

**АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ**

**CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH  
IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION**

Научная статья  
УДК 631.171:631.674.5

**Автоматизация расчетов режимов и графиков работы  
дождевальных машин с использованием мобильных средств  
информационно-технологической поддержки**

**Екатерина Александровна Волкова<sup>1</sup>, Данил Владимирович Прочий<sup>2</sup>,  
Виктор Иванович Коржов<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –  
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>[katerina7tomashevich7@mail.ru](mailto:katerina7tomashevich7@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0007-6471-4490>

<sup>2</sup>[prochiy77@gmail.com](mailto:prochiy77@gmail.com)

<sup>3</sup>[kvi.vi@yandex.ru](mailto:kvi.vi@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0001-3634-1806>

**Аннотация. Цель:** разработка научного и инженерно-технического обеспечения мобильных средств информационно-технологической поддержки задач эксплуатации мелиоративных систем и объектов. **Материалы и методы.** В качестве объекта исследований, для которого были продемонстрированы возможности автоматизации расчета и построения графиков работы дождевальных машин с применением средств информационно-технологической поддержки, был использован проект шестипольного орошаемого участка. Основу используемых средств информационно-технологической поддержки составили разработки авторов, реализованные на базе широкодоступных и популярных компьютерных средств. **Результаты.** Разработаны компьютерные приложения, обеспечивающие автоматизацию расчетов режимов и графиков работы дождевальных машин на орошаемом участке, ориентированные на работу в составе мобильных компьютерных средств и гаджетов. Разработана методика их использования для решения конкретных производственных задач. Приведен пример расчета режимов и графиков работы дождевальных машин для шестипольного севооборота с разными площадями полей и расходами дождевальных машин. **Выводы.** Использование мобильных средств информационно-технологической поддержки задач эксплуатации мелиоративных объектов позволяет: снизить уровень выполняемых специалистами-производственниками расчетно-емких и рутинных работ, повысить качество и оперативность принимаемых ими инженерно-технических решений, создать единую информационную базу для обеспечения более эффективного управления всем мелиоративным комплексом.

**Ключевые слова:** мелиоративные системы, дождевальные машины, режимы работы, графики работы, информационные технологии, автоматизация

**Апробация результатов исследования:** основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации» (г. Новочеркасск, 19 мая 2023 г.).

**Для цитирования:** Волкова Е. А., Прочий Д. В., Коржов В. И. Автоматизация расчетов режимов и графиков работы дождевальных машин с использованием мобиль-

ных средств информационно-технологической поддержки // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 2(90). С. 5–13.

\*\*\*\*\*

Original article

### Computation automation of modes and schedules of sprinkling machine operation using mobile means of IT support

Ekaterina A. Volkova<sup>1</sup>, Danil V. Prochey<sup>2</sup>, Viktor I. Korzhov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>1</sup>katerina7tomashevich7@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6471-4490>

<sup>2</sup>prochey77@gmail.com

<sup>3</sup>kvi.vi@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-3634-1806>

**Abstract. Purpose:** to develop the scientific and engineering support for mobile means of IT support for the tasks of operating reclamation systems and facilities. **Materials and methods.** The project of a six-field irrigated area was used as an object of research, for which the possibilities of computation automation and scheduling of the sprinkling machines operation using the IT support tools were demonstrated. The basis of the IT support tools used was the authors' development, implemented on the basis of widely available and popular computer tools. **Results.** The computer applications ensuring the calculation automation of the operation modes and schedules for sprinkling machines on an irrigated area, oriented to work as part of mobile computer tools and gadgets have been developed. A technique for their use for solving specific production tasks has been developed. An example of calculating the modes and schedules of sprinkling machine operation for a six-field crop rotation with different areas of fields and costs of sprinkling machines is given. **Conclusions.** The use of mobile means of IT support for the tasks of reclamation facilities operation allows: reducing the level of calculation-intensive and routine work performed by production specialists, improving the quality and efficiency of their engineering and technical solutions, creating a unified information base for ensuring more efficient management of the entire reclamation complex.

