5. Zhoga V. V. Control system of the manipulator – tripod // Robotics and technical cybernetics. 2014. No. 4 (5). P. 58-62.
6. Ivanov A. G., Vorob'yeva N. S., Dyashkin A. V. Substantiation of geometric parameters of the weeding robot // News of the Volgograd State Technical University. 2019. No. 3 (226). P. 22-25.
7. Florance Mary M., Yogaraman D. (2021). Neural network based weeding robot for crop and weed discrimination // Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series. 2021. № 1979 (1).
8. Grimstad L. Kinematic modeling and control design of a novel single-rail parallel arm // Paper presented at the IFAC-PapersOnLine. 2017. № 50 (1). P. 11434-11440.
9. Ivanov A. G. Dynamic model of end-effector actuator used for mobile robotic weeder // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 747 (1).
10. Machleb J. Sensor-based intrarow mechanical weed control in sugar beets with motorized finger weeders. Agronomy. 2021. № 11 (8).
11. Ovchinnikov A. S. Kinematic study of the weeding robot. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. № 489 (1).
12. Raja R., Nguyen T. T. RTD-SEPs: Real-time detection of stem emerging points and classification of crop-weed for robotic weed control in producing tomato // Biosystems Engineering. 2020. № 195. P. 152-171.
13. Roshanianfard A., Mengmeng D., Nematzadeh S. A 4-DOF SCARA robotic arm for various farm applications: Designing, kinematic modelling, and parameterization // Acta Technologica Agriculturae. 2021. № 24 (2). P. 61-66.
14. Xuelei W., Jie H. Kinematics and statics analysis of a novel 4-dof parallel mechanism for laser weeding robot // INMATEH - Agricultural Engineering. 2016. № 50 (3). P. 29-38.

Author's Information

Ivanov Aleksey Gennadievich, assistant of the department "Mechanics" Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26), tel. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: leha_2106@list.ru

Vorob'eva Natalia Sergeevna, head of the department "Mechanics" Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26), candidate of technical sciences, tel. +7 (8442) 41-18-49.

Информация об авторах

Иванов Алексей Геннадьевич, ассистент кафедры «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: leha_2106@list.ru ORCID 0000-0003-1098-099X

Воробьева Наталья Сергеевна, заведующий кафедрой «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: vgsxa@mail.ru ORCID 0000-0001-9035-6382

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-45

EFFICIENCY OF ANTI-FILTRATION SAND SAPROPEL CURTAIN ON THE EXAMPLE OF THE GATEWAY-REGULATOR OF RECLAMATION SYSTEMS

V.S. Bocharnikov¹, A.A. Borovikov²

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Belarusian State Agricultural Academy, Gorki

Received 18.09.2021

Submitted 20.11.2021

Summary

The article examines the existing and prospective designs of the anti-seepage device, compares their anti-seepage efficiency using the method of resistance coefficients of R.R. Chugaev. Comparison of the costs for the construction of devices is made, taking into account the cost of the required materials. The economic effect of the introduction has been calculated.

Abstract

Introduction. Construction and reconstruction of hydraulic structures on reclamation systems is costly from an economic point of view. Improving the design of individual elements using local materials will significantly reduce their cost. **Object.** The object of research is the existing and future design of the anti-seepage device. **Materials and methods.** The study of the effectiveness of anti-filtration devices was carried out for the gateway-regulator on the C-3 channel of the melioration system - «Pod'elniki» of the Soligorsk district of the Minsk region for options with a reinforced concrete sheet pile wall and a sand-sapropel anti-filtration curtain with a thickness of 0.4 to 0.8 m. Anti-filtration efficiency was calculated by the method of resistance coefficients of R.R. Chugaev. Comparison of the economic efficiency of the options was carried out by comparing the costs of the construction of the structure, taking into account the cost of the required materials. **Results and conclusions.** The efficiency of damping the pressure in the section (4-6) is 7.3-4.8% higher at the sheet pile wall in comparison with the anti-seepage curtain. The outlet gradient for the tongue-and-groove version is 0.017-0.018 lower than for the sand-sapropel curtain versions. The specific filtration flow rate at the base of the structure is 7.6% higher for options with an anti-filtration curtain.

