

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Научная статья
УДК 631.674

Описание технологических схем работы автоматизированной системы при комбинированном орошении

Антон Павлович Акпасов¹, Максим Игоревич Морозов²

^{1, 2}Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Приволжский, Российская Федерация

¹1a9@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>

²jamster777@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1347-4314>

Аннотация. Цель: разработка экспериментального образца автоматизированной системы при комбинированном орошении (капельном и спринклерном) сельскохозяйственных культур. В статье изложена важность и необходимость применения комбинированного орошения при возделывании сельхозкультур, в т. ч. овощных, в условиях засушливого климата. Научные труды многих ученых доказали эффективность применения капельного и спринклерного поливов. **Материалы и методы.** При разработке экспериментального образца автоматизированной системы при комбинированном орошении методической базой являются исследования ученых научно-исследовательских институтов. Объектом исследования является автоматизированная система комбинированного орошения, разработанная сотрудниками в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации». Предметом исследований является автоматизация процесса запуска капельного и спринклерного поливов в зависимости от природно-климатических условий при возделывании сельскохозяйственных культур. **Результат исследований** – автоматизированная система комбинированного орошения с блоком управления и технологической схемой запуска различных поливов. **Выводы.** Проведенные исследования показали, что внедрение разработки обеспечивает: организацию точного орошения, рациональное использование водных и других ресурсов, мониторинг почвенно-климатических условий для принятия различных оперативных агротехнических решений, снижение трудозатрат за счет автоматизации процессов.

Ключевые слова: спринклер, насосная станция, комбинированное орошение, система автоматизированного полива, капельный полив

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации» (г. Новочеркасск, 31 мая 2024 г.).

Для цитирования: Акпасов А. П., Морозов М. И. Описание технологических схем работы автоматизированной системы при комбинированном орошении // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 79–89.

CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION

Original article

Description of technological schemes of automated system operation for combined irrigation



Anton P. Akpasov¹, Maxim I. Morozov²

^{1,2}Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Privolzhsky, Russian Federation

¹1a9@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>

²jamster777@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1347-4314>

Abstract. Purpose: to develop an experimental model of an automated system for combined irrigation (drip and sprinkler) of agricultural crops. The importance and necessity of using combined irrigation in the cultivation of agricultural crops, including vegetables in arid climates are described. The effectiveness of drip and sprinkler irrigation have been proven by scientific papers of many scientists. **Materials and methods.** When developing an experimental model of an automated system for combined irrigation, the research of scientists from scientific research institutes is the methodological basis. The object of the study is an automated system of combined irrigation developed by employees of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation”. The subject of the research is the automation of the process of starting drip and sprinkler irrigation depending on the natural and climatic conditions during the cultivation of agricultural crops. **The result of the research** is an automated system of combined irrigation with a control unit and a technological scheme for launching various irrigations. **Conclusions.** The conducted research has shown that the implementation of the development ensures: organization of precision irrigation, rational use of water and other resources, monitoring of soil and climatic conditions for making various operational agrotechnical decisions, reduction of labor costs due to automation of processes.

Keywords: sprinkler, pumping station, combined irrigation, automated irrigation system, drip irrigation

Evaluation of the research results: the fundamental principles of the article were reported at the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation” (Novocherkassk, May 31, 2024).

For citation: Akpasov A. P., Morozov M. I. Description of technological schemes of automated system operation for combined irrigation. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;93(2):79–89. (In Russ.).

Введение. В условиях аридизации климата и увеличения численности населения остро встает вопрос о применении оросительного оборудования для получения стабильного урожая сельскохозяйственных культур. В сухостепных и полупустынных регионах Российской Федерации количество жарких летних дней, температура которых составляет более 30 °С, существенно увеличилось [1–3].

Исследования многих ученых показали, что применение спринклерного орошения совместно с капельным позволило обеспечить регулирование оптимального фитоклимата растительного покрова при возделывании различных сельскохозяйственных культур. Комбинированное орошение позволит получать стабильный урожай различных культур в условиях за-

сушливого климата регионов Российской Федерации [4–7]. Необходимо разрабатывать отечественную оросительную технику комбинированного орошения с применением современных передовых технологических решений и телеметрических систем для снижения трудозатрат при возделывании различных сельхозкультур в зоне рискованного земледелия и производить дистанционный мониторинг почвенно-климатических условий для принятия оперативных решений.