**Keywords:** reclamation systems, sprinkling machines, operating modes, operating schedules, information technology, automation

**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 19, 2023).

**For citation:** Volkova E. A., Prochey D. V., Korzhov V. I. Computation automation of modes and schedules of sprinkling machine operation using mobile means of IT support. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2023;2(90):5–13. (In Russ.).

**Введение.** В процессе эксплуатации мелиоративных систем персоналу приходится решать целый комплекс задач разных уровней сложности [1]. При этом ряд таких задач требует проведения типовых инженерно-технических расчетов, выполнения рутинных операций и т. п. Очевидно, что все это отвлекает специалиста-эксплуатационника от выполнения его прямых обязанностей – управления технологическим процессом. Автоматизация этих расчетов и операций позволяет повысить качество и оперативность принимаемых технических решений, а значит, эффективность эксплуатации орошаемых земель в целом [2].

Имеющиеся сейчас практически у каждого специалиста мобильные компьютер-

ные средства (ноутбуки, планшеты, смартфоны и т. п.) позволяют использовать их возможности для решения не только бытовых задач, но и специальных задач, в т. ч. задач, связанных с их производственной деятельностью [3]. Однако при этом возникает потребность в разработке специальных программных приложений, ориентированных на решение таких задач в составе этих мобильных компьютерных средств.

В связи с этим целью настоящих исследований являлась разработка научных и инженерно-технических решений, направленных на создание мобильных средств информационно-технологической поддержки задач эксплуатации мелиоративных систем, и в частности задач автоматизации расчетов режимов и графиков работы дождевальных машин при организации и проведении эксплуатации орошаемых участков.

**Материалы и методы.** Основу используемых средств информационно-технологической поддержки задач эксплуатации дождевальных машин на орошаемом участке составили разработки авторов, реализованные на базе широкодоступных и популярных программных средств [4, 5].

Экранная форма компьютерной программы, используемой для обеспечения информационно-технологической поддержки задач автоматизации расчетов режимов и графиков работы дождевальных машин на орошаемом участке, а также поясняющие работу с ней комментарии представлены на рисунке 1.

		Исходные данные, вводимые пользователем			Управление режимами работы ДМ			Данные, рассчитываемые автоматически		Управление сроками работы ДМ	
№ п/п	Номер поля	Поливная площадь га	Номер полива	Поливная норма м <sup>3</sup> /га	Расход воды, л/с	Средняя дата полива	Продолж. полива, сут	Расчётные сроки работы ДМ		Принятые сроки работы ДМ	
								от	до	от	до
1	Поле №1	66.1	1	500	90	1 май	6	28 апр	4 май	29 апр	4 май
		66.1	2	600	90	25 май	7	21 май	28 май	21 май	27 май
		66.1	3	700	90	15 июн	8	11 июн	19 июн	13 июн	20 июн
		66.1	4	700	90	5 июл	8	1 июл	9 июл	3 июл	10 июл
		66.1	5	700	90	5 авг	8	1 авг	9 авг	28 июл	5 авг
		66.1	6	700	90	5 сен	8	1 сен	9 сен	4 сен	11 сен
2	Поле №2	66.1	1	500	90	1 май	6	28 апр	4 май	30 апр	5 май
		66.1	2	600	90	25 май	7	21 май	28 май	24 май	30 май
		66.1	3	700	90	15 июн	8	11 июн	19 июн	7 июн	14 июн
		66.1	4	700	90	5 июл	8	1 июл	9 июл	4 июл	11 июл
		66.1	5	700	90	5 авг	8	1 авг	9 авг	8 авг	12 авг
		66.1	6	600	90	5 сен	7	1 сен	8 сен	4 сен	10 сен
3	Поле №3	74.9	1	400	90	5 май	6	2 май	8 май	5 май	11 май
		74.9	2	500	90	5 июн	7	1 июн	8 июн	1 июн	7 июн
		74.9	3	600	90	5 июл	8	1 июл	9 июл	28 июн	6 июл
		74.9	4	500	90	15 авг	7	11 авг	18 авг	13 авг	20 сен
		74.9	5	500	90	15 сен	7	11 сен	18 сен	9 сен	15 сен
4	Поле №5	66.1	1	600	80	15 май	8	11 май	19 май	10 май	18 май
		66.1	2	600	80	5 июн	8	1 июн	9 июн	5 июн	13 июн
		66.1	3	600	80	25 июн	8	21 июн	29 июн	21 июн	29 июн
		66.1	4	700	80	15 июл	9	10 июл	19 июл	11 июл	20 июл
		66.1	5	700	80	5 авг	9	31 июл	9 авг	1 авг	10 авг
5	Поле №6	66.1	1	600	90	15 май	7	11 май	18 май	17 май	23 май
		66.1	2	600	90	5 июн	7	1 июн	8 июн	12 июн	18 июн
		66.1	3	600	90	25 июн	7	21 июн	28 июн	8 июл	14 июл
		66.1	4	700	90	15 июл	8	11 июл	19 июл	28 июл	4 авг
		66.1	5	700	90	5 авг	8	1 авг	9 авг	19 авг	25 авг
6	Поле №6	82.6	1	500	90	25 май	8	21 май	29 май	22 май	30 май
		82.6	2	600	90	25 июн	9	20 июн	29 июн	19 июн	28 июн
		82.6	3	600	90	5 авг	9	31 июл	9 авг	27 июл	5 авг
		82.6	4	500	90	5 сен	8	1 сен	9 сен	30 авг	7 сен

