

На правах рукописи



Коженко Наталья Владимировна

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ
РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕТИ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Специальность: 06.01.02 – Мелиорация,
рекультивация и охрана земель

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ)

Научный руководитель **Дегтярев Георгий Владимирович**
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Ольгаренко Игорь Владимирович**
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова, кафедра мелиорации земель, заведующий;
Григорьев Сергей Михайлович
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, кафедра мелиорации земель и комплексного использования водных ресурсов, профессор

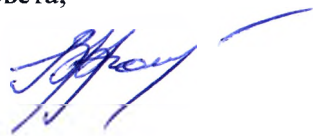
Ведущая организация: **ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ**
(г.Саратов)

Защита состоится «11» февраля 2020 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.08 при ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина 13, Кубанский ГАУ, корпус факультета механизации, ауд. № 345.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ <http://kubsau.ru/>.

Автореферат разослан « » _____ 2019 г. и размещен на официальном сайте ВАК при Министерстве образования и науки России <https://vak.minobrnauki.gov.ru/> и на сайте ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ <http://kubsau.ru/>

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор
Фролов Владимир Юрьевич



ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Государством в стратегической программе развития сельскохозяйственному производству отводится одно из центральных мест. В частности, намечено увеличение занятых только под производство риса земель до 145 тыс. га. Основные рисовые оросительные системы в Краснодарском крае сосредоточены в бассейне р. Кубань, но уже сейчас есть проблема дефицита водных ресурсов. Таким образом, реализация намеченных планов невозможна без разработки и массового внедрения в производственный процесс современных ресурсосберегающих технологий и реализующих их технических средств.

Совершенствование водораспределения на внутрихозяйственном звене, разработка и внедрение малозатратных энерго-сберегающих технологий и технических средств гидравлического действия, обеспечивающих исключение потерь, позволит осуществить экономию водных ресурсов и расширить площади орошения.

Степень разработанности темы. Вопросами ресурсосбережения при водораспределении на внутрихозяйственном звене занимались следующие ученые: Я. В. Бочкарёв, В. Н. Щедрин, М. С. Григоров, В. И. Ольгаренко, Ю. А. Свистунов, Е. В. Кузнецов, А. Д. Гумбаров, И. В. Ольгаренко, А. Е. Новиков, А. А. Пахомов, В. Т. Островский и др.

Если водораспределение на уровне магистральных каналов в увязке с хозяйственными каналами первого уровня еще каким-то образом пытаются включить в процесс ресурсосбережения, то на низовом звене до настоящего времени эта проблема практически оставлена без внимания.

Рабочая гипотеза. Повысить эффективность использования водных ресурсов во внутрихозяйственной сети оросительных систем можно на основе гидравлических регуляторов, исключаящих нерегулируемые протечки.

Цель работы – повышение эффективности использования водных ресурсов во внутрихозяйственной сети оросительных систем на основе теоретического обоснования и разработки новых

технических решений по управлению водораспределением.

Задачи исследования:

1. Разработать теоретическую модель процесса предотвращения эколого-экономического ущерба на внутриводопольном звене мелиоративных систем.

2. Разработать и обосновать параметры и режимы гидравлических регуляторов, исключающих нерегулируемые протечки при внутриводопольном водораспределении.

3. Выполнить лабораторные исследования основных и управляющих расходных характеристик гидравлических регуляторов.

4. Выполнить комплексные натурные исследования основных и управляющих расходных характеристик регуляторов.

5. Осуществить сравнительный анализ разработанных гидравлических регуляторов, исключающих нерегулируемые протечки.

6. Разработать методику инженерного расчета регуляторов, исключающих нерегулируемые протечки, для внутриводопольного звена оросительных систем.

7. Выполнить экономическое обоснование применения регуляторов, исключающих нерегулируемые протечки.

Методы исследований – включают методы теоретического и системного анализа, математического и компьютерного моделирования, теории многофакторных экспериментов с элементами математической статистики.

