

10. Simulation of car movement along circular path / A. I. Fedotov, D. A. Tikhov-Tinnikov, N. I. Ovchinnikova, A. V. Lysenko // IOP Conference Ser.: Earth Env. 87 082018. – URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/87/8/082018>.

Information about authors

1. **Ognev Oleg Gennadievich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Mechanics, Physics and Engineering Graphics, St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Pushkin city, Peterburgskoye shosse, 2, building 2, e-mail: ognew.og@mail.ru;

2. **Stroganov Yury Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Hoisting and Transporting Machines and Robots, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Yekaterinburg, st. Mira, 19, e-mail: yurij.stroganov@mail.ru;

3. **Maksimov Aleksey Nikolaevich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: alexei.maksimow@yandex.ru;

4. **Belova Nadezhda Nikolaevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: bnn.belova@yandex.ru.

УДК628.17

DOI:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УТЕЧКИ ВОДЫ ПО ГРАФИКУ НАГРУЗКИ СКВАЖИННОГО НАСОСА

А. Г. Свешников, Г. М. Михеев

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Вода – основной элемент жизнедеятельности всего живого на Земле. Наше государство является одним из лидеров по запасам воды. Биосфера, бесспорно, не может существовать также и без солнца. Без него в растениях не будут происходить процессы фотосинтеза, а у людей снизится иммунитет.

Было установлено, что в системе водоснабжения, имеющей устройство частотного преобразователя, существует сложность обнаружения утечки воды, вследствие чего потребление электрической энергии значительно возрастает, увеличиваются потери сырья, а также повышается вероятность осушения скважины. Другим ее недостатком является большой износ насосного агрегата. Однако, несмотря на все перечисленные недочеты, система водоснабжения имеет свои достоинства.

В настоящей статье на примере работы электронасоса, установленного в одном из населённых пунктов Чувашской Республики, показана возможность определения наличия или отсутствия утечки жидкости в системе водоснабжения с применением скважинного насоса, снабжённого устройством частотного регулирования.

Рассмотрен и проанализирован график потребления тока электронасосом в течение одних суток. Было установлено, что в системе водоснабжения с применением частотного регулирования оператор может зафиксировать наличие или отсутствие утечки жидкости, проанализировав график нагрузки электронасоса.

Был сделан вывод, что несвоевременное обнаружение утечки жидкости при безбашенной системе водоснабжения приводит к осушению скважины. При этом графики нагрузки устройства с частотным регулированием удаётся составить с применением облачного сервиса «OpenCloud» компании ОВЕН.

Ключевые слова: системы водоснабжения, насосы с устройством частотного регулирования, обнаружение утечки жидкости, потребление воды, количество циклов работы насоса, программный продукт.

Введение. Вода является одним из важнейших элементов биосферы нашей планеты, поскольку её нельзя заменить ничем так же, как уголь – на зеленую энергетику. Основное назначение воды как природного ресурса – поддерживать жизнедеятельность всего живого: растений, животных и людей [3], [12], [14]. Это фундаментальная основа всей жизни на Земле.

В табл. 1 представлены сведения о запасе воды по странам мира [8]. Очевидно, что наше государство является одним из лидеров по этому показателю.

Таблица 1 – Запасы водных ресурсов по объему [8]

Лидеры по общим запасам воды			Самые бедные по водным запасам	
Страна		Водные ресурсы, км ³	Страна	Водные ресурсы, км ³
1	Бразилия	6950	Джибути	0,3
2	Россия	4500	ОАЭ	0,15
3	Канада	2900	Бахрейн	0,12
4	Китай	2800	Барбадос	0,08
5	Индонезия	2530	Катар	0,06
6	США	2480	Антигуа	0,05
7	Бангладеш	2360	Барбуда	0,05
8	Индия	2085	Мальта	0,05
9	Венесуэла	1320	Мальдивы	0,03
10	Мьянма	1080	Кувейт	0,02

В Советском Союзе обеспечение водой населённых пунктов в основном осуществлялось с помощью башен Рожновского [2], [5], [7], [11], [13]. В настоящее время благодаря бурному развитию техники и появлению новых технологий были изобретены и другие методы водоснабжения. Например, в последние годы всё чаще это ценное сырьё начали добывать из подземных источников с помощью глубинных насосов, снабжённых частотным регулированием [1], [11]. Однако применение этой технологии имеет существенный недостаток: при утечке воды в такой системе водоснабжения потребление электрической энергии значительно возрастает, увеличивается потеря сырья, а также повышается вероятность осушения скважины [4], [6], [10]. Другим ее недостатком является большой износ насосного агрегата. Несмотря на все перечисленные недочеты, упомянутая система водоснабжения имеет и важное достоинство – обеспечение населения высококачественной питьевой водой [9].