**Рисунок 1 – Экранная форма программы поддержки задач автоматизации расчетов режимов работы дождевальных машин на орошаемом участке**

**Figure 1 – Screen form of the support program for automation tasks calculation of operation modes of sprinkling machines on an irrigated area**

В качестве объекта исследований, для которого были продемонстрированы возможности использования средств информационно-технологической поддержки, был использован проект шестипольного орошаемого участка. Количественные характеристики этого участка приведены в составе экранной формы программы (см. рисунок 1).

В качестве нормативных и справочных материалов использовались нормативно-правовые и методические документы РФ, публикации специалистов в области мелиорации, сведения о достижениях в сфере применения дождевальной техники и информационных технологий [6–9].

**Результаты и обсуждение.** Методика автоматизации расчетов режимов и графиков работы дождевальных машин на орошаемом участке с использованием средств информационно-технологической поддержки представлена на рисунке 2.

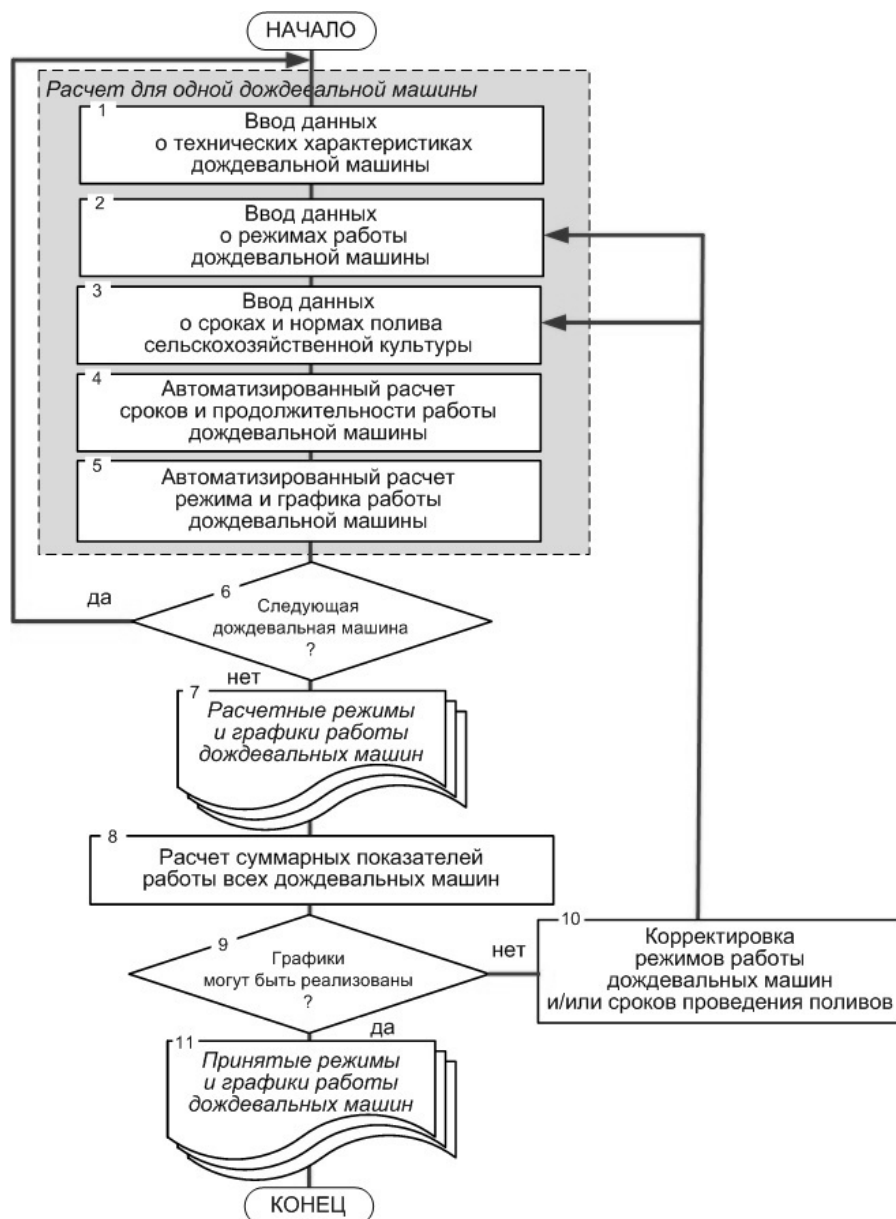


Рисунок 2 – Методика автоматизации расчетов режимов работы дождевальных машин с использованием средств информационно-технологической поддержки