Математическое моделирование осуществлялось с использованием программного комплекса (ПК) FlowVision. Результаты экспериментов обрабатывались на ПЭВМ с использованием ПК wxMaxima. Расчет экономической эффективности от внедрения ленточных регуляторов выполнен в ПК Гранд-Смета, данные обрабатывались с использованием пакета Excel Microsoft Office.

Объект исследования – регуляторы гидравлического действия с гибкими запорными органами, исключающими нерегулируемые протечки на оросительных системах.

Предмет исследований – конструктивно-технологические

параметры и режимы, статические характеристики регуляторов с ленточным запорным органом, исключаящим нерегулируемые протечки, на внутривоздействующем звене оросительной системы.

Научная новизна:

– разработана теоретическая модель процесса предотвращения эколого-экономического ущерба на внутривоздействующем звене мелиоративных систем;

– получены регрессионные модели основных и управляющих расходных характеристик лабораторных и натуральных разработанных регуляторов с порогом на седле и с выступом на ленте запорного органа, исключаящих нерегулируемые протечки;

– определены квазиоптимальные соотношения основных конструктивных и технологических параметров разработанных регуляторов с порогом на седле и с выступом на ленте запорного органа.

Теоретическая и практическая значимость: теоретически обоснована модель процесса предотвращения эколого-экономического ущерба на внутривоздействующем звене мелиоративных систем, а также статические характеристики гидравлических регуляторов с ленточными запорными органами. Разработаны и обоснованы конструкции гидравлических регуляторов с ленточными органами (регулятор расхода воды – пат. РФ № 2549396, стабилизатор расхода воды – пат. РФ №2559680, регулятор расхода воды для диафрагмовых водовыпусков – пат. РФ № 2557376). Практическую значимость представляет методика проектирования и расчета регуляторов оросительной воды. Внедрение ленточных регуляторов в оросительной системе многолетних плодоносящих насаждений в хозяйстве Абинского района и для орошения земель сельхозназначения в хозяйстве г. Кореновска оказалось экономически эффективным. Срок окупаемости проекта – два года.

На защиту выносятся следующие положения:

– теоретическая модель процесса предотвращения эколого-экономического ущерба на внутривоздействующем звене мелиора-

тивных систем;

– гидравлические регуляторы с ленточными запорными органами, исключаящими нерегулируемые протечки на внутриводопользовательном звене оросительной системы;

– регрессионные модели влияния конструктивно-технологических факторов на расходные характеристики регуляторов с ленточными запорными органами;

– методика инженерного расчета основных конструктивных и технологических параметров гидравлических регуляторов с ленточными запорными органами;

– расчеты экономической эффективности при внедрении в производство регулятора с ленточным запорным органом.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность полученных результатов, основных выводов и предложений практике обусловлена большим объемом экспериментальных и теоретических исследований, использованием апробированных методов планирования эксперимента и обработки полученных данных, высоким уровнем сходимости результатов моделирования и лабораторных опытов с результатами опытно-производственной проверки, а также численного моделирования.

Результаты исследований были внедрены в производство в АО «КСП «Светлогорское» и в ООО «Навигатор» на системах водораспределения из каналов старшего порядка во внутриводопользовательные водораспределители, где регуляторы уровня воды с порогом на седле, адаптированные к работе в системе автоматического регулирования, показали хорошую работоспособность в течение трех лет.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс Кубанского ГАУ, а регуляторы уровня воды с порогом или с выступом на ленте используются в лабораторном оборудовании учебного процесса на факультете гидромелиорации.

Основные положения диссертационной работы и результаты исследований докладывались и обсуждались: на ежегодных научных конференциях Кубанского ГАУ (г. Краснодар, 2015–

2017 г.); на региональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономики и технологического развития отраслей народного хозяйства» (г. Краснодар, 2016 г.); на всероссийских научно-практических конференциях молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (г. Краснодар, 2015 –2017 гг.); на всероссийской научно-практической конференции «Научное творчество молодежи – шаг в будущее!» (г. Анапа, 2013 г.); на международном конкурсе «Молодежь в науке. Новые аргументы» (г. Липецк, 2014 г.); на международных научно-практических конференциях (г. Стерлитамак, 2015 г., г. Уфа, 2015 г., г. Санкт-Петербург, 2015 г., г. Новосибирск, 2016 г.); на международной научной конференции «Актуальные вопросы современной техники и технологии» (г. Липецк, 2016 г.).

