Информация об авторах

Бандурин Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель РФ, декан факультета гидромелиорации, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0986-8848, e-mail: chepura@mail.ru

Приходько Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4855-0434, e-mail: prihodkoigor2012@yandex.ru

Гераськина Татьяна Вадимовна, аспирант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), ORCID: https://orcid.org/0009-0009-2471-8774, e-mail: georg-geraskin@mail.ru

Author's Information

Bandurin Mikhail Aleksandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Honored Inventor of the Russian Federation, Dean of the Faculty of Hydromelioration of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin st., 13), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0986-8848, e-mail: chepura@mail.ru

Prikhodko Igor Aleksandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Head of the Department of Construction and Operation of Water Management Facilities of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin st., 13), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4855-0434, e-mail: prihodkoigor2012@yandex.ru

Geraskina Tatyana Vadimovna, PhD student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin st., 13), ORCID: https://orcid.org/0009-0009-2471-8774, e-mail: georg-geraskin@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-37

DEGREE OF EXTRACTION OF CHEMICAL IMPURITIES WHEN OPTIMIZING THE DESIGN PARAMETERS OF SORPTION LOADING

Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Tronev S. V., Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Kozinskaya O. V.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Received 24.02.2024 Submitted 26.03.2024

Summary

The optimization of the design parameters of the sorption loading of the filter is considered based on a mathematical regression model and laboratory experimental data.

Abstract

Introduction. The problem of pollution of rivers and lakes by wastewater is a complex and multifaceted object of scientific analysis. Wastewater is the source of a variety of anthropogenic impacts on aquatic ecosystems that lead to deterioration of water quality, loss of biodiversity, threats to human health and loss of economic value of water resources. To minimize the negative consequences of wastewater pollution, it is necessary to develop and implement effective technologies for the treatment and reuse of wastewater, as well as to improve management and control systems for their volume and quality. **Object.** The object of the study is wastewater contaminated with heavy metals. **Materials and methods.** Factors were identified to optimize the design parameters of the sorption load. Based on algorithmic, theoretical and laboratory studies, data were obtained for the regression equation using the Reichschaffner method. Also, a chemical analysis of the test water was carried out in laboratory conditions, where a concentration was determined that exceeded sanitary standards for total iron and copper. An experiment was carried out using the settling method at various time intervals to determine the dynamics of a decrease or increase in the concentration of the studied chemical elements. **Results and conclusions.** Based on the results of solving the regression equation, data were obtained in laboratory conditions with the help of which the coefficients B0, Bi, Bij and Bii were calculated. To check the accuracy of the obtained coefficients using the Student method, we re-calculated the regression model in which these equations were obtained in encrypted form, the accuracy of the resulting models was checked using the Fisher criterion, which is not a random factor. When conducting an experiment in laboratory conditions by settling zeolite in fractions from 0.4 cm to 0.75 cm in time intervals from 1 hour to 4 hours, the best result was a time interval of 4 hours, which showed a decrease in the concentration of total iron and copper by 71%, which corresponds to mathematical calculations and proves the purity of the experiment.

Keywords: *wastewater, chemical impurity absorption, sewage treatment, zeolite, wastewater treatment technology.*

Citation. Bocharnikov V. S., Denisova M. D., Tronev S. V., Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Kozinskaya O. V. Degree of extraction of chemical impurities when optimizing the design parameters of sorption loading. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2024. 309-315 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-37.
Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.811.91

СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРБЦИОННОЙ ЗАГРУЗКИ

Бочарников В. С., *доктор технических наук, профессор*
Денисова М. А., *кандидат технических наук, доцент*
Тронев С. В., *доктор технических наук, профессор*
Овчинников А. С., *доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН*
Бочарникова О. В., *доктор технических наук, профессор*
Козинская О. В., *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Проблема загрязнения рек и озер сточными водами представляет собой сложный и многогранный объект научного анализа. Сточные воды являются источником разнообразных антропогенных воздействий на водные экосистемы, которые приводят к ухудшению качества воды, снижению биологического разнообразия, угрозе здоровью человека и потере экономической ценности водных ресурсов. Для минимизации негативных последствий загрязнения сточными водами необходимо разрабатывать и внедрять эффективные технологии очистки и повторного использования сточных вод, а также совершенствовать системы управления и контроля за их объемом и качеством. **Объект**. Объектом исследования являются сточные воды, загрязненные тяжелыми металлами. **Материалы и методы.** Были определены факторы для оптимизации конструктивных параметров сорбционной загрузки. На основании алгоритмических, теоретических и лабораторных исследований были получены данные для уравнения регрессии по методу Рейхшафнера. Также в лабораторных условиях выполнен химический анализ исследуемой воды, где была определена концентрация, превышающая санитарные нормы общего железа и меди. Выполнен эксперимент по методу отстаивания, в различные промежутки, временя для определения динамики уменьшения или увеличения концентрации исследуемых химических элементов. **Результаты и выводы.** По результатам решения уравнения регрессии были получены данные в лабораторных условиях при помощи которых выполнены расчеты коэффициентов B_0, B_i, B_{ij} и B_{ii}. Для проверки верности полученных коэффициентов по методу Стьюдента, проводили повторный расчет регрессионной модели при котором были получены данные уравнения в зашифрованном виде, точность полученных моделей проверялось по критерию Фишера, что является неслучайным факторам. При проведении эксперимента в лабораторных условиях методом отстаивания цеолита фракциями от 0,4 см до 0,75 см в промежутках времени от 1 часа до 4 часов наилучшим результатом является интервал времени 4 часа, который показал снижения концентрации общего железа и меди на 71%, что соответствует математическим расчетам и доказывает чистоту эксперимента.

Ключевые слова: *сточные воды, поглощение химических примесей, очистка сточных вод, цеолит, технологии очистки сточных вод.*

Цитирование. Бочарников В. С., Денисова М. А., Тронев С. В., Овчинников А. С., Бочарникова О. В., Козинская О. В. Степень извлечения химических примесей при оптимизации конструктивных параметров сорбционной загрузки. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 309-315. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-37.
Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современном мире существует проблема качества воды поверхностных и подземных водоисточников. Как известно самым главными загрязнителями являются сточные воды различного типа, так как сброс производится непосредственно в водные объекты [1, 2, 3]. У многих производств существующее фильтровальное оборудование не всегда производит качественную очистку сточной воды, которая предназначена для сброса в реки, из-за чего с годами поверхностные водоисточники имеют не удовлетворительную оценку по их качеству

[4]. Концентрация антропогенных веществ превышает санитарные нормы, от чего происходят заболевания обитающей водной фауны и нарушения здоровья человека. При этом в сточных водах содержатся как неорганические, так и токсичные органические загрязнители, удаление которых является важной научной и производственной задачей [5, 6, 7].

Сегодня сельскохозяйственное производство является интенсивной отраслью экономики, основанной на широком круге технологических процессов, реализация которых невозможна без технологий и технических средств эффективного использования воды соответствующего качества, включающих, в том числе, орошение и обработку растений средствами защиты [8, 9, 10]. Особую важность приобретает повышенное качество оросительной воды при использовании капельного способа полива [11].

Также актуальной является проблема очистки природных и сточных вод от ионов и соединений тяжелых металлов, таких как медь, никель [12, 13], железо, марганец, хром, кадмий и др. [14, 15].

Ряд проведенных исследований доказывает, что одной из наиболее эффективных технологий, применяемых при очистке природных и сточных вод, является использование природных и синтетических сорбентов [16, 17, 18].

Для улучшения существующего фильтровального оборудования на производствах необходимо производить оптимизацию конструктивных параметров фильтрующих загрузок. Данный процесс позволит повысить эффективность и экономичность работы фильтров. Оптимизация во многом зависит от многих факторов, таких как качество исходной воды, высота и размер фракций фильтрующего материала, режима и времени фильтрации, а также в способе промывки фильтров. Процесс оптимизации загрузок фильтра позволит уменьшить количество шлама, образующегося при фильтрации, также этот процесс позволит продлить срок эксплуатации фильтровального оборудования.

Оптимизацию конструктивных параметров фильтрующей загрузки можно произвести при помощи лабораторных исследований, промышленных испытаний или при помощи математического моделирования. Поэтому мы предлагаем выполнить лабораторные исследования и получить математические модели методом регрессионного анализ для решения компромиссной задачи по оптимизации конструктивных параметров фильтрующих загрузок.