Figure 2 – Methodology for calculation automation of the operating modes of sprinkling machines using IT support tools

Эта методика сводится к следующему.

1 Вводятся данные о технических характеристиках (блок 1) и возможных режимах работы (блок 2) дождевальной машины на поливаемом поле.

2 Вводятся данные о планируемых сроках и нормах полива сельскохозяйственной культуры, выращиваемой на поливаемом поле (блок 3).

3 Производится *автоматический расчет* следующих показателей (блок 4):

- продолжительности работы дождевальной машины для обеспечения заданной поливной нормы;

- срока начала работы дождевальной машины;

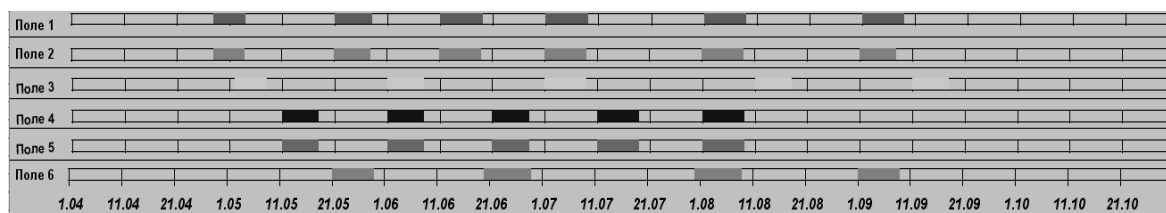
- срока окончания работы дождевальной машины.

4 На основе рассчитанных данных автоматически рассчитывается режим и график работы дождевальной машины на поле в течение оросительного сезона (блок 5).

5 Аналогичным образом определяются режимы и графики работы дождевальных машин на всех полях орошаемого участка (блок 6).

6 После того, как проведены расчеты для всех дождевальных машин, они выводятся для анализа специалисту, обеспечивающему их эксплуатацию (блок 7).

Пример расчетных графиков, соответствующих данным, приведенным на экранной форме программы (см. рисунок 1, графы «Расчетные сроки работы дождевальных машин»), представлен на рисунке 3.