Key words: *sheet pile wall, sand-sapropel curtain, anti-filtration efficiency, economic efficiency.*

Citation. Bocharnikov V.S., Borovikov A.A. Efficiency of anti-filtration sand sapropel curtain on the example of the gateway-regulator of reclamation systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 463-471 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-45.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 626.8:64.011.44(476)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ПЕСЧАНО-САПРОПЕЛЕВОЙ ЗАВЕСЫ НА ПРИМЕРЕ ШЛЮЗА-РЕГУЛЯТОРА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

В. С. Бочарников¹, доктор технических наук, профессор
А. А. Боровиков², старший преподаватель

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки

Дата поступления в редакцию 18.09.2021

Дата принятия к печати 20.11.2021

Аннотация. В статье рассмотрены существующая и перспективная конструкции противофильтрационного устройства. Проведено сравнение их противофильтрационной эффективности по методу коэффициентов сопротивления Р. Р. Чугаева. Выполнено сравнение затрат на возведение устройств с учетом стоимости требуемых материалов. Подсчитан экономический эффект от внедрения.

Актуальность. Строительство и реконструкция гидротехнических сооружений на мелиоративных системах являются затратными с экономической точки зрения. Совершенствование конструкций отдельных элементов с применением в них местных материалов позволит значительно снизить их стоимость. **Объект.** Объектом исследования являются существующая и перспективная конструкции противофильтрационного устройства. **Материалы и методы.** Исследование эффективности противофильтрационных устройств проводилось для шлюза-регулятора на канале С-3 мелиоративной системы «Подъельники» Солигорского района Минской области для вариантов с железобетонной шпунтовой стенкой и песчано-сапропелевой противофильтрационной завесой толщиной от 0,4 до 0,8 м. Противофильтрационная эффективность рассчитывалась по методу коэффициентов сопротивлений Р.Р. Чугаева. Сравнение экономической эффективно-

сти вариантов проводили методом сравнения затрат на возведение сооружения с учетом стоимости требуемых материалов. **Результаты и выводы.** Эффективность гашения напора на участке (4-6) на 7,3-4,8 % выше у шпунтовой стенки в сравнении с противofильтрационной завесой. Выходной градиент для варианта со шпунтовой стенкой на 0,017-0,018 ниже по сравнению с вариантами песчано-сапропелевой завесы. Удельный фofильтрационный расход в основании сооружения на 7,6 % выше для вариантов с противofильтрационной завесой.

Ключевые слова: шпунтовые стенки, песчано-сапропелевые завесы, противofильтрационная эффективность завес, шлюзы-регуляторы.

Цитирование. Бочарников В. С., Боровиков А. А. Эффективность противofильтрационной песчано-сапропелевой завесы на примере шлюза-регулятора мелиоративных систем. *Известия НВ АУК.* 2021. 4 (64). 463-471. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-45.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Строительство и последующая эксплуатация, а в дальнейшем и реконструкция мелиоративных систем преследует несколько целей – создание условий для повышения урожайности культур [11, 13], положительное воздействие на экосистему [1, 2, 14], повышение или сохранение плодородия земель [5, 6].

Практически любая мелиоративная система не обходится без комплекса сооружений (водоподпорных, водорегулирующих и водопроводящих) [7, 8]. Строительство и реконструкция водоподпорных и водопроводящих сооружений в условиях Белорусского Полесья осложнено наличием в их основании хорошо водопроницаемых грунтов. Это вызывает необходимость применения противofильтрационных мероприятий, позволяющих снизить неблагоприятное воздействие фильтрующейся воды под сооружениями [3, 4, 12].

