



Применение цифровых технологий для автоматизации ирригационного оборудования при выращивании сельскохозяйственных культур

А. П. Акпасов ¹ , Р. Б. Туктаров ² , М. И. Морозов ³ , П. П. Акпасов ⁴ 

^{1,2,3} ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»
Российская Федерация, Саратовская обл., Энгельсский р-н, 413123, р.п. Приволжский, ул.
Гагарина, д. 1

⁴ ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н. И. Вавилова», Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра
Столыпина зд. 4, стр. 3

¹ e-mail: 1a9@mail.ru

² e-mail: tuktarov.rb@gmail.com

³ e-mail: jamster777@mail.ru

⁴ e-mail: pavel_akpasov@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы актуальности автоматизации процессов орошения в современных условиях, а также отображаются научные исследования многих ученых в этой области. Описываются основные преимущества использования цифровых технологий в работе дождевальных машин и автоматизированных систем орошения.

Ключевые слова: система автоматизированного полива, комбинированное орошение, капельный полив, спринклер, дождевальная машина, среда программирования, платформа

DOI: <https://doi.org/10.55186/2658-3569-2024-3-3-17>

В последние годы цифровые технологии и различные информационные системы стали неотъемлемой частью жизни человека. Традиционное ведение сельского хозяйства в условиях интенсивных изменений климатических и политических условий в мире не в полной мере может гарантировать бесперебойное обеспечение продовольствия населения. Для достижения нового уровня развития АПК страны необходимо развитие отечественных информационных систем и цифровых технологий.

Запасы пресной воды снижаются, в этой связи основной целью внедрения информационных систем и цифровых технологий в орошаемое земледелие является экономия водных ресурсов и повышение эффективности сельскохозяйственного производства. Осознавая всю серьезность ситуации

и прогнозируя проблемы, с которыми человечество может столкнуться в будущем, многие технологические компании сотрудничают с производителями ирригационного оборудования, а также предлагают различные технологии и услуги по следующим направлениям:

- автоматизация производства: роботизация техники и внедрение элементов искусственного интеллекта, телеметрических систем;
- цифровая база: картирование, оцифровка, использование спутниковых данных;
- цифровой инструментарий: геоинформационные порталы, сенсоры, мобильные приложения.

В Саратовской области на начало 2024 года площадь орошаемых земель составляла более 73 тыс. га, из которых более 69 тыс. га заняты широкозахватными дождевальными машинами

отечественного и зарубежного производства, оснащенные системами дистанционного управления.

Одним из ярких примеров использования инструментов управления оросительными системами является система поддержки принятия решений FieldNET, которая позволяет не только дистанционно управлять и производить мониторинг работы дождевальной техники, но и предоставлять рекомендации о сроках, месте и количестве необходимого полива.

Интеллектуальное решение FieldNET Advisor (рисунок 1), применяемое на дождевальных машинах Zimmatic, представляет собой четыре мощных инструмента (орошение, растения, погода, точное орошение), встроенных в одно решение, которое не только дает ценные рекомендации по орошению, но и также легко интегрируется в мощную удаленную систему мониторинга и управления FieldNET, позволяя производителям немедленно внедрять решения о поливе и следить за их прогрессом (Каталог ирригационной продукции Zimatic by Lindsay; Каталог Lindsay).



Рисунок 1. Платформа FieldNET Advisor

На дождевальных машинах компании Valley применяется решение AgSense (рисунок 2) на основе цифровых сотовых технологий для дистанционного наблюдения и контроля ирригационного оборудования. AgSense ICON Link обеспечивает возможность удаленного программирования функций панели управления и мониторинга круговой дождевальной установки с помощью мобильного приложения AgSense или через систему BaseStation3™ (Yang, Huang, Tang, 2020).

Система Valley BaseStation3 является наиболее комплексным, универсальным и современным решением удаленного управления орошением. Эта технология предоставляет возможность управления любыми операциями дождевальной машины. Система изменяемой нормы орошения Valley VRI позволяет регулировать глубину подачи воды для оптимизации орошения каждого гектара и обеспечения максимального потенциального урожая (Каталог продукции Valley).



