

DOI
УДК 628.17

АНАЛИЗ ГРАФИКОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОКА НАСОСОМ И ПРИЧИН УТЕЧКИ ЖИДКОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

А.Г. Свешников, Г.М. Михеев, М.Н. Калимуллин

Реферат. Система водоснабжения с устройством частотного преобразователя, применяемая в сельских населённых пунктах, расположенных на территории Чувашской Республики и Нижегородской области, не всегда обнаруживает факт утечки жидкости, что влечёт за собой неминуемые потери электрической энергии. При этом значительно возрастают потери сырья и вероятность осушения скважины. Определить утечку в таких системах водоснабжения возможно путём оцифровки параметров работы скважинного насоса и передачи этой информации с помощью облачного сервиса «OwenCloud», разработанного компанией ОВЕН. Цель исследований – определение утечки жидкости в системе водоснабжения сельских населённых пунктов на основе опосредованного наблюдения и сравнительного анализа суммарного времени работы насоса за сутки. Исследования проводили в рабочие дни с 3 по 9 февраля и в течение 1 ноября 2022 г. Для оцифровки использовали сетевой шлюз ПМ210, который передавал параметры работы частотного преобразователя (существующей станции управления) по интерфейсу RS-485, а далее в облачную среду с помощью SIM карты. Оцифрованные данные из облачной среды обрабатывали в прикладной программе по заданному алгоритму с простой логикой и определяли общее время работы насоса за сутки. На основании этих расчётов устанавливали факт наличия утечки жидкости в системе водоснабжения. Определение суммарного времени работы насоса в сутки путём оцифровки и анализа показателей потребления тока, позволит существенно ускорить время реагирования на нештатную ситуацию в системе водоснабжения.

Ключевые слова: системы водоснабжения, погружной агрегат, сельские населённые пункты, обнаружение утечки жидкости, обратный клапан, потребление воды, график потребления тока.

Введение. Одна из важнейших задач, стоящих перед водоснабжающими организациями, предотвращение утечки воды от точки отбора до пункта потребления [1, 2, 3]. Утечка жидкости из системы водоснабжения неуклонно влияет на расход электроэнергии [4, 5, 6].

Малые сельские населённые пункты

снабжаются питьевой водой различными способами (см. табл.). Используют водонапорные башни, скважинные насосы, привод которых имеет устройство частотного регулирования, а также сочетание этих способов. В последнем случае летом используют водонапорную башню, зимой – погружной агрегат [7, 8, 9].

Таблица – Виды систем водоснабжения, применяемые в малых сельскими населёнными пунктами (Республика Чувашия)

Система водоснабжения	Наименование населённого пункта
Традиционная (башенная)	д. Уразкасы, д. Беляево 1, д. Беляево 2, с. Ишлеи 1, д. Вторые Ялдры
Скважинный насос	с. Туваны, с. Новые Айбеси, с. Нижняя Кумашка, д. Айбечи, с. Батырево, с. Ахматово с. Ишлеи 2, п. Первомайский, с. Сурский Майдан, с. Атнары
Комбинированная	д. Хыркасы 1, д. Хыркасы 2, с. Восход, с. Русские Алгаши, с. Юманай, с. Ходары, д. Шинерпоси, с. Нижняя Кумашка, с. Явлеи, п. Калинино, п. Калинино ИК8, с. Ахматово, д. Курочкино, д. Тюрлема

Традиционная система водоснабжения с использованием водонапорных башен уходит в прошлое, что связано с ее не достаточной устойчивостью к метеоусловиям Поволжья. Зимой возможно их падение в результате образования льда, летом – окисление питьевой воды и коррозия металла, а также выход из строя станций управления в результате грозовых перенапряжений [9, 10].

В последние годы в малых населённых пунктах всё чаще стали использовать скважинные насосы, снабжённые устройствами частотного регулирования. Это решение имеет ряд положительных факторов, в частности, уменьшаются затраты на строительство, а благодаря автоматическому регулированию

производительности электронасоса по мере изменения текущего расхода жидкости обеспечивается стабильное давление в системе [11, 12, 13]. Вследствие плавного пуска и остановки агрегата пусковые токи скважинных электродвигателей в среднем в 7 раз ниже, чем в башенных системах, что способствует уменьшению их износа.

Кроме того, улучшается качество питьевой воды благодаря значительному уменьшению её окисления, вследствие исключения влияния солнечной радиации, частого изменения температуры контактной поверхности воды с металлом водонапорной башни и воздухом в её полости [14, 15].