В настоящее время в Республике Беларусь при реконструкции шлюзов-регуляторов вместо деревянной шпунтовой стенки проектируют железобетонную шпунтовую стенку. В условиях ограниченной доступности к финансовым ресурсам предпочтение следует отдавать местным материалам, способным обеспечить необходимые проектные параметры функционирования сооружения, для получения большего экономического эффекта [9, 10].

Нами предлагается замена шпунтовой стенки вертикальной противofильтрационной песчано-сапропелевой завесой, поскольку месторождения сапропеля, пригодного для изготовления тиксотропных суспензий на территории Республики Беларусь встречаются повсеместно.

При этом завеса должна удовлетворять следующим требованиям:

- эффективное гашение напора отдельными элементами подземного контура в условиях пространственной схемы фofильтрации применительно к режиму работы сооружения на мелиоративной системе;
- технология ее устройства не должна нарушать существующую технологию производства работ по реконструкции (строительству) шлюза-регулятора;
- ее устройство должно осуществляться машинами и механизмами, имеющимися в наличии у организации или подрядчика;
- ее глубина ограничена 2 м при выполнении многоковшовым траншейным или цепным универсальным экскаватором на базе трактора Беларусь 92П (производство ООО «Борисовский завод грунторезной техники») и 6-7 м при выполнении одноковшовым экскаватором. Ширина завесы определяется размерами рабочего органа экскаватора.

Таким образом, с целью снижения затрат на проведение противофильтрационных мероприятий в основании гидротехнических сооружений мелиоративных систем необходимо совершенствование конструкций противофильтрационных элементов с вовлечением местных материалов, имеющихся на объекте строительства (реконструкции), в их состав [7, 8, 10].

Материалы и методы. Сравнение эффективности противофильтрационных устройств проводили на основании теоретических исследований для шлюза-регулятора (ШР5х2) на канале С-3 (ПК 102+50) мелиоративной системы «Подъельники» км 29,6 Н-8851 автодороги Любань – Березовка – Старобин Солигорского района Минской области. Исходными данными выступали материалы испытаний грунтов объекта, проведенные в РУП «Белгипроводхоз», проект шлюза-регулятора, данные исследований тиксотропных свойств сапропелевых суспензий и фильтрационных свойств песчано-сапропелевых смесей. Схема подземного контура шлюза-регулятора была заменена расчетными схемами для случая железобетонной шпунтовой стенки – рисунок 1, песчано-сапропелевой завесы – рисунок 2.

Рисунок 1 – Расчетная схема подземного контура с железобетонной шпунтовой стенкой

Figure 1 – Design scheme of an underground contour with a reinforced concrete sheet pile wall

Определение эффективности гашения напора элементами подземного контура сооружения для случаев железобетонной шпунтовой стенки и песчано-сапропелевой противофильтрационной завесы выполняли по методу коэффициентов сопротивлений, разработанному Р. Р. Чугаевым.

Подземный контур расчетных схем был разбит на 5 участков: входной со шпунтом (1-3), первый горизонтальный (3-4), шпунт (песчано-сапропелевая завеса) (4-6), второй горизонтальный (6-7), выходной (7-9).

Расчеты выполнялись для напора $H=2,0$ м при следующих размерах сооружения: длина понура $l_1=4,5$ м; длина водобоя $l_2=9,4$ м; длина горизонтальной проекции подземного контура $l_0=13,9$ м; длина вертикальной проекции подземного контура $S_0=4,85$ м; $S_1=1,6$ м; $S_2=0,56$ м; $S_3=4,29$ м; $S_4=4,4$ м; $S_5=0,45$ м; $S_6=1,0$ м. Схема подземного контура в нашем случае заглубленная, поскольку $l_0/S_0=2,87$, таким образом, $T_{ак}=10,83$ м; $T_{ак}''=21,66$ м; $T_{ак}'''=32,49$ м.