Материалы и методы. Для того чтобы провести оптимизацию фильтрующих загрузок любого сорбционного вертикального фильтра, необходимо определить параметры, то есть факторы, по которым будут решены математические задачи. В качестве основных факторов были выбраны загрузки различной высоты (таблица 1).

Table 1 – Sorption loading factors
Таблица 1 – Факторы сорбционной загрузки

Параметры / Options	Стадии фактора / Stages of the Factor			Расстояние улучшения, ε / Upgrade distance, ε
	0	–1	+1	
Первый слой цеолита фракцией 0,4 см (x_1), м / The first layer of zeolite with a fraction of 0.4 cm (x1), m	700	300	1100	400
Второй слой цеолита фракцией 0,1 см (x_2), м / The second layer of zeolite with a fraction of 0.1 cm (x2), m	700	300	1100	400
Первый слой цеолита фракцией 0,75 см (x_3), м / The first layer of zeolite with a fraction of 0.75 cm (x3), m	400	200	600	200

Также для определения качественной очистки через данные слои сорбента необходимо задать параметры химических элементов извлекаемых из сточных вод, которыми являются общее железо с наиболее повышенной концентрацией в исследуемой воде и медь с наименьшей концентрацией. Каждый элемент был выражен в процентном содержании.

Выполнив объединение алгоритмических и теоретических исследований по заданным параметрам извлекаемых химических элементов и высоты фильтрующих загрузок, можно получить уравнение регрессии по методу Рейхшафнера для получения наилучших условий достижения поставленной цели.

Все данные для решения уравнения были получены в лабораторных условиях при помощи которых выполнены расчеты коэффициентов B_0, B_i, B_{ij} и B_{ii}.

$$y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2 . \quad (1)$$

Для проверки верности полученных коэффициентов по методу Стьюдента проводили повторный расчет регрессионной модели, при котором были получены данные уравнения в зашифрованном виде, точность полученных моделей проверялось по критерию Фишера, что является неслучайным факторам.

$$F = \frac{S^2_{\text{àä}}}{S^2(y)}, \quad (2)$$

Результаты и обсуждение. Чтобы установить необходимую последовательность при расположении в определенном порядке факторов заданных параметров общего железа и меди, математические модели были приведены в каноническую форму (таблица 2).

Table 2 – Criteria for optimization of removed chemical impurities
Таблица 2 – Критерии оптимизации удаляемых химических примесей

Критерий / Criterion	
Зашифрованный (x_1, x_2, x_3) / Encrypted (x1, x2, x3)	
Показатель общего железа, удаляемого из сточных вод / Indicator of total iron removed from wastewater	Показатель меди, удаляемой из сточных вод / Indicator of copper removed from wastewater
0,79	0,69
0,83	0,71
0,81	0,74
Расшифрованный (x_1, x_2, x_3) / Decrypted (x1, x2, x3)	
1016	976
1032	984
562	548

После проведения математических расчетов был выполнен химический анализ исследуемой воды и определена концентрация общего железа и меди, данные приведены на рисунке 1.

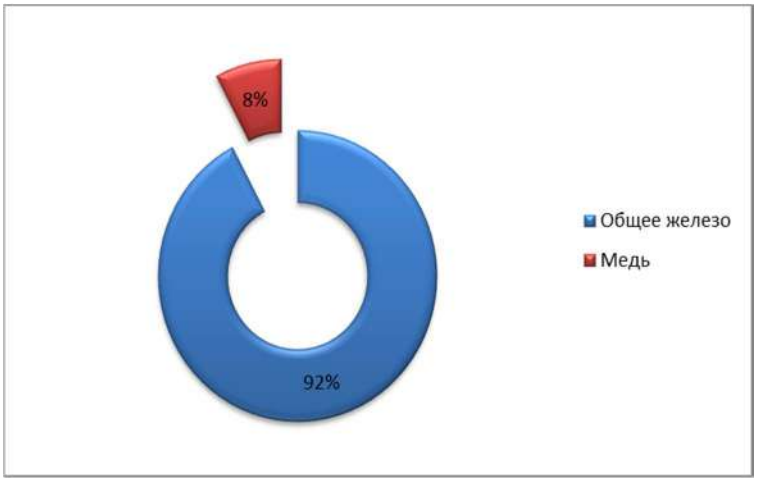

Рисунок 1 – Диаграмма процентного содержания химических элементов в сточной воде
Figure 1 – Diagram of the percentage of chemical elements in wastewater