Рисунок 2. Платформа FieldNET Advisor

Широко применяется телеметрические системы и цифровые технологии в капельном поливе. Автоматический капельный полив – это метод полива под корневую систему растения по управляемой норме, при котором при минимуме затрат воды получается отличный результат. Под каждую корневую систему (или распределённую площадь) орошаемого растения подводится водяной шланг, из которого покапельно поступает вода.

У систем автоматического капельного полива множество преимуществ:

- экономия воды;
- возможность контроля влажности почвы;
- возможность точного дозирования удобрений, подаваемых в растворе с водой;
- активное развитие корневой системы в зоне полива;
- возможность сохранить сухой верхнюю часть растений;
- уменьшение трудозатрат.

Для системы автоматизации полива удобно использовать контроллеры с аналоговыми и контактными входами, которые соединяют все датчики и передают их показания по единой шине компьютеру, планшету или мобильному телефону.

Наряду с зарубежными, на отечественных дождевальными машинах также активно внедряются современные цифровые технологии. Для ДМ «Каскад» были разработаны методы нейроуправления скоростью (нейроконтроллер), минимизирующие отклонение фактических значений поливных норм от заданных. Помимо этого, на ДМ внедрена компьютерная программа определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвенных разностей Саратовской области для основных поливных культур на высокоуровневом, объектно-ориентированном языке программирования Python.

Управление исполнительными приборами происходит через Web-интерфейс (Соловьев, Камышова, Терехова, 2019: 93-97).

В данный момент известно множество готовых систем капельного полива, конструктивные характеристики которых и их комплектация определяется по количеству растений и площади участка, в том числе: система капельного полива «АкваДуся», лента капельного полива «Netafim», бюджетная система полива «Капля», готовый набор для капельного полива – «Умная лейка», система капельного полива «Родничок», система капельного орошения «Росинка», капельный полив «Урожай 1», капельный полив «Паук» и другие.

На сегодняшний день самой современной системой автоматизированного полива серийно выпускаемой и реализуемой более чем в 50 странах мира, является система NetBeat (рисунок 3) разработки компании Netafim. NetBeat являясь комплексным решением, состоящим из аппаратного, программного и облачного продуктов направлено на организацию точного орошения, планирования, мониторинга и управления производством растениеводческой продукции с использованием систем капельного и поверхностного дождевания.


Система NetBeat управляет как поливом, так и внесением удобрений. Основными преимуществами системы являются следующие функциональные способности:

- управление одним и несколькими трубопроводами;
- автоматический сбор данных с широкого спектра датчиков;
- управление локальными и удаленными устройствами;
- оповещение о поломке гидравлической системы;
- управление устройствами в режиме проводной и беспроводной связи и ряд других функций.