Вариант с ж/б шпунтов – №1, с противофильтрационной песчано-сапропелевой завесой рассчитывался для трех случаев толщины №2 – $t=0,4$ м; №3 – $0,6$ м; №4 – $0,8$ м.

Рисунок 2 – Расчетная схема подземного контура с песчано-сапропелевой противофильтрационной завесой

Figure 2 – Design scheme of an underground contour with a sand-sapropel anti-filtration curtain

Экономическую эффективность оценивали путем сравнения стоимости возведения железобетонной шпунтовой стенки и песчано-сапропелевой противофильтрационной завесы. При этом операции, одинаковые при проведении работ по реконструкции шлюза-регулятора, в расчете не учитывались, подсчет стоимости производился по отличающимся видам работ и затрат.

Результаты и обсуждение. Эффективность работы противофильтрационного устройства оценивается по его способности безопасно погасить прилагаемый напор при отсутствии фильтрационных деформаций грунта основания. На рисунке 3 представлена диаграмма эффективности гашения напора на участках подземного контура.

Рисунок 3 – Диаграмма эффективности гашения напора на участках подземного контура

Figure 3 – Diagram of the efficiency of head damping in sections of the underground circuit

Диаграмма показывает, что эффективность гашения напора на участке (4-6) несколько выше у шпунтовой стенки (30,6 %) по сравнению с противофильтрационной завесой (23,3 % при $t=0,4$ м; 24,6 % при $t=0,6$ м; 25,8 % при $t=0,8$ м).

На рисунке 4 представлена диаграмма коэффициентов сопротивлений на участках подземного контура для определения выходного градиента.

Рисунок 4 – Диаграмма коэффициентов сопротивлений на участках подземного контура для определения выходного градиента

Figure 4 – Diagram of the resistance coefficients in the sections of the underground contour to determine the output gradient

Выходной градиент для варианта с ж/б шпунтом составил 0,176, для вариантов завесы при $t=0,4$ м – 0,194, при $t=0,6$ м – 0,194, при $t=0,8$ м – 0,193.

На рисунке 5 представлена диаграмма коэффициентов сопротивлений на участках подземного контура для определения удельного фильтрационного расхода.

Рисунок 5 – Диаграмма коэффициентов сопротивлений на участках подземного контура для определения удельного фильтрационного расхода

Figure 5 – Diagram of the resistance coefficients in the sections of the underground contour to determine the specific filtration flow rate

Удельный фильтрационный расход для варианта с ж/б шпунтом составил $2,81 \text{ м}^2/\text{сут}$, для вариантов завесы при $t=0,4 \text{ м}$ – $3,05 \text{ м}^2/\text{сут}$, при $t=0,6 \text{ м}$ – $3,04 \text{ м}^2/\text{сут}$, при $t=0,8 \text{ м}$ – $3,04 \text{ м}^2/\text{сут}$.

Оценку экономической эффективности выполняем путем расчета стоимости материалов, работы, эксплуатации машин и механизмов на основании действующих цен и расценок на 1 июня 2021 года для устройства железобетонной шпунтовой стенки и песчано-сапропелевой противофильтрационной завесы при $t=0,6 \text{ м}$.

Стоимость устройства железобетонной шпунтовой стенки состоит из следующих затрат: погружение дизель-молотом копровой установки на базе трактора железобетонных свай длиной до 6 м, в грунтах 2 группы; стоимость материала (шпунтовой свай). Общая стоимость железобетонной шпунтовой стенки с учетом погружения свай составит 66 382,06 бел. руб.

Стоимость устройства песчано-сапропелевой завесы состоит из следующих затрат: разработка траншей глубиной до 7 м экскаватором «обратная лопата» при ширине траншеи 600 мм, в грунтах 2 группы; приготовление песчано-сапропелевой смеси в самоходной бетоносмесительной самозагружающейся установке $3,5 \text{ м}^3$; укладка в траншею противофильтрационного материала; уплотнение смеси глубинным вибратором; стоимость сапропеля; стоимость воды. Общая стоимость песчано-сапропелевой завесы составит 16 921,11 бел. руб.

