

УДК 626.824:633.18

Н. В. Островский

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Российская Федерация

О ПРАКТИЧЕСКОМ ВНЕДРЕНИИ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РИСОВЫХ СИСТЕМАХ

Целью исследований являлось изучение эффективности работы средств автоматизации рисовых оросительных систем в рамках водосберегающей технологии. Организовано и выполнено крупномасштабное внедрение – полевой эксперимент на площади 167 га на производственном участке рисовой оросительной системы в Краснодарском крае. Автоматизация рисовой системы была выполнена с применением запатентованных инновационных технических устройств – чековых и канальных регуляторов расходно-уровенного режима. На основном экспериментальном участке в течение 2014–2015 гг. эксплуатировались 32 чековых и шесть канальных регуляторов. Технология автоматизации включает комплекс работ: топографическую съемку участка автоматизации, гидравлический расчет расходно-уровенного режима, комплекс монтажно-эксплуатационных операций. В ходе эксплуатации автоматизированной системы изучены динамические и статические характеристики средств регулирования. Время срабатывания чековых регуляторов на закрытие составляет 1–5 мин, на открытие – 0,5–1,1 мин. Особое внимание уделено изучению точности поддержания уровня в рисовых чеках. За весь период наблюдений средняя величина уровня затопления чеков равнялась 14,82 см (при рекомендованной 15,00 см); показатель точности регулирования – среднее отклонение уровня – составил 0,71 см по абсолютному значению (при допустимом 2,00 см). На основе экспериментальных данных выполнен статистический анализ и прогноз работы рисовой системы, которая была автоматизирована по предлагаемой технологии. Прогноз показал точность поддержания уровня с отклонением 1,0 см (по абсолютному значению) на более чем 80 % площади системы и невероятность выхода точности регулирования за допустимые пределы. Обоснована эффективность показанных средств и технологии автоматизации рисовых систем. Выполнен прогноз работы автоматизированной системы, гарантирующий оптимальные условия произрастания риса и экономию водных ресурсов.

Ключевые слова: рисовая оросительная система, водосберегающая технология, дефицит водных ресурсов, автоматизация водораспределения, расход, уровень, рациональное водопользование.

N. V. Ostrovskiy

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

ON THE PRACTICAL IMPLEMENTATION OF WATER-EFFICIENT TECHNOLOGIES IN RICE SYSTEMS

The aim of research was to study the efficiency of automation equipment of rice irrigation systems under the water-efficient technology. A large-scale introduction of field experiment on an area of 167 hectares in the production area of rice irrigation systems in Krasnodar territory has been organized and carried out. Automation of rice system has been performed by the patented innovative technical devices – check and canals water flow-level regulators. 32 check and six-canal regulators were operated on the main experimental site in 2014–2015. Automation technology includes a set of operations: topographical survey of the

area of automation, hydraulic calculation of water flow-level regime, complex installation and maintenance of operations. The dynamic and static characteristics of the control means have been studied in automated system operation. Check regulator response time for closing is 1–5 minutes, for opening is 0.5–1.1 min. Particular attention is given to the accuracy of maintaining the level of rice paddies. During the entire observation period the check flooding level average in rice paddies is equal to 14.82 cm (15.00 cm recommended); regulation accuracy factor (the mean level deviation) was 0.71 cm in magnitude (with an acceptable 2.00 cm). The statistic analysis and forecast of the rice operation system automated by the proposed technology has been carried out on the basis of experimental data. The forecast showed the accuracy of maintaining the level with a deviation of 1.0 cm (in absolute value) on more than 80 % of area and incredibility of accuracy control output beyond the tolerance limits. The efficiency of these tools and automation technologies of rice systems has been proved. A forecast of the automated system operation that guarantees optimal conditions for growing rice and water resources saving has been carried out.

Keywords: rice irrigation system, water-efficient technology, the shortage of water resources, water distribution automation, flow, level, water conservation.

Введение. В последние годы отмечен интерес сельхозтоваропроизводителей к восстановлению рисовых систем и увеличению производства риса в Краснодарском крае. Данная тенденция положительна с точки зрения импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности, особенно в современной экономической ситуации. В 2014 г. посевная площадь риса в крае составила 130,5 тыс. га, в 2015 г. – 134,3 тыс. га¹.

В рамках мероприятий долгосрочной краевой целевой программы «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель в Краснодарском крае на 2013–2020 годы»² к 2020 г. планируется увеличить посевные площади, занятые рисом, до 145 тыс. га.

Дальнейшее стабильное водообеспечение действующих рисовых систем и расширение площадей ирригационного фонда в Краснодарском крае связано с проблемой нехватки воды. Периодический дефицит водных ресурсов в маловодные годы ставит под угрозу урожай риса даже на суще-

¹ Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю (Краснодарстат) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://krsdstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/krsdstat/ru/statistics/enterprises/agriculture/, 2015.

² Долгосрочная краевая целевая программа «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель в Краснодарском крае на 2013–2020 годы»: утв. Постановлением главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 3 июля 2012 г. № 801 // Справочно-правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Компания «Консультант Плюс», 2015.

ствующих рисовых системах. В качестве способа повышения водообеспеченности предлагается применение комплекса средств автоматизации водораспределения в наиболее водозатратном секторе – во внутривладельческом звене рисовых систем [1]. Предлагаемое решение полностью соответствует задачам программы¹, среди которых выделены повышение водообеспеченности земель сельскохозяйственного назначения и достижение экономии водных ресурсов за счет внедрения водосберегающих аграрных технологий.

Целью исследований являлось изучение эффективности работы средств автоматизации рисовых оросительных систем в рамках водосберегающей технологии, в связи с чем в 2014–2015 гг. выполнено масштабное экспериментальное внедрение средств автоматизации водораспределения на рисовом участке площадью 167 га в ООО «Зерновая компания «Новопетровская» Славянского района Краснодарского края. В рамках выполнения Приказа Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края № 37 от 17.03.2014 «Об образовании рабочей группы по согласованию взаимоотношений при возделывании риса в Краснодарском крае» комиссией 18 июля 2014 г. был проведен смотр экспериментального участка. Комиссия в составе представителей Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края, ВНИИриса, Кубанского ГАУ, ОАО «Кубаньводпроект» и специалистов-рисоводов Славянского района Краснодарского края рассмотрела экспериментальный участок и отметила высокую работоспособность и перспективность системы автоматизированного водораспределения и технических средств регулирования водного режима.

Материалы и методы. Основой наших предложений является при-

¹ Долгосрочная краевая целевая программа «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель в Краснодарском крае на 2013–2020 годы»: утв. Постановлением главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 3 июля 2012 г. № 801 // Справочно-правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Компания «Консультант Плюс», 2015.

менение технических средств регулирования водораспределения в рамках водосберегающей технологии, разработанной с учетом продолжительного опыта внедрения средств автоматизации рисовых систем [2]. Конструктивные решения технических средств запатентованы [3, 4]. Применяемые средства автоматизации – канальные и чековые регуляторы расходно-уровенного режима – прошли ряд конструктивных доработок и модификаций по техническому исполнению и используемым материалам [5]. Применявшиеся в 2014 г. модели регуляторов показаны на рисунке 1.



а – конструктивное исполнение чекового регулятора; *б* – чековый регулятор смонтирован на водовыпуске в чек; *в* – монтаж и настройка канального регулятора; *з* – канальный регулятор в работе в голове распределителя модуля

Рисунок 1 – Модельный ряд автоматических регуляторов для рисовых систем конструкции В. Т. Островского, Н. В. Островского, модификация 2014 г. (автор фото Н. В. Островский)

Регуляторы в автоматическом режиме обеспечивают уровень режим рисового поля, экономию оросительной воды, отсутствие проточности на чеках. Применение данных средств регулирования полностью исключает непродуктивные составляющие оросительной нормы и позволяет проводить эффективную организацию внутривозвращенного водооборота при дефиците поливной воды.

Задачей научных исследований 2014–2015 гг. являлось изучение режима работы автоматизированной системы регулирования на больших площадях посевов риса. Ранее нами проводились опыты по автоматизации рисовых карт – она показала себя высокоэффективной. Однако рисовые карты малы по площади и не являются самостоятельным элементом рисовой системы. Значительным по площади и степени экономической локальности является поле севооборота рисовой системы «Кубанская» (модуль системы «Кубанская»). Площадь одного стандартного модуля, как правило, превышает 140 га.

В рисовом севообороте модуль может быть занят рисом, сопутствующими культурами, быть рыбным паром или мелиоративным полем. Таким образом, модуль является самостоятельной единицей. Из комбинации модулей складывается экономическая структура хозяйства, района и региона, занятых возделыванием риса. Исходя из этого, достигнув эффекта в пределах модуля рисовой системы, следует проводить эффективную повсеместную автоматизацию.

Согласно задачам и программе проведения экспериментального внедрения 2014–2015 гг. была выполнена полная автоматизация модуля (рисунок 2) рисовой системы конструкции «Кубанская» на распределителе Рн-2-3-6. Площадь модуля составляет 166,5 га.

Автоматизация выполнялась в рамках разработанной водосберегающей технологии, включающей комплекс последовательных изыскательских, расчетных и эксплуатационных операций.

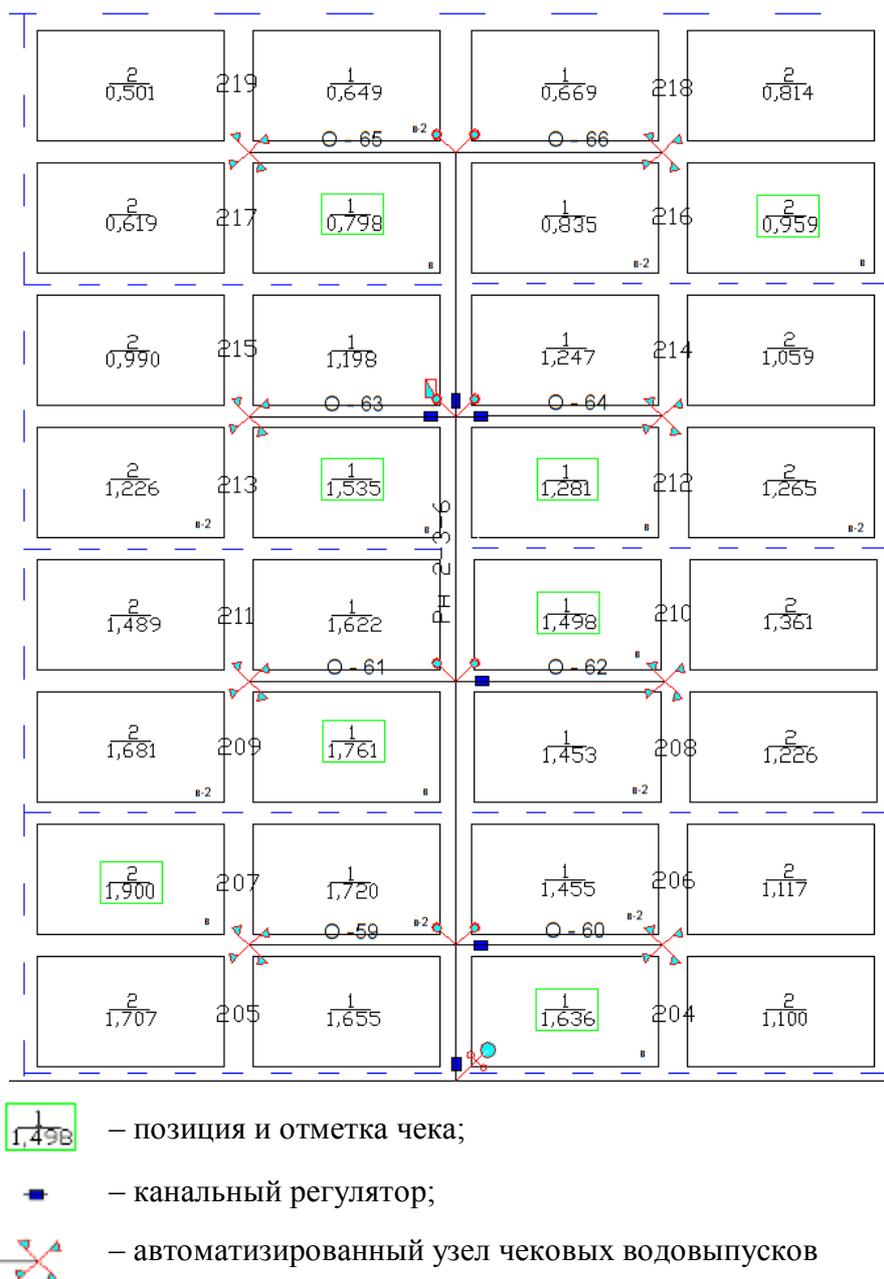


Рисунок 2 – Схема экспериментального модуля рисовой системы «Кубанская»

Базой для гидравлического расчета параметров и внедрения системы регулирования является исполнительная топографическая съемка модуля.

Съемка была выполнена в предпосевной период. Гидравлический расчет режима работы каналов на автоматизированном участке был выполнен с использованием специально разработанной расчетной программы для ЭВМ [6], основанной на применении в гидравлических расчетах русел способа конечных разностей (способа В. И. Чарномского) [7, 8].

На основе результатов топосъемки, гидравлического расчета каналов и анализа действительных натуральных размеров каналов и сооружений на модуле было установлено 32 чековых и шесть канальных регуляторов уровня. Таким образом, на модуле выполнена полная гидравлическая автоматизация и обеспечен режим самоконтроля водопотребления.

Чековые и канальные регуляторы устанавливались в предполивной период и включались в работу при первом затоплении участка.

Ряд водоводов в составе чековых водовыпусков в силу продолжительной эксплуатации имели дефекты, приводящие к контактной фильтрации вдоль трубы водовыпусков из оросителя в чеки. В результате этого установленные регуляторы уровня не выполняли свою задачу. Это чеки 210-2, 211-1, 212-2, 217-2, 218-1, 218-2, 219-1, 219-2. Пришлось ограничить на них эксплуатационные возможности регуляторов и оставить их в работе в полуавтоматическом режиме – в режиме «исключения обратного тока». Контроль водоподачи в такие чеки осуществлялся поливальщиком.