Однако при использовании скважинных

насосов возрастает вероятность осушения скважины из-за утечки воды в случаях образования прорывов в системе трубопроводов [16, 17, 18]. Следует также отметить, что без водонапорной башни обнаружение утечки жидкости становится затруднительным из-за малого объема воды в системе, которая находится только в трубопроводах. При утечке жидкости давление в трубопроводе падает. В то же время система управления насосом настроена на поддержание требуемого уровня давления. По этой причине возрастает количество циклов работы насоса, что приводит к потерям электрической энергии и самой питьевой воды. Проблема может быть решена путем установки системы слежения за параметрами работы электронасоса.

Цель исследований – изучение возможности определения утечки жидкости в системе водоснабжения сельских населённых пунктов на основе опосредованного наблюдения и сравнительного анализа суммарного времени работы насоса за сутки.

Условия, материалы и методы. Для достижения поставленной цели были проанализированы графики потребления тока электронасосами в системе водоснабжения в селе «Новые Айбеси» Алатырского района Республики Чувашия и в селе «Русское Маклаково» Спасского района Нижегородской области. Исследования проводили с 3 по 9 февраля и в течение 1 ноября 2022 г. Графики сформированы на основе данных информационной облачной среды «OwenCloud», разработанной компанией ОВЕН. Этот облачный сервис применяют при удалённой работе с разным оборудованием, имеющим интерфейсный выход (преобразователь частоты, устройство плавного пуска и блоков защиты, контроллеров и др.). Он решает задачи сбора, хранения и консолидации протокольных данных как для

устройств с жесткой логикой, так и для программируемых контроллеров. Этот сервис позволяет решать задачи контроля, мониторинга и удалённой настройки оборудования, получать достоверную информацию об авариях (с расшифровкой значений их кодов), передавать данные через OPC-сервер.

Одновременно он предоставляет множество вариантов отображения данных и устройств, расположенных на объекте с выдачей сведений о его месторасположении (<https://owen.ru/owencloud>).

В работе применяли методы опосредованного наблюдения и сравнительного анализа. Факт утечки жидкости фиксировали путём оцифровки потребления тока через сетевой шлюз ПМ210, который передавал параметры работы частотного преобразователя по интерфейсу RS-485, а далее в облачную среду с помощью SIM карты. Данные, полученные из облачной среды, обрабатывали в прикладной программе по заданному алгоритму и получали общее время работы насоса в сутки. На основании этих расчётов устанавливали факт утечки жидкости в системе водоснабжения. Его подтверждение (физический износ стального водопровода) получали после обследования системы водоснабжения.

Результаты и обсуждение. На практике утечка жидкости возможна из-за неполадок не только в системе трубопроводов, но и в водозаборном узле, например, в обратном клапане (рис. 1). В этом случае нагнетённая вода стекает обратно в скважину, так как обратный клапан не может закрыть ее поток, имеющий высокое давление. В связи с этой утечкой падает давление в системе. На это изменение станция управления реагирует увеличением потребления воды и повторным включением погружного насоса, что влечёт за собой излишний расход электрической энергии.

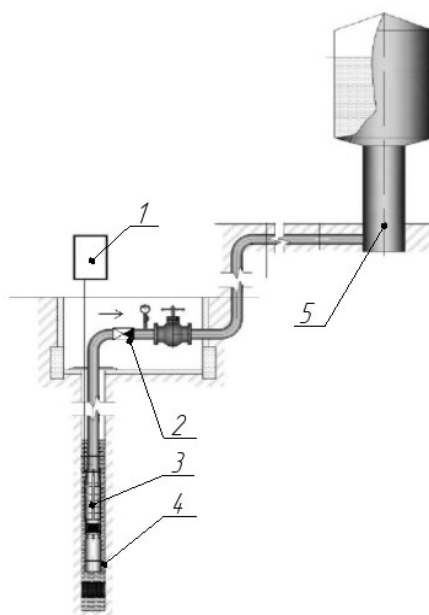


Рис. 1 – Схема водоснабжения: 1 – станция управления; 2 – обратный клапан; 3 – скважинный насос; 4 – скважина; 5 – водонапорная башня

Еще одной причиной утечки жидкости может быть «усталость» элементов насосной части погружного агрегата, наблюдаемая со временем. Например, конструктивный элемент погружного скважинного насоса

(отвод лопаточный), выполненный из пластика может сорваться с рабочего колеса и попасть в систему трубопровода (с большей долей вероятности в обратный клапан), что также приведет к утечке жидкости (рис. 2).