Выводы. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что эффективность гашения напора на участке (4-6) несколько выше у железобетонной шпунтовой стенки по сравнению с противофильтрационной песчано-сапропелевой завесой. Однако это справедливо, если считать шпунт абсолютно непроницаемым (что на самом деле не так). Благодаря наличию небольших щелей между отдельными элементами шпунта шпунтовая стенка является водопроницаемой в большей или меньшей степени. Если водопроницаемостью шпунтовой стенки нельзя пренебречь, Р.Р. Чугаев предлагает для учета ее водопроницаемости шпунтовую стенку заменять вертикальным слоем грунта, с коэффициентом фильтрации, как у окружающего грунта.

При определении максимального выходного градиента по уровню дна нижнего бьефа мы наблюдаем незначительное его увеличение для случая с противофильтрационной завесой.

Удельный фильтрационный расход также несколько выше для варианта с противофильтрационной завесой (порядка 8 %), что в ряде случаев не критично.

Сопоставив стоимость железобетонной шпунтовой стенки с учетом погружения свай и стоимость песчано-сапропелевой завесы стоит отметить что экономический эффект от возведения песчано-сапропелевой противофильтрационной завесы на шлюзерегуляторе ШР5х2 вместо железобетонной шпунтовой стенки составит 49 460,95 бел. руб.

Библиографический список

1. Боровиков А. А. О необходимости мероприятий инженерной защиты водоподпорных и водопроводящих сооружений // Вестник мелиоративной науки. 2021. № 1. С. 4-8.
2. Гарбуз А. Ю. Натурные обследования и анализ технического состояния каналов гидромелиоративных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2 (70). С. 68-73.
3. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Многослойные конструкции противофильтрационных покрытий с бентонитовыми матами и оценка их сравнительной эффективности // Гидротехническое строительство. 2019. № 3. С. 37-43.
4. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Ищенко А. В. Технология укладки бентонитовых матов на канале в сложных условиях производства работ // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 270-283.

5. Мещерякова Е. Г. Исследование поглочительных свойств природных мелиорантов на техногенно нарушенных землях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 239-248.

6. Овчинников А. С. Сравнительная экономическая оценка различных природных сорбентов для очистки сточных вод // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 65-72.

7. Рязанов В. С. К вопросу о совершенствовании технических решений подпорных стенок // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2017. № 3. С. 67-72.

8. Рязанов В. С. Об алгоритмизации и применении технических решений причальных и подпорных стенок // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2019. № 2. С. 55-61.

9. Analysis of force model and calculation method of chair-shaped sheet-pile structure constructed on steep slope / Y.-C. Yao [et al.] // Journal of Railway Engineering Society. 2016. V. 33 (8). P. 71-76.

10. Aparna, Samadhiya N. K. Experimental study on cantilever sheet pile wall // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. V. 84. P. 445-453.

11. Optimum control model of soil water regime under irrigation /A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). P. 909-913.

12. Probabilistic analysis of the active earth pressure on earth retaining walls for c- ϕ soils according to the Mazindrani and Ganjali method / J. Osorio [et al.] // International Journal of Geo-Engineering. 2021. V. 12 (1). P. 19.

13. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13 (13). P. 4181-4184.

14. Water control for a rock-soil interface - Infrastructure at a contaminated site / A. Fransson [et al.] // 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 833(1). 012191.

Conclusion. The analysis of the results obtained allows us to conclude that the efficiency of head damping in the section (4-6) is slightly higher for a reinforced concrete sheet pile wall in comparison with an impervious sand-sapropel curtain. However, this is true if the tongue is considered absolutely impenetrable (which is actually not the case). Due to the presence of small gaps between the individual sheet piling elements, the sheet pile wall is water-permeable to a greater or lesser extent. If the water permeability of the sheet pile wall cannot be neglected, R.R. Chugaev suggests replacing the sheet pile wall with a vertical layer of soil, with a filtration coefficient, as in the surrounding soil, to take into account its water permeability.