Целью наших исследований является поиск способов повышения эффективности водоснабжения населённых пунктов, снижения расходов электроэнергии, уменьшения потери сырья, а также снижения вероятности осушения скважины.

Материалы и методы исследований. Рассмотрен и проанализирован график потребления тока электронасоса в течение одних суток на объекте водоснабжения школы села «Новые Айбеси» Алатырского района Чувашской Республики. Были созданы графики с применением информационной облачной среды «*OwenCloud*», которая предназначена для удалённой работы с разным оборудованием, имеющим интерфейсный выход. Она разработана компанией ОБЕН [15].

Облачный сервис «*OwenCloud*» выполняет задачи по сбору, хранению и консолидации протокольных данных как для устройств с жесткой логикой, так и для программируемых контроллеров. Применение этого сервиса позволяет осуществлять контроль за оборудованием и его удалённую настройку, проводить мониторинг. Он также дает возможность получать достоверную информацию об авариях (с расшифровкой значений кодов аварий), передачу данных через OPC-сервер, а также предоставляет различные варианты отображения данных и устройств, расположенных на объекте с выдачей информации о его местоположении.

Результаты исследований и их обсуждение. На рис. 1 и рис. 2 представлены графики работы электронасоса, установленного в одном из населённых пунктов Чувашской Республики.

В частности, на рис. 1, *а* представлен график потребления тока электронасоса в течение одних суток (03.02.2022) на объекте водоснабжения школы села «Новые Айбеси» Алатырского района. Была зафиксирована цикличность работы насоса. В утренние и дневные часы данный агрегат всё время находится в работе, а в остальное время он практически бездействует.

На этом же объекте (см. рис. 1, *б* и рис 2, *а*) при наличии утечки жидкости в системе водоснабжения картина выглядит иначе. Происходит увеличение количества циклов включения и отключения погружного насоса. На рис. 2, *б* зафиксировано устойчивое повышение количества циклов работы насоса, даже в часы отсутствия потребления воды. Следует заметить, что все графики представляют собой схематическое отображение результатов функционирования насоса в рабочие дни.

После обследования объекта предположение об утечке воды подтвердилось.

Определение факта утечки воды на данном объекте особенно важно, так как по паспорту скважины дебит составляет только 2 м³/час, а производительность насоса намного превышает фактический объём, предназначенный для работы на данной скважине. Производительность насоса составляет 6,5 м³/час при его погружении на глубину 125 метров. В нашем случае насос был погружен на 70 метров. При таком погружении максимальная производительность насоса составляет 10 м³/час. Естественно, имея такую производительность, насос быстро осушит скважину (за 12 минут), что отрицательно повлияет на работу системы водоснабжения в целом.

Однако анализ данных, представленных на графике потребления тока электронасосами, не даёт однозначного ответа на вопрос, почему происходит утечка воды. Теоретически утечка жидкости возможна не только по причине неполадок водопроводной сети, но и из-за неисправности обратного клапана и износа насосной части погружного насоса. Чтобы выявить конкретные причины утечки жидкости, необходимо дальнейшее исследование этого вопроса.