Результаты и обсуждение. В течение периода поддержания уровня на экспериментальном участке проводились наблюдения за динамическими и статическими характеристиками работы чековых регуляторов уровня.

К динамическим характеристикам автоматизированных водовыпусков относится скорость выполнения ими технологических операций открытия затвора при понижении уровня и закрытия затвора при достижении заданного уровня наполнения чека. Для определения динамических характеристик установленных в чеках регуляторов в разных точках модуля при различных значениях перепадов между уровнем оросителя и чека искусственно моделировались следующие ситуации:

- резкое открытие полностью закрытого регулятора (путем надавливания на поплавок);
- резкое закрытие полностью открытого регулятора (с максимально поднятым затвором), пропускающего максимальный расход (путем подъ-

ма штока и закрытия водопропускного отверстия на питательной трубке).

Результаты исследований по времени срабатывания регулятора на закрытие показаны на рисунке 3.

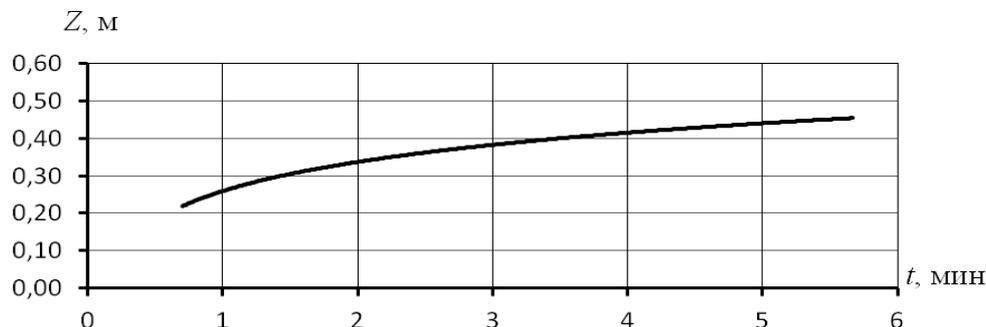


Рисунок 3 – Динамическая характеристика чековых регуляторов (закрытие) модификации 2014 г. по результатам полевых измерений

При характерных перепадах до 0,35 м время срабатывания (закрытия) чековых регуляторов находится в пределах 2 мин. Время полного открытия чековых регуляторов в ходе опытов в диапазоне перепадов 0,12–0,45 м составило 0,5–1,1 мин.

Под статическими характеристиками автоматизированных чековых водовыпусков понимается их способность поддерживать заданный уровень в рисовых чеках. Заданный уровень в чеке обеспечивает установленный на водовыпуске регулятор уровня. По результатам испытаний в лабораторных условиях, модифицированные конструкции регуляторов уровня 2014–2015 гг. позволяют устанавливать уровень с шагом 2,5 мм и поддерживать его с точностью ± 2 мм.

Условия практической эксплуатации средств регулирования являются более жесткими по сравнению с лабораторными. Здесь включается большое число факторов, которые могут потенциально снизить точность регулирования. К таким факторам относятся засоренный поток воды, ветровые колебания уровня, наличие биологических воздействий, несоблюдение правил эксплуатации регуляторов поливальщиками и др. Реальную картину качества поддержания уровня предложенных средств и способов автоматизации дает длительное наблюдение в реальных условиях за боль-

шим числом однотипных конструкций. Следуя этому принципу, мы провели статистическую обработку результатов работы чековых регуляторов за период поддержания уровня с глубиной наполнения чеков 15 см (для экспериментального поливного участка с 01.07.2014 по 15.08.2014 и с 13.07.2015 по 16.08.2015). Данные наблюдений за уровнями взяты из журналов поливальщиков. Сведения обработаны в программе MS Excel с построением диаграмм ежедневных уровней в чеках за весь период вегетации (рисунок 4).

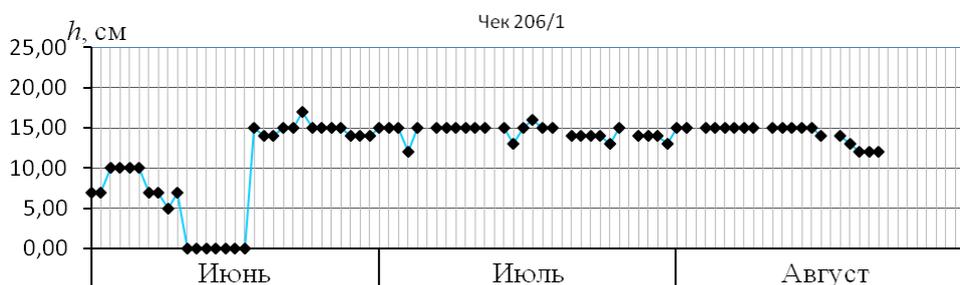


Рисунок 4 – Динамика уровня в автоматизированном чеке (206/1) экспериментального участка, 2014 г.

На основе наблюдений для каждого чека выполнен расчет среднего уровня за период поддержания рекомендованной глубины 15 см (таблица 1). Всего за вегетационный период 2014–2015 гг. наблюдениям и статистической обработке были подвергнуты 53 чека, на которых регуляторы работали на исправных водоводах чековых водовыпусков.

В 2015 г. помимо основного экспериментального участка (карты 204–219 модуля рисовой оросительной системы «Кубанская» на распределителе Рн-2-3-6) было автоматизировано еще семь чеков на участке системы с картами краснодарского типа.

По каждому из чеков установлен показатель «среднее отклонение уровня». Данный показатель определяется как среднее положительных и отрицательных отклонений от среднего уровня за период поддержания уровня (отрицательные учитывались по модулям значений) и характеризует точность поддержания уровня на автоматизированной системе.

Таблица 1 – Первичная обработка уровенного режима чеков на картах № 204, 206

Дата	Модуль отклонения	Чек 204/1, среднее значение уровня – 15,18 см	Модуль отклонения	Чек 204/2, среднее значение уровня – 15,05 см	Модуль отклонения	Чек 206/1, среднее значение уровня – 14,63 см	Модуль отклонения	Чек 206/2, среднее значение уровня – 14,63 см
		Отклонение, см		Отклонение, см		Отклонение, см		Отклонение, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.07	5,18	-5,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	4,63	-4,63
2.07	2,18	-2,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	1,63	-1,63
3.07	1,18	-1,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	1,63	-1,63
4.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	2,63	-2,63	1,38	1,38
5.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
7.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
8.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,63	-0,63
9.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,63	-0,63
10.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
11.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
12.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
14.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	1,63	-1,63
15.07	0,82	0,82	0,95	0,95	1,63	-1,63	1,63	-1,63
16.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
17.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	1,38	1,38	2,38	2,38
18.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	2,38	2,38
19.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
21.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,63	-0,63	0,38	0,38
22.07	0,82	0,82	5,05	-5,05	0,63	-0,63	0,63	-0,63
23.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,63	-0,63	1,63	-1,63
24.07	0,18	-0,18	0,95	0,95	0,63	-0,63	0,63	-0,63
25.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	1,63	-1,63	1,63	-1,63
26.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
28.07	0,82	0,82	0,05	-0,05	0,63	-0,63	0,63	-0,63
29.07	0,82	0,82	0,05	-0,05	0,63	-0,63	1,63	-1,63

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30.07	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,63	-0,63	1,63	-1,63
31.07	1,18	-1,18	1,05	-1,05	1,63	-1,63	0,38	0,38
1.08	0,18	-0,18	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
2.08	0,82	0,82	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
4.08	0,82	0,82	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
5.08	0,82	0,82	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
6.08	0,82	0,82	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
7.08	0,82	0,82	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
8.08	0,82	0,82	0,05	-0,05	0,38	0,38	0,38	0,38
9.08	0,82	0,82	0,95	0,95	0,38	0,38	1,38	1,38
11.08	0,82	0,82	0,95	0,95	0,38	0,38	1,38	1,38
12.08	0,82	0,82	0,95	0,95	0,38	0,38	1,38	1,38
13.08	0,82	0,82	0,95	0,95	0,38	0,38	1,38	1,38
14.08	0,82	0,82	0,95	0,95	0,38	0,38	1,38	1,38
15.08	0,82	0,82	0,95	0,95	0,38	0,38	1,38	1,38
	Среднее	Суммарное отклонение						
	0,66	0,00	0,38	0,00	0,59	0,00	1,04	0,00

По результатам двухлетнего эксперимента, для назначенного согласно режиму орошения уровня в чеке 15,00 см в целом по всем автоматизированным чекам за период поддержания уровня средства автоматизации выдержали уровень 14,82 см. Среднее его отклонение при поливе составило $\pm 0,71$ см. Это свидетельствует о том, что уровень в чеках поддерживался по всей автоматизированной системе с допустимыми отклонениями в пределах $\pm 1,5$ см. Известно, что при отклонении установленного режимом орошения уровня затопления на ± 2 см урожайность риса практически не изменяется [4]. Таким образом, результаты экспериментального внедрения позволяют характеризовать примененные регуляторы уровня как высокоточные средства автоматического регулирования, а работу автоматизированной системы водораспределения как высокоэффективную.

Накопленный экспериментальный материал позволил получить статистические показатели, обеспечивающие возможность анализа и прогнозирования работы автоматизированной рисовой системы с применением средств регулирования представленной конструкции. С этой целью ряд наблюдений за средними отклонениями уровня был обработан согласно алгоритму обработки распределения случайных величин, подчиняющихся закону нормального распределения Гаусса. Установлены статистические параметры, определяющие характер функции нормального распределения $f(x)$, математическое ожидание $a = 0,686$ см и среднее квадратическое отклонение $\sigma = 0,359$ см:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где x – значение случайной величины, для которой определяется $f(x)$;

σ – среднее квадратическое отклонение;

e – основание натуральных логарифмов, $e = 2,7183$;

a – математическое ожидание.