Публикация результатов исследований.

По материалам диссертационной работы опубликовано 25 печатных работ, из них 9 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 6 – в материалах международных научно-практических конференций, остальные – в других изданиях. По результатам исследований получены три патента Российской Федерации на изобретения.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 131 наименование, и приложения. Диссертация изложена на 154 страницах машинописного текста, содержит 60 рисунков и 19 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследований, сформулирована цель работы, научная новизна, практическая значимость и представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены способы и средства водораспределения, анализ которых позволил выявить несовершенство

конструкций с гибкими рабочими органами. При этом именно гибкие оболочки, используемые в регуляторах непрямого действия, нашедших в свое время широкое распространение на внутрихозяйственной сети, не могут обеспечить работу без нерегулируемых протечек.

Сформулированы цели и задачи исследований.

Во второй главе рассмотрена математическая модель процесса предотвращения эколого-экономического ущерба на внутрихозяйственном звене мелиоративных систем.

Деятельность хозяйства не должна причинять вреда окружающей природной среде, поэтому оценку целесообразности вида хозяйственной деятельности осуществили с учетом ущерба от воздействия на окружающую среду и природоохранных мероприятий, и сравнили альтернативные варианты по эколого-экономическим характеристикам.

Особенность оценки эффективности природоохранных проектов состоит в необходимости учета вероятностного характера происходящих процессов.

Намечаемые мероприятия рассматриваем в соответствии с пуассоновским потоком интенсивности λ . Степень возможности определенных сценариев характеризуется их вероятностными распределениями. Вероятность наступления определенного состояния оросительной системы $R(S)$ зависит от стоимости проведенных мероприятий $S(t)$. Функция $S(t)$ определяет стоимость альтернативных мероприятий по обеспечению экономии воды.

В диссертационной работе предложена формула для плотности вероятностей промежутка времени до наступления благоприятного состояния:

$$p(\tau) = \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^\tau \lambda R(S(t)) dt\right). \quad (1)$$

где функция $S(t)$ – стоимость мероприятий, осуществленных до момента времени t .

Введена функция $K(\tau)$, характеризующая экологический ущерб, который будет нанесен оросительной системе, если удовлетворительное состояние системы наступит в момент времени t . С использованием выражения (1) определяли функцию удель-

ных ущербов при наличии нерегулируемых протечек в оросительной системе. Далее рассмотрен вопрос об оптимальном законе изменения стоимости мероприятий. Если удовлетворительное состояние системы наступит в момент времени τ , то общий доход Q предприятия от проведенных мероприятий можно записать в виде:

$$Q(\tau) = \int_0^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau \quad (2)$$

и потребовать $Q \Rightarrow \max_{S(\tau)}$.

Используя методы вариационного исчисления, получили дифференциальное уравнение для оптимального значения $S(\tau)$ в виде:

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2}\right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K'(\tau) = 0 \quad (3)$$

По виду представленное дифференциальное уравнение (3) – уравнение первого порядка относительно $S(\tau)$.

