

С.М. ДРАГУНОВА, Е.В. КУЗНЕЦОВ, А.Е. ХАДЖИДИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», Краснодар, Российская Федерация

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЫБОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ ВОДОЗАБОРАХ НИЖНЕЙ КУБАНИ

Цель проведенных исследований – повышение уровня защиты молоди рыбы до нормативного показателя модернизацией отдельных элементов рыбозащиты мелиоративного водозабора Петровско-Анастасиевской оросительной системы (ПАОС), а также разработка нового комплексного рыбозащитного сооружения (КРЗС) с запанью, адаптированного к гидрологии, ритму миграции молоди источников орошения на водозаборах Нижней Кубани. Натурные исследования выполнялись на водозаборном сооружении ПАОС в составе Тиховского гидроузла в вегетационный период риса. Использовались данные наблюдений, представленные в отчетах ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» и результаты лабораторных исследований на физической модели в масштабе 1:20 нового КРЗС с запанью. Эффективность модели оценивалась с помощью имитаторов для 3-х групп молоди. Обоснована методика исследований, которая позволяет учитывать концентрацию молоди в 1 м³ при выполнении лабораторных опытов. Исследования показали, что повышение эффективности КРЗС с запанью достигается за счет дополнительного донного порога. Порог направляет придонную струю вместе с молодь на трамплин, где имеется эрлифт в виде пузырьковой завесы, поднимающий молодь по трамплину в рыбоприемные отверстия водопроницаемых щитов. Разработана новая конструкция КРЗС с запанью, которая обеспечивает рыбозащитный эффект 3-х групп молоди рыбы, сформированных по плавательной способности, что позволило установить размеры элементов рыбозащитного сооружения.

Мелиоративный водозабор, рыбозащитная конструкция, молодь рыб, запань, водный поток, оросительная система.

Введение. Нецелесообразное использование водных ресурсов, забор воды в больших объемах на орошение, несовершенная защита молоди рыбы на мелиоративных водозаборах негативно влияют на биоресурсы [1]. Строительство новых и эксплуатация действующих гидроузлов нарушают биологический ритм миграции молоди рыбы в реках [2]. Водозаборы гидроузлов оборудованы рыбозащитными устройствами, которые нуждаются в модернизации ввиду изменяющегося режима забора воды на орошение и поэтому недостаточно эффективно обеспечивают защиту мальков в реках [3]. Более значительное влияние на скат молоди рыбы оказывают рисовые оросительные системы, которые при заборе больших объемов воды изменяют сложившийся режим стока рек [4-6]. Следовательно, можно сделать вывод о том, что необходима разработка новых, более совершенных адаптированных рыбозащитных сооружений к потоку водозабора, а также требуется модернизация действующей рыбозащиты при мелиоративных водозаборах [7].

В 2006 г. был введен в эксплуатацию новый мелиоративный водозабор для Петровско-Анастасиевской оросительной системы в составе Тиховского вододелительного гидроузла на р. Кубань с рыбозащитным сооружением «Запань» [8]. ПАОС является одним из крупнейших потребителей воды для выращивания риса на площади 40,6 тыс. га со средним годовым потреблением 707,1 млн м³ воды в год [8]. Максимальный технологический забор воды на орошение риса происходит в мае-июне, а минимальный – в конце августа, когда на реках идет нерест рыбы [8]. Эксплуатация мелиоративного водозабора ПАОС показывает недостаточную эффективность защиты молоди рыбы, не превышающую 60%, что не соответствует нормативному показателю охраны биоресурсов [9, 10]. Исходя из этого была поставлена цель: повышение уровня защиты молоди рыбы до нормативного показателя модернизацией отдельных элементов рыбозащиты мелиоративного водозабора ПАОС, а также разработка нового КРЗС с запанью, адаптированного к гидрологии, ритму

миграции молоди рыбы на мелиоративных водозаборах Нижней Кубани, которые подают воду на оросительные системы [11, 12].

Материалы и методы. Натурные исследования проводились на водозаборном сооружении ПАОС в 2014-2018 гг. в период ската молоди рыбы и вегетации риса, а для модернизации отдельных элементов рыбозащиты проводились лабораторные исследования на физических моделях, которые также включали в себя разработку и исследование новой конструкции КРЗС с запанью, адаптированную к биологическому ритму молоди рыбы. Мониторинг уровней и объемов воды в полевых условиях выполнялся с середины мая по середину октября. Уровни определялись по стационарным рейкам на тарифованных водозаборных пролетах, что позволило установить расходы воды на орошение риса во время ската молоди рыбы. Объемы воды принимались по данным ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз». Лабораторные исследования проводились на физических моделях рыбозащитных сооружений. Для масштабирования сооружений применялся метод гидродинамического подобия параметров натуре и модели. Физическая модель запани ПАОС в масштабе 1:20 с рыбоуловительными лотками и рыбоприемными окнами с донным порогом устанавливалась в гидравлическом лотке шириной 6 м и длиной 15 м. Модель выполнялась из древесины и окрашивалась эмалированной краской для адекватного совпадения коэффициентов шероховатости модели и натуре. Расход воды на модели изменялся в диапазоне 0,1-0,8 м³/с и подавался центробежными насосами лаборатории кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения Кубанского ГАУ. Число Фруда находилось в диапазоне 0,08-0,1 при глубине в лотке 0,46 м. Запань с лотком выполнялась в виде горизонтальной полки шириной 0,24 м и двух вертикальных стенок, образующих рыбоотводящий лоток. Фронтальная стенка рыбоуловительного лотка имеет входные окна переменной ширины. Первое окно, расположенное на расстоянии 0,4 м от вершины запани, имеет ширину 0,046 м, второе – 0,096 м, третье – 0,146 м, четвертое – 0,196 м, пятое – 0,24 м. Полки расположены на высоте 0,3 м от дна аванкамеры. Центральный угол запани составлял 60°. Ширина аванкамеры изменялась от 1,25 м на входе до 6,42 м у сетного полотна на длине 13,53 м. Коэффициент заложения откосов составлял 3. При глубине

аванкамеры 0,43 м обеспечивался пропуск максимального расхода и достигался необходимый режим уровней на рыбоуловительном лотке водозабора. В качестве молоди использовались имитаторы, которые изготавливались из полиэтиленовых палочек с грузом на конце. Форма имитаторов соответствовала форме тела молоди рыбы. Вес груза подбирался с учетом их плавучести. Плавучесть определялась отношением архимедовой силы к силе тяжести, устанавливалась опытным путем в стоячей воде при глубине 0,3 м, а также определялась скорость реореакции при движении в потоке от поