеру) и давление (по манометру);
- 7) показания основных и дополнительных манометров по схеме; (в случае наличия);
- 8) гидрологическая характеристика водоисточника (отметки водоисточника привязанные к оси насоса min, max.);
- 9) геометрическая высота всасывания относительно горизонта водоисточника (разность отметок оси насоса и горизонта водоисточника, min, max);
- 10) отметки потребителей относительно оси насоса (водоисточника);
- 11) показания амперметра при максимальной подаче и всех эксплуатационных вариантах;
- 12) тип и конструкция рыбозаградительного устройства;
- 13) схема с размерами приёмной камеры;
- 14) плотность всасываемого потока  $\rho_0$  (для водоисточников с увеличенной скоростью, горные реки и т.д.);
- 15) скорость потока в водоисточнике (в месте всасывания);
- 16) ранее проведенные ремонтные работы; на всасывающих и напорных линиях с указанием вновь установленных диаметров трубопроводов, типа двигателя и его параметров;
- 17) схема с размерами входной камеры.

**Заключение.** На основании ранее проведенных исследований и настоящего краткого анализа имеется возможность изучить эксплуатационные характеристики насосных станций, оборудованных осевыми насосными агрегатами как в регионах РФ как и в странах ближнего зарубежья с возможностью экономии энергоресурсов приводимым дополнительно для каждого конкретного случая. В случае полной остановки насосной станции в следствии неопределенных и заранее не предусмотренных аварийных ситуаций экономические потери могут сочетаться с режимами чрезвычайных ситуаций для отдельных регионов.

Параметры, возможные отклонения от оптимальных, расчетные значения и мероприятия по реализации поставленной цели насосные станции, оборудованные осевыми насосами)

Параметры, влияющие на снижение КПД	Какие гидравлические параметры рассчитываются	Мероприятия по реализации цели
Заилнение входной камеры (рыбозаградительного оборудования)	<p>Подача и напор насосного агрегата <math>Q_n, H_n</math>;          кавитационный запас <math>\Delta h</math>;          скорость потока в напорном трубопроводе <math>V_n</math></p>	<p>Очистка от заилнения с использованием дополнительного оборудования [3]</p>
<p>Падение отметки уровня водосточника до критических значений</p>	<p>Подача и напор насосного агрегата <math>Q_n, H_n</math>;          кавитационный запас – <math>\Delta h</math>;          необходимое значение увеличения потенциальной и кинетической энергии перед рабочим колесом</p>	<p>Увеличение полной энергии с помощью дополнительного оборудования линий рециркуляции, установка струйного аппарата перед рабочим колесом, использование плавучего оборудования для увеличения энергии перед окном входной камеры [5]</p> 
		<p>Размеры и место установки кольцевого двухповерхностного струйного аппарата</p>

<p>Параметры, влияющие на снижение КПД</p> <p>Эксплуатация агрегата в кавитационном режиме</p>	<p>Какие гидравлические параметры рассчитываются</p>	<p>Мероприятия по реализации цели</p>
<p>Эксплуатация агрегата в кавитационном режиме</p>	<p>Подача и напор насосного агрегата <math>Q_n, H_n</math>; отметка уровня в водоисточнике; кавитационный запас <math>-\Delta h</math>; скорость и потери в напорном трубопроводе <math>V_n, h_w</math>.</p>	<p>Внешняя дополнительная насосная установка наплавку с устройством повышения полной энергии во всасывающем окне входной камеры.</p>  <p>Плавающая установка для увеличения кавитационного запаса осевых насосов [4]</p>
<p>Заливание напорного трубопровода, водовыпускного сооружения</p>	<p>Подача <math>Q_n</math>, напор <math>H_n</math>, скорость потока в напорном трубопроводе <math>V_n</math>, потери напора <math>h_w</math> и коэффициент гидравлического сопротивления <math>\lambda</math></p>	<p>Напорно-вакуумная очистка трубопроводов.</p>
<p>Нарушение герметичности обслуживаемых трубопроводов</p>	<p>Подача <math>Q_n</math>, напор <math>H_n</math>, потери напора <math>h_{wp}</math>, скорость в напорных трубопроводах <math>V_n</math></p>	<p>Ремонт с применением дополнительного оборудования.</p>
<p>Увеличенная проходная скорость потока в водоисточнике (горные реки, отсутствие отстойников)</p>	<p>Скорость входа потока во всасывающий трубопровод <math>V_n</math>, потери напора во всасывающем трубопроводе <math>h_w</math>, кавитационный запас <math>\Delta h</math>, подача <math>Q_n</math></p>	<p>Устройство отстойников с возможностью их гидравлической очистки с помощью установочного оборудования (напорно-вакуумная очистка)</p>
<p>Увеличенная плотность потока водоисточника (в случае горных рек)</p>	<p>Скорость во всасывающем трубопроводе <math>V_n</math>, потери напора <math>h_w</math>, кавитационный запас <math>\Delta h</math></p>	<p>Устройство отстойников с возможностью их очистки гидравлическим способом</p>