Результат химического анализа показал, что содержание общего железа составляет 92%, а меди 8%. Далее в лабораторных условиях проводился эксперимент по отстаиванию сточной воды. В лабораторном цилиндре был помещен различной высоты цеолит слоями, фракциями от 0,4 см до 0,75 см. В различные промежутки времени проводилось отстаивание, после которого проводился замер концентрации веществ.

Table 3 – Results by settling method
Таблица 3 – Результаты по методу отстаивания

№ п/п	Химическое вещество / Chemical	Исходная концентрация, мг/л / Initial concentration, mg/l	Время контакта исходной воды с сорбентом, ч / Contact time of the source water with the sorbent, h			
			1	2	3	4
1	Общее железо/ Total Iron	27,5	20,1	16,3	13,2	7,56
2	Медь / Copper	2,3	2,0	1,5	1,03	0,23

Результат эксперимента показал, что наилучшее время отстаивания и извлечения примесей из сточной воды составляет 4 час, за этот момент времени общее железо снизило концентрацию на 71%, также, как и медь. В другие интервалы времени медь и общее железо давали наихудшую химическую реакцию при контакте с сорбентом.

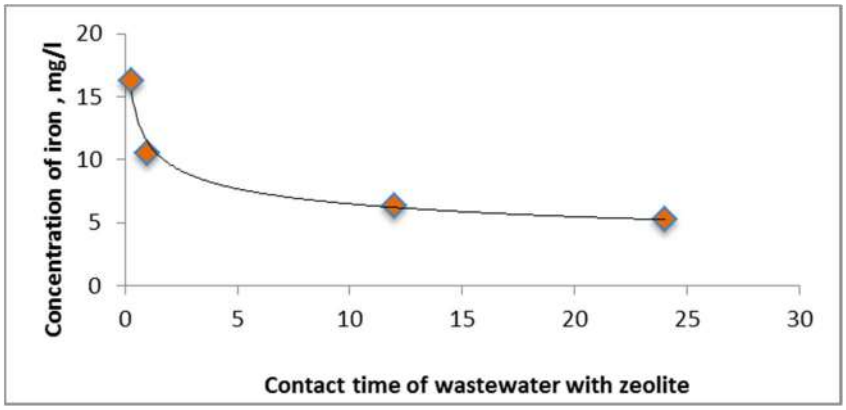

Рисунок 2 – Эффективность извлечения общего железа из сточных вод по методу отстаивания
Figure 2 – Efficiency of total iron extraction from wastewater using the sedimentation method

На основании лабораторных данных были получены регрессионные математические модели при контакте сорбента методом отстаивания в различные промежутки времени для определения динамики по снижению концентрации химического вещества в сточных водах.

Заключение. Для оптимизации конструктивных параметров сорбционной фильтрующей загрузки на основании лабораторных и аналитических исследований получены математические модели и решена компромиссная задача по выявлению факторов для обеспечения наилучшего результата извлечения общего железа и меди из сточной воды, что доказывает правильность расчета. Также лабораторные эксперименты показали наилучшее время отстаивания, которое составляет 4 часа, за это время общее железо и медь снизили концентрацию на 71%. Поэтому можно утверждать, что все математические расчеты были верны и подтверждены лабораторными исследованиями.

Conclusions. To optimize the design parameters of sorption filter loading on the basis of laboratory and analytical studies obtained mathematical models and solved the compromise problem to identify factors to ensure the best result of extraction of total iron and copper from wastewater, which proves the correctness of the calculation. Also laboratory experiments showed the best sedimentation time which is 4 hours during this time total iron and copper concentration decreased by 71%. Therefore, it can be stated that all mathematical calculations were correct and confirmed by laboratory tests.