Чтобы найти произвольную постоянную, входящую в общее решение (3), составлено дополнительное условие, положив на экстремали $\tau = 0$. Получили:

$$\begin{aligned} & \frac{R(S(0))}{R'(S(0))} + S(0) - K(0) = \\ & = \int_0^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right) dt. \end{aligned} \quad (4)$$

Рассмотрен частный случай выражения ущерба $K(\tau) = K_0 \tau$. Дифференциальное уравнение, соответствующее этому случаю:

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2}\right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K_0 = 0. \quad (5)$$

Решение уравнения (5) имеет вид $S(\tau) = S_0$. Тогда $S'(\tau) = 0$, это приводит к алгебраическому уравнению:

$$-\lambda \frac{R^2(S_0)}{R'(S_0)} = K_0. \quad (6)$$

Принята зависимость стоимости выполняемых мероприятий на системе от времени функцией

$$S(t) = S_m + (S_0 - S_m)e^{-\alpha t},$$

где S_m – минимальная стоимость мероприятий (максимальный ущерб причинённый оросительной системе), при которой неудовлетворительное состояние системы наступит обязательно, $R(S_m) = 1$, S_0 – начальная стоимость мероприятий, α – характеризует изменение цены мелиоративного мероприятия со временем.

С учетом принятого выражения функции $S(t)$ уравнение (6) для K_0 приняло вид:

$$K_0 = \lambda \frac{(S_m - S_0)^2}{S_m - S_M}, \quad (7)$$

где S_M – максимальная стоимость мероприятий (минимальный ущерб причинённый оросительной системе), при которой не будет вреда природной среде, $R(S_M) = 0$.

Из выражения (7) получили начальную стоимость мероприятий

$$S_0 = S_m - \sqrt{\frac{K_0(S_m - S_M)}{\lambda}}. \quad (8)$$

В рамках предложенной математической модели вычислены основные характеристики состояния объекта – плотность распределения вероятностей рассматриваемой случайной величины, ее математическое ожидание и дисперсия. Анализ формулы (8) показал, что предложенная модель допускает прогноз влияния изменений условий эксплуатации оросительного объекта на количественном уровне, и как следствие – возможность на ней различных вариантов разработанных гидравлических регуляторов. Для реализации предложенной математической модели процесса, основанной на теории вероятности, тем более с учетом квалитетности задачи, предполагает накопление данных по системе, а по возможности даже их непрерывный анализ, с последующим использованием в формировании совершенствования модели.

Для систем внутриводораспределительного водораспределения разработаны гидравлические регуляторы, исключая нерегулируе-

мые протечки. Общий вид стабилизатора расхода по патенту РФ № 2520068 показан на рисунке 1.

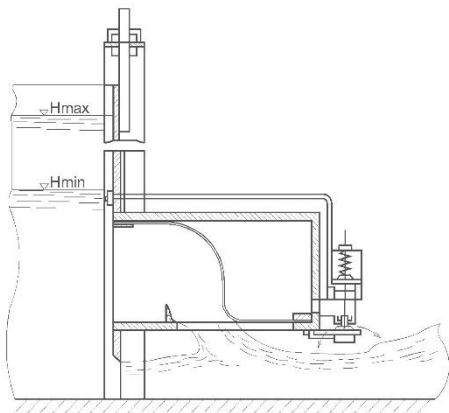


Рисунок 1 – Общий вид стабилизатора расхода воды с порогом для исключения нерегулируемых протечек

В третьей главе представлены исследования расходной характеристики $Q = f(H, d)$ лабораторного образца ленточного регулятора от уровня воды в верхнем бьефе (H) и диаметра сливного отверстия d , также и в безразмерном виде. Получена регрессионная модель вида

$$Q = -14357,03 - 25,04H + 41451,01d + 77,03Hd - 0,346H^2 - 29659,700d^2.$$

Геометрическая интерпретация поверхности функции отклика $Q = f(H, d)$, а также графики линий уровня функции отклика представлены на рисунке 2 и выполнены при использовании программного комплекса wxMaxima.

Для основных расходных характеристик регулятора в пределах от 99,007 до 667,04 см³/с установлено, что с увеличением значения уровня воды в верхнем бьефе во всем диапазоне от 18 до 30 см при нахождении значения другого фактора диаметр сливного отверстия d , изменяющийся в диапазоне от 0,6 до 0,73 см, значения функции отклика Q имеют слабую тенденцию к увеличению. В области значений диаметра сливного отверстия

d , близких к 0,73 см, находится гребень седловины, когда функция отклика Q наиболее чувствительна к изменению уровня воды в верхнем бьефе H во всем диапазоне изменения параметра.

