

Перспективы развития автоматизированных систем регулирования мелиоративного режима орошаемых земель

Prospects of automated systems development to regulate reclamation regime in the irrigated lands



УДК 338.436.33:004.9

DOI 10.24411/2413-046X-2019-19093

Юрченко И.Ф.,

д.т.н., доцент, главный научный сотрудник, Всероссийский научно – исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва

Yurchenko I.F.,

Doctor of technical Sciences, associate Professor, chief researcher, All – Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Reclamation named after A. N. Kostyakov, Moscow

Аннотация. Выполнена оценка перспектив и приоритетов становления системы автоматизации прецизионного регулирования мелиоративного режима орошаемых агроэкосистем, обеспечивающей устойчивое повышение их энергетического потенциала и урожайность сельскохозяйственных культур. Установлена потребность в совершенствовании теории и практики цифрового управления агропроизводством на мелиорируемых землях отечественного АПК. Предложена разработка коммерческого варианта автоматизированной системы управления, базирующейся на технологиях Четвертой промышленной революции. Высокий инновационный уровень этих технологий, позволяющий интеграцию физической, цифровой и биологической сферы агроэкосистемы, обеспечивает новые возможности для применения инновационных цифровых технологий в мелиоративном секторе экономики.

Summary. Prospects and priorities of automation system development for precise regulation of the reclamation regime in the irrigated agro-ecosystems were estimated which provides sustainable increase in the energy potential as well as yield rise of the agricultural crops.

The necessity of the theory and practice improvement of the digital management of agricultural production in reclaimed lands for domestic agriculture is proved.

The development of a commercial version of the automated control system based on the technologies of the Fourth industrial revolution is proposed.

The high innovative level of these technologies, providing the integration of the physical, digital and biological spheres of the agroecosystem, provides new opportunities for the application of the innovative digital technologies in the reclamation sector of the economy.

Ключевые слова: автоматизация, прецизионное управление, мелиоративный режим, агроэкосистемы.

Keywords: automation, precision control, reclamation mode, agroecosystems.

Введение. В современном агропроизводстве мелиорация представляет важнейший фактор действенности решений проблем отечественной продовольственной безопасности, импортозамещения и поддержки развития других отраслей экономики.

В этой связи, эффективное функционирование гидромелиоративных систем, обеспечивающее достижение параметров мелиоративного состояния агроэкоценоза, гарантирующих получение запланированной урожайности сельскохозяйственных культур, воспроизводство почвенного плодородия мелиорируемых земель и экологическую безопасность агроландшафтов, становится приоритетной задачей мелиоративной деятельности. Актуальность ее решения резко возрастает в условиях грядущих негативных изменений климата и наблюдающегося оживления работ по восстановлению ирригационных систем. Не менее важной задачей орошаемого земледелия при нарастающем дефиците водных ресурсов является максимально возможное снижение удельных затрат воды на единицу произведенной продукции.

В отечественной теории эволюции агропроизводства и за рубежом приоритетными инновациями в достижении рационального мелиоративного режима орошаемых агроэкосистем в настоящее время являются технологии малообъемного орошения и прецизионные автоматизированные системы управления технологическими процессами мелиорируемых агроценозов. Под автоматизацией управления технологическими процессами понимается оборудование мелиоративных систем средствами автоматики и телемеханики, позволяющими полностью или частично осуществлять их использование, по возможности, не требующее вмешательства человека и гарантирующее выполнение установленной последовательности технологических процедур агропроизводства, обеспечивающими формирование планируемого мелиоративного режима агроэкосистем с максимальной скоростью и точностью.

Анализ достигнутого уровня автоматизации операций по регулированию мелиоративного режима орошаемых агроэкосистем в сфере АПК выявил потребность в

активном становлении теории и практики цифрового управления агропроизводством на мелиорируемых землях в соответствии с лучшими мировыми достижениями и результатами успешных секторов экономики страны [1-4].

Цель настоящих исследований – оценить перспективы и приоритеты становления автоматизированных систем прецизионного регулирования формирования мелиоративного режима орошаемых агроэкосистем, обеспечивающего устойчивое повышение их энергетического потенциала и, как следствие, урожайности сельскохозяйственных культур.