When determining the maximum output gradient based on the level of the tailwater bottom, we observe a slight increase in it for the case with an anti-filtration curtain.

The specific filtration flow rate is also slightly higher for the version with an anti-filtration curtain (about 8%), which is uncritical in some cases.

Comparing the cost of a reinforced concrete sheet pile wall, taking into account the immersion of piles and the cost of a sand-sapropel curtain, it is worth noting that the economic effect of erecting a sand-sapropel anti-seepage curtain on a gateway-regulator ИП5х2 instead of a reinforced concrete sheet pile wall composition-vit 49460.95 BYN. rub.

References

1. Borovikov A. A. On the necessity of measures for engineering protection of water-support and water-conducting structures // Bulletin of land reclamation science. 2021. No. 1. P. 4-8.

2. Garbuz A. Yu. Field surveys and analysis of the technical condition of irrigation and drainage systems canals // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2018. No. 2 (70). P. 68-73.

3. Kosichenko Yu. M., Baev O. A. Multilayer structures of anti-filtration coatings with bentonite mats and an assessment of their comparative efficiency // Hydrotechnical construction. 2019. No. 3. P. 37-43.
4. Kosichenko Yu. M., Baev O. A., Ishchenko A. V. Technology of laying bentonite mats on a canal in difficult conditions of work // Melioration and hydraulic engineering. 2021. Vol. 11. No. 3. P. 270-283.
5. Meshcheryakova E. G. Study of the absorptive properties of natural ameliorants on technogenically disturbed lands // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2020. No. 3 (59). P. 239-248.
6. Ovchinnikov A. S. Comparative economic assessment of various natural sorbents for wastewater treatment // Bulletin of the Nizhnevolzhsk agro-university complex: Science and higher professional education. 2020. No. 2 (58). P. 65-72.
7. Ryazanov V. S. On the issue of improving the technical solutions of the sub-porous walls // Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Materials. Constructions. Technologies. 2017. No. 3. P. 67-72.
8. Ryazanov V. S. On algorithmization and application of technical solutions of berth and retaining walls // Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Materials. Constructions. Technologies. 2019. No. 2. P. 55-61.
9. Analysis of force model and calculation method of chair-shaped sheet-pile structure constructed on steep slope / Y.-C. Yao [et al.] // Journal of Railway Engineering Society. 2016. V. 33 (8). P. 71-76.
10. Aparna, Samadhiya N. K. Experimental study on cantilever sheet pile wall // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. V. 84. P. 445-453.
11. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). P. 909-913.
12. Probabilistic analysis of the active earth pressure on earth retaining walls for c- ϕ soils according to the Mazindrani and Ganjali method / J. Osorio [et al.] // International Journal of Geo-Engineering. 2021. V. 12 (1). P. 19.
13. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13 (13). P. 4181-4184.
14. Water control for a rock-soil interface - Infrastructure at a contaminated site / A. Fransson [et al.] // 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 833(1). 012191.

Author's Information

Bocharnikov Viktor Sergeevich, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26) Doctor of Technical Sciences, Professor, tel. 8 (8442)41-17-84, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Borovikov Aleksey Aleksandrovich, Senior Lecturer of the Department of Hydraulic Structures and Water Supply, Belarusian State Agricultural Academy (213407, Republic of Belarus, Gorki, Michurin street, 5), tel. (+375 44) 764-60-19, e-mail: boral73@mail.ru.

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Боровиков Алексей Александрович, старший преподаватель кафедры «Гидротехнические сооружения и водоснабжение» УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (213407, Республика Беларусь, г. Горки, улица Мичурина, 5), тел. (+375 44)764-60-19, e-mail: boral73@mail.ru.