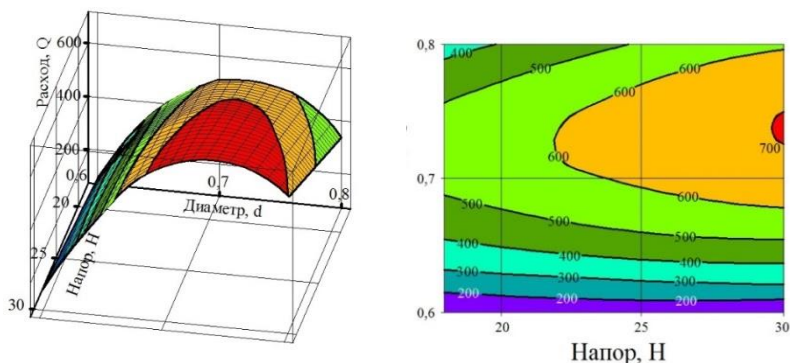


Рисунок 2 – Графики поверхности функции отклика $Q = f(H, d)$ и линий уровня

Представлены лабораторные исследования управляющих $q = f(H, d)$ расходных характеристик регулятора с ленточным запорным органом в диапазоне 38,05–98,02 см³/с, в том числе и в безразмерном виде. Получены адекватные регрессионные модели. Построены графики: поверхности, линий уровня и сечений функции отклика.

В четвертой главе в программном комплексе осуществлено моделирование твердотельной расчетной модели регулятора, представленной на рисунке 3. Геометрические размеры модели 300 × 300 мм. Исследования регулятора выполнены в программе FlowVision при рабочем напоре, равном 50, 100, 150 см, открытии ленты в 1, 2, 3 мм и граничных условиях – «свободный выход».

Представлены натурные исследования регуляторов с порогом на седле и с выступом на ленте запорного органа для основных и управляющих расходных характеристик по функциям $Q = f(H, d)$ и $q = f(H, d)$.

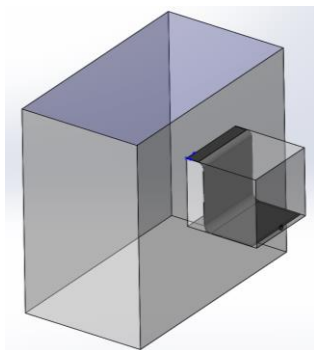


Рисунок 3 – Изображение расчетной твердотельной модели регулятора

Получена регрессионная модель основных расходных характеристик натурального образца регулятора вида

$$Q = f(H, d) = -86276,676 - 76,274H + 124537,60d + 115,154Hd - 0,519H^2 - 44550d^2.$$

Для основных расходных характеристик регулятора установлено, что функция отклика постоянно возрастает во всем диапазоне изменения рабочего напора от 36 до 60 см, при этом наименьшее влияние на функцию отклика Q оказывает наименьший диаметр сливного отверстия $d = 1,2$ см, когда расход изменяется лишь от 600 до 800 см³/с.

Получена регрессионная модель управляющих расходных характеристик $q = f(H, d)$ натурального образца регулятора вида

$$q = -9102,52 - 1,14H + 13280,43d + 3,36Hd - 4673,22d^2.$$

Геометрическая интерпретация поверхности функции отклика $q = f(H, d)$, а также графики линий уровня функции отклика представлены и выполнены при использовании программного комплекса wxMaxima.

В пятой главе представлены натурные исследования и анализ основных и управляющих расходных характеристик регуляторов, с порогом на седле и с выступом на ленте для функций $Q = f(H, a)$ и $q = f(H, a)$. Геометрическая интерпретация поверхности функции отклика $Q_{нор}$ основной расходной характери-

стики и сечения при рабочем давлении на входе $H = 5000; 9000$ и 14000 Па дана на рисунке 4.