В ходе обработки ряда наблюдений построены аналитические диа-

граммы и кривые. На рисунке 5 показана гистограмма распределения случайной величины V , описывающей случайный характер экспериментальных значений величины среднего отклонения уровня. Характер гистограммы отвечает закону нормального распределения. На рисунке 6 показаны совмещенные графики дифференциальной функции распределения 1, построенные по результатам экспериментального распределения отклонений в ряду наблюдений, и теоретического распределения 2, построенного по зависимости (1). Теоретическое распределение получено по зависимости (1) с использованием значений математического ожидания и среднего квадратического отклонения величины V , соответствующих экспериментальному распределению.

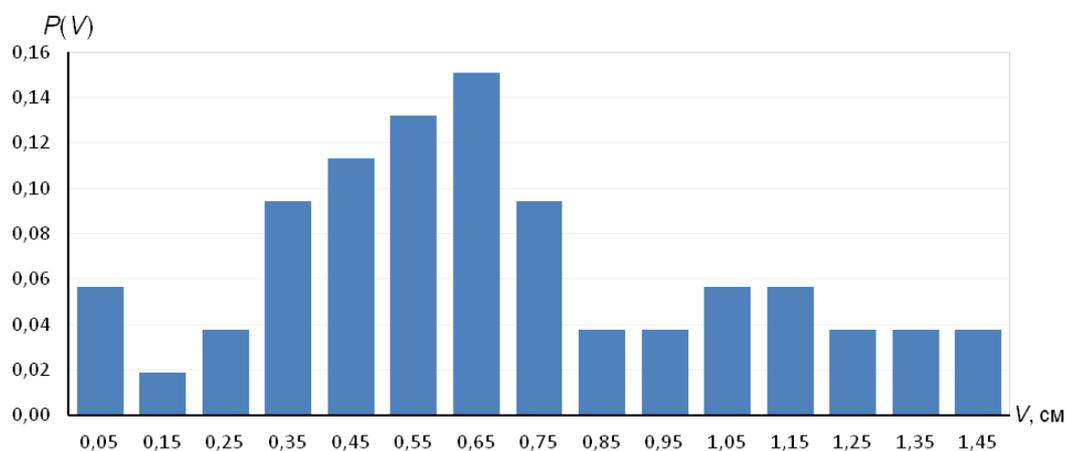
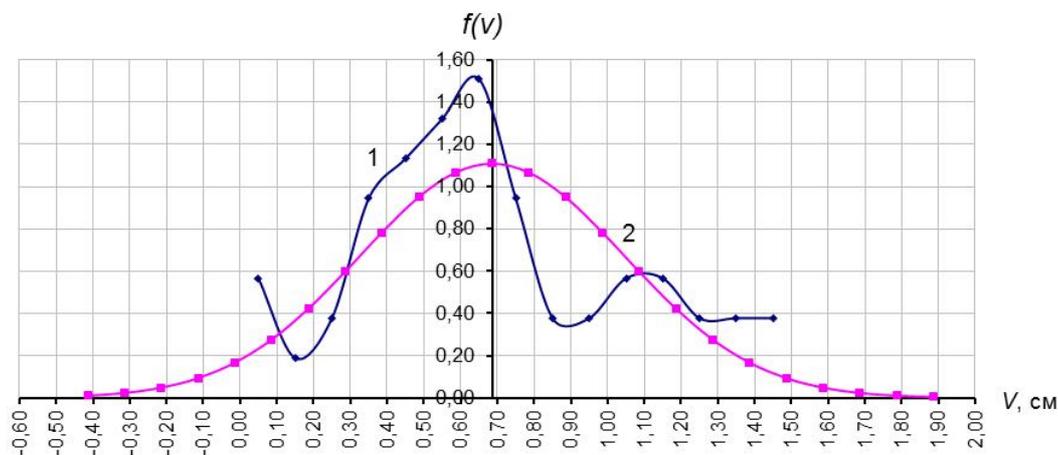


Рисунок 5 – Гистограмма распределения случайной величины V – среднего отклонения уровня



1 – по результатам экспериментальных наблюдений; 2 – теоретическая кривая

Рисунок 6 – Графики дифференциальной функции распределения случайной величины V – среднего отклонения уровня

График дифференциальной функции распределения отражает спектр возможных значений случайной величины. Наглядно видно, что значения случайной величины V – средних отклонений уровня – более 1,9 см не вероятны. Математическое ожидание отклонений составляет 0,69. Это позволяет сделать заключение о том, что регулирование уровня на автоматизированной системе будет выполняться с точностью, обеспечивающей оптимальные условия произрастания риса.