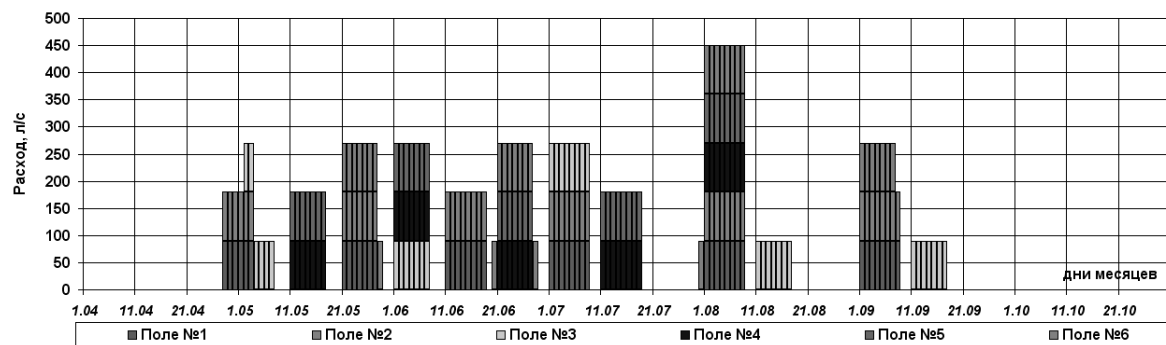


**Рисунок 3 – Пример расчетных графиков работы дождевальных машин на орошаемом участке в течение оросительного сезона**

**Figure 3 – An example of design operation schedules for sprinkling machines on an irrigated area during the irrigation season**

7 Осуществляется расчет суммарных показателей работы всех дождевальных машин, и в частности расходов воды, необходимых для обеспечения расчетных графиков их работы в течение всего оросительного сезона (блок 8).

Пример расчета суммарных заборов воды, соответствующий данным, приведенным на рисунке 3, представлен на рисунке 4.



**Рисунок 4 – Пример расчета суммарных заборов воды, необходимых для обеспечения расчетных графиков работы дождевальных машин**

**Figure 4 – An example of calculating the total water withdrawals required to ensure the design operation schedule of sprinkling machine**

8 Проводится анализ фактической реализации рассчитанных режимов и графиков работы дождевальных машин, исходя из имеющихся технических и эксплуатационных характеристик участка (блок 9).

В состав таких характеристик могут входить: расходы насосной станции, пропускная способность водопроводящей сети, установленный лимит на воду и т. п.

Примечание – В частности, на приводимом нами примере (см. рисунок 4) в период оросительного сезона с 1 по 8 августа наблюдается явное превышение суммы одновременно забираемых дождевальными машинами расходов (450 л/с) по отношению к максимальной производительности насосной станции (270 л/с).

9 Если по результатам анализа определено, что рассчитанные режимы и графики работы дождевальных машин не могут быть реализованы, то производится соответствующая корректировка исходных данных (блок 10) и осуществляется их перерасчет (от блока 2 и (или) блока 3 до блока 9).

В простейшем случае процедура корректировки сводится:

- к изменению режимов работы дождевальных машин, если это позволяют их технические характеристики (блок 2);

- смещению сроков поливов, осуществляемых дождевальными машинами, таким образом, чтобы обеспечить выполнение условий, обозначенных в п. 8 (блок 3).

Примечание – В первую очередь это применяется для дождевальных машин, осуществляющих полив менее зависимых от влаги культур (люцерна, травы и т. п.).

После этого снова производится анализ фактической реализации рассчитанных режимов и графиков работы дождевальных машин (блок 9), и так до тех пор, пока не будут соблюдены условия его фактического выполнения в соответствии с реально складывающейся эксплуатационной обстановкой на орошаемом участке.

Примеры полученных таким образом расчетов (удовлетворяющие заданным условиям рассматриваемого нами выше примера) приведены на рисунках 5 и 6.

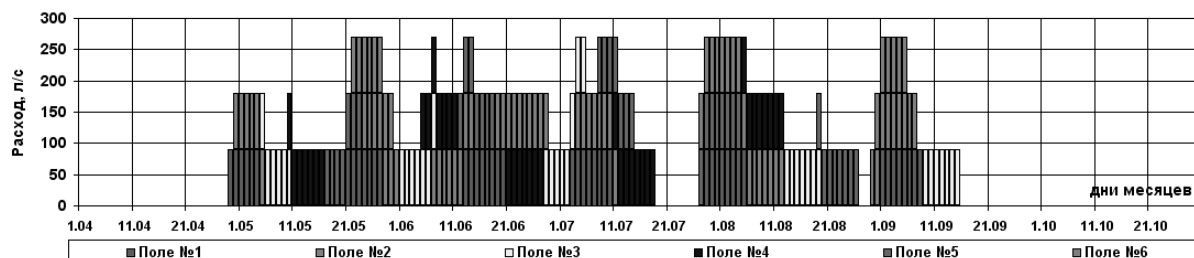


Рисунок 5 – Пример расчета суммарных заборов воды дождевальными машинами, удовлетворяющий заданным условиям