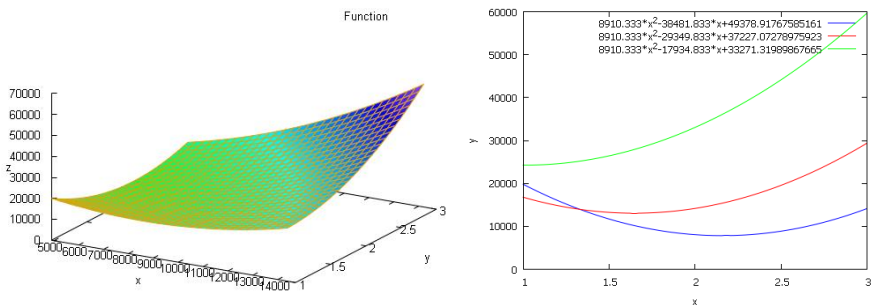


Рисунок 4 – Графики поверхности функции отклика $Q_{пор} = f(H, a)$ натурального образца с порогом и сечения при рабочем давлении на входе $H = 5000; 9000$ и 14000 Па

При минимальном рабочем давлении на входе в регулятор $H = 5000$ Па функция расхода имеет экстремум по минимуму при открытии $a = 2,25$ мм, который составляет $Q_{пор} = 8500$ см³/с. При уменьшении или при увеличении величины открытия запорного органа, расход неизменно увеличивается, и при $a = 1$ мм расход составляет $Q_{пор} = 20000$ см³/с.

Сравнительный анализ, проведенный посредством диаграмм расходных характеристик регуляторов с порогом на седле и с выступом на ленте при $H = 5000$ Па позволяет констатировать, что наибольшая разность по функциям имеется при открытии ленты на 2 мм и составляет 22 %, однако увеличение a до 3 мм уменьшает эту разность до 3,5 % (рисунок 5).

В этой главе разработана методика инженерного расчета регуляторов с ленточным запорным органом.

Выполнено экономическое обоснование применения гидравлических регуляторов на инженерно-мелиоративных системах. Расчет осуществлялся через объем сэкономленной воды по ставке водного налога по бассейну р. Кубань. Экономия позволяет дополнительно обеспечить водой площади сельскохозяйственного назначения.

Капитальные вложения в проект составили 2 053 тыс. руб.

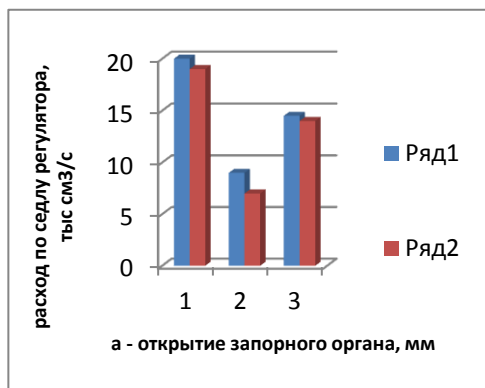


Рисунок 5 – Гистограмма расходных характеристик регуляторов по седлу с порогом и с выступом на ленте при $H = 5000$ Па: ряд 1 – расход по седлу регулятора с порогом; ряд 2 – расход по седлу регулятора с выступом на ленте

Оценка эффективности проекта экономии оросительной воды при использовании ленточных регуляторов в рисовом хозяйстве Красноармейского района Краснодарского края производилась с использованием дисконтирования соответствующих денежных потоков.

За расчетный период, равный 10 годам, дисконтированный прирост чистого дохода при использовании ленточных регуляторов расхода и уровня воды составит 5 575 тыс. руб., а прирост чистого дохода составит 7 940 тыс. руб. Индексы доходности затрат и инвестиций имеют положительные значения, ввиду чего проект был признан эффективным. Проект окупается на 2-й год эффективного использования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Разработана теоретическая модель процесса предотвращения эколого-экономического ущерба на внутрихозяйственном звене мелиоративных систем.