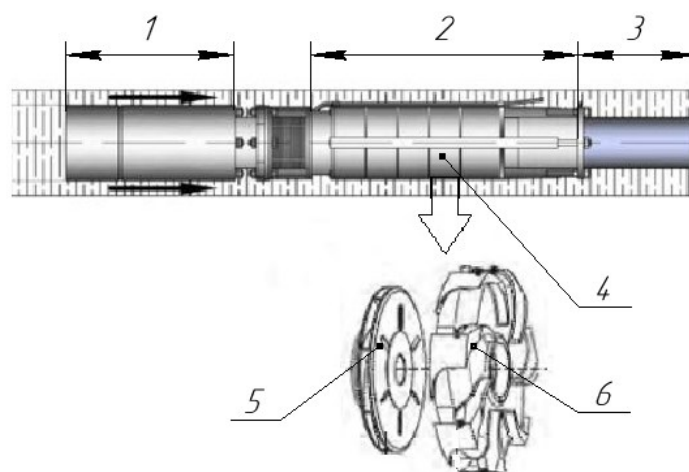


Рис. 2 – Конструкция погружного насоса ЭЦВ (<https://www.livnasos.ru/dokumentaciya>): 1 – электродвигатель, 2 – насос, 3 – водоподъемная труба, 4 – секция насоса, 5 – рабочее колесо, 6 – отвод лопаточный

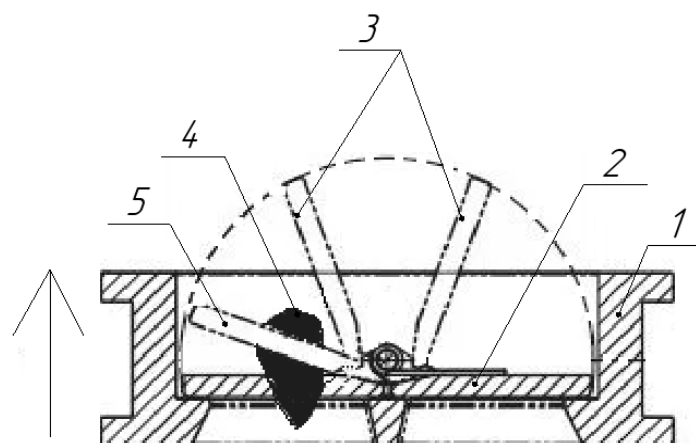


Рис. 3 – Конструкция межфланцевого обратного клапана (<https://vseotrube.ru/ventili-i-zadvizhki/klapan-obratnyj-mezhflantsevoj>): 1 – корпус клапана, 2 – створки клапана в закрытом положении, 3 – створки клапана в открытом положении, 4 – механическая примесь, 5 – створка клапана в промежуточном состоянии

Попадая в обратный клапан между створкой (5) и корпусом клапана (1) в виде механической примеси (рис. 3), конструктивный элемент погружного скважинного насоса (отвод лопаточный) приводит к заклиниванию створки обратного клапана в промежуточном состоянии между положениями «закрыто» и «открыто».

В основном, эти причины утечки жидкости связаны с исчерпанием ресурса работы систем водоснабжения, срок эксплуатации которых составляет 35 лет и более.

Насос в селе «Новые Айбеси» Алатырского района Республики Чувашия 3 февраля 2022 г. работал с определённой циклическостью. В утренние и дневные часы непрерывно, с 18 до 24 ч в режиме ожидания, а с 0 до 7 ч находился практически не в рабочем состоянии. В рабочем режиме, насос