Библиографический список

1. Raouf M. E. A., Maysour N. E., Farag R. K., et al. Wastewater Treatment Methodologies, Review Arcle. Int J Environ & Agri Sci. 2019. No 3. P. 018.
2. Matsak A., Tsytlishvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance. Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. V. 1 (20). Pp. 19-22.
3. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsymbal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 2 (10-92). Pp. 4-17.
4. Федотова Ю. В., Спицын А. А. Очистка сточных вод лесохимических производств. Евразийский союз ученых. 2019. № 12-5 (69). С. 46-51.

5. Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А., Бочарникова О. В. Изучение режимов осаждения загрузки с помощью гидравлической установки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 260-267.

6. Hajiyeva S. R., Shamilov N. T., Bayramov G. I., Rakida N. M. Ecological effective treatment of industrial wastewater formed in the oil-producing industry by coagulation method. Azerbaijan Chemical Journal. 2021. № 3. Pp. 63-66.

7. Kazeminejadfard F., Hojjati M. R. Preparation of superabsorbent composite based on acrylic acid-hydroxypropyldistarch phosphate and clinoptilolite for agricultural applications. Applied Polymer Science 2019. No 136 (16). 4736.

8. Gebeyhu Birara, Hatiye Samuel, Finsa Mekuanent. Assessment of Irrigation Water Management Performance Indicators and Mitigation Measure in Arba Minch Irrigation Scheme, Ethiopia. Advances in Agriculture. 2024. 10.1155/2024/5596514.

9. Овчинников А. С., Бочарников В. С. Новые технические решения повышения эффективности ресурсосберегающих способов полива. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 119-124.

10. Borisenko I. B., Ovchinnikov A. S., Meznikova M. V., Fomin S. D., Bocharnikov V. S., Rogachev A. F., Ulybina E. I. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012092.

11. Овчинников А. С., Бочарникова О. В., Бочарников В. С., Пантюшина Т. В. Особенности технологии возделывания сладкого перца при капельном орошении в условиях Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 3 (19). С. 18-22.

12. Фадеев А. Б., Кручинина Н. Е., Зайцева А. Д. Очистка сточных вод от комплексных соединений меди. Успехи в химии и химической технологии. 2019. Т. 33. № 5 (215). С. 93-95.

13. Kochetov G., Prikhna T., Kovalchuk O., Samchenko D. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method Eastern-European J. of Enterprise Technologies. 2018. No 3. Pp. 52–60.

14. Malyuba A. D., Zeitoun A., Edrees, Wafa M. Competitive Adsorption of Quaternary Metal Ions, Ni2+, Mn2+, Cr6+, and Cd2+, on Acid-Treated Activated Carbon. Water. 2023. No 15. 1070.

15. Mahendra Sh., Tibor H. Electrochemical Detection of Heavy Metal Ions Based on Nanocomposite Materials. Journal of Composites Science. 2023. No 7. P. 473.

16. Roshni K., Sivaiah B., Mohanta, Jhilirani, Qaiyum Md. Dey, Banashree, Samal, Priyanka, Dutta, Soumen D. Dye sequestration from aqueous phase using natural and synthetic adsorbents in batch mode: Present Status and Future Perspectives. International journal of Environmental Science and Technology. 2023.

17. Khan Shahnoor, Imteaz Monzur. Column Experiments on Arsenic Removal Through Adsorption From Water Using Different Natural and Synthetic Adsorbents. 2021.

18. Huiping Z., Zhai, Longxue, Zhang Jn, Li D. As(V) adsorption by a novel core-shell magnetic nanoparticles prepared with Iron-containing water treatment residuals. Science of The Total Environment. 2020. V. 753. 142002.

References

1. Raouf M. E. A., Maysour N. E., Farag R. K., et al. Wastewater Treatment Methodologies, Review Arcle. Int J Environ & Agri Sci. 2019. No 3. P. 018.

2. Matsak A., Tsytlishvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance. Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. V. 1 (20). Pp. 19-22.

3. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsymbal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 2 (10-92). Pp. 4-17.

4. Fedotova Y. V., Spitsyn A. A. Wastewater treatment of forest chemical production Eurasian Union of Scientists. 2019. № 12-5 (69). Pp. 46-51.

5. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V. Study of loading deposition modes with the help of hydraulic installation. Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2020. № 1 (57). Pp. 260-267.