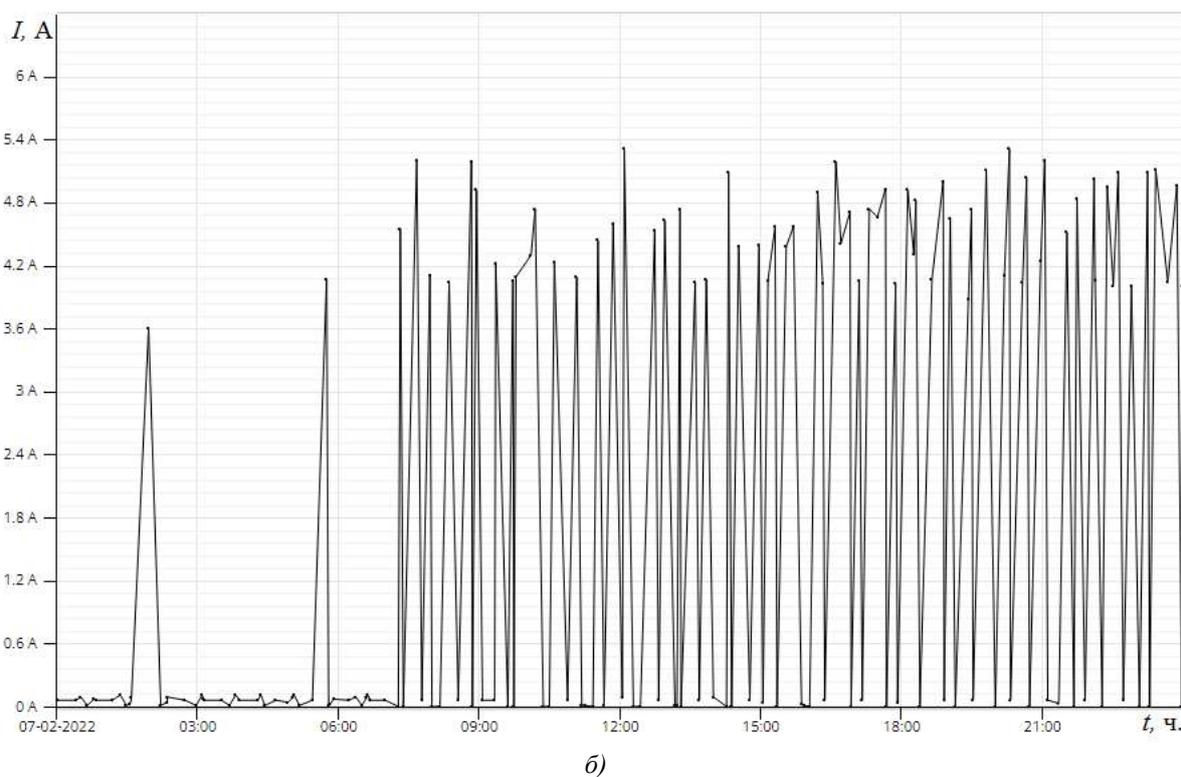