General description

Example of a typical farm managed by NetBeat

Legend

	NetMCU
	NetRTU

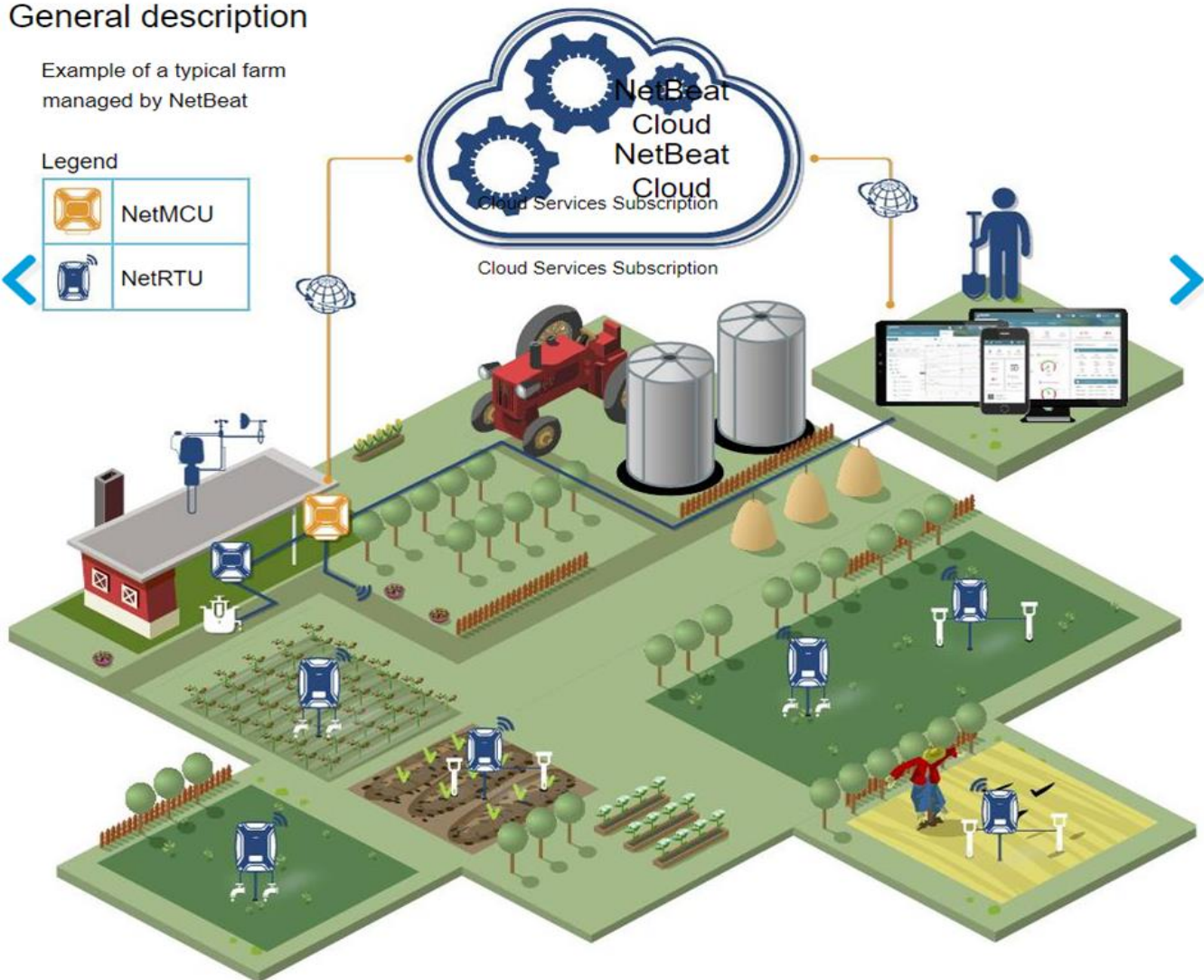


Рисунок 3. Платформа NetBeat

Для автоматизации систем комбинированного орошения учеными ФГБОУ ВО «Волградский ГАУ» и ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» (Бородычев, 1989: 72; Дубенок, Майер, 2018: 9-19, 2019: 253-265; Бородычев, Лытов, 2020: 1-13) была разработана перспективная система управления

водным режимом почвы и микроклиматом сельскохозяйственных культур. Работа комбинированной системы может осуществляться как в автоматическом, так и в полуавтоматическом (ручном) режиме. Степень автоматизации не ограничена от настройки таймера контроллера на

режимы работы распылителей до применения контроллера, который обеспечивает работу системы в зависимости от показаний датчиков или метеостанции. С помощью интерфейса, расположенного на передней панели, контроллер позволяет запрограммировать график и продолжительность работы распылителей в течение суток при ручном режиме или по сигналу срабатываемых датчиков в автоматическом режиме. В случае необходимости контроллер также получает и анализирует данные от дополнительных внешних датчиков дождя и ветра. При срабатывании какого-либо из датчиков контроллер приостанавливает выполнение программы полива.

Сотрудниками ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» (Акпасов, Туктаров, Морозов, 2024) в



Рисунок 4. Блок управления АСКО

CODESYS – это инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации, разработанный компанией 3S-Smart Software Solutions GmbH и предоставляющий широкий набор инструментов и функций, которые позволяют разработчикам создавать сложные и гибкие программы для ПЛК.

экспериментальной мастерской был изготовлен экспериментальный образец АСКО.

Блок управления автоматизированной системы комбинированного орошения (рисунок 4) предназначен для управления процессами автоматизации полива сельскохозяйственных культур и регулирования микроклимата растений и параметров увлажнения почвы в жаркие сухие дни вегетационного периода.

Для программирования и отладки контроллеров, а также для создания и интеграции различных систем автоматизации на АСКО применяется специализированная программная среда разработки CODESYS, предназначенная для создания и отладки прикладной программы Программируемых логических контроллеров (ПЛК) (рисунок 5) (Официальный сайт CODESYS).