Методика исследований. Теоретической основой НИР послужили научно-исследовательские работы российских и зарубежных авторов по вопросам развития автоматизированных систем регулирования мелиоративного режима в агропроизводстве, публикации по теме исследования в периодической печати и Интернете. Методологической основой являются классические общенаучные методы исследования: анализ, синтез, индукция, дедукция, обобщение и классификация, а также сравнительный и системный анализ.

Результаты и обсуждение. По оценкам экспертов к 2050 г. население Земли возрастет до 9 миллиардов человек, увеличившись более чем на 30%, что обуславливает нарастающую жесткость требований к обеспечению продовольственной безопасности планеты. В настоящее время до 40% общего объема мирового производства продовольствия гарантирует орошаемое земледелие. В свете возрастающей конкуренции на водопотребление с другими секторами развивающейся экономики и необратимости требований к экологизации и устойчивости агропроизводства приоритетными направлениями эволюции систем управления мелиоративным режимом агроэкосистем настоящего периода признаются технологии: контроля процедур полива; точного орошения; автоматизации процессов орошения [1,5-7,8, 21].



Рисунок 1. –Контроль процедур полива (по данным сайта CropX [11])

Контроль процедур полива обеспечивает помощь сельхозтоваропроизводителям в реализации рационального ирригационного процесса для повышения действенности использования воды. Сегодня на рынке предлагается достаточно систем контроля параметров почвы и метеорологических условий в режиме реального времени, которые помогают наблюдать трансформацию условий агропроизводства, управлять процессами ирригации в удаленном режиме и принимать действенные управленческие решения по организации агропроизводства на мелиорируемых землях в целом.

Они широко представлены компаниями John Deere [9], Lindsay Corp.'s [10]. Передачу данных о влагообеспеченности агроценозов на смартфон успешно осуществляют датчики влажности компании CropX [11]. Оснащение дождевальных систем контроллерами от компании Sprinkl позволяет экономить воду за счет дифференцированного подхода к орошению, обеспечивая мониторинг потребности в поливе для конкретных участков поля по данным почвенной влажности [12].

Система диспетчерского контроля и сбора данных SCADA (Supervisory control and data acquisition), представленная на рынке исследовательской лабораторией Водных ресурсов университета штата ЮТА (США), выполняет точный, интегрированный контроль водообеспечения гидромелиоративной сети и мелиорируемых земель в режиме реального времени [13]. Автоматизируется учет количества воды, поступающей из водоемисточника, аккумулирующейся в каналах, и подаваемой на поля. Пользователи системы SCADA могут всегда получить сведения о водораспределении и водопользовании на системе, что повышает качество управляющих воздействий.

Сельхозтоваропроизводителям предлагаются также многочисленные технологии информационной поддержки регулирования процедур полива, обеспечивающих передачу на сенсорные дисплеи соответствующих рекомендаций, формирующихся по результатам анализа и оценки данных, поступающих со спутниковых снимков; датчиков состояния агроэкосистем, условий эвапотранспирации; картографирования контролируемой территории.

Стабильное и ресурсоэффективное будущее ирригации связывается и с применением режимов поливов, учитывающих локализацию информации о прогнозе погоды, почвенной влажности, испарении на основе рекомендаций, сформированных по фактически наблюдаемым данным. В качестве примера может служить проект SCORRES компании UK в Индии, в составе которого реализация микроорошения с учетом рекомендаций снизила водопотребление на 80% при увеличении урожайности, практически, вдвое,

Технологии точного орошения оптимизируют на поле способы вдоподачи сельхозкультурам, обеспечивают учет конфигурации поля, потребности в поливе различных участков одного поля и его топографии, а также прочей специфики поливаемых полей, что способствует рационализации водопотребления и экономии водных ресурсов.



Рисунок 2. - Технология точного орошения (по данным сайта Trimble [14])

Например, для совершенствования полива углов и выступов поля компанией Trimble предлагается оснащение дождевальных машин разворачивающейся секцией – кронштейном, дождеватели которой включаются и отключаются автоматически, в зависимости от положения секции. Это исключает переполив проблемных участков поля и непроизводительный расход воды [14].