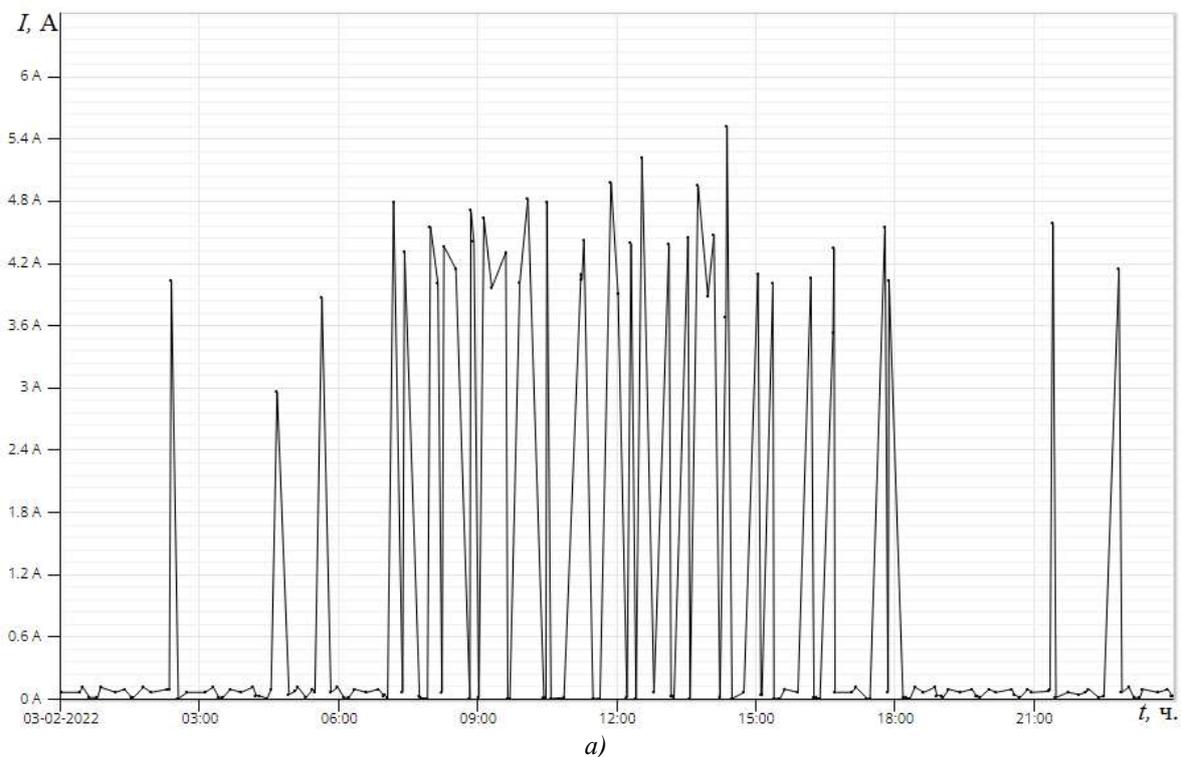
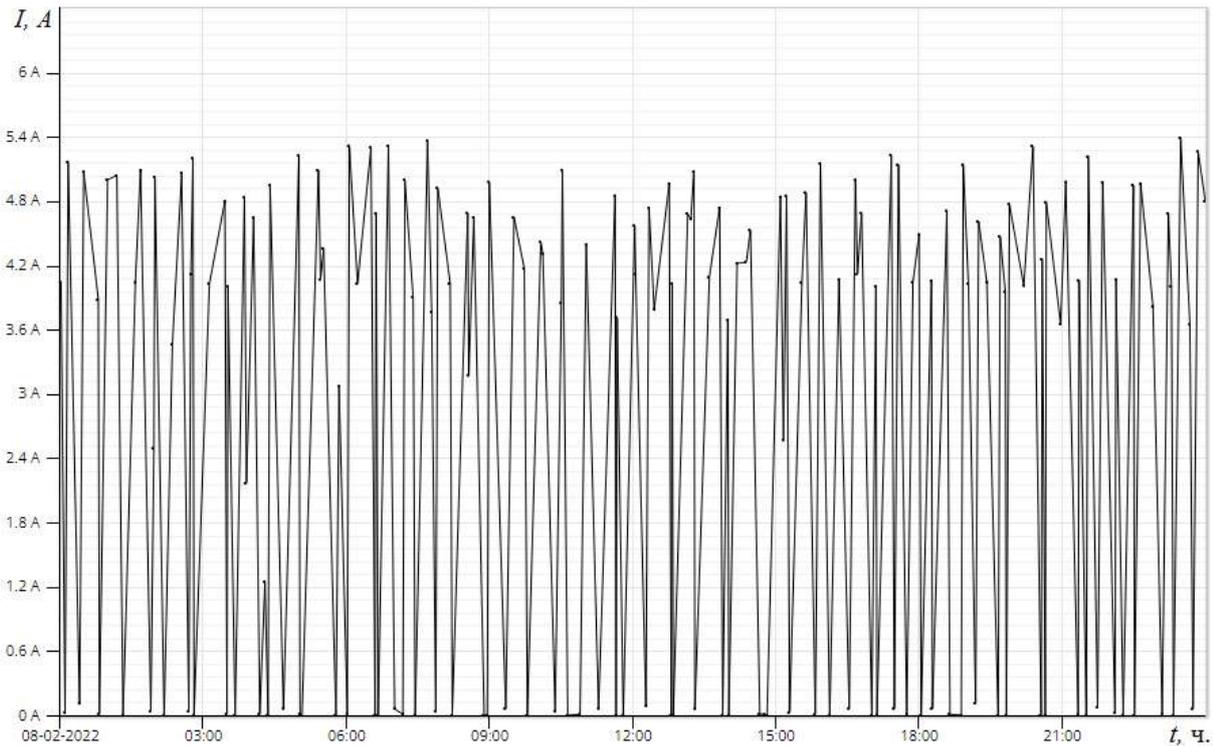
