

**Для цитирования:** Пурусова И. Ю. Энергетически оптимальная работа водозаборных сооружений из подземных источников. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018; 45(4):59-67. DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-4-59-67

**For citation:** Purusova I.Y. Energetically optimal work of water intake structures from underground sources. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2018; 45(4):59-67. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-4-59-67

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 628.12

DOI: 10.21822/2073-6185-2018-45-4-59-67

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНАЯ РАБОТА ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

**Пурусова И.Ю.**

Воронежский государственный технический университет,  
394026, г. Воронеж, Московский проспект, 14, Россия,  
e-mail: [yvs\\_na@list.ru](mailto:yvs_na@list.ru)

**Резюме:** *Цель.* Совершенствование существующих схем подачи воды в резервуар чистой воды по напорным трубопроводам и повышение производительности погружных насосов на водозаборных сооружениях из подземных источников. Рассматриваются негативные проявления при функционировании водозаборных сооружений из подземных источников. На режим работы каждого погружного насоса оказывают влияние внешние и внутренние характеристики системы скважина – погружной насос – сборный водовод – резервуар чистой воды. **Метод.** Математическое моделирование процесса управления совместной работы системы водозаборная скважина – сборный водовод с определёнными формами граничных условий. Показаны схемы расположения водозаборных скважин и сборного водовода. **Результат.** Изучено взаимное влияние режима работы отдельных скважин и сборного водовода, определена неустойчивая работа погружных насосов. Представлена схема подачи воды в резервуар чистой воды по отдельным напорным линиям. Для обеспечения устойчивости работы насосного оборудования характеристики диаметра водовода (его гидравлическое сопротивление) определяют в зависимости от суммарного гидравлического сопротивления оборудования скважины (фильтра скважины, насоса, арматуры) и скважинного трубопровода. Мониторинг водозаборных сооружений позволяет установить технические показатели для выбора независимой схемы, правильно подобрать оборудования с учётом совместной работы системы скважина – погружной насос – сборный водовод – РЧВ. **Вывод.** Энергетически оптимальная работа водозаборных сооружений с отдельными напорными линиями, способствует снижению потерь воды, при этом достигается значительная экономия электроэнергии. Наиболее благоприятной для погружного насоса является работа на резервуар чистой воды, а не на сборный водовод.

**Ключевые слова:** водозаборные сооружения, подача воды, водозаборная скважина, погружной насос, сборный водовод.

## POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL MECHANICAL ENGINEERING

### ENERGETICALLY OPTIMAL WORK OF WATER INTAKE STRUCTURES FROM UNDERGROUND SOURCES

*Irina Yu. Purusova*

Voronezh State Technical University,  
14 Moscow Ave., Voronezh 394026, Russia,  
e-mail: [vps\\_na@list.ru](mailto:vps_na@list.ru).

**Abstract Objectives** Perfecting of the existing schemes of water delivery in the pure tank on a pressure piping and increase in efficiency of submersible pumps on water intaking constructions from underground sources. Discusses the negative manifestations in the operation of water intaking constructions from underground. In the mode of operation of each pump is influenced by external and internal characteristics of the system wells – submersible pump – common culvert – the clean water tank. **Methods** Mathematical model operation of management process of collaboration of system a water well – a prefabricated conduit with definite forms of boundary conditions. Schemes of an arrangement are shown of water wells and a prefabricated conduit. **Results** Interference of a duty of certain wells and a prefabricated conduit is studied, unstable work of submersible pumps is defined. The scheme of water delivery is presented to the pure tank on separate pressure pressure lines. To ensure the stability of the pumping equipment, the characteristics of the diameter of the water conduit (its hydraulic resistance) are determined depending on the total hydraulic resistance of the well equipment (well filter, pump, fittings) and the well pipeline. Monitoring of water intake structures allows you to set technical indicators for choosing an independent scheme, to choose the right equipment, taking into account the joint operation of the system borehole - submersible pump - collecting water conduit - RFI. **Conclusion** Energetically optimal work of water intake structures with separate pressure lines, helps to reduce water losses, while achieving significant savings in electricity. The most favorable for the submersible pump is work on the clean water tank, and not on the prefabricated conduit.