Растущую популярность у аграриев приобретают системы точного мобильного малообъемного орошения ([PMDI](#)), предусматривающие установку на поливной машине кругового или фронтального действия вместо дождевателей шлангов для подачи воды непосредственно растению. Это способствует ликвидации: пробуксовки дождевальной машины, сокращению времени хода и непроизводительных затрат воды за счет сохранения сухой колеи для колесной секции машины. Результат достигается объединенным эффектом снижения стоимости при использовании поливных машин и высокой действенности воды на малообъемном орошении [15].

Проблема достижения равномерности полива с учетом различий структуры и влажности почвы, топографии участков поля решается применением [полива с переменной скоростью \(VRI\)](#) [16]. Скорость движения консоли и включение/отключение дождевателей регулируются по показаниям соответствующих датчиков.

Снижение непроизводительных затрат воды на поверхностный сток, обусловленный микрорельефом отдельных участков поля, осуществляется планировкой последнего, выполняющейся и для ликвидации возможного переувлажнения других участков с использованием лазерного оборудования.

Автоматизированные системы управления технологическим процессом орошения (далее по тексту АСУ ТПО) широко представлены на активно развивающемся рынке компаниями, John Deere, Growsmart Lindsay, Tevatronik, Acromag SM, и др. [9,10,17,18]

В общем виде архитектура АСУ ТПО включает: датчики контроля состояния объекта наблюдения; устройства автоматической обработки данных – регуляторы (контроллеры); исполнительные устройства, формирующие исходные данные и реализующие управляющие воздействия; системы учета и визуализации данных (экраны, табло и др. носители).

Принципиальная организационная схема системы управления орошением фирмы Tevatronik приводится на рисунке 3 (по данным сайта фирмы Tevatronik [17]).

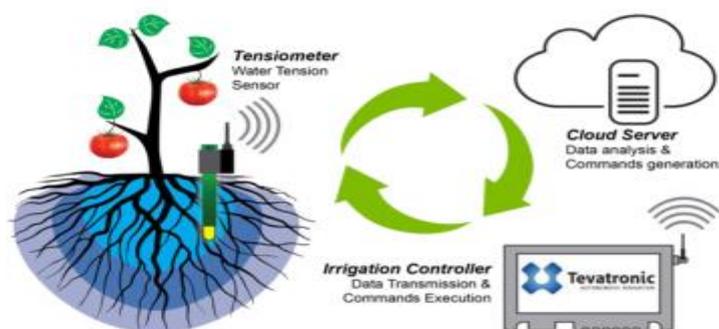


Рисунок 3 – Принципиальная организационная схема автоматизированной системы управления орошением (по данным сайта фирмы Tevatronik [17])

В составе системы управления орошением фирмы Tevatronik реализованы технологические операции, обеспечивающие полив сельскохозяйственных культур и внесение удобрений без вмешательства человека. Архитектура системы представлена:

- беспроводными тензиометрами, для определения и передачи данных о затратах корневой системой растения энергии по извлечению почвенной влаги;
- контроллером переключателя затворов ирригационных каналов для сбора данных с тензиометров и их передач по сотовой связи на облачный сервер для анализа и выработки управляющих воздействий;
- дистанционным беспроводным переключателем гидравлического затвора, работающим по управляющему воздействию соответствующих контроллеров;
- облачным Интернет сервером, использующим математические модели и алгоритмы для анализа данных и принятия управляющих решений, транслирующихся на переключатель затворов для выполнения;

- беспроводным передатчиком, расширяющим зону приема сигнала от тензиометров;
- датчиками температуры и относительной влажности воздуха.

Предлагаемые на рынке инновационные продукты компании Growsmart Lindsay основаны на методах управления поливами, обеспечивающими удобство пользователю и снижение эксплуатационных затрат за счет оптимизации используемого количества времени, труда, электроэнергии и воды при высоком качестве реализованных технологических операций.