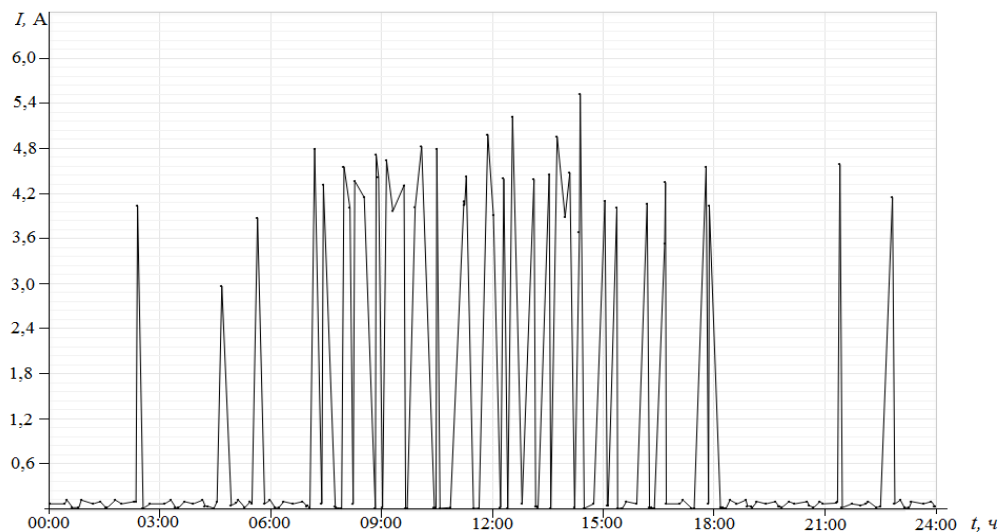
поддерживал заданное давление в системе, с максимальной нагрузкой на валу 5,4 А. На графике (рис. 4а) после 18.00 фиксировали несколько пиков увеличения силы тока, что свидетельствовало о расходе жидкости. Аналогичный режим работы насоса продолжался до 7 февраля. Средняя продолжительность функционирования погружного агрегата составила 11 ч в сутки.

Устойчивое повышение количества циклов работы электронасоса даже во время фактического отсутствия потребления жидкости было зафиксировано 7 февраля (рис. 4в). В этот день, начиная с 7:00, насос практически не останавливался до 15:00 ч 9 февраля 2022 г. (рис. 5б). Средняя продолжительность работы насоса 8 февраля составила 24 ч в сутки (рис. 4г). После нахождения места прорыва водопроводной трубы и перекрытия

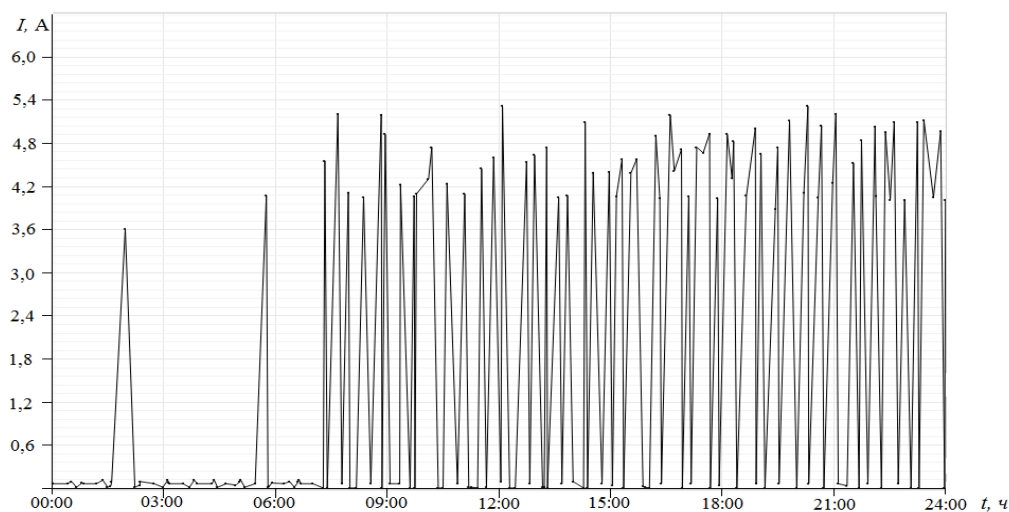
линии с утечкой в 15:00 ч 9 февраля система начала работать в штатном режиме (рис. 5б).