Материалы и методы. При разработке экспериментального образца отечественного оросительного оборудования методической базой стали научные труды ученых ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», ФГБОУ ВО «ВолГАУ», ФГБНУ «ВолжНИИГиМ», положения теории технических систем (В. Хубка, 1987 г.), основные положения теории проектирования новой техники (А. И. Половинкин, 1991 г., Дж. К. Джонс, 1986 г., и др.). Объектом исследования является система автоматизированного управления способами и режимами полива при комбинированном орошении (капельном и спринклерном) с применением телеметрических систем, разработанная сотрудниками ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». Предметом исследований является автоматизация процесса запуска капельного и сприклерного поливов при помощи блока управления в зависимости от климатических условий при выращивании различных сельскохозяйственных культур.

Результаты и обсуждение. На основании вышеизложенного авторами разработан и изготовлен отечественный экспериментальный образец автоматизированной системы комбинированного орошения с технологическим блоком управления, который осуществляет автоматизированное управление процессами полива, регулирование микроклимата сельскохозяйственных культур и параметров увлажнения почвы в жаркие дни вегетационного периода (рисунок 1).



Рисунок 1 – Блок управления автоматизированной системы комбинированного орошения (автор фото А. П. Акпасов)

Figure 1 – Control unit of the automated combined irrigation system (photo by A. P. Akpasov)

Когда уровень влажности почвы длительное время остается низким, запускается насос для подачи воды по магистральному трубопроводу капельного полива. Это поддерживает оптимальный режим влажности почвы для роста растений [6, 8]. Технологическая схема автоматизации капельного полива в системе автоматизированного полива при комбинированном орошении представлена на рисунке 2.

На первичном этапе автоматизированного запуска капельного орошения после подачи питания производится инициализация всех устройств системы и модулей. После происходит отправка сообщения на мобильное устройство (web-сервер) о подключении блока управления и конфигурации системы. Далее происходит ввод нужных параметров конфигурации системы с последующей отправкой на web-сервер и применение этих параметров в настройках блока управления, после чего система переходит в режим постоянного мониторинга модуля измерения параметров почвы и ожидания сообщений от ведомого модуля и других модулей, входящих в состав системы.