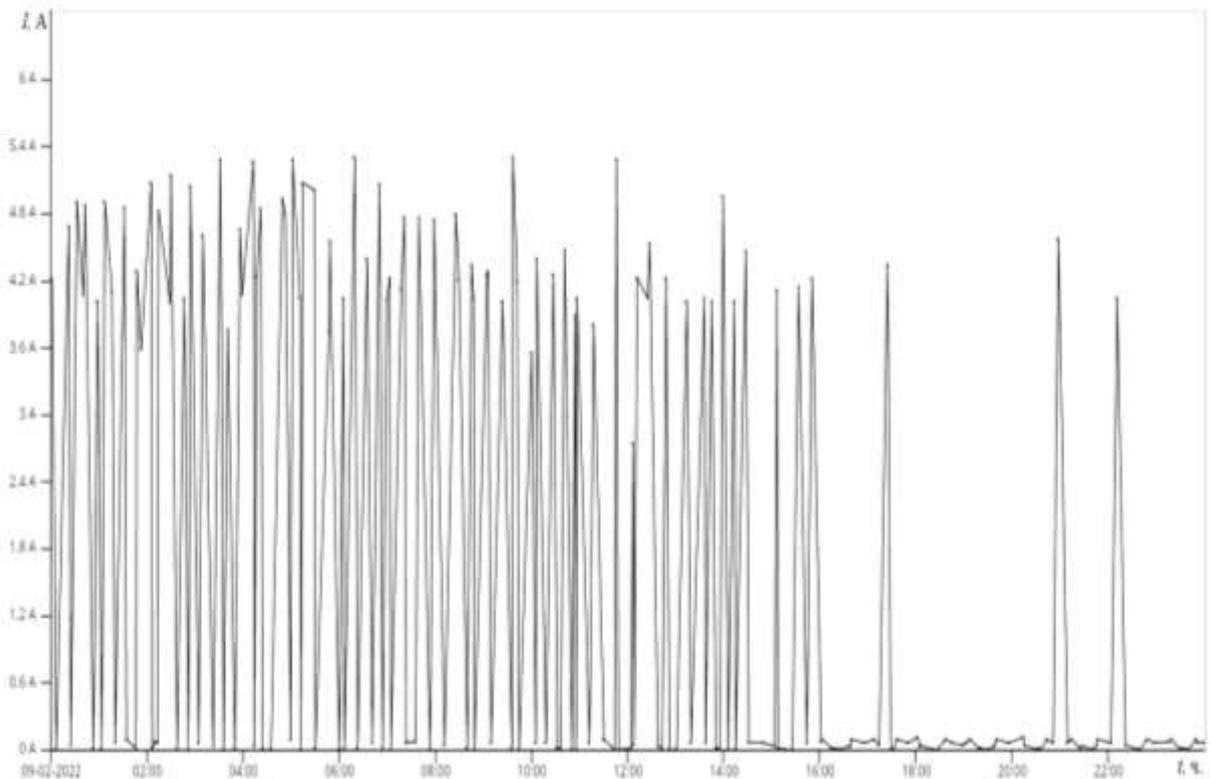