Система автоматизированного управления орошением FieldNET, реализуемая фирмой Growsmart Lindsay, базируется на веб-платформе, осуществляющей беспроводное управление технологическими процессами ирригационной системы и предающей пользователю сообщения о важных изменениях условий производства в удаленном режиме [10]. Интерфейс системы FieldNET русифицирован, что повышает действенность его применения в России, как и наличие приложения FIELDNET MOBILE для смартфонов и планшетных ПК.

Базовые функции системы управления поливом включают:

- мониторинг метеоусловий;
- управление круговыми и фронтальными дождевальными машинами, водяными пушками, инжекторами и насосами;
- формирование статистических данных по расходу ресурсов на поливы.

Наряду с реализацией системы FieldNET фирма Growsmart Lindsay осуществляет проектирование и установку инфраструктуры широкополосной связи в поле, компоновку полей полива и общий дизайн системы ирригации, поставляет интегрированные насосные станции и системы фильтрации, дождевальные машины и установки кругового и фронтального действия.

Компания Acromag SM-Autonomous Irrigation Control реализует систему контроля поливов с возможностями удаленной связи, использующей локальные источники солнечной, ветровой, водной, геотермальной или аккумуляторной энергии и сервис беспроводной сети [18]. Мощный процессор системы и встроенные модули ввода/вывода информации гарантируют действенность мониторинга датчиков и автоматическое управление системой полива.

Программно – технический комплекс системы управления Field Connect фирмы John Deere выполняет контроль влажности почвы на различной глубине с помощью датчиков, осуществляющих передачу данных на веб-интерфейс, с последующей их визуализацией на компьютере или мобильном устройстве в виде графика, который используется для

принятия своевременных решений по организации поливов в удаленном режиме с учетом целевых установок всех и отдельно взятого пользователя [9].

Система настраивается на конкретные природно-хозяйственные условия каждого поля (почвы, возделываемые сельхозкультуры и .д.). Предусмотрена возможность интеграции сведений, получаемых в системе Field Connect, с данными по урожайности, типу почвы, плодородию и прочей агрономической информации, использующейся технологиями оптимизации продуктивности агроценозов.

Анализ становления и эволюции теоретических аспектов и практики создания, внедрения и применения автоматизированных систем управления мелиоративным режимом агроэкосистем со всей очевидностью выявил факторы, не способствующие их действенности в отечественном АПК [16]:

- низкий уровень использования инновационных технологий прецизионного управления орошаемыми агроэкосистемами в агропроизводстве российского АПК [19,20];
- фактическое отсутствие на рынке отечественных современных автоматизированных систем прецизионного управления орошением [21,22];
- отсутствие в составе процедур информационной поддержки принимаемых решений АСУ постоянно действующих моделей мелиоративных систем [23,24];
- фрагментарность функциональной структуры предлагаемых рынком систем прецизионного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем, обеспечивающих, как правило, непосредственное управляющее воздействие на их водный и только в ряде незначительных случаев питательный режимы, и лишь опосредованно влияющих на широкий спектр параметров (солевого, температурного, газового, микробиологического и пр.) мелиоративного режима орошаемых земель, в целом [1, 25];
- недостаточное использование аналитических методов обоснования управляющих воздействий, назначаемых в большинстве случаев по физическим параметрам (влажность почвы, расходы воды и т. п.) агроэкосистем, без учета технологических и технико-экономических показателей и критериев оперативно-производственных и организационно-экономических задач оперативного и каждого вышестоящего уровня иерархии управления агропроизводством [1, 20];
- низкая степень встроенности в процедуры и операции поддержки решений моделей искусственного интеллекта;
- различия в уровне проработанности, количестве и качестве предлагаемых решений конкретной задачи, как в сфере управления отдельными технологическими процессами мелиоративного воздействия, так и управления отдельно взятой гидромелиоративной

системой, мелиоративным водохозяйственным комплексом, мелиоративным сектором экономики, в целом [1, 26];

- не корректное решение задачи взаимодействия программных комплексов и цифровых технологий управления конкретными производственными процессами с инфраструктурой цифрового ресурса для последующей информационной поддержки участников производственных процессов;
- пониженная интеграция информационного обеспечения систем цифрового управления технологическими процессами производства и предприятием.

