

seina v usloviyah menyayushchegosya klimata // *Ecologiya. Ekonomika. Informatika: Sbornik statej: V 2-h t. T. 1: Sistemy analiz I modelirovanie ekonomicheskikh I ekologicheskikh system. Vyp. 1. Rostov n/D: Izd-vo YUNTS RAN, 2016. S. 615-623.*

**5. Semenov S.M.** Hydrogeologicheskie prognozy v sisteme monitoring podzemnyh vod / Otv. red. V.S. Kovalevsky. M.: Nauka, 2005.

The material was received at the editorial office  
06.03.2017

#### Information about the authors

**Ismailylov Gabil Khudush ogly**, doctor of technical sciences, professor, head of the chair «Hydrology, hydrogeology and flow regulation», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499) 976-23-68; e-mail: gabil-1937@mail.ru

**Murashchenkova Natalja Vladimirovna**, candidate of technical sciences, associate professor, head of the chair «Hydrology, hydrogeology and flow regulation», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499) 976-23-68; e-mail: splain75@mail.ru

УДК 502/504:621.65.02

**Э.Е. НАЗАРКИН, В.В. СУШКО, О.Н. ПОМЕРАНЦЕВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

## РЕГУЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ПУТЕМ ПОДАЧИ ВОЗДУХА ВО ВСАСЫВАЮЩИЙ ТРУБОПРОВОД

*Целью данного исследования являлось изучение способа регулирования работы центробежного насоса путем изменения параметров всасывающего трубопровода посредством впуска воздуха для повышения энергоэффективности работы насосных установок. Был проведен сравнительный анализ существующих способов регулирования работы центробежных насосов. Отмечено, что вследствие недостаточной изученности метод регулирования центробежного насоса впуском воздуха во всасывающий трубопровод не получил распространения на практике несмотря на такие серьезные достоинства, как простота эксплуатации, минимальные затраты по установке и обслуживанию оборудования. По разработанной методике были проведены опытные исследования данного метода регулирования в лабораторных условиях. Результаты исследований для различных условий регулирования доз впускаемого воздуха были математически обработаны на основе теорий о центробежных насосах с использованием компьютерных программ. На основе этого анализа и обобщения полученных данных сделаны следующие выводы: регулирование центробежных насосов пуском воздуха не требует больших затрат на установку и эксплуатацию оборудования; производить регулирование работы центробежного насоса можно в пределах рекомендованной зоны, обусловленной снижением коэффициента полезного действия не более чем на 8% от максимального; регулирование в границах рекомендуемой зоны, определяемой кавитационным запасом, не приводит к возникновению кавитации. Данный способ регулирования в границах рекомендованной зоны позволяет регулировать напор в больших пределах: от 25 м<sup>3</sup>/ч до 30 м<sup>3</sup>/ч – при минимальной потере КПД.*

*Регулирование работы центробежного насоса, энергоэффективность, энергетические параметры, коэффициент полезного действия, впуск воздуха, кавитационный запас.*

**Введение.** С развитием и укрупнением систем водоснабжения, а также с изменением режима работы насосных станций возникает необходимость регулирования подачи насосных агрегатов, так как они являются крупнейшими потребителями электроэнергии. В современном насосостроении актуальным является направление в совер-

шенствовании существующих и разработке новых способов регулирования работы насосов. [1].

В настоящее время во многих отраслях экономики используются насосные установки с центробежными насосами. Повышение энергоэффективности их работы – актуальная проблема на современном этапе разви-



Установка для испытания центробежного насоса (рис. 2) является установкой открытого типа, т.е. забирает воду из открытого резервуара и подает ее по напорному трубопроводу в открытый резервуар. Воздух подавался через прибор ротаметр в количестве 0,5; 1; 1,5; 2 л/мин.

При проведении опытов измерялись такие параметры, как вакуум на входе в насос, давление на выходе из насоса, потребляемая мощность, подача насоса (при помощи треугольного водослива), подача воздуха. Режим работы насоса изменялся при помощи задвижки на напорном трубопроводе.

Данные, полученные в результате проведения опытов, сведены в таблицы 1-4. Подача насоса регулировалась дросселированием задвижки на напорном патрубке.

После обработки экспериментальных данных построены кривые  $H - Q$ ,  $N - Q$ ,  $h - Q$  при работе с различным воздухомсодержанием на входе в рабочее колесо.