**Keywords:** water intake structures, water feed, water well, submersible pumps, prefabricated conduit

**Введение.** Проблема снабжения водой потребителей, при рациональном использовании энергетических ресурсов, должна решаться в процессе управления оптимальным режимом работы водозаборных сооружений из подземных источников [1, 5-20].

В водозаборных скважинах устанавливаются погружные насосы с завышенными характеристиками.

Анализ данных, отражающих работу оборудования в условиях изменения подачи и напора, показывает, что большую часть времени погружные насосы работают при средних, а чаще низких значениях КПД с существенным перерасходом электроэнергии. Замена погружных насосов с низкой производительностью вовремя не производится. Такие негативные проявления приводят к необходимости совершенствования функционирования водозаборных сооружений.

Изучением водозаборных сооружений из подземных источников занимались отечественные ученые: Н.Н. Абрамов, В.Я. Карелин, В.В. Алексеев, А.П. Авсюкевич, Н.И. Сердюк и др.

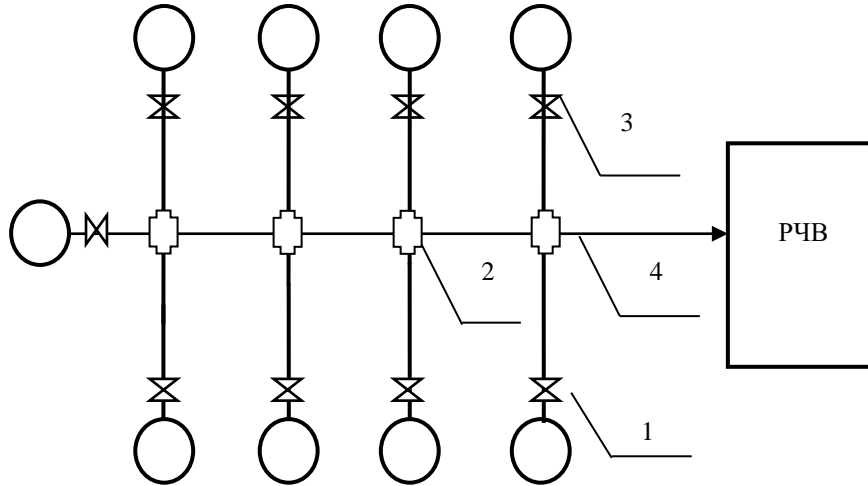
**Постановка задачи.** Основным условием эффективной и надежной эксплуатации погружных насосов является их согласованная работа в системе скважина – погружной насос – сборный водовод. Поэтому такая система должна рассматриваться как единая, а выбор погруж-

ных насосов и схемы подачи воды в РЧВ (резервуар чистой воды) должны решаться на основании расчета совместной работы элементов системы.

Целью настоящей работы является совершенствование существующих схем [1-4] подачи воды в РЧВ по напорным трубопроводам и повышение производительности погружных насосов на водозаборных сооружениях.

**Методы исследования.** Наиболее распространённая в практике эксплуатации схема расположения водозаборных сооружений из подземных источников [1-2, 4], приведена на рис. 1.

Вода из водоносного пласта поступает в скважины 1, откуда с помощью погружных насосов (типа ЭЦВ), подаётся по напорным трубопроводам 2 в сборный водовод 3. Далее вода направляется в РЧВ.



**Рис. 1. Схема расположения водозаборных сооружений**

1 – водозаборные скважины с погружными насосами; 2 – сборные узлы; 3 – запорно-регулирующая арматура; 4 – сборный водовод

**Fig. 1. The scheme of location of water intake structures**

1 – water well with submersible pumps; 2 – prefabricated units; 3 – locking-regulating fittings; 4 – submersible pumps

По результатам теоретических [5-6, 8-10, 12, 14-16] и практических исследований предлагается математическая модель энергетической эффективности работы водозаборных сооружений. Для аналитического решения задачи совместной работы системы скважина – погружной насос – сборный водовод – РЧВ разработана линейная модель потокораспределения [6, 8-9] возмущённого состояния, так как такая система имеет определённые формы граничных условий, что позволяет получить однозначное решение задачи.

Математическая модель управления работой водозаборными сооружениями строится для одномерного квазистационарного течения вязкой несжимаемой жидкости в трубах.