6. Hajiyeva S. R., Shamilov N. T., Bayramov G. I., Rakida N. M. Ecological effective treatment of industrial wastewater formed in the oil-producing industry by coagulation method. Azerbaijan Chemical Journal. 2021. № 3. Pp. 63-66.

7. Kazeminejadfard F., Hojjati M. R. Preparation of superabsorbent composite based on acrylic acid-hydroxypropyldistarch phosphate and clinoptilolite for agricultural applications. Applied Polymer Science 2019. No 136 (16). 4736.

8. Gebeyhu Birara, Hatiye Samuel, Finsa Mekuanent. Assessment of Irrigation Water Management Performance Indicators and Mitigation Measure in Arba Minch Irrigation Scheme, Ethiopia. Advances in Agriculture. 2024. 10.1155/2024/5596514.

9. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S. New technical solutions to increase the efficiency of resource-saving methods of irrigation. Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2012. № 1 (25). Pp. 119-124.

10. Borisenko I. B., Ovchinnikov A. S., Meznikova M. V., Fomin S. D., Bocharnikov V. S., Rogachev A. F., Ulybina E. I. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012092.

11. Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Bocharnikov V. S., Pantyushina T. V. Features of sweet pepper cultivation technology under drip irrigation in the conditions of the Lower Volga region. Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2010. № 3 (19). Pp. 18-22.

12. Fadeev A. B., Kruchinina N. E., Zaitseva A. D. Wastewater treatment from complex copper compounds. Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2019. V. 33. № 5 (215). Pp. 93-95.

13. Kochetov G., Prikhna T., Kovalchuk O., Samchenko D. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method Eastern-European J. of Enterprise Technologies. 2018. No 3. Pp. 52–60.

14. Malyuba A. D., Zeitoun A., Edrees, Wafa M. Competitive Adsorption of Quaternary Metal Ions, Ni2+, Mn2+, Cr6+, and Cd2+, on Acid-Treated Activated Carbon. Water. 2023. No 15. 1070.
15. Mahendra Sh., Tibor H. Electrochemical Detection of Heavy Metal Ions Based on Nanocomposite Materials. Journal of Composites Science. 2023. No 7. P. 473.
16. Roshni K., Sivaiah B., Mohanta, Jhilirani, Qaiyum Md. Dey, Banashree, Samal, Priyanka, Dutta, Soumen D. Dye sequestration from aqueous phase using natural and synthetic adsorbents in batch mode: Present Status and Future Perspectives. International journal of Environmental Science and Technology. 2023.
17. Khan Shahnoor, Imteaz Monzur. Column Experiments on Arsenic Removal Through Adsorption From Water Using Different Natural and Synthetic Adsorbents. 2021.
18. Huiping Z., Zhai, Longxue, Zhang Jn, Li D. As(V) adsorption by a novel core-shell magnetic nanoparticles prepared with Iron-containing water treatment residuals. Science of The Total Environment. 2020. V. 753. 142002.

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e- mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Денисова Мария Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: masha2008-1988@mail.ru

Тронев Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: stronev@mail.ru

Овчинников Алексей Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: oas_volgau@mail.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Козинская Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук**,** доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru.

Author's Information

Bocharnikov Viktor Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Denisova Maria Alekseevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: masha2008-1988@mail.ru

Tronev Sergey Viktorovich, Doctor of Engineering Sciences, professor of the department "Operation and technical service of machines in the AP Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: stronev@mail.ru

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, professor, head of the department of "Applied geodesy, environmental management and water use" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: oas_volgau@mail.ru

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-38

THE INVERTER FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS

Grigorash O. V., Daus Yu. V., Denisenko E. V., Kolomeitsev A. E.

Kuban State Agrarian University
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zirochka2505@gmail.com

Received 25.01.2024 Submitted 25.03.2024

The research was carried out with the financial support of the Kuban Scientific Foundation within the framework of the scientific project No. IFI-20.1/27

Summary

A functional diagram of an autonomous inverter and an algorithm for the operation of its automatic control system have been developed, using an intermediate high-frequency voltage conversion and a reversible rectifier converting its industrial frequency level. The proposed circuit design of the inverter increases the reliability of its operation and improves its weight and size indicators.