На основании представленного подхода была обнаружена утечка жидкости в селе «Русское Маклаково» (рис. 5). После исследования этого объекта предположения об утечке

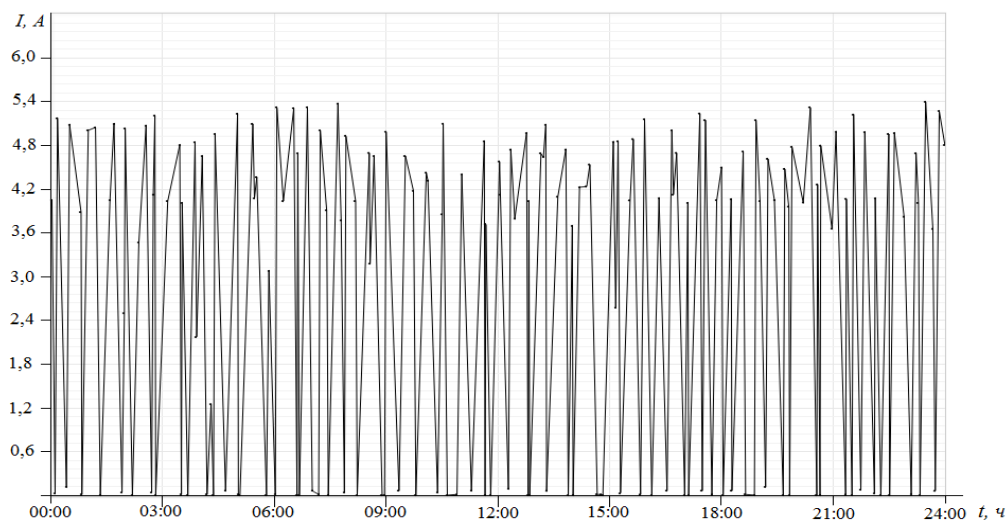
воды подтвердились. Из-за физического износа чугунного водопровода, эксплуатируемого с 1970 гг. был обнаружен несанкционированный расход воды. Однако, ввиду финансовых ограничений, утечка жидкости до сих пор не устранена.



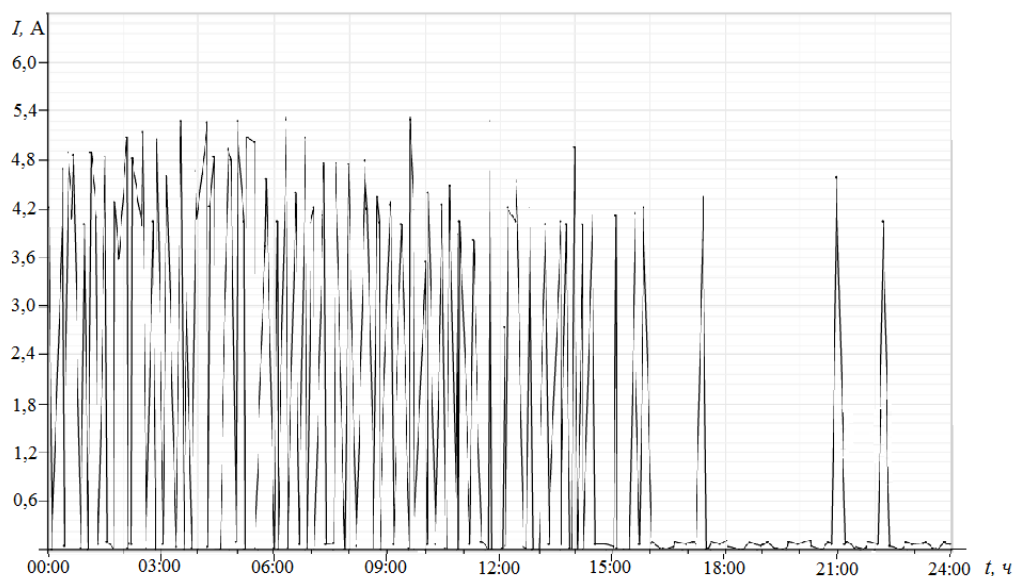
а)



б)



в)



г)

Рис. 4 – Кривые потребления тока в течение суток: а) без утечки воды 03.02.2022; б) при утечке воды 07.02.2022; в) при утечке воды 08.02.2022; г) в день устранения утечки воды 09.02.2022