Она включает систему уравнений Д. Бернулли с определенной правой частью, в форме цепных уравнений для системы линейно-независимых цепей, где в качестве функциональных ограничений используется первый закон Киргофа в форме узловых балансовых уравнений для множества узлов с заданным потенциалом [8]:

$$\sum_{j \in J_p} \sum_{j \in J_\gamma} \text{sgn} \Delta P_{ij} = \sum_{j \in J_p} \sum_{j \in J_\gamma} \text{sgn} S_{ij} Q_{ij}^2 = \sum_{j \in J_p} [(Z + H)_N - Z_R]_j, \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J_\mu} \left( \sum_{j \in J_\epsilon} \text{sgn} Q_{ij} + q_j^z \right) = 0, \quad (2)$$

где  $J_p, J_\gamma$  – множество независимых цепей и множество участков в составе независимой цепи  $j$ ;

$S_{ij}, Q_{ij}$  – коэффициент гидравлического сопротивления и расчётный расход напорного трубопровода  $i$  в составе цепи  $j$ ;

$J_\mu, J_\epsilon$  – множество узлов с заданным потенциалом и множество участков, инцидентных узлу  $j$ ;

$q_j^z$  – сосредоточенный заданный отбор (приток) от узла  $j$ ;  $(Z+H)_N$  – геодезический уровень насоса и напор, вырабатываемый погружным насосом в составе цепи  $j$ ,

$Z_R$  – геодезический уровень расположения РЧВ в составе цепи  $j$ .

Правило присвоения положительных знаков слагаемым (1), (2):  $\text{sgn}\Delta P_{ij} = + \Delta P_{ij} -$  в случае совпадения направления течения потока на участке  $i$  с положительной ориентацией по цепи  $j$ ;  $\text{sgn}\Delta Q_{ij} = + \Delta Q_{ij} -$  в случае притока участкового потока к узлу  $j$ . Отрицательные знаки присваиваются в противоположных случаях.

Слагаемому  $q_j^z$  присваивается знак (+) в случае притока воды к узлу  $j$  от источника, отрицательный – в случае стока от узла к потребителю.

Для формирования обратной связи, реализующей режим подачи воды от скважин, задаваемый пользователем, необходимы дополнительные (избыточные по отношению к уравнениям (1), (2)), аналитические связи. С этой целью предлагается использовать суррогатный (не основанный на физических законах) принцип Лежандра– Гаусса, получивший известность как метод наименьших квадратов (МНК).

Квадратичный функционал, составленный на основе МНК, представляет остаточную функцию  $F$ , составленную путём сопоставления подачи воды, поступающей из скважины согласно компьютерной версии и версии пользователя, формирующих совокупность режима подачи воды в РЧВ.

$$F = \sum_{i \in I_\pi} (Q_i^\pi - Q_i^\pi)^2 + \lambda \left( \sum_{i \in I_\pi} Q_i^\pi - \sum_{i \in I_R} Q_i^\pi \right), \quad (3)$$

где  $Q_i^\pi, Q_i^\pi$  – расчётный расход напорного трубопровода  $i$ , подающего воду из скважины согласно версии пользователя и компьютерной версии соответственно;

$Q_i^\pi$  – расчётный расход сборного водовода  $i$ , подающего воду в РЧВ;

$I_\pi$  – множество участков (напорные трубопроводы), подающих воду от погружных насосов;

$I_R$  – множество приёмных РЧВ (сборный водовод);

$\lambda$  – неопределённый множитель Лагранжа.

Вторая группа слагаемых (3) отражает сохранение сплошности потоков воды в условиях произвольно задаваемых значений расчётного расхода напорного трубопровода подающего воду из скважины (согласно версии пользователя), который должен быть ограничен указанным условием сплошности.

В отличие от МНК, оперирующим с различными погрешностями измерений искомой величины, значения весовой функции  $W_k$  в составе целевого функционала (3) принимаются одинаковыми и не влияющими на положение экстремума (3).