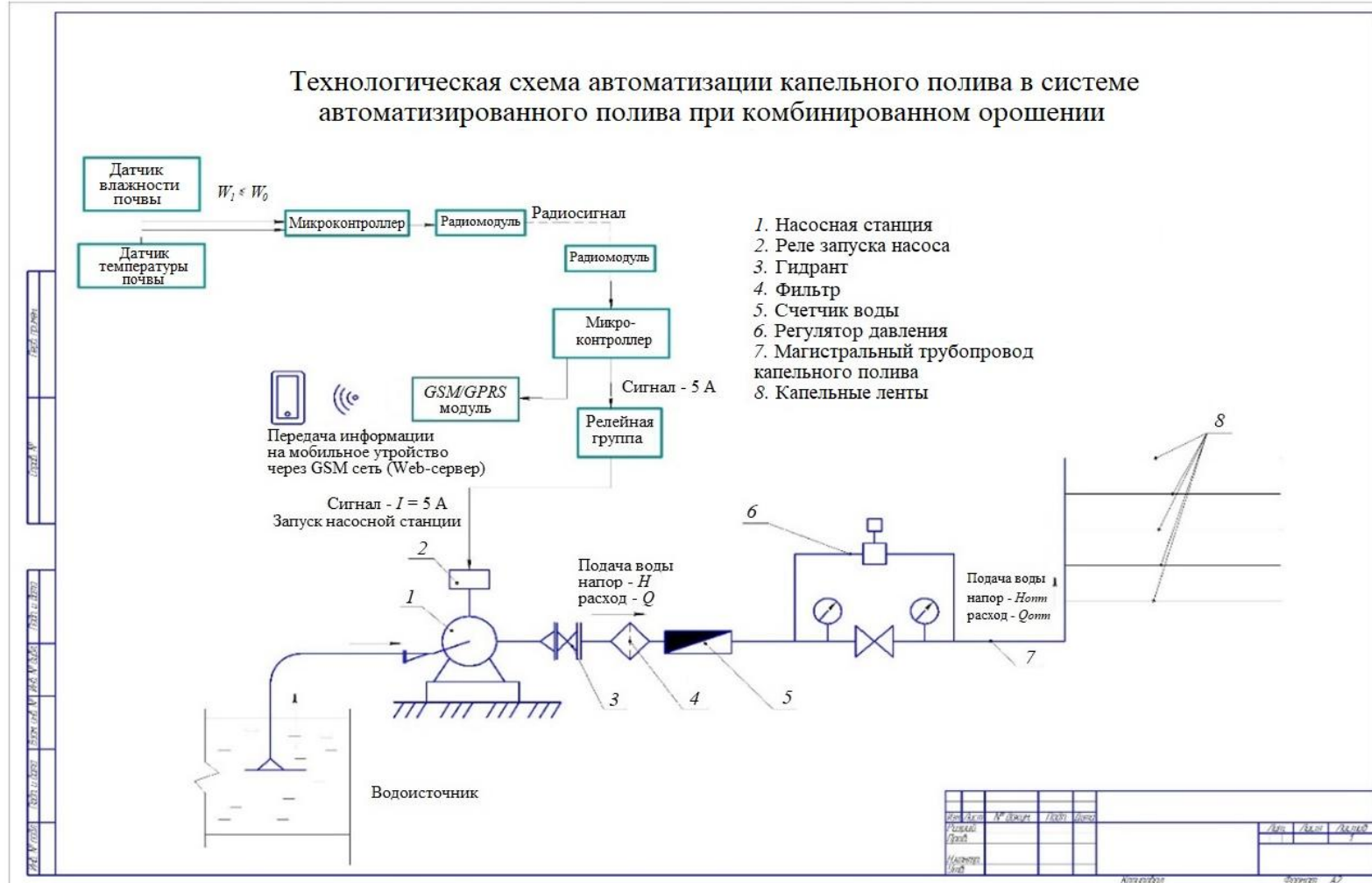


Рисунок 2 – Технологическая схема автоматизации капельного полива в автоматизированной системе полива при комбинированном орошении сельскохозяйственных культур

Figure 2 – Technological scheme of automation of drip irrigation in an automated irrigation system for combined irrigation of agricultural crops

Управляющая программа блокирует работу всей системы, если датчиками считывается информация о наличии атмосферных осадков, этот параметр задан в конфигурации системы. При отсутствии атмосферных осадков работа управляющей программы осуществляется в заданном режиме. В случае, если измеренное значение влажности почвы не превышает значения заданного параметра ($W_I \leq W_0$), управляющая программа подает аналоговый сигнал ($I = 4...5$ А) на реле капельного полива. С реле капельного полива релейной группы сигнал подается на реле запуска насосной станции капельного орошения на заданный пользователем промежуток времени. Насосная станция I осуществляет забор воды из водоисточника в зависимости от площади орошения, подает ее под напором H и с расходом Q . При прохождении фильтра очистки $З$ вода очищается от механических примесей и химических соединений. При повышенном давлении при входе в систему регулятор давления $б$ подает в магистральный трубопровод капельного полива воду с оптимальными напором и расходом (H_{onm}, Q_{onm}). Магистральный трубопровод распределяет поступающую под давлением насосов воду по капельным лентам или трубкам для дальнейшей ее подачи к корневой системе растений согласно заданному режиму орошения. Действие управляющей программы дублируется сообщением на мобильное устройство (web-сервер).

В засушливое время, когда датчик температуры и влажности воздуха фиксирует критические показатели, система управления подает сигнал на активацию включения насоса в магистральном трубопроводе защитного спринклерного полива согласно установленному расписанию (рисунок 3). Микроконтроллерный блок поочередно открывает соленоидные клапаны на каждом крыле спринклерных насадок, обеспечивая последовательное увлажнение возделываемых растений с заданным режимом через определенные промежутки времени.



Рисунок 3 – Технологическая схема автоматизации спринклерного полива в автоматизированной системе полива при комбинированном орошении сельскохозяйственных культур
Figure 3 – Technological scheme of automation of sprinkler irrigation in an automated irrigation system for combined irrigation of agricultural crops

Автоматизированный запуск спринклерного защитного орошения аналогичен запуску капельного орошения и также подразумевает инициализацию всех устройств системы и модулей после подачи питания с последующим взаимодействием системы с мобильным устройством (web-сервером). Также происходит постоянный мониторинг датчиков температуры, влажности воздуха и листовой поверхности, при наличии атмосферных осадков управляющая программа блокирует работу всей системы в течение времени, параметр которого задан в конфигурации системы. По истечении заданного промежутка времени запускается основной цикл программы.