Вместе с тем проявились необходимость, возможность и целесообразность ускоренного развития автоматизированных технологий высокоточного регулирования режима агроэкосистем, обеспечивающих решение проблемы энерго- и ресурсосбережения в отечественном агропроизводстве за счет выявления действенных закономерностей управляемых процессов, использования инновационных методов обработки и трансформации исходных и промежуточных данных и сведений

Представляется, что успешному решению этой проблемы будет способствовать разработка коммерческих вариантов автоматизированных систем управления мелиоративным режимом (АСУ ТП_{мр},) агроэкосистем, ориентированных на максимальную автоматизацию сбора и обработки всех потоков данных о процессах почвообразования, регулирования параметров приземного слоя атмосферы и управления техническим оборудованием, формирующих мелиоративный режим агроэкосистем согласно принятым решениям по результатам моделирования процедур агропроизводства на мелиорируемых землях в режиме реального времени.

Традиционно агропроизводство не относится к ведущим направлениям бизнес инвестирования, что объясняется длительностью процедур формирования и достаточно высокими рисками достижения ожидаемой доходности; отсутствием действенных методов и способов автоматизации биологических процессов развития агроценозов; низкой степенью модернизации и инновации производственных технологий АПК. Однако, уровень технологического развития наступающей эры Четвертой промышленной революции, стирающий грани между физической, цифровой и биологической сферой, обеспечивает новые возможности для применения инновационных цифровых технологий в мелиоративном секторе экономики [27].

Ряд технологий, формирующих технологическую базу новой промышленной революции, уже сейчас успешно используются для развития автоматизированных систем управления производством.

Прежде всего:

- это цифровое моделирование, обеспечивающее использование актуальных данных представления физического мира в виде виртуальной модели, включающей в себя оборудование, изделия в производстве и персонал предприятия;
- аналитика, основанная на работе с большим объемом данных, гарантирующая оптимизацию качества продукции, экономию энергии и повышению работоспособности оборудования;
- нейросети, представляющие самообучаемые системы, и прочие инновационные разработки в области искусственного интеллекта, способные создавать в ходе самообучения программы (в приоритете эвристические) для решения задач определённого класса сложности и решать эти задачи» [28];
- промышленный Интернет вещей, интегрирующий датчики, контролирующие технологический процесс производства, и его оборудование, взаимодействующее между собой и обеспечивающее самостоятельную обработку данных, обращаясь к централизованной управляющей системе при крайней необходимости;
- облачные технологии, активно расширяющие сферу своего применения за счет повышения качества операций облачного хранения, сокращения времени отклика, что позволит их использование для работы АСУ ТП;
- максимально возможная интеграция коммерческой и производственной деятельности, предполагающая действенное сотрудничество различных подразделений предприятия, а так же между предприятиями – участниками совместного производственного процесса.

Объединение вышеуказанных технологий в рамках единой концепции позволит преобразовать разработку АСУ ТП. Полностью интегрированный и оптимизированный технологический процесс автоматизированного управления агропроизводством со значительно возросшей эффективностью всех этапов меняет отношения производителей и потребителей, обеспечивая им гибкость посредством обмена информацией через Интернет, что в свою очередь значительно увеличит эффективность труда и сократит издержки в производственных процессах. [29].

Заключение. Действенность инновационных мероприятий сельскохозяйственных мелиораций во многом гарантирована использованием прецизионных автоматизированных систем управления технологическими процессами формирования мелиоративного режима агроэкосистем.

Дальнейшее развитие и значимость совершенствование цифровых технологий в АПК приобретает от переноса из передовых секторов отечественной и мировой экономики в

сельское хозяйство «умных» конструкций, реализующих полный контроль производственного цикла функциональных структур агропроизводства (растениеводства, животноводства и пр.). Это достигается путем интеграции оперативных параметров всех объектов и их окружения (оборудования и датчиков наблюдения, учета, обработки, оценки т. п.), а также линий связи между объектами управления и внешними партнерами агропроизводства.