Figure 5 – An example of calculating the total water withdrawals by sprinkling machines, that satisfies the specified conditions

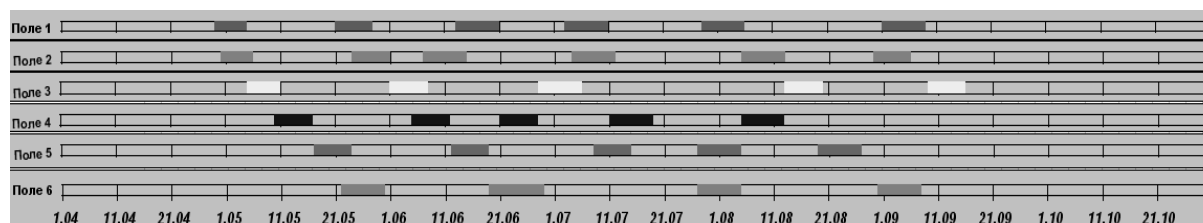


Рисунок 6 – Пример принятых графиков работы дождевальных машин на орошаемом участке, удовлетворяющий заданным условиям

Figure 6 – An example of the adopted operation schedule for sprinkling machines on an irrigated plot that satisfies the specified conditions

10 Полученные режимы и графики работы дождевальных машин принимаются за основу (блок 11) и являются документом, используемым для дальнейшей эксплуатации как дождевальных машин (см. рисунок 1, графы «Принятые сроки работы дождевальных машин»), так и всего орошаемого участка и его элементов в целом.

**Выводы.** Продемонстрированные возможности автоматизации инженерно-технических расчетов, используемых при организации эксплуатации мелиоративных систем и их элементов, позволяют сделать вывод, что применение для этих целей мобильных средств информационно-технологической поддержки позволяет:

- снизить уровень расчетно-емких и рутинных работ, выполняемых специалистами-производственниками, и за счет этого обеспечить условия для решения ими более важных и творческих инженерно-технических и производственных задач;
- повысить качество и оперативность принимаемых инженерно-технических решений, связанных с организацией и проведением эксплуатационных мероприятий;
- создать единую информационную базу, содержащую сведения не только о крупных мелиоративных и водохозяйственных объектах, но и об элементах внутрихозяйственной сети, и обеспечить тем самым условия для более эффективного управления всем мелиоративным комплексом в целом.

#### Список источников

1. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, А. С. Штанько, С. Л. Жук. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. 171 с.
2. Юрченко И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 2(26). С. 195–209. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=325> (дата обращения: 01.05.2023).
3. Волкова Е. А., Коржов В. И., Евсюков С. И. Мобильный калькулятор для расчета режимов полива растений // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), посвящ. 120-летию со дня рождения учен. в обл. гидравлики Скибы Михаила Матвеевича, г. Новочеркасск, 1–3 нояб. 2022 г. / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Картунова. Новочеркасск: Лик, 2022. Вып. 20. С. 13–17.
4. Коржов В. И. Использование средств информационно-технологической поддержки на мелиоративных системах. Новочеркасск: Лик, 2022. 167 с.
5. Свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2022612280 Российская Федерация. Программа моделирования режимов водоподачи на орошаемый участок путем согласования работы дождевальных машин и насосных агрегатов / О. В. Сорокина [и др.]; заявитель Дон. гос. аграр. ун-т. № 2022611315; заявл. 02.02.22; опубли. 09.02.22.
6. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. М.: Колос, 1999. 432 с.
7. Ольгаренко Г. В., Турапин С. С. Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России: информ.-аналит. изд. Коломна: ИП Лавренов А. В., 2020. 128 с.
8. Снопич Ю. Ф., Челахов В. Ц., Козинская О. В. Исследование качества полива новой дождевальной машиной кругового действия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 4(36). С. 43–54. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1015> (дата обращения: 01.05.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-43-54.
9. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиора-

ция» / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, А. В. Слабунова, А. А. Завалин // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. № 1. С. 53–64. DOI: 10.14357/20718632200106.