Рис. 2. Стенд для проведения параметрических испытаний центробежного насоса

Таблица 1

**Результаты измерений работы центробежного насоса с добавлением воздуха 0,5 л/мин**

№№ п/п	Показания приборов	Ед. измер.	№ опытов									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Вакууметра P <sub>v</sub>	атм	0.60	0.43	0.35	0.31	0.27	0.25	0.23	0.20	0.18	0.18
2	Манометра P <sub>m</sub>	атм	0.20	2.20	2.50	2.65	2.80	2.90	2.97	2.90	2.80	0.00
3	Ваттметра W	кВт	0.80	0.88	0.81	0.79	0.74	0.70	0.68	0.62	0.59	0.50
4	Расходомера	л/с	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.00
5	Частотомера	об/мин	2950	2945	2947	2948	2956	2952	2960	2962	2966	2965

Таблица 2

**Результаты измерений работы центробежного насоса с добавлением воздуха 1,0 л/мин**

№№ п/п	Показания приборов	Ед. измер.	№ опытов								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вакууметра P <sub>v</sub>	атм	0.60	0.41	0.35	0.30	0.27	0.25	0.23	0.20	0.18
2	Манометра P <sub>m</sub>	атм	0.20	2.20	2.50	2.60	2.80	2.80	2.70	2.67	0.00
3	Ваттметра W	кВт	0.79	0.87	0.80	0.78	0.73	0.70	0.65	0.61	0.58
4	Расходомера	л/с	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
5	Частотомера	об/мин	2950	2945	2946	2947	2954	2955	2960	2961	2963

Таблица 3

**Результаты измерений работы центробежного насоса с добавлением воздуха 1,5 л/мин**

№№ п/п	Показания приборов	Ед. измер.	№ опытов							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вакууметра P <sub>v</sub>	атм	0.60	0.42	0.35	0.31	0.25	0.23	0.20	0.20
2	Манометра P <sub>m</sub>	атм	0.20	2.20	2.50	2.60	2.65	2.55	2.55	2.40
3	Ваттметра W	кВт	0.79	0.86	0.80	0.78	0.71	0.68	0.65	0.60
4	Расходомера	л/с	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50
5	Частотомера	об/мин	2952	2944	2946	2949	2953	2953	2964	2965

### Результаты измерений работы центробежного насоса с добавлением воздуха 2,0 л/мин

№№ п/п	Показания приборов	Ед. измер.	№ опытов						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Вакуумметра P <sub>v</sub>	атм	0.55	0.41	0.34	0.32	0.25	0.23	0.20
2	Манометра P <sub>м</sub>	атм	0.20	2.15	2.50	2.40	2.65	2.35	2.40
3	Ваттметра W	кВт	0.79	0.85	0.80	0.75	0.71	0.68	0.65
4	Расходомера	л/с	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00
5	Частотомера	об/мин	2952	2947	2948	2953	2954	2958	2965

Результаты испытаний центробежного насоса и всасывающей линии приведены на рисунке 3.

Из рисунка 3а следует, что кривая напора опускается ниже и сжимается к центру при добавлении большего количества воздуха. При этом мощность остается неизменной, а КПД немного снижается при увеличении

воздуха. На рисунке 3б отчетливо видим, что при увеличении количества впускаемого воздуха возрастают гидравлические потери во всасывающем трубопроводе.

С увеличением количества вводимого воздуха отмечена нестабильная работа насоса, и предположительно – возникновение кавитации.