Список литературы

1. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами/под ред. Л.В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2010. - 240с.
2. Юрченко И.Ф., Трунин В. В. Система поддержки принятия решений по водораспределению на базе Веб технологий//Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации.2014. №2(14). С.87-97.
3. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в Рос-сии/под редакцией Л. В. Кирейчевой. -М: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017.-296 с.
4. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности/ под ред. Л. В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2009. -312 с.
5. Полуэктов Р.А. Имитационные модели продуктивности агроэкосистем в кн.: Теоретические основы и количественные методы программирования урожаев. М. : Агропромиздат. 2015 — 235 с.
6. Колганов, А.В. Проблемы управления и совершенствования информационного обеспечения в мелиоративной отрасли. – н/Д: Изд-во журн. «Изв. Вузов Сев.-Кавк. регион», 2016. – 128 с.
7. Бандурин М.А., Юрченко И.Ф., Волосухин В.А., Ванжа В.В., Волосухин Я.В. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ//Экология и промышленность России. -2018. -Т. 22. -№ 7. – С. 66-71.
8. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures / N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev//Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems.–2017.–11.–№3. – P. 53-57.
9. John Deere Field Connect.–[Electronic resource].–Access mode:[https://www. deere. com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement](https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement).
10. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. – [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.growsmart.com>.

11. CropX -. [Electronic resource]. – Access mode: [https://www. cropx.com](https://www.cropx.com)
12. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up. – [Electronic re-source]. – Access mode: <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.
13. Utah State University. – [Electronic resource].- Access mode: [https://usu. hiretouch. com/view-all-jobs/default.cfm?per=25&start=26](https://usu.hiretouch.com/view-all-jobs/default.cfm?per=25&start=26)
14. Irrigate-IQ Uniform Corner – [Electronic resource].- Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=LebHG733B4E>
15. Mobile Drip Irrigation. – [Electronic resource].- Access mode: [https://www.youtube. com/watch?v=3yT9yiyjB-4](https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yiyjB-4)
16. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. – [Electronic resource].- Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz11s>
17. Tevatronic. Autonomous Irrigation. – [Electronic resource]. – Access mode: <http://tevatronic.net>.
18. Acromag. SM-Autonomous Irrigation Control. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.acromag.com/content/sm-autonomous-irrigation-control>.
19. Юрченко И.Ф. Научоёмкие информационные технологии в мелиоративной деятельности. Управление экономическими системами//Электронный научный журнал. -2005. -№ 3. -С. 9 -13.
20. Юрченко И.Ф. Водосберегающая технология планирования технической эксплуатации мелиоративных систем//Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. -2016. -№ 5. -С. 76-88.
21. Yurchenko I F 2017 International Journal of Advanced and Applied Sciences 4 (2) 72-77.
22. Юрченко, И. Ф. Автоматизированное управление водораспределением на межхозяйственных оросительных системах/И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин//Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. -2012. -№ 2. -С. 178-184.
23. Бандурин М.А. МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МОСТОВЫХ ПЕРЕЕЗДОВ НА ВОДОПРОВОДЯЩИХ КАНАЛАХ//Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 4 (8). С. 110-124.
24. Бандурин М.А. ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАКРЫТЫХ ВОДОСБРОСОВ НИЗКОНАПОРНЫХ ГИДРОУЗЛОВ//Инженерный вестник Дона. 2014. № 1 (28). С. 69.
25. Бандурин М.А. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ВОДОПРОВОДЯЩИХ СО-
ОРУЖЕНИЙ//Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-1 (22). С. 51.

26. Бандурин М.А. К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ЛОТКОВЫХ
КАНАЛОВ АЗОВСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ//Политематический сетевой элек-
тронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2006. №
24. С. 82-86.

27. Шваб К, Дэвис Н. Четвертая промышленная революция. — М.: Издательство Эксмо.
2018. 320 с.

28. Ильясов Ф. Н. Разум искусственный и естественный // Известия АН Туркмен-ской ССР,
серия общественных наук. 1986. № 6. С. 46—54.

29. Семеновская, Е. Индустриальный интернет вещей. Перспективы российского рынка /Е.
Семеновская. – URL: http://www.company.rt.ru/projects/IoT/study_IDC.pdf.