С целью прогнозирования точности поддержания уровня режима автоматизированной системы применена статистическая методика определения попадания случайной величины в заданный интервал [9, 10] с использованием функции Лапласа. Для расчетов использовались таблицы значений функции Лапласа Φ [11].

Вероятность того, что отклонение уровня будет находиться в установленном интервале, определялась по формуле:

$$P(\alpha < V < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right),$$

где α – нижняя граница диапазона отклонения уровня воды в чеке;

β – верхняя граница диапазона отклонения уровня воды в чеке;

a – математическое ожидание уровня по результатам обработки ряда наблюдений;

σ – среднее квадратическое отклонение наблюдаемого уровня.

Граничными значениями интервала (α, β) являлся задаваемый диапазон отклонений уровня от установленного значения.

Расчет показал, что отклонения от заданного уровня на автоматизированной системе составят $\pm 0,5$ см с вероятностью 0,32, $\pm 0,7$ см с вероятностью 0,506, $\pm 1,0$ см с вероятностью 0,808, $\pm 1,3$ см с вероятностью 0,957, $\pm 1,6$ см с вероятностью 0,995, $\pm 1,9$ см с вероятностью 0,9996.

Таким образом, выполнен прогноз среднего отклонения уровня (с осреднением за период поддержания уровня) на автоматизированной

рисовой системе с применением регуляторов показанной конструкции. Прогноз определяет, что на более чем 80 % автоматизированных площадей среднее отклонение уровня будет находиться в пределах $\pm 1,0$ см. Доля посеваемых площадей со средним отклонением уровня более $\pm 1,9$ см составит менее 0,04 %. Применительно к реальной площади стандартного модуля рисовой системы «Кубанская» 144 га отклонения более 1,9 см могут прогнозироваться для части модуля площадью 0,06 га, что значительно меньше площади стандартного рисового чека (6 га) и практически невозможно.

Выводы. В рамках водосберегающей технологии на рисовой оросительной системе реализован комплекс исследовательских мероприятий, включающий эксплуатацию технических средств автоматизации регулирования водного режима, реализацию запланированных организационно-технических решений и методов управления водным режимом, мониторинг автоматизированного участка на площади модуля рисовой системы «Кубанская». Результаты двухлетнего эксперимента с наблюдением за показателями автоматизированного участка рисовой системы показали высокую эффективность работы средств автоматизации. Точность поддержания уровня (среднее отклонение установленного уровня) составила $\pm 0,71$ см. Выполненный прогноз работы автоматизированной системы гарантирует оптимальные условия произрастания риса и экономию водных ресурсов.

Список использованных источников

1 Островский, Н. В. Инновационные технические средства для экономии водных ресурсов при возделывании риса / Н. В. Островский // Природообустройство. – 2015. – № 1. – С. 72–77.

2 Островский, Н. В. Проблемы автоматизации водораспределения на рисовых оросительных системах в современных условиях / Н. В. Островский // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / ВолГАУ. – Волгоград, 2013. – Т. 3. – С. 381–383.

3 Пат. 2492519 Российская Федерация, МПК G 05 D 9, A 01 G 25/16. Автоматизированный чековый водовыпуск для дискретного регулирования уровня нижнего бьефа / Островский Н. В., Островский В. Т., Кизюн Ж. В., Попов В. А., Островский В. В.; заявитель и патентообладатель Кубан. гос. аграр. ун-т. – № 2012107508/28; заявл. 28.02.12; опубл. 10.09.13, Бюл. № 25. – 9 с.

4 А. с. 1236435 Российская Федерация, МКИ G 05 D 9. Регулятор уровня в бье-

фах гидротехнических сооружений / В. Т. Островский, А. В. Сербинов. – № 3647210/24-24; заявл. 28.09.83; опубл. 07.06.86, Бюл. № 21. – 4 с.

5 Островский, Н. В. Производственные испытания автоматизированного чекового водовыпуска при импульсном орошении риса / Н. В. Островский, В. А. Попов, Г. В. Аксенов // Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / ВолГАУ. – Волгоград, 2012. – Т. 1. – С. 270–273.

6 Свидетельство № 2015619935 Российская Федерация. Расчет автоматизированных каналов на поле рисового севооборота / Н. В. Островский, В. Т. Островский. – Заявл. 27.07.15; зарегистрирована в реестре программ для ЭВМ 17.09.15.

7 Чугаев, Р. Р. Гидравлика / Р. Р. Чугаев. – Л.: Энергия, 1970. – 552 с.

8 Константинов, Н. М. Гидравлика, гидрология, гидрометрия. В 2 ч. Ч. 1. Общие законы / Н. М. Константинов, Н. А. Петров, Л. И. Высоцкий. – М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.