При отсутствии атмосферных осадков работа управляющей программы осуществляется в заданном режиме. Если измеренное значение скорости ветра меньше 7 м/с , то управляющая программа проводит опрос датчиков температуры приземного слоя воздуха и датчика влажности листовой поверхности растений. В случае, если измеренное значение температуры приземного слоя воздуха превышает $25 \text{ }^\circ\text{C}$, управляющая программа активирует реле насоса спринклерного орошения и соленоидные клапаны δ . Если влажность листовой поверхности растений опускается ниже заданного показателя, программа снова включает насос и клапаны. Работа системы спринклерного полива осуществляется в соответствии с заданным пользователем промежутком времени и порядком включения-выключения электромагнитных клапанов. По окончании спринклерного полива блок управления автоматически отключает подачу воды в систему спринклерного орошения. В противном случае управляющая программа возвращается в режим опроса датчиков микроклимата.

Управляющая программа открывает поочередно по два соленоидных клапана всей спринклерной системы в течение времени, параметр которого задан в конфигурации системы. Насосная станция I осуществляет забор воды из водоисточника в зависимости от площади орошения, подает ее под напором H и с расходом Q . Когда вода проходит через фильтр очистки $З$,

она очищается от механических частиц и химических веществ. Регулятор давления *б* обеспечивает оптимальный напор и расход воды в магистральном трубопроводе капельного полива при высоком давлении на входе в систему. Магистральный трубопровод подает воду в два открытых соленоидными клапанами поливочных крыла для подачи воды к спринклерам *9* с целью осуществления защитного полива согласно заданному режиму орошения. По истечении заданного параметрами времени открытия соленоидных клапанов управляющая программа подает сигнал на открытие следующих двух соленоидных клапанов для полива следующего участка. Защитный полив всей площади орошения осуществляется путем последовательного открытия клапанов. Действие управляющей программы также дублируется сообщением на мобильном устройстве (web-сервере).

Выводы. Внедрение разработанного экспериментального образца автоматизированной системы комбинированного орошения отечественного производства способствует организации эффективной системы орошения, рациональному использованию водных ресурсов, мониторингу почвенно-климатических условий для оперативного принятия агротехнических решений, снижению трудовых затрат при выращивании сельскохозяйственных культур примерно на 15 %, благодаря автоматизации мониторинга и управления, повышению урожайности орошаемых сельскохозяйственных культур в среднем на 20 % и улучшению качества товарной продукции, а также увеличению рентабельности производства продукции в среднем на 20 %.

Список источников

1. Акпасов А. П., Туктаров Р. Б. Перспективы применения цифровых технологических решений при комбинированном поливе сельскохозяйственных культур // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7, № 6. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_6_337. EDN: FHHVTV.
2. Курбанов С. А., Майер А. В. Исследования систем капельного орошения с мелкодисперсным дождеванием // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 15–19. EDN: PJJCUJ.
3. Азизов И. Р. Результаты лабораторных испытаний струйной веерной дождеобразующей насадки // Молодой исследователь: от идеи к проекту: материалы VII Студенч. науч.-практ. конф. Йошкар-Ола, 2023. С. 77–79. EDN: QOENRT.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 79–89.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 79–89.

4. Акпасов А. П., Кулявцева А. А. Аналитический обзор устройств мониторинга метеоданных в сельскохозяйственном производстве // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2023. № 4. EDN: DAUNAT.

5. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Обобщенная модель автоматизированной информационной системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1(45). С. 161–170. EDN: YSLEXT.

6. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Система «анализ – визуализация данных – принятие решений» в составе ГИС управления орошением // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2(50). С. 37–43. EDN: VOQRVK.

7. Русинов А. В., Русинов Д. А. Результаты исследований по минимизации воздействия дождя на почву и растение // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса: материалы Науч.-техн. конф. с междунар. участием им. А. Ф. Ульянова. Саратов, 2023. С. 198–203. EDN: HVILKU.

8. Обоснование формы датчика послойного контроля влажности почвы / Д. А. Соловьев, С. М. Бакиров, Д. А. Колганов, М. А. Абзалов // Аграрный научный журнал. 2024. № 4. С. 142–149. DOI: 10.28983/asj.y2024i4pp142-149. EDN: PESSNY.