1. Головкова Ю.С., Иванов А.М., Сероченкова Е.А. Подбор и расчет насосов, используемых в водоснабжении // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 9. С. 65–70.
2. Байков И.Р., Трофимов А.Ю., Зиятдинов Р.Р. Повышение энергетической эффективности насосных агрегатов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. № 4 (114). С. 53–59.
3. Нафиков И.Р., Ситдииков Ф.Ф. Струйные аппараты для создания вакуума / И.Р. Нафиков // Научная жизнь. 2019. № 1. С. 40–45.
4. Пат № 2741360 РФ, МПК F04D 9/06. Плавающая установка для увеличения кавитационного запаса осевых насосов / А.С. Тарасьянц, Р.Р. Мазанов, В.Н. Ширяев, В.В. Трушев, С.А. Тарасьянц; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО Донской ГАУ. № 2020112128; заявл. 24.03.2020; опубл. 25.01. 2021. Бюл. № 3.
5. Пат. на полезную модель № 187217, МПК F04D 9/06. Насосная установка с устройством для повышения кавитационного запаса / П.В. Пашков, К.А. Дегтярева, С.А. Тарасьянц; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО Донской ГАУ. № 2018117060; заявл. 07.02.2018; опубл. 25.02. 2019. Бюл. № 7.
6. Сатункин И.В., Гуляев А.И. Стационарные насосные станции, методы повышения их эффективности и проектные решения при реконструкции Черновской оросительной системы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (76). С. 129–133.
7. Ширяев В.Н., Уржумова Ю.С., Тарасьянц С.А. Расчет увеличения энергии и кавитационного запаса насосного оборудования на всасывающем трубопроводе // Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса. 2021. № 1(61). С. 189–203.
8. Imaev Damir, Nemudruk Maxim, Fedorov Mikhail, Shpakovskaya Irina (2020). Diagnostics of the Cavitation Modes in the Heavy Petroleum Products Pumping Systems. 665-668. DOI: 10.1109/EIConRus 49466.2020.9039411.
9. Kan Eduard, Ikramov Nazir, Mukhammadiev Muradulla (2019). The change in the efficiency factor of the pumping unit with a frequency converter. E3S Web of Conferences. 97. 05010. DOI: 10.1051/e3s-conf/20199705010.

## REFERENCES

1. Golovkova Yu.S., Ivanov A.M., Serochenkova E.A. Selection and calculation of pumps used in water supply. *Proceedings of the Tula State University. Technical science.* 2019; 9: 65–70. (In Russ.)
2. Baikov I.R., Trofimov A. Yu., Ziyatdinov R.R. Improving the energy efficiency of pumping units. *Problems of collection, preparation and transport of oil and oil products.* 2018; 4 (114): 53–59. (In Russ.)
3. Nafikov I.R., Sitdikov F.F. Inkjet devices for creating a vacuum. *Scientific life.* 2019; 1: 40–45. (In Russ.)
4. Pat No. 2741360 RF, IPC F04D 9/06. Floating installation for increasing the cavitation reserve of axial pumps / A.S. Tarasyants, R.R. Mazanov, V.N. Shiryayev, V.V. Trushev, S.A. Tarasyants; applicant and patent holder: FGBOU VO Donskoy State Agrarian University. No. 2020112128; dec. 03/24/2020; publ. 25.01. 2021. - Bull. Number 3. (In Russ.)
5. Pat. for utility model No. 187217, IPC F04D 9/06. Pumping unit with a device to increase the cavitation reserve / P.V. Pashkov, K.A. Degtyareva, S.A. Tarasyants; applicant and patent holder: FGBOU VO Donskoy State Agrarian University. – No. 2018117060; dec. 02/07/2018; publ. 25.02. 2019. Bull. No. 7. (In Russ.)
6. Satunkin I.V., Gulyaev A.I. Stationary pumping stations, methods for improving their efficiency and design solutions for the reconstruction of the Chernovskaya irrigation system. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University.* 2019; 2 (76): 129–133. (In Russ.)
7. Shiryayev V.N., Urzhumova Yu.S., Tarasyants S.A. Calculation of the increase in energy and cavitation reserve of pumping equipment on the suction pipeline. *Proceedings of the Lower Volga AgroUniversity Complex.* 2021; 1 (61): 189–203. (In Russ.)
8. Imaev Damir, Nemudruk Maxim, Fedorov Mikhail, Shpakovskaya Irina (2020). Diagnostics of the Cavitation Modes in the Heavy Petroleum Products Pumping Systems. 665-668. DOI: 10.1109/EIConRus 49466.2020.9039411.
9. Kan Eduard, Ikramov Nazir, Mukhammadiev, Muradulla (2019). The change in the efficiency factor of the pumping unit with a frequency converter. *E3S Web of Conferences.* 97. 05010. DOI: 10.1051/e3sconf/20199705010.

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; одобрена после рецензирования 17.11.2022; принята к публикации 30.11.2022.

The article was submitted 24.10.2022; approved after reviewing 17.11.2022; accepted for publication 30.11.2022.