9 Водопользование на рисовых гидромелиоративных системах Нижней Кубани: монография / Ю. А. Свистунов, А. Ю. Галкин, А. Ю. Свистунов, С. Н. Якуба. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 295 с.

10 Дунин-Барковский, И. В. Теория вероятности и математическая статистика в технике / И. В. Дунин-Барковский, Н. В. Смирнов. – М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1955. – 557 с.

11 Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.

References

1 Ostrovskiy N.V. 2015. *Innovatsionnye tekhnicheskie sredstva dlya ekonomii vodnykh resursov pri vozdeyvanii risa* [Innovative technical means to save water resources by rice cultivation]. *Prirodoobustroistvo* [Environmental Engineering]. no. 1, pp. 72-77. (In Russian).

2 Ostrovskiy N.V. 2013. *Problemy avtomatizatsii vodoraspredeleniya na risovykh orositelnykh sistemakh v sovremennykh usloviyakh* [Problems of water distribution automation in rice irrigation systems under modern conditions]. *Integratsiya nauki i proizvodstva – strategiya ustoichivogo razvitiya APK Rossii v VTO: materials of Internat. nauchno-praktich. konferentsii VolGAU* [Integration of Science and production – a Strategy for Sustainable Development of Agribusiness of Russia in WTO: Materials Intern. scientific-practical. Conf. VolGAU]. [Volograd] vol. 3. pp. 381-383. (In Russian).

3 Ostrovskiy N.V., Ostrovskiy V.T., Kizyun J.V., Popov V.A., Ostrovskiy V.V. 2012. *Avtomatizirovannyi chekovyi vodovypusk dlya diskretnogo regulirovaniya urovnya nizhnego biefa* [Automatic check spillway for discrete regulation level of downstream]. Pat. RF № 2492519. (In Russian).

4 Ostrovskiy V.T., Serbinov A.V. 1986. *Regulyator urovnya v biefakh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii* [Level Control in Waterworks Downstream Pools]. Author certificate 1236435 RF, № 3647210/24-24. (In Russian).

5 Ostrovskiy, N.V., Popov V.A., Aksekov G.V. 2012. *Proizvodstvennye ispytaniya avtomatizirovannogo chekovogo vodovypuska pri impulsnom oroshenii risa* [Field tests of automated check spillway at rice impulse irrigation]. *Agrarnaya nauka – osnova uspehnogo razvitiya APK i sokhraneniya ekosistem; materialy Mezhdunarodnoy nauchno-praktich. konferentsii VolGAU* [Agricultural Science – the Basis for Successful Development of Agribusiness and Ecosystems Conservation: Proceedings Intern. Scientific-Practical. Conf. VolGAU]. Volgograd, vol. 1, pp. 270-273. (In Russian).

6 Ostrovskiy N.V., Ostrovskiy V.T. 2015. *Raschet avtomatizirovannykh kanalov na*

pole risovogo sevooborota [Calculation of automated channels in the field of rice crop rotation]. Certificate RF № 2015619935. (In Russian).

7 Chugaiv R.R. 1970. *Gidravlika* [Hydraulics]. Leningrad, Energy Publ., 552 p. (In Russian).

8 Konstantinov N.M. Petrov N.A., Vysotsky L.I. 1987. *Gidravlika, Gidrologiya, Gidrometriya. V 2 chastyakh. Ch. 1. Obshchie zakony* [Hydraulics, Hydrology, Hydrometry. 2 parts. Part 1. General laws]. Moscow, Higher School Publ., 304 p. (In Russian).

9 Svistunov Yu.A., Galkin A. Yu, Svistunov A. Yu, Yakuba S.N. 2014. *Vodopolzovanie na risovykh gidromeliorativnykh sistemakh Nizhney Kubani: monografiya* [Water use in paddy irrigation and drainage systems of Lower Kuban: monograph]. Krasnodar: KubGAU Publ, 295 p. (In Russian).

10 Dunin-Barkovskii, I. V. Smirnov N.V. 1955. *Teoriya veroyatnosti i matematicheskaya statistika v tekhnike* [The theory of probability and mathematical statistics in engineering]. Moscow, State tehn.-theor. lit. Publ, 557 p. (In Russian).

11 Gmurman V.Ye. 2003. *Teoriya veroyatnosti i matematicheskaya statistika* [Theory of Probability and Mathematical Statistics]. Moscow, Higher school Publ., 479 p. (In Russian).

Островский Николай Вячеславович

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: докторант

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет»

Адрес организации: ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Российская Федерация, 350044

E-mail: nik-ostrovskij@yandex.ru

Ostrovskiy Nikolay Vyacheslavovich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Doctoral Candidate

Affiliation: Kuban State Agrarian University

Affiliation address: st. Kalinina, 13, Krasnodar, Russian Federation, 350044

E-mail: nik-ostrovskij@yandex.ru