2. Разработаны и обоснованы параметры и режимы гидравлических регуляторов с ленточными запорными органами, исключаящими нерегулируемые протечки – регулятор расхода воды (пат. РФ № 2549396), стабилизатор расхода воды (пат. РФ № 2559680), регулятор расхода воды для диафрагмовых

водовыпусков (пат. РФ № 2557376).

3. Выполнены лабораторные исследования основных Q и управляющих q расходных характеристик регулятора с порогом на седле. Построены графики поверхностей, линий уровня и сечений функции отклика $q = f(H, d)$ и $Q = f(H, d)$. Анализ графиков показывает, что с увеличением напора в верхнем бьефе основная расходная характеристика постоянно увеличивается от 99 до 667 см³/с, при любых диаметрах отверстий из управляющей полости от 6 до 8 мм, при этом оптимальное значение напора равно 47,6 см, а диаметр слива равен 7,3 мм.

4. Выполнены натурные исследования основных Q и управляющих q расходных характеристик регулятора с порогом на седле. Построены графики поверхности, линий уровня и сечений функций отклика $q = f(H, d)$ и $Q = f(H, d)$. Анализ графиков показывает, что с увеличением напора в верхнем бьефе от 36 до 60 см, основная расходная характеристика постоянно увеличивается от 580 до 3994 см³/с, во всем диапазоне изменения диаметра сливного отверстия от 1,2 до 1,6 см, при этом оптимальное значение диаметра сливного отверстия равно 1,45 см.

5. Осуществлено сравнение двух вариантов регуляторов: с порогом на седле регулятора по патенту РФ № 2559680 и с выступом на ленте запорного органа по патенту РФ № 2549396. Установлено, что оба вида регуляторов обеспечивают полное перекрытие проходного сечения в закрытом положении. В начальной стадии открытия ленты запорного органа – 1, 2 и 3 мм – для обоих видов регуляторов выявленные отличия в расходных характеристиках. При рабочем давлении 5000 Па наибольшее сопротивление потоку оказывает открытие ленты в 2 мм. При давлении 9000 Па это влияние уменьшается практически в два раза.

6. Разработана методика инженерного расчета регуляторов с порогом на седле и с выступом на ленте запорного органа. Методика инженерного расчета регуляторов выполнена пошагово, что повышает надежность проектирования.

7. Осуществлено экономическое обоснование применения гидравлических регуляторов. Дисконтированный прирост чисто-

го дохода при использовании регуляторов составил 5 575 тыс. руб., а прирост чистого дохода составил 7 940 тыс. руб. Индексы доходности затрат и инвестиций имеют положительные значения, ввиду чего проект был признан эффективным. Срок окупаемости проекта составляет два года.

Рекомендации производству

Разработанная методика инженерного расчета гидравлических ленточных регуляторов, исключаящих нерегулируемые протечки, полученные статические характеристики позволяют выполнить расчет квазиоптимальных конструктивно-технологических параметров устройств водораспределения.

Полученные результаты рекомендуется использовать при расчете и проектировании гидравлических регуляторов с ленточным запорным органом для внутривозвратной сети оросительной системы.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшие исследования целесообразно посвятить динамическим характеристикам гидравлических регуляторов, исключаящих нерегулируемые протечки, имеющих ленточный запорный орган, обеспечивающий наименьшее гидравлическое сопротивление при минимальных открытиях.

Отдельного рассмотрения требуют вопросы роли и места гидравлических регуляторов с ленточным запорным органом при автоматизированном водораспределении на внутривозвратном звене оросительной системы.

Основные положения диссертации опубликованы:

– в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Дегтярев, Г. В. Теоретические основы характеристик системы автоматического регулирования рисового чека и регулятора уровня / Г. В. Дегтярев, Н. В. Коженко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5 (44). – С. 252–255.

2. Дегтярев, Г. В. Обоснование мембранного чувствительного элемен-

та для ленточных регуляторов расхода воды / Г. В. Дегтярев, Н. В. Коженко, О. Г. Дегтярева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5 (44). – С. 256–262.