Рис. 1. График потребления тока погружным насосом в течение суток на территории школы села «Новые Айбеси» Алатырского района Чувашской Республики: а) – график потребления тока безаварийной системы водоснабжения – без «утечки» (03.02.2022), б) график потребления тока при начале «утечки» (07.02.2022).



а)



б)

Рис. 2. График потребления тока погружного насоса в течение суток школы села «Новые Айбеси» Алатырского района Чувашской Республики: а) – график потребления тока при «утечке» (08.02.2022), б) график потребления тока при устранении утечки – переходное состояние (09.02.2022).

На наш взгляд, определить факт утечки воды в системе водоснабжения, применяющей частотное регулирование, возможно с помощью применения современных технологий и устройств, математического моделирования и использования программных продуктов. На данный момент существует необходимость решения этой актуальной проблемы, ее дальнейшее исследование.

Выводы.

1. Оператор может зафиксировать наличие или отсутствие утечки жидкости в системе водоснабжения с применением частотного регулирования, проанализировав график нагрузки электронасоса.
2. Графики нагрузки устройства, имеющего частотное регулирование, можно построить с помощью облачного сервиса «OwenCloud», разработанного компанией ОВЕН.
3. Несвоевременное обнаружение утечки жидкости при безбашенной системе водоснабжения приводит к осушению скважины, к усиленному износу оборудования и разрушению устройства водоснабжения.

Литература

1. Альтернатива водонапорной башни. – Текст: электронный // Vksystem.ru: [сайт]. – URL: <http://vksystem.ru/zamena-vodonapornoy-bashne/> (дата обращения 10.02.2022).
2. Водонапорная башня Рожновского: определение, назначение, устройство и ГОСТ. – Текст: электронный // P-z-o.ru: [сайт]. – URL: <https://p-z-o.ru/metallokonstrukcii/vodonapornye-bashni/vodonapornaya-bashnya-ozhnovskogo-opredelenie-naz> (дата обращения 10.02.2022).
3. Дефицит пресной воды в странах мира. Справка. – Текст: электронный // Ria.ru: [сайт]. – URL: <https://ria.ru/20100322/215718166.html> (дата обращения 10.03.2022).
4. Как ищут скрытые утечки воды из подземных трубопроводов систем водоснабжения. – Текст: электронный // Vodablog.livejournal.com: [сайт]. – URL: <https://vodablog.livejournal.com/118322.html> (дата обращения 10.01.2022).
5. Лупина, Т. А. Проектирование и расчеты систем водоснабжения / Т. А. Лупина. – Москва: РУТ (МИИТ), 2017. – 39 с.
6. Михеев, Г. М. Вопросы выявления утечки воды в разных системах водоснабжения / Г. М. Михеев, А. Г. Свешников // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: материалы V Международной научно-технической конференции. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. – С. 351-354.
7. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. – Москва: Юрайт, 2017. – 380 с.
8. Рейтинг стран мира по запасам пресной воды – Текст: электронный // O-vode.net [сайт]. – URL: <https://o-vode.net/kakaya-byvaet/presnaya/zapasy/strany-po-zapasam> (дата обращения 10.04.2022).
9. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: утверждено Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 26.09.2001: зарегистрировано в Минюсте РФ 31 октября 2001 г. № 3011. – Москва, 2002. – 103 с.
10. Свешников, А. Г. Возможность обнаружения утечки жидкости в системе водоснабжения с применением скважинного насоса с частотным регулированием / А. Г. Свешников, Г. М. Михеев // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2022. – № 3. – С. 36-39.
11. Свешников, А. Г. Эксплуатация и проектирование систем водоснабжения населенных пунктов с целью обеспечения их эффективности / А. Г. Свешников, Г. М. Михеев // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2022. – № 2. – С. 9-14.
12. Статистика водных ресурсов. – Текст: электронный // Ngebooks.com [сайт]. – URL: http://www.ngebooks.com/book_85736_chapter_197_Vopros_85_Statistika_vodnykh_resursov.html (дата обращения 05.01.2022).
13. Системы водоснабжения. – Текст: электронный // Ngebooks.com [сайт]. – URL: <http://www.bestreferat.ru/referat-146905.html> (дата обращения: 05.01.2022).
14. Четверть населения мира испытывает чрезвычайный дефицит воды – Текст: электронный // Kapital.kz [сайт]. – URL: <https://kapital.kz/world/80318/chetvert-naseleniya-mira-isytyuyayet-hrezvychnaynuy-defitsitvody.html> (дата обращения 10.03.2022).
15. OwenCloud Облачный SaaS-сервис для удаленного мониторинга, управления. – Текст: электронный // Kapital.kz [сайт]. – URL: <https://owen.ru/owencloud> (дата обращения 12.02.2022).

Сведения об авторах

1. **Свешников Артемий Григорьевич**, аспирант кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: artemachaki@mail.ru, тел. 89373991782;
2. **Михеев Георгии Михайлович**, доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: mikheevg@rambler.ru, тел. 89033458540.

DETERMINATION OF WATER LEAKAGE ACCORDING TO THE SCHEDULE BOREHOLE PUMP LOADS

A. G. Sveshnikov, G. M. Miheev
Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

Brief abstract. Water is the basic element of life for all life on Earth. Our state is one of the leaders in terms of water reserves. The biosphere, no doubt, cannot exist without the sun. Without it, photosynthesis processes will not occur in plants, and immunity will decrease in people.