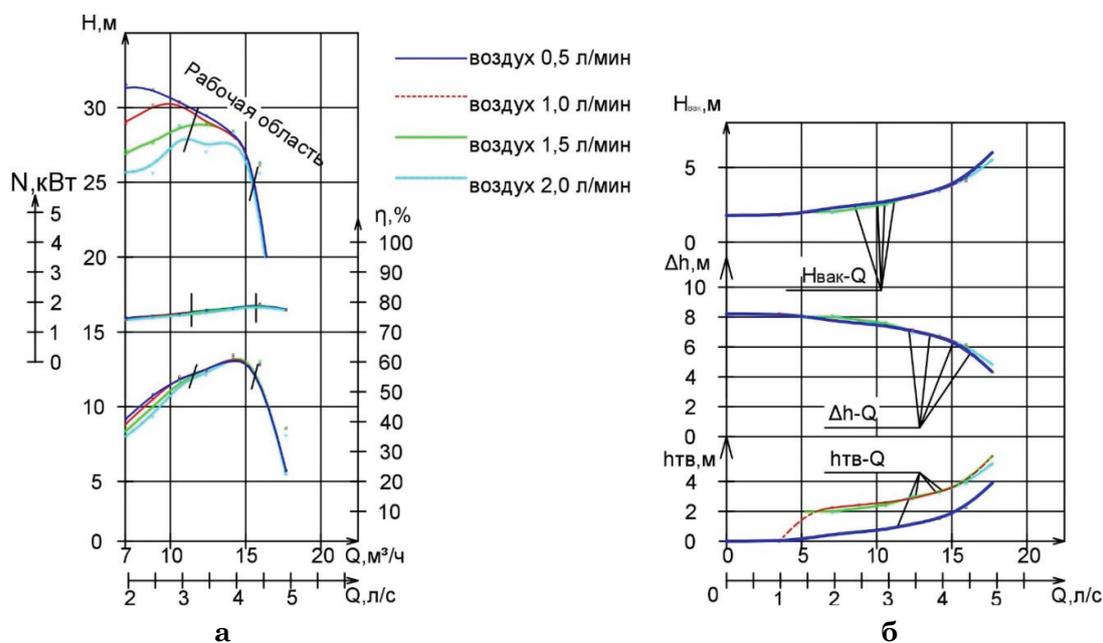


Рис. 3. Результаты испытаний центробежного насоса 2К-20/30:

а – графические характеристики энергетических параметров центробежного насоса 2К-20/30 при добавлении воздуха;

б – основные параметры всасывающего трубопровода при добавлении воздуха

Рассматривая рабочую зону работы центробежного насоса, можно заметить, что регулирование впуском воздуха при изменениях подачи в пределах рекомендуемой зоны (от 11,5 до 15,5 м³/ч) не приводит к возникновению кавитации и нарушению сплошности потока. При увеличении количества впускаемого воздуха работа насоса становится неустойчивой, появляется опасность разрыва водяного столба во всасывающей линии и, как следствие, срыв работы насоса.

При необходимости можно расширить рабочий интервал как в меньшую, так и в большую стороны (при подаче от 8 до 18 м³/ч), с условием предотвращения возникновения кавитации и разрыва водяного столба, однако такое решение неизбежно приводит к резкому уменьшению КПД.

#### Выводы

Поскольку рабочая зона не кавитирует, метод регулирования работы центробеж-

ного насоса путем впуска воздуха во всасывающий патрубок является аналогичным методу регулирования задвижкой на всасывающем трубопроводе.

По итогам проведенных испытаний можно сделать следующие выводы.

Регулирование центробежных насосов пуском воздуха не требует больших затрат на установку и эксплуатацию оборудования.

Производить регулирование работы центробежного насоса можно в пределах рекомендованной зоны, обусловленной снижением коэффициента полезного действия не более чем на 8% от максимального.

Регулирование в границах рекомендуемой зоны, определяемой кавитационным запасом, не приводит к возникновению кавитации.

Данный способ регулирования в границах рекомендованной зоны позволяет регулировать напор в больших пределах: от 25 м<sup>3</sup>/ч до 30 м<sup>3</sup>/ч – при минимальной потере КПД.

#### Библиографический список

1. Али М.С., Бегларов Д.С., Чебаевский В.Ф. Насосы и насосные станции: Учебник. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 330 с.

2. Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. М.: Машиностроение, 2013. 176 с.

Материал поступил в редакции. 24.04.2017 г.

#### Сведения об авторах

**Назаркин Эдуард Евгеньевич**, магистр, факультет природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 89017636798; e-mail: ednazarkin@mail.ru