Модель управления работой водозаборных сооружений:

$$\begin{bmatrix} C_{n1 \times P} \\ C_{n1D \times P} \end{bmatrix}^t \times \begin{bmatrix} h_{n1 \times 1} \\ h_{n1D \times 1} \end{bmatrix} = [M_{p \times g}] \times [\hat{H}_{g \times 1}], \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{A}_{n1 \times \mu} \\ \dot{A}_{n1D \times \mu} \end{bmatrix}^t \times \begin{bmatrix} Q_{n1 \times 1} \\ Q_{n1D \times 1} \end{bmatrix} = [0], \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} E_{n1 \times (e-1)} \\ 0_{n1D \times (e-1)} \end{bmatrix}^t \times \begin{bmatrix} Q_{n1 \times 1}^\pi \\ Q_{n1D \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{n1 \times (e-1)} \\ 0_{n1D \times (e-1)} \end{bmatrix}^t \times \begin{bmatrix} Q_{n1 \times 1}^{\pi z} \\ Q_{n1D \times 1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

где [C], [A], [M], [E] – матрица системы независимых цепей, матрица инцидентов для узлов с заданным потенциалом, матрица смежности участков соединяющих сборные узлы, матрица нормальных уравнений, составленных из единичных элементов соответственно;

$n_1$  – число участков водозаборных сооружений, исключая участки с присоединёнными управляемыми дросселями;

$n_1D$  – то же для участков с присоединёнными управляемыми дросселями;

$p = (g - 1)$  – число независимых цепей в системе водозаборных сооружений, где  $g=(e+1)$  – число узлов с фиксированным потенциалом в составе водозаборных сооружений;

$h_i$  – потеря напора напорного трубопровода  $i$ ;

$\hat{H}_j = Z_j + H_j^z$  – фиксированный потенциал скважинного узла  $j$  (где  $H_j^z$  – напор, вырабатываемый погружным насосом);

$\mu$  – число узлов водозаборных сооружений  $a$  с заданным потенциалом;

$Q_i^\pi$  – расчётный расход напорного трубопровода  $i$ , подающего воду от погружного насоса, согласно компьютерной версии;

$Q_i^{\pi z}$  – то же, согласно версии пользователя;  $t$  – признак транспонирования.

Моделирование процесса управления водозаборными сооружениями позволяет отслеживать переход системы в новое состояние и изменение параметров по отдельным линиям в рамках этого перехода.

**Обсуждение результатов.** Для схемы расположения водозаборных сооружений (рис. 2) характерна подача воды в один сборный узел от нескольких скважин, который гидравлически связан со всеми скважинами и является передающим звеном режимных возмущений одной группы скважин на другие.

Более привлекательной с точки зрения гидравлики может быть рассмотрена схема подключения напорных трубопроводов погружных насосов в отдельные узлы сборного водовода (рис. 3), с преимущественным расположением скважин с менее мощными погружными насосами ближе к РЧВ, то есть в области пониженных напоров в сборных узлах.

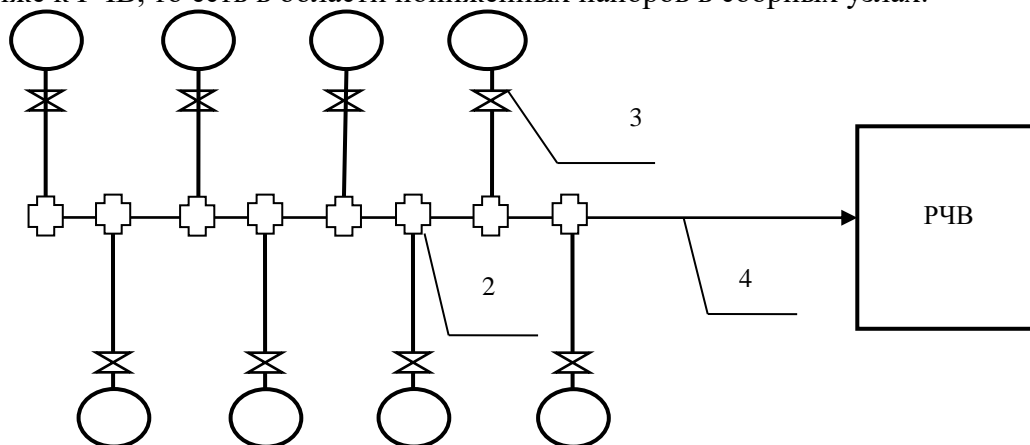


Рис. 2. Схема подключения напорных трубопроводов в отдельные узлы сборного водовода  
 1 – скважины с погружными насосами; 2 – сборные узлы; 3 – запорно-регулирующая арматура; 4 – сборный водовод

Fig. 2. The scheme of connection of a pressure pipings in separate nodes the water conduit  
 1 – water well with submersible pumps; 2 – prefabricated units; 3 – locking-regulating fittings; 4 – submersible pumps

Причем, по таким схемам подачи воды, сборный водовод выступает не только как передающее, но и как тормозящее звено.