It was found that in a water supply system having a frequency converter device, there is a difficulty in detecting water leakage, as a result of which the consumption of electric energy increases significantly, the loss of raw materials increases, and the likelihood of well drainage increases. Another disadvantage is the high wear of the pumping unit. However, despite all the shortcomings listed, the water supply system has its advantages.

In this article, on the example of the operation of an electric pump installed in one of the settlements of the Chuvash Republic, the possibility of determining the presence or absence of a fluid leak in the water supply system using a borehole pump equipped with a frequency control device is shown.

The graph of current consumption by the electric pump for one day is considered and analyzed. It was found that in a water supply system using frequency control, the operator can detect the presence or absence of fluid leakage by analyzing the load curve of the electric pump.

It was concluded that untimely detection of a fluid leak in a towerless water supply system leads to well drainage. At the same time, it is possible to draw up load schedules for a device with frequency regulation using the OwenCloud cloud service by OWEN.

Key words: water supply systems, frequency-controlled pumps, liquid leakage detection, water consumption, number of pump cycles, software product.

References

1. Al'ternativa vodonapornoj bashni. – Tekst: elektronnyj // Vksystem.ru: [sajt]. – URL: <http://vksystem.ru/zamena-vodonapornoy-bashne/> (data obrashcheniya 10.02.2022).
2. Vodonapornaya bashnya Rozhnovskogo: opredelenie, naznachenie, ustrojstvo i GOST. – Tekst: elektronnyj // P-z-o.ru: [sajt]. – URL: <https://p-z-o.ru/metallokonstrukcii/vodonapornye-bashni/vodonapornaya-bashnya-ozhnovskogo-opredelenie-naz> (data obrashcheniya 10.02.2022).
3. Deficit presnoj vody v stranah mira. Spravka. – Tekst: elektronnyj // Ria.ru: [sajt]. – URL: <https://ria.ru/20100322/215718166.html> (data obrashcheniya 10.03.2022).
4. Kak ishchut skrytye utechki vody iz podzemnyh truboprovodov sistem vodosnabzheniya. – Tekst: elektronnyj // Vodablog.livejournal.com: [sajt]. – URL: <https://vodablog.livejournal.com/118322.html> (data obrashcheniya 10.01.2022).
5. Lupina, T. A. Proektirovanie i raschety sistem vodosnabzheniya / T. A. Lupina. – Moskva: RUT (MIIT), 2017. – 39 s.
6. Miheev, G. M. Voprosy vyyavleniya utechki vody v raznyh sistemah vodosnabzheniya / G. M. Miheev, A. G. Sveshnikov // Problemy i perspektivy razvitiya energetiki, elektrotehniki i energoeffektivnosti: materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. – CHEboksary: Izd-vo CHuvash. un-ta, 2021. – S. 351-354.
7. Pavlinova, I. I. Vodosnabzhenie i vodootvedenie / I. I. Pavlinova, V. I. Bazhenov, I. G. Gubij. – Moskva: YUrajt, 2017. – 380 s.
8. Rejting stran mira po zapasam presnoj vody – Tekst: elektronnyj // O-vode.net [sajt]. – URL: <https://o-vode.net/kakaya-byvaet/presnaya/zapasy/strany-po-zapasam> (data obrashcheniya 10.04.2022).
9. SanPiN 2.1.4.1074-01. Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva: utverzhdeno Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom Rossijskoj Federacii 26.09.2001: zaregistrirovano v Minyuste RF 31 oktyabrya 2001 g. № 3011. – Moskva, 2002. – 103 s.
10. Sveshnikov, A. G. Vozmozhnost' obnaruzheniya utechki zhidkosti v sisteme vodosnabzheniya s primeneniem skvazhinogo nasosa s chastotnym regulirovaniem / A. G. Sveshnikov, G. M. Miheev // Elektrooborudovanie: ekspluatatsiya i remont. – 2022. – № 3. – S. 36-39.
11. Sveshnikov, A. G. Ekspluatatsiya i proektirovanie sistem vodosnabzheniya naseleennyh punktov s cel'yu obespecheniya ih effektivnosti / A. G. Sveshnikov, G. M. Miheev // Elektrooborudovanie: ekspluatatsiya i remont. – 2022. – № 2. – S. 9-14.
12. Statistika vodnyh resursov. – Tekst: elektronnyj // Ngebooks.com [sajt]. – URL: http://www.ngebooks.com/book_85736_chapter_197_Vopros_85_Statistika_vodnykh_resursov.html (data obrashcheniya 05.01.2022).
13. Sistemy vodosnabzheniya. – Tekst: elektronnyj // Ngebooks.com [sajt]. – URL: <http://www.bestreferat.ru/referat-146905.html> (data obrashcheniya: 05.01.2022).