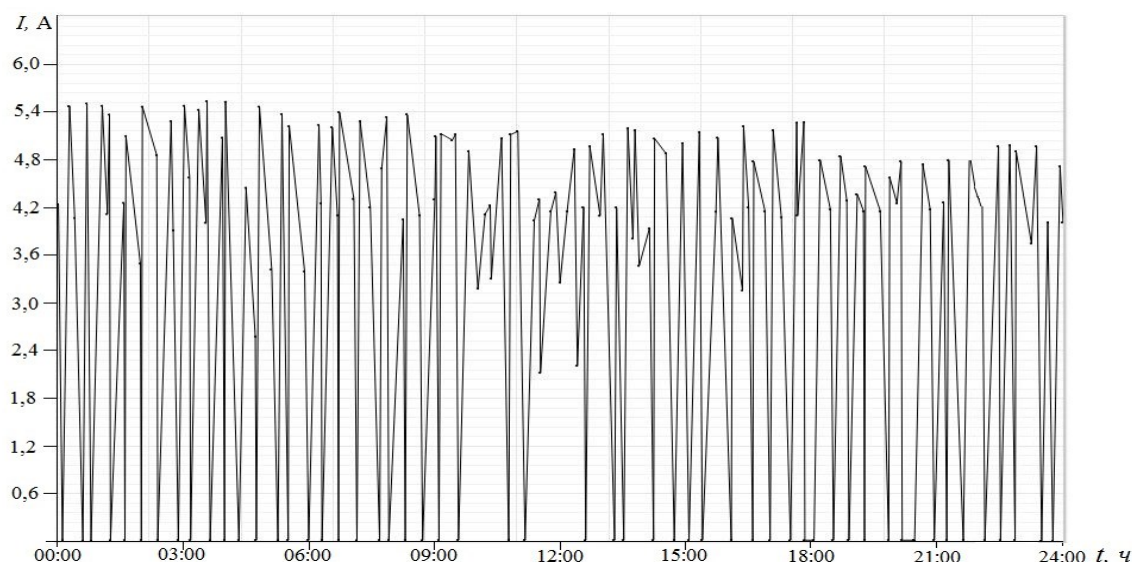


Рис. 5 – График потребления тока электронасосом скважинного агрегата в течение суток в селе «Русское Маклаково» Спасского района Нижегородской области

Выводы. Утечку воды в системе водоснабжения можно определить с использованием оцифровки параметров тока двигателя в информационной среде «OwenCloud», что существенно ускоряет время реагирования на нештатную ситуацию в системе водоснабжения.

Литература

1. Бегларов Д. С., Назаркин Э. Е., Бакштанин А.М. Анализ и учет особенностей структуры напорных систем водоснабжения при расчете переходных процессов // Природообустройство. 2019. № 4. С. 91–94. doi:10.34677/1997-6011/2019-4-91-95.
2. Красавин Г. В., Матюшенко А. И. Реконструкция водоснабжения г. Игарки Красноярского края // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2021. Т. 14. № 2. С. 187–197. doi:10.17516/1999-494X-0299.
3. Бадмаева Е. Н. Проблема водообеспечения в условиях кочевого способа хозяйствования (на примере Калмыцкой степи в конце XIX - начале XX в.) // Вестник Томского государственного университета. 2020. № 457. С. 85–93. doi: 10.17223/15617793/457/11.
4. Черемных О. А. Городское водоснабжение Западной Сибири в годы Великой Отечественной войны // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 401. С. 190–195. doi:10.17223/15617793/401/28.
5. Долгих П. П., Кулаков Н. В., Макулькина Ю. Л. Разработка системы управления установкой для подготовки питьевой воды в животноводстве // Вестник КрасГАУ. 2017. № 10(133). С. 47–53.