Насосы не могут развивать напор по паспортным характеристикам. Следствием этого является противодействие насосного оборудования, усугубляемое различием напоров, так как при увеличении подачи воды от одних скважин сопротивление сборного водовода возрастает и тормозит подачу воды от остальных скважин [8, 14].

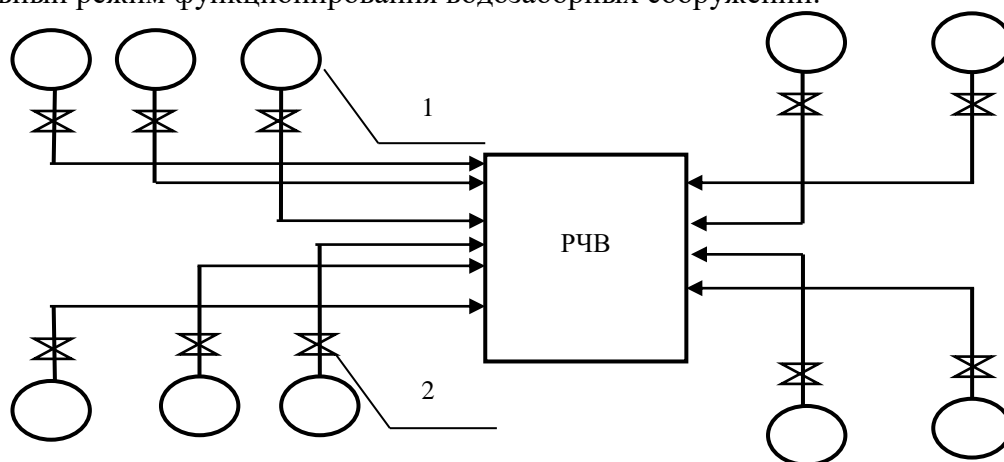
Суммарная подача воды всеми погружными насосами, работающими на один сборный водовод, значительно ниже расчетной, определенной по паспортным данным насосов. Подача воды по таким схемам приводит к снижению напора и уменьшению количества поступающей воды в РЧВ по сравнению с ожидаемыми значениями. При этом соответствующая часть насосов отклоняется от оптимальных режимов работы и увеличением затрат электроэнергии.

Водозаборные сооружения работают по схеме подключения напорных трубопроводов скважин в сборные узлы водовода, который связан со всеми скважинами и является передающим звеном режимных возмущений одной группы скважин на другие.

Одной из главных причин снижения энергетической эффективности работы водозаборных сооружений, является способы подачи воды от скважин к сборному водоводу (рис. 1, 2). При некоторых условиях эксплуатации могут возникнуть не только неэкономичные, но даже опасные для погружных насосов и системы трубопроводов режимы работы.

Наиболее предпочтительной с гидравлической точки зрения представляется схема подачи воды в РЧВ по отдельным напорным линиям (рис. 3), в которой исключено взаимное влияние режима работы отдельных скважин.

Погружные насосы в системе могут быть настроены на собственный энергетически оптимальный режим функционирования водозаборных сооружений.



**Рис. 3. Схема подачи воды в РЧВ по отдельным напорным линиям**  
**1 – скважины с погружными насосами; 2 – запорно-регулирующая арматура**  
**Fig. 3. Schemes of water delivery in the pure tank on a pressure piping**  
**1 – water well with submersible pumps; 2 – locking-regulating fittings**

С целью сокращения капитальных затрат на строительство водозабора подземных вод предлагается соединять скважины 1 водозабора через напорную емкость (рис.4).

Причем, гидравлические сопротивления трубопроводов 2 должны быть примерно равны. Такое решение обеспечивает равномерное распределение дополнительной нагрузки между скважинами в случае нарушения нормального режима их работы.