14. S'Hetvert' naseleniya mira ispytyvaet chrezvychajnyj deficit vody – Tekst: elektronnyj // Kapital.kz [sajt]. – URL: <https://kapital.kz/world/80318/chetvert-naseleniya-mira-ispytyvayet-hrezvychajnyy-defitsit-vody.html> (data obrashcheniya 10.03.2022).

15. OwenCloud Oblachnyj SaaS-servis dlya udalennogo monitoringa, upravleniya. – Tekst: elektronnyj // Kapital.kz [sajt]. – URL: <https://owen.ru/owencloud> (data obrashcheniya 12.02.2022).

Information about authors

1. **Sveshnikov Artemy Grigoryevich**, Postgraduate student of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: artemachaki@mail.ru, tel. 89373991782;

2. **Mikheev Georgy Mikhailovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: mikheevg@rambler.ru, tel. 89033458540.

УДК635.21

DOI:

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОМБАЙНОВОЙ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

А. В. Семенов, В. Н. Гаврилов, А. М. Новиков, В. А. Иванов

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. *Качество комбайновой уборки картофеля оценивается главным образом количеством механически поврежденных клубней. Степень повреждений картофеля зависит от динамического процесса взаимодействия клубней с рабочими органами машин и агрофизического состояния почвы во время уборки. В условиях интенсивного развития сельского хозяйства исследования, направленные на изучение способов уменьшения повреждений клубней при уборке, представляют весьма большую научную и практическую значимость.*

Целью работы является исследование способов повышения качества комбайновой уборки картофеля. Задача исследования – изучение влияния ширины междурядий и системы питания картофеля на его механическое повреждение при уборке.

При динамическом взаимодействии клубней с рабочими органами картофелеуборочных машин возникают повреждения, такие как трещины, вырывы, раздавливания и порезы. Могут появляться и скрытые повреждения, связанные с внутренним напряжением. Они обнаруживаются только при разрезании клубня и проявляются в виде потемнения мякоти. Один из способов уменьшения внутренних и внешних повреждений картофеля – совершенствование активных рабочих органов, контактирующих с клубнями картофеля.

Наши исследования показали, что характер повреждений клубней изменяется в зависимости от среды развития картофеля. Высокое качество механизированной уборки обеспечивается оптимальной структурой почвы. При этом уменьшается количество твердых агрегатов почвы, поступающих в общей массе с клубнями на разделительный стол комбайна и интенсифицирующих процесс повреждения. Уровень повреждений клубней зависит также от количества влаги в почве во время уборки. При изменяющихся почвенно-климатических условиях именно широкие междурядья способствуют удержанию в почве большого количества воды. С увеличением влажности повышается вязкость почвы. Комки влажной почвы более податливы при механическом взаимодействии с клубнями картофеля. В результате снижается величина общего количества повреждений.

Условием для повышения качества комбайновой уборки картофеля является обеспечение благоприятных условий для полного созревания клубней. При этом увеличивается прочность кожуры и, как следствие, уменьшается количество трещин и вырывы мякоти. Фосфорные и калийные удобрения, превышающие дозы азота, положительно влияют на формирование сопротивляемости картофеля к механическим воздействиям.

Проведенные исследования позволяют на основании полученного материала объяснить особенности динамического процесса взаимодействия клубней с рабочими органами картофелеуборочных машин в зависимости от агрофизических показателей среды во время уборки.

Ключевые слова: *картофель, комбайновая уборка, повреждения, структура почвы, ширина междурядий.*