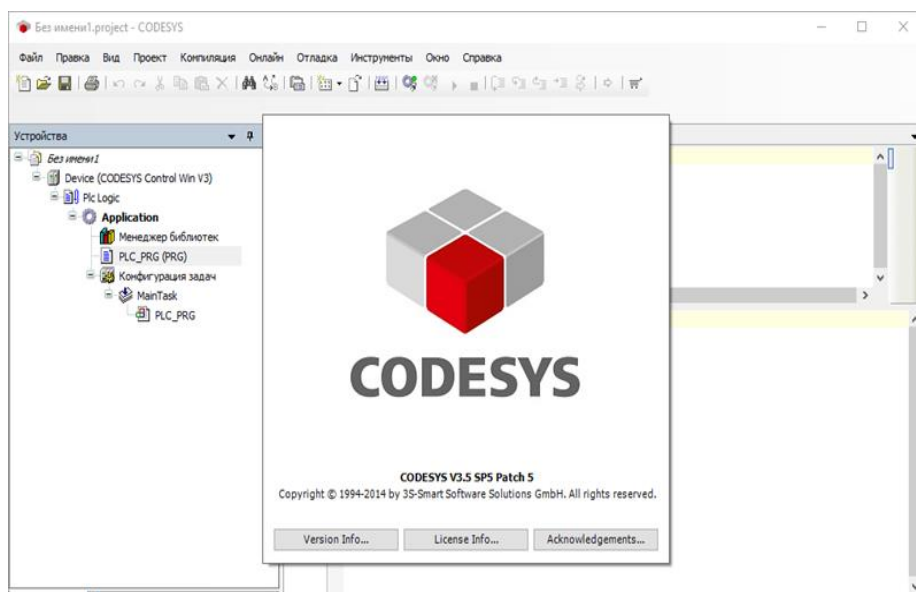


Рисунок 5. Программная среды разработки CODESYS

Блок управления АСКО позволяет запускать необходимый способ орошения (капельный или спринклерный) в автоматическом режиме с учетом введенных значений контролируемых параметров и метеорологических условий для создания оптимальных условий произрастания сельскохозяйственных культур как в почве, так и над ее поверхностью (создание микроклимата).

Развитие цифровых технологий имеет решающее значение для достижения нового уровня развития АПК страны, особенно в контексте экономии водных ресурсов и повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Внедрение

Список источников

1. Каталог ирригационной продукции Zimatic by Lindsay // Интернет-ресурс [<http://lindsay.com>].
2. Каталог Lindsay. Повышение урожайности пшеницы за счет применения эффективных решений в области орошения // Интернет-ресурс [<http://lindsay.com>].
3. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // *Science of the total environment*. 2020. V. 705. N 135984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135984.
4. Каталог продукции Valley. // Интернет-ресурс [<http://valmont.com/irrigation>].
5. Соловьев Д.А., Камышова Г.Н., Терехова Н.Н. Цифровые технологии в управлении орошением // *Аграрный научный журнал*. 2019. No 4. С. 93–97.
6. Бородычев В.В. Аэрозольное орошение сельскохозяйственных культур. М.: Росагропромиздат, 1989. 72 с.
7. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // *Известия международного журнала прикладных наук и технологий "Integral"* нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. No 1 (49). С. 9–19.
8. Дубенок Н.Н. Майер А.В., Гуренко В.М., Бородычев В.В. Система комбинированного орошения и эффективность производства овощной продукции // *Известия нижеволжского*

современных технологий, способствует повышению урожайности орошаемых культур, качества товарной продукции и увеличение рентабельности производства.

- агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. No 2 (54). С. 253–265.
9. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Технологические функции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков // *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2020. No 2 (58). С. 1–13.
 10. Акпасов А.П., Туктаров Р.Б., Морозов М.И. Алгоритмизация процессов управления автоматизированной системы комбинированного орошения // *Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»*. 2024. No2. С.
 11. Официальный сайт CODESYS // Интернет-ресурс [<https://www.codesys.com>].