Для обеспечения устойчивости работы насосного оборудования характеристики диаметра водовода (его гидравлическое сопротивление) определяют в зависимости от суммарного гидравлического сопротивления оборудования скважины (фильтра скважины, насоса, арматуры) и скважинного трубопровода.

Мониторинг водозаборных сооружений позволяет установить технические показатели для выбора независимой схемы, правильно подобрать оборудования с учётом совместной работы системы скважина – погружной насос – сборный водовод – РЧВ.

**Вывод.** Энергетически оптимальная работа водозаборных сооружений с отдельными напорными линиями способствует увеличению подачи воды. Очевидно, что в связи с наблюдаемой тенденцией роста стоимости электроэнергии, независимая схема (рис. 3) становится всё более привлекательной. Эта схема позволяет добиваться минимальных затрат электроэнергии при подаче воды в РЧВ.

Однако при реконструкции существующих водозаборных сооружений и проектировании новых, следует учитывать, что подачи воды в РЧВ по отдельным напорным линиям потребует больших капитальных затрат по прокладке напорных трубопроводов.

При подаче воды по схеме (рис. 3), необходимо правильно подбирать диаметры труб и определять границы наиболее эффективного использования насосных агрегатов. Экономический анализ такой схемы подачи воды в РЧВ должен оцениваться на основании сравнения потребления электроэнергии по традиционной схеме с учетом укрупненных объемов строительных работ, стоимости труб и их гидравлического сопротивления.

#### **Библиографический список:**

1. Щербаков В. И Акульшин А. А. Водозаборные сооружения из подземных источников. LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 192 с.
2. Тугай А.М. Расчёт и конструирование водозаборных узлов. Киев: Будевельник. 1978. 160 с.
3. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. Москва: Стройиздат, 1986. 320 с.
4. Бочеввер Ф.М. Основы гидрогеологических расчётов. Москва, 1969. 252 с.
5. Щербаков В.И., Пурусова И.Ю. Пути повышения производительности водозаборных сооружений подземных вод. В сборнике: Яковлевские чтения сборник докладов XII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2017. С. 248-252.
6. Панов М.Я., Пурусова И.Ю., Щербаков В.И. Моделирование потокораспределения и управление водоподъёмными станциями // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 6. С. 182-185.
7. Лезнов Б.С Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных и воздуходувных установках. Москва: Энергопромиздат, 2006. 360 с.
8. Панов М.Я., Пурусова И.Ю., Щербаков В.И. Разработка математической модели управления функционированием водоподъёмной станции // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2009. № 1. С. 176– 182.
9. Панов М.Я., Щербаков В.И., Петров Ю.Ф Модели управления функционированием систем подачи и распределения воды. Воронеж: ВГАСУ, 2012. 271 с.
10. Щербаков В.И., Пурусова И.Ю. Выбор расположения сооружений для забора подземных вод. В сборнике: Яковлевские чтения XIII Международная научно-техническая конференция, посвященная памяти академика РАН С.В. Яковлева. М-во образования и науки Рос. Федерации, Московский государственный строительный университет. 2018. С. 140-144.
11. Твердохлеб И.Б., Костюк А. В. Энергоэффективная эксплуатация насосного оборудования // Водоснабжение и канализация. 2010. №1. С. 124– 127.
12. Щербаков В.И., Пурусова И.Ю. Исследование работы системы водозаборная скважина - сборный водовод. Энергосбережение и водоподготовка. 2017. № 2 (106). С. 27-32.
13. Онищенко Г.Б., Горюнов А.Н. Энергетическая эффективность станций водоподготовки систем водоснабжения // Энергосбережение и Водоподготовка. 2015. № 6. С. 48-51.
14. Щербаков В.И., Пурусова И.Ю. Анализ совместной работы водозаборных сооружений из подземных источников. В книге: Методология безопасности среды жизнедеятельности Программа и тезисы IV Крымской Международной научно-практической конференции. Под редакцией: А.Т. Дворецкого, Т.В. Денисовой, А.Е. Максименко. 2017. С. 85.
15. Фисенко В. Н. Энергосбережение при эксплуатации скважинных водозаборов подземных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 11. С. 22–33.
16. Алексеев В. С., Мартинцов С. М. К оценке жизненного цикла скважин на действующих водозаборах // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 2. С. 16–24.
17. Шабанова М.М. Анализ современного состояния жилищно-коммунального хозяйства и тарифной политики в республике Дагестан. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2014;35(4)