References

1. Akpasov A.P., Tuktarov R.B., 2022. *Perspektivy primeneniya tsifrovyykh tekhnologicheskikh resheniy pri kombinirovannom polive sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [The prospects of using digital technological solutions for combined irrigation of agricultural crops]. *Moskovskiy ekonomicheskyy zhurnal* [Moscow Economic Journal], vol. 7, no. 6, DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_6_337, EDN: FHHVTV. (In Russian).

2. Kurbanov S.A., Mayer A.V., 2012. *Issledovaniya sistem kapel'nogo orosheniya s melkodiespersnym dozhdevaniem* [Study of the drip irrigation systems with fine sprinkling]. *Problemy razvitiya APK regiona* [Problems of Development of the Regional AIC], no. 3, pp. 15-19, EDN: PJJCUJ. (In Russian).

3. Azizov I.R., 2023. *Rezultaty laboratornykh ispytaniy struynoy veerroy dozhdeobrazuyushchey nasadki* [Results of laboratory tests of a jet fan rain-forming nozzle]. *Molodoy issledovatel': ot idei k projektu: materialy VII Studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Young Researcher: From Idea to Project: Proc. of the VII Student Scientific-Practical Conference]. Yoshkar-Ola, pp. 77-79, EDN: QOEHRT. (In Russian).

4. Akpasov A.P., Kulyavtseva A.A., 2023. *Analiticheskiy obzor ustroystv monitoringa meteorodannykh v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve* [Analytical review of meteorological data monitoring devices in agricultural production]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologiy "Integral"* [International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral"], no. 4, EDN: DAUNAT. (In Russian).

5. Borodychev V.V., Lytov M.N., 2017. *Obobshchennaya model' avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemy monitoringa i upravleniya orosheniem v rezhime real'nogo vremeni* [Generalized model of an automated information system for monitoring and managing irrigation in real time]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 1(45), pp. 161-170, EDN: YSLEXT. (In Russian).

6. Borodychev V.V., Lytov M.N., 2018. *Sistema "analiz – vizualizatsiya dannykh – prinyatie resheniy" v sostave GIS upravleniya orosheniem* [The system “analysis – visualization of data – decision making” as part of the GIS for irrigation management]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(50), pp. 37-43, EDN: VOQRVK. (In Russian).

7. Rusinov A.V., Rusinov D.A., 2023. *Rezultaty issledovaniy po minimizatsii vozdeystviya dozhdya na pochvu i rastenie* [Results of studies to minimize the impact of rain on soil and plant]. *Innovatsionnoe tekhnicheskoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: materialy Nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem im. A. F. Ul'yanova* [Innovative Technical Support of the Agro-Industrial Complex: Proc. of the Scientific and Technical Conference with International Participation named after A. F. Ulyanov]. Saratov, pp. 198-203, EDN: HVILKU. (In Russian).

8. Soloviev D.A., Bakirov S.M., Kolganov D.A., Abzalov M.A., 2024. *Obosnovanie formy datchika posloynnogo kontrolya vlazhnosti pochvy* [Justification of the shape of the sensor for layer-by-layer soil moisture control]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 4, pp. 142-149, DOI: 10.28983/asj.y2024i4pp142-149, EDN: PESSNY. (In Russian).

Информация об авторах

А. П. Акпасов – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Приволжский, Российская Федерация, 1a9@mail.ru, AuthorID: 958277, ORCID ID: 0000-0002-3252-7849;

М. И. Морозов – младший научный сотрудник, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Приволжский, Российская Федерация, jamster777@mail.ru, AuthorID: 793141, ORCID ID: 0009-0005-1347-4314.

Information about the authors

A. P. Akpasov – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Privolzhsky, Russian Federation, 1a9@mail.ru, AuthorID: 958277, ORCID ID: 0000-0002-3252-7849;

M. I. Morozov – Junior Researcher, Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Privolzhsky, Russian Federation, jamster777@mail.ru, AuthorID: 793141 ORCID ID: 0009-0005-1347-4314.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.05.2024; одобрена после рецензирования 29.07.2024; принята к публикации 08.08.2024.

The article was submitted 03.05.2024; approved after reviewing 29.07.2024; accepted for publication 08.08.2024.