**Сушко Варвара Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 89031191101; e-mail: vsushko2011@mail.ru

**Померанцев Олег Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. 8-4999761185, e-mail: pomgranates.oleg@gmail.com

#### E.E. NAZARKIN, V.V. SUSHKO, O.N. POMERANGES

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow

## REGULATION OF THE CENTRIFUGAL PUMP OPERATION BY AIR SUPPLY INTO THE SUCTION PIPELINE

*The purpose of this study was to investigate the regulating method of the centrifugal pump operation by changing parameters of the suction pipeline by means of air intake to increase the energy efficiency of the pumping units operation. There was conducted a comparative analysis of the existing methods of regulation of the centrifugal pumps operation. It was noted that because of the insufficient studying the method of the centrifugal pump regulation by air intake into the suction pipeline was not widely spread in practice in spite of such significant advantages as simplicity of operation, minimal installation and maintenance costs. According to the developed technique, experimental studies of this method of regulation under laboratory conditions were carried out. The researched studies for various conditions of regulating intake air doses were mathematically processed based on the theories about centrifugal pumps using computer programs. Based on this analysis and generalization of the obtained data the following conclusions were drawn: regulation of centrifugal pumps by supply of air does not require large expenditures on installation and operation of equipment; it is possible to maintain regulation of the centrifugal pump operation within the recommended zone under the efficiency coefficient reduction by not more than 8 percent of the maximum; regulation within the recommended zone determined by the positive cavitation head does not lead to cavitation. This method of regulation within the boundaries of the recommended zone allows adjusting head within wide limits: from 25 m<sup>3</sup>/h to 30 m<sup>3</sup>/h – with a minimum loss of efficiency.*

*Regulation of the centrifugal pump operation, energy efficiency, energy parameters, efficiency, air intake, positive suction head.*

## References

1. Ali M.S., Beglyarov D.S., Chebaevsky V.F. Nasosy i nasosnye stantsii: Ucheb-nik. M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2015. 330 s.

2. Leznov B.S. Chastotno-reguliruemyy elektropriwod nasosnykh ustanovok, M.: Mashinostroyeniye, 2013. 176 s.

The material was received at the editorial office  
24.04.2017

## Information about the authors

**Nazarkin Eduard Evgenjevich**, holder of a master's degree, department of environmental engineering and water consumption FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev,

127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 89017636798; e-mail: ednazarkin@mail.ru

**Sushko Varvara Vladimirovna**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of agricultural water supply i drainage, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 89031191101; e-mail: vsushko2011@mail.ru

**Pomeranges Oleg Nikolaevich**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of agricultural water supply i drainage, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8-4999761185, e-mail: pomegranates.oleg@gmail.com

УДК 502/504:556.555.8:712.3

**Э.С. БЕГЛЯРОВА, А.В. ДМИТРИЕВА, С.А. СОКОЛОВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

## ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ БАСЕЙНА РЕКИ СЕРЕБРЯНКА

*Дождевые и талые воды (поверхностный сток) с водосбора, с застроенных и промышленных площадок значительно загрязнены и не могут сбрасываться в водные объекты без ограничений. В конце XX в. пришло понимание необходимости очищать загрязненный поверхностный сток перед сбросом, т.к. он оказывается в водных объектах как в наиболее низкой точке поверхности. В России в качестве источника водопотребления используются открытые поверхностные водоёмы и реки, а Запад использует в питьевых целях большей частью воды подземных горизонтов. Отвод загрязненного поверхностного стока с его последующим обезвреживанием (очисткой) не только является инженерной и санитарной необходимостью, но и служит существенным мероприятием по предотвращению деградации водных объектов вследствие чрезмерного загрязнения вод. Нет альтернативы такому природному ресурсу, как вода. Пристальное внимание уделяется открытым водным объектам, расположенным на территориях с особым правом регулирования земель. Это совокупность территорий с преобладанием естественной растительности или водных поверхностей, выполняющих природоохранные, рекреационные, ландшафтнообразующие и оздоровительные функции, т.е. особо охраняемые природные территории. Целью исследований качества воды на рассматриваемой территории является разработка водоохраных мер и анализ рационального способа оздоровления природных водных объектов.*

*Особо охраняемая природная территория, ручей, пруд, водоём, очистные сооружения, обводной коллектор, подпитывающие скважины, мероприятия.*

**Введение.** Серебрянка – главная водная артерия Измайловского лесопарка. Река определяет водный режим лесопарка, уникального лесного массива, одного из самых больших городских лесопарков Европы [1-3]. Через лесной массив р. Серебрянка протекает с ручьями-притоками. Наиболее протяженными притоками реки слева являются Красный ручей (2, 3 км) и Черный ручей (1,1 км), который частично заключен в бетонный коллектор (до шоссе Энтузиастов);

справа – Косинский ручей (0,8 км), а также Липитинский ручей (длина – не более 800 м в пределах Измайловского лесопарка). Другим правобережным притоком р. Серебрянка является ручей Ватной Фабрики (в подземном коллекторе). За пределами МКАД притоками Серебрянки являются ручей Редут, который начинается недалеко от земляных редутов Петра I, и Максинский ручей, русло которого начинается от границы поселка Совхоза имени Первого Мая (рис. 1).