18. Лобачёв П.В. Насосы и насосные станции. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1983. 192 с.
19. Nool P. Determining the real cost of powering a pump // World pumps. 2008. Issue 496. P. 32–34
20. Vogelesang Hans. An introduction to energy consumption in pumps // World pumps. 2008, Issue 496, pp. 28–31.

#### References:

1. Shcherbakov V. I., Akulshin A.A. Water intake structures from underground sources. LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 192 p. [Shcherbakov V. I., Akulshin A. A. Vodozabornye sooruzheniya iz podzemnyh istochnikov. LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 192 s.]
2. Tugay A.M. Design and analysis of intake nodes. Kiev. [Budeveinik. 1978. 160 p. Tugaj A.M. Raschyot i konstruirovaniye vodozabornyyh uzlov.: Budevel'nik. 1978. 160 s. (In Russ.)]
3. Karelin V. Y., Minaev A.V. Pumps and pumping stations. Moscow: Stroyizdat 1986. 320p. [Karelin V.YA., Minaev A.V. Nasosy i nasosnye stancii. Moskva: Strojizdat, 1986. 320 s. (In Russ.)]
4. Bochever F.M. The basis of the hydrogeological calculations. Moscow: Nedra. 1969. 252 p. [Bochever F.M. Osnovy gidrogeologicheskikh raschyotov. Moskva, 1969. 252 s. (In Russ.)]
5. Shcherbakov V. I., Purusova I. Y. Ways of enhancing the performance of intake structures groundwater. The book Yakovlevskaya reading a collection of papers of the XII International scientific-technical conference dedicated to the memory of academician S. V. Yakovlev. The National Research University "Moscow State University of Civil Engineering". 2017, pp. 248-252. [Shcherbakov V.I., Purusova I.YU. Puti povysheniya proizvoditel'nosti vodozabornyyh sooruzhenij podzemnyh vod. V sbornike: Yakovlevskie chteniya sbornik dokladov XII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati akademika RAN S.V. Yakovleva. Nacional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet. 2017. S. 248-252. (In Russ.)]
6. Panov M.Y., Purusova I.Y., Shcherbakov V.I. Modeling of flow distribution and management of pumping stations. Herald of the Voronezh State Technical University. 2007, V.3, № 6, pp 182-185. [Panov M.YA., Purusova I.YU., SHCHerbakov V.I. Modelirovaniye potokoraspredeleniya i upravleniye vodopod'yomnymi stanciyami // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2007. T. 3. № 6. S. 182-185. (In Russ.)]
7. Leznov B. S. Energy saving and regulated in the electric pump and blower installations. Moscow: Energopromizdat. 2006. 360 p. [Leznov B.S. Ehnergoberezheniye i reguliruemyj ehlektroprivod v nasosnyh i vozduhoduvnyh ustanovkah. Moskva: EHnergopromizdat, 2006. 360 s.]
8. Panov M. Y., Purusova I. Y., Shcherbakov V. I. Development of mathematical model of management of functioning pumping stations. Scientific journal. Engineering systems and facilities]. 2009, no. 1, pp. 176– 182. [Panov M.YA., Purusova I.Yu., Shcherbakov V.I. Razrabotka matematicheskoy modeli upravleniya funkcionirovaniem vodopod'yomnoj stancii // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. 2009. № 1. S. 176– 182. (In Russ.)]
9. Panov M. Y., Shcherbakov V. I., Petrov Y. F. Models of management systems functioning water supply and distribution. Voronezh. VSABU. 2012. 271 p. [Panov M.Ya., SHCHerbakov V. I., Petrov Yu.F. Modeli upravleniya funkcionirovaniem sistem podachi i raspredeleniya vody. Voronezh: VGASU, 2012. 271 s. (In Russ.)]
10. Shcherbakov V. I., Purusova I. Y. Selection of the location of facilities for underground water intake. The book Yakovlevskaya a read of the XIII international scientific-technical conference dedicated to the memory of academician S. V. Yakovlev. Of education and science of Russian Federation. Federation, Moscow state University of civil engineering. 2018. P. S. 140-144. (In Russ.)]
11. Tverdohleb I. B., Kostyuk A. V. Energy– efficient operation of the pump equipment. Water supply and sanitary engineering 2010, no. 1, pp. 124– 127. [Tverdohleb I.B., Kostyuk A. V. EHnergoehffektivnaya ehkspluataciya nasosnogo oborudovaniya // Vodosnabzheniye i kanalizaciya. 2010. №1. S. 124– 127. (In Russ.)]
12. Shcherbakov V. I., Purusova I. Y. A study of work systems water wells - precast conduit. Energy saving and water treatment. 2017, no. 2, (106), pp. 27-32. [Shcherbakov V.I., Purusova I.YU. Issledovaniye raboty sistemy vodozabornaya skvazhina - sbornyj vodovod. EHnergoberezheniye i vodopodgotovka. 2017. № 2 (106). S. 27-32. (In Russ.)]
13. Onischenko G.B. Goryunov A.N. Energy Efficiency of Water Treatment Stations in Water Supply Systems // Energy Saving and Water Treatment, 2015, no 6. pp. 48-51. [Onishchenko G.B., Goryunov A.N. EHnergeticheskaya ehffektivnost' stancij vodopodgotovki sistem vodosnabzheniya // EHnergoberezheniye i Vodopodgotovka. 2015. № 6. S. 48-51. (In Russ.)]
14. Shcherbakov V. I., Purusova I. Y. Mathematical modeling of operational management of pumping stations. Actual research directions of the XXI century: Theory and Practice]. 2014, no. 2, pp. 310-313. [Shcherbakov V.I., Purusova I.YU. Analiz sovместnoj raboty vodozabornyyh sooruzhenij iz podzemnyh istochnikov. V knige: Metodologiya bezopasnosti sredy zhiznedeyatel'nosti Programma i tezisy IV Krymskoj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Pod redakciej: A.T. Dvoreckogo, T.V. Denisovoj, A.E. Maksimenko. 2017. S. 85. (In Russ.)]
15. Fisenko V.N. Energy saving in operation of well water intakes of underground waters // Water supply and sanitary engineering. 2016, no. 11. pp. 22-33. [Fisenko V. N. EHnergoberezheniye pri ehkspluatacii skvazhinnyh vodozaborov podzemnyh vod // Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2016. № 11. S. 22–33. (In Russ.)]