References

1. Katalog irrigacionnoj produkcii Zimatic by Lindsay // Internet-resurs [<http://lindsay.com>].
2. Katalog Lindsay. Povyshenie urozhajnosti pshenicy za schet primeneniya effektivnyh reshenij v oblasti orosheniya // Internet-resurs [<http://lindsay.com>].
3. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // *Science of the total environment*. 2020. V. 705. N 135984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135984.
4. Katalog produkcii Valley. // Internet-resurs [<http://valmont.com/irrigation>].
5. Solov'ev D.A., Kamyshova G.N., Terekhova N.N. Cifrovye tekhnologii v

управлении орошением // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2019. No 4. S. 93-97.

6. Borodychev V.V. *Aerozol'noe oroshenie sel'skohozyajstvennyh kul'tur*. M.: Rosagropromizdat, 1989. 72 s.

7. Dubenok N.N., Majer A.V. *Razrabotka sistem kombinirovannogo orosheniya dlya poliva sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2018. No 1 (49). S. 9-19.

8. Dubenok N.N., Majer A.V., Gurenko V.M., Borodychev V.V. *Sistema kombinirovannogo orosheniya i effektivnost' proizvodstva ovoshchnoj produkcii // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee*

professional'noe obrazovanie. 2019. No 2 (54). S. 253-265.

9. Borodychev V.V., Lytov M.N. *Tekhnologicheskie funkcii tekhnicheskoy sistemy dlya regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofitocenoza i kompleksnoj protekcii posevov ot klimaticheskikh riskov // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2020. No 2 (58). S. 1-

10. Akpasov A.P., Tuktarov R.B., Morozov M.I. *Algoritimizaciya processov upravleniya avtomatizirovannoj sistemy kombinirovannogo orosheniya // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tekhnologij «Integral»*. 2024. No2. S.

11. *Oficial'nyj sajt CODESYS // Internet-resurs [https://www.codesys.com]*.

The use of digital technologies for automation of irrigation equipment in the cultivation of crops

Anton P. Akpasov¹ , **Renat B. Tuktarov**² , **Maxim I. Morozov**³ ,
Pavel P. Akpasov⁴ 

^{1,2,3} Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation», Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123
Russia

⁴ Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov,
(410012, Saratov, ave. Peter Stolypin zd. 4, p. 3

¹ e-mail: 1a9@mail.ru

² e-mail: tuktarov.rb@gmail.com

³ e-mail: jamster777@mail.ru

⁴ e-mail: pavel_akpasov@mail.ru

The article examines the relevance of automation of irrigation processes in modern conditions, and also displays the scientific research of many scientists in this field. The main advantages of using digital technologies in the operation of sprinkler machines and automated irrigation systems are described.

Key words: *automated irrigation system, combined irrigation, drip irrigation, sprinkler, sprinkler machine, programming environment, platform.*

Сведения об авторах

Акпасов Антон Павлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего отделом оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>, 1a9@mail.ru

Туктаров Ренат Бариевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, заместитель директора по науке, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-3801>, tuktarov.rb@gmail.com

Морозов Максим Игоревич, младший научный сотрудник, отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1347-4314>, jamster777@mail.ru

Акпасов Павел Павлович, магистрант специальности «Наземные транспортно-технологические комплексы», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет

генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», (410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3) тел. +7927-123-26-19, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8359-4560>, pavel_akpasov@mail.ru.

Information about the author

Anton P. Akpasov, candidate of technical sciences, senior researcher, acting head of department of irrigation systems and hydraulic structures, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>, 1a9@mail.ru

Renat B. Tuktarov, candidate of agricultural sciences, leading researcher of department of irrigation systems and hydraulic structures, deputy director of science, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-3801>, tuktarov.rb@gmail.com

Maxim I. Morozov, junior researcher, department of irrigation systems and hydraulic structures, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1347-4314>, jamster777@mail.ru

Pavel P. Akpasov, Master's degree student in the specialty "Land Transport and Technological Complexes", Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, (410012, Saratov, ave. Peter Stolypin zd. 4, p. 3) tel. +7927-123-26-19, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8359-4560>, pavel_akpasov@mail.ru

© Акпасов А. П., Туктаров Р. Б., Морозов М. И. Акпасов П. П., 2024

Для цитирования: Акпасов А.П., Туктаров Р.Б., Морозов М. И. Акпасов П.П. Применение цифровых технологий для автоматизации ирригационного оборудования при выращивании сельскохозяйственных культур // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» No 3/2024.