### References

1. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Slabunov V.V., Voevodin O.V., Kozhanov A.L., Shtan'ko A.S., Zhuk S.L., 2014. *Pravila ekspluatatsii meliorativnykh sistem i otdel'no raspolozhennykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Rules of Operation of Land Reclamation Systems and Separately Located Hydraulic Structures]. Novochoerkassk, RosNIIPM, 171 p. (In Russian).
2. Yurchenko I.F., 2017. [Decision support system as a factor for improving reclamation management efficiency]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(26), pp. 195-209, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=325> [accessed 01.05.2023]. (In Russian).
3. Volkova E.A., Korzhov V.I., Evsyukov S.I., 2022. *Mobil'nyy kal'kulyator dlya rascheta rezhimov poliva rasteniy* [Mobile calculator for calculating plant irrigation regimes]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (Shumakovskie chteniya), posvyashch. 120-letiyu so dnya rozhdeniya uchen. v obl. gidravliki Skiby Mikhaila Matveyevicha* [Land Reclamation and Water Management: Proc. of All-Russian Scientific-Practical Conference (Shumakov Readings), dedicated to the 120<sup>th</sup> anniversary of the birth of the scientist Skiba M. M.]. Novochoerkassk Reclamation Engineering Institute named after A. K. Kortunov, Novochoerkassk, Lik Publ., iss. 20, pp. 13-17. (In Russian).
4. Korzhov V.I., 2022. *Ispol'zovanie sredstv informatsionno-tekhnologicheskoy podderzhki na meliorativnykh sistemakh* [Use of Information Technology Support on Reclamation Systems]. Novochoerkassk, Lik Publ., 167 p. (In Russian).
5. Sorokina O.V. [et al.], 2022. *Programma modelirovaniya rezhimov vodopodachi na oroshaemyy uchastok putem soglasovaniya raboty dozhdaval'nykh mashin i nasosnykh agregatov* [Program for modeling water supply regimes to an irrigated area by coordinating the operation of sprinkling machines and pumping units]. Certificate of RF of state software registration for computer, no. 2022612280. (In Russian).
6. Shumakov B.B. (ed.), 1999. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. Oroshenie: spravochnik* [Land Reclamation and Water Management. Irrigation: a Reference Book]. Moscow, Kolos Publ., 432 p. (In Russian).
7. Olgarenko G.V., Turapin S.S., 2020. *Analiticheskie issledovaniya perspektiv razvitiya tekhniki orosheniya v Rossii: inform.-analit. izd.* [Analytical Studies of the Prospects for the Development of Irrigation Technology in Russia: Information-Analytical Ed.]. Kolomna, IP Lavrenov A.V., 128 p. (In Russian).
8. Snipich Yu.F., Chelakhov V.Ts., Kozinskaya O.V., 2019. [Research of irrigation quality of a new center-pivot sprinkling machine]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(36), pp. 43-54, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1015> [accessed 01.05.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-43-54. (In Russian).
9. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Slabunov V.V., Slabunova A.V., Zavalin A.A., 2020. *Podkhody k formirovaniyu informatsionnoy sistemy "Tsifrovaya melioratsiya"* [Approaches to the Information System Formation "Digital Land Reclamation"]. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy* [Information Technologies and Computer Systems], no. 1, pp. 53-64, DOI: 10.14357/20718632200106. (In Russian).

### Информация об авторах

**Е. А. Волкова** – аспирант;



**Д. В. Прочий** – аспирант;

**В. И. Коржов** – кандидат технических наук, профессор.

***Information about the authors***

**E. A. Volkova** – Postgraduate Student;

**D. V. Prochey** – Postgraduate Student;

**V. I. Korzhov** – Candidate of Technical Sciences, Professor.

*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 12.05.2023; одобрена после рецензирования 30.05.2023; принята к публикации 07.06.2023.*

*The article was submitted 12.05.2023; approved after reviewing 30.05.2023; accepted for publication 07.06.2023.*