3. Дегтярев, Г. В. Исследование расходных характеристик регулирующего органа ленточного регулятора расхода воды методом планирования эксперимента / Г. В. Дегтярев, Н. В. Коженко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1(46). – С. 212–218.

4. Коженко, Н. В. Исследование расходных характеристик задатчика ленточного регулятора расхода для рисовых чеков / Н. В. Коженко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3(48). – С. 158–163.

5. Коженко, Н. В. Исследование безразмерных расходных характеристик регулирующего органа, ленточного регулятора расхода воды, методом планирования эксперимента / Н. В. Коженко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 01 (095). С. 310–326. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/43.pdf>, 1,125 у.п.л.

6. Коженко, Н. В. Исследование при использовании САЕ-системы FlowVision течения жидкости в лабораторном образце ленточного запорного органа, армированного выступом на ленте / Н. В. Коженко, Г. В. Дегтярев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (57). – С. 182–189.

7. Коженко, Н. В. Гидравлические исследования безразмерных расходных характеристик регулирующего органа натурального образца ленточного регулятора воды / Н. В. Коженко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – № 09 (113). С. 963–983. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/71.pdf>.

8. Дегтярев, В. Г. Исследование течения жидкости в лабораторном образце ленточного запорного органа регулятора воды при использовании САЕ-системы FlowVision / В. Г. Дегтярев, Н. В. Коженко, Г. В. Дегтярев // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – № 05(119). С. 1134–1158. – IDA [article ID]: 1191605080. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/80.pdf>, 1,562 у.п.л.

9. Коженко, Н.В. Теоретическая модель процесса снижения цены намечаемых мероприятий по водообеспеченности рисового чека / Н. В. Коженко, Т. И. Сафронова, Г. В. Дегтярев // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 3-1. – С. 19-24.

– в прочих изданиях:

10. Коженко, Н. В. Совершенствование водораспределения на рисовых чеках / Н. В. Коженко // Научное обеспечение агропромышленного

комплекса: сб. ст. по материалам VIII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых – Краснодар: КубГАУ, 2014. – С. 219.

11. Коженко, Н. В. Гидравлические исследования расходных характеристик регулирующего органа ленточного регулятора расхода воды / Н. В. Коженко // Молодежь в науке: Новые аргументы: сб. науч. работ I Междунар. конкурса. – Липецк : Научное партнерство «Аргумент», 2014. – С. 84–90.

12. Коженко, Н. В. Гидравлические исследования расходных характеристик регулирующего органа натурального образца ленточного регулятора воды / Н. В. Коженко, Г. В. Дегтярев // Проблемы и перспективы технических наук : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Аэтерна, 2015. – С. 91–101.

13. Коженко, Н. В. Возможности САЕ-системы FlowVision при исследовании ленточного запорного органа регуляторов расхода / Н. В. Коженко, В. Г. Дегтярев, Д. А. Дацько / Научное обеспечение АПК: сб. ст. по материалам IX Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – С. 799–801.

14. Коженко, Н. В. Анализ области применения регуляторов с эластичными рабочими органами на мелиоративных системах. / Н. В. Коженко // Строительство и экономика: сб. ст. по материалам региональной науч.-практич. конф. – Краснодар : Экоинвест, 2018. – С. 38–41.

– патенты:

15. Пат. 2559680 Российская Федерация, МПК G05D 7/01, F16K 7/17. Стабилизатор расхода воды / Н. В. Коженко, Г. В. Дегтярев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ. – № 201411364/06; заявл. 03.04.2014; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22.

16. Пат. 2557376 Российская Федерация, МПК G05D 7/00. Регулятор расхода воды для диафрагмовых водовыпусков / Н. В. Коженко, О. Г. Дегтярева; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ. – № 2014113058/28; заявл. 03.04.2014; опубл. 20.07.2015, Бюл. № 20.

17. Пат. 2549396 Российская Федерация, МПК G05D 7/01, F16K 7/17. Регулятор расхода воды / Н. В. Коженко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ. – № 2014112846/06; заявл. 02.04.2014; опубл. 27.04.2015, Бюл. № 12.