6. Кумицкий Б. М., Саврасова Н.А., Афоничев Д.Н. Использование принципов гидромеханики в решении проблем водоснабжения сельскохозяйственных потребителей // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 2(61). С. 84–91. doi: 10.17238/issn2071-2243.2019.2.84.
7. Прямицын В. Н. «Вода есть! Жизнь продолжается!» // Водоснабжение Ограниченного контингента советских войск в Афганистане // Военно-исторический журнал. 2019. № 2. С. 4–13.
8. Якуцени С. П. Вода: ресурсы, запасы, рынки // Горная промышленность. 2022. № 4. С. 120–128. doi:10.30686/1609-9192-2022-4-120-128.
9. Свешников А. Г., Михеев Г. М. Эксплуатация и проектирование систем водоснабжения населенных пунктов с целью обеспечения их эффективности // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2022. № 2. С. 9–15.
10. Демин, А. П. Трансформация водо- и землепользования в орошаемом земледелии регионов Сибири (1990-2020 гг.) / А. П. Демин // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 3(64). – С. 26-35. – DOI 10.31677/2072-6724-2022-64-3-26-35.
11. Михеев Г. М., Свешников А. Г. Вопросы выявления утечки воды в разных системах водоснабжения // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: материалы V Междунар. науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. 2021. С. 351–354.
12. Приоритеты развития агропромышленного комплекса и задачи аграрной науки и образования / А. Р. Валиев, Р. М. Низамов, Р. И. Сафин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 1(65). С. 97-107. doi: 10.12737/2073-0462-2022-97-107.
13. Свешников А. Г., Михеев Г. М. Возможность обнаружения утечки жидкости в системе водоснабжения с применением скважинного насоса с частотным регулированием // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2022. № 3. С. 36–39.
14. Использование цифровых технологий для эффективного управления электротехнологическими объектами установками / Н. П. Кондратьева, Ю. Х. Шогенов, Б. Г. Зиганшин, Р. З. Ахатов // Техника и оборудование для села. 2022. № 4(298). С. 40-43. doi: 10.33267/2072-9642-2022-4-40-43.
15. Experimental studies of the efficiency of incorporating green manure crops with a combined unit / M. Kalimullin, R. Abdrakhmanov, R. Latypov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Сер. 3, Smolensk, 25 января 2021 года. Vol. 723. – Smolensk: IOP PUBLISHING LTD, 2021. – P. 032011. doi: 10.1088/1755-1315/723/3/032011.
16. Свешников А. Г., Михеев Г. М. Определение утечки воды по графику нагрузки скважинного насоса // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2022. № 2(21). С. 107–113.
17. Повышение точности регулирования производительности насосных секций топливного насоса распределительного типа / Ю. Н. Доброхотов, Ю. В. Иванчиков, А. Р. Валиев, А. О. Васильев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № 1(52). С. 77-82. doi: 10.12737/article_5ccedd81f93d4.90246705.
18. Механизмы реализации инновационной политики в сельском хозяйстве Кызылординской области Республики Казахстан / А. Ж. Бухарбаева, Г. С. Клычова, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 113-118. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-113-118.

Сведения об авторах:

Свешников Артемий Григорьевич – аспирант кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, e-mail: artemachaki@mail.ru
 Михеев Георгий Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, e-mail: mikheevg@rambler.ru
 Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия.
 Калимуллин Марат Назипович – доктор технических наук, профессор, e-mail: marat-kmn@yandex.ru.
 Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

**ANALYSIS OF CURRENT CONSUMPTION BY THE PUMP AND CAUSES OF LIQUID LEAKAGE
 AT WATER SUPPLY FACILITIES IN RURAL SETTLEMENTS
 A.G. Sveshnikov, G.M. Mikheev, M.N. Kalimullin**

Abstract. The water supply system with a frequency converter device, used in rural settlements located on the territory of the Chuvash Republic and Nizhny Novgorod region, does not always detect the fact of fluid leakage, which entails inevitable losses of electrical energy. This significantly increases the loss of raw materials and the likelihood of draining the well. It is possible to determine a leak in such water supply systems by digitizing the operating parameters of a borehole pump and transmitting this information using the OwenCloud cloud service developed by OWEN. The purpose of the research is to determine the leakage of liquid in the water supply system of rural settlements based on indirect observation and comparative analysis of the total pump operation time per day. The studies were carried out on working days from February 3 to February 9 and during November 1, 2022. For digitization, a PM210 network gateway was used, which transmitted the operation parameters of the frequency converter (the existing control station) via the RS-485 interface, and then to the cloud environment using SIM cards. The digitized data from the cloud environment was processed in the application program according to a given algorithm with simple logic and the total operating time of the pump per day was determined. Based on these calculations, the presence of a fluid leak in the water supply system was established. Determination of the total pump operation time per day by digitizing and analyzing current consumption indicators will significantly speed up the response time to an emergency situation in the water supply system.

Key words: water supply systems, submersible unit, rural settlements, liquid leakage detection, non-return valve, water consumption, current consumption schedule.

References

1. Beglyarov DS, Nazarkin EE, Bakshtanin AM. [Analysis and consideration of structural features of pressure water supply systems in the calculation of transient processes]. Prirodoobustroistvo. 2019; 4. 91-94 p. doi:10.34677/1997-6011/2019-4-91-95.
2. Krasavin GV, Matyushenko AI. [Reconstruction of water supply in the city of Igarka, Krasnoyarsk Territory].

Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. 2021; Vol.14. 2. 187-197 p. doi:10.17516/1999-494X-0299.

3. Badmaeva EN. [The problem of water supply in a nomadic way of managing (on the example of Kalmyk steppe in the late XIX - early XX century)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2020; 457. 85-93 p. doi: 10.17223/15617793/457/11.