16. Alekseev V. S., Martincov S. M. To the well life cycle assessment on existing water intakes // water Supply and sanitary engineering. 2016. No. 2. С. 16-24. [Alekseev V. S., Martincov S. M. K oцenke zhiznennogo cikla skva-zhin na dejstvuyushchih vodozaborah // Vodосnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 2016. № 2. S. 16–24. (In Russ.)]
17. Shabanova M. M. The analysis of the current state of housing and communal services and tariff policy in the republic of Daghestan. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2014;35(4) [Shabanova M.M. Analiz sovremennogo sostoyaniya zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva i tarifnoj politiki v respublike Dagestan. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2014; 35(4) (In Russ.)]
18. Lobachev P.V. Pumps and pump stations. - 2 nd ed., Pererab. and additional. Moscow: Stroizdat, 1983. 192 p. [Lobachyov P.V. Nasosy i nasosnye stancii. – 2-e izd., Pererab. i Dop. M.: Strojizdat, 1983. 192 s. (In Russ.)]
19. Nool P. Determining the real cost of powering a pump // World pumps. 2008. Issue 496. 32– 34 pp.
20. Vogelesang Hans. An introduction to energy consumption in pumps // World pumps. 2008, Issue 496, pp. 28– 31.

**Сведения об авторе:**

**Пурусова Ирина Юрьевна** – ассистент.

**Information about the author:**

**Irina Yu. Purusova** – Assistant.

**Конфликт интересов**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Поступила в редакцию** 09.11.2018.

**Принята в печать** 23.12.2018.

**Conflict of interest.**

The author declare no conflict of interest.

**Received** 09.11.2018.

**Accepted for publication** 23. 12.2018.