4. Cheremnykh OA. [Urban water supply in Western Siberia during the Great Patriotic War]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015; 401. 190-195 p. doi:10.17223/15617793/401/28.

5. Dolgikh PP, Kulakov NV, Makul'kina YuL. [Development of a control system for an installation for the preparation of drinking water in animal husbandry]. Vestnik KrasGAU. 2017; 10(133). 47-53 p.

6. Kumitskiy BM, Savrasova NA, Afonichev DN. [Using the principles of hydromechanics in solving the problems of water supply for agricultural consumers]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.12. 2(61). 84-91 p. doi: 10.17238/issn2071-2243.2019.2.84.

7. Pryamitsyn VN. ["There is water! Life goes on!"] Water supply of the limited contingent of soviet troops in Afghanistan] Voenno-istoricheskiy zhurnal. 2019; 2. 4-13 p.

8. Yakutseni SP. [Water: resources, stocks, markets]. Gornaya promyshlennost'. 2022; 4. 120-128 p. doi:10.30686/1609-9192-2022-4-120-128.

9. Svshnikov AG, Mikheev GM. [Operation and design of water supply systems of settlements to ensure their efficiency]. Elektrooborudovanie: ekspluatatsiya i remont. 2022; 2. 9-15 p.

10. Demin AP. [Transformation of water and land use in irrigated agriculture in the regions of Siberia (1990-2020)]. Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2022; 3(64). 26-35 p. – DOI 10.31677/2072-6724-2022-64-3-26-35.

11. Mikheev GM, Svshnikov AG. Voprosy vyyavleniya utechki vody v raznykh sistemakh vodosnabzheniya. Problemy i perspektivy razvitiya energetiki, elektrotekhniki i energoeffektivnosti: materialy V Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. [Issues of identifying water leaks in different water supply systems. Problems and prospects for the development of energy, electrical engineering and energy efficiency: proceedings of V International scientific and technical conference]. Cheboksary: Izd-vo Chuvash.un-ta. 2021; 351-354 p.

12. Priorities of the development of the agro-industrial complex and the tasks of agrarian science and education / A. R. Valiev, R. M. Nizamov, R. I. Safin [et al.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol. 17. 1(65). 97-107 p. doi: 10.12737/2073-0462-2022-97-107.

13. Svshnikov AG, Mikheev GM. [Possibility of detecting a liquid leak in a water supply system using a borehole pump with frequency control]. Elektrooborudovanie: ekspluatatsiya i remont. 2022; 3. 36-39 p.

14. Kondratieva NP, Shogenov Yu, Ziganshin BG, Akhatov RZ. [The use of digital technologies for effective management of electrotechnological irradiation installations]. Machinery and equipment for the village. 2022; 4(298). 40-43 p. doi: 10.33267/2072-9642-2022-4-40-43.

15. Experimental studies of the efficiency of incorporating green manure crops with a combined unit / M. Kalimullin, R. Abdrakhmanov, R. Latypov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Ser. 3, Smolensk, 25 января 2021 года. Vol. 723. – Smolensk: IOP PUBLISHING LTD, 2021. – P. 032011. doi: 10.1088/1755-1315/723/3/032011.

16. Svshnikov AG, Mikheev GM. [Determination of water leakage according to the borehole pump load schedule]. Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; 2(21). 107-113 p.

17. Dobrokhотов YuN, Ivanshchikov YuV, Valiev AR, Vasiliev AO. [Improving the accuracy of regulating the performance of pumping sections of a fuel pump of a distribution type]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol. 14. 1(52). 77-82 p. doi: 10.12737/article_5ccedd81f93d4.90246705.

18. [Mechanisms of implementation of innovation policy in agriculture of the Kyzylorda region of the Republic of Kazakhstan] / A. J. Bukharbayeva, G. S. Klychova, B. G. Ziganshin [et al.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol. 17. 2(66). 113-118 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-113-118.

Authors:

Svshnikov Artemiy Grigorievich – post-graduate student of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production Department, e-mail: artemachaki@mail.ru

Mikheev Georgiy Mikhailovich - Doctor of Technical sciences, Professor of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production Department, e-mail: mikheevg@rambler.ru

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

Kalimullin Marat Nazipovich – Doctor of Technical sciences, Professor, e-mail: marat-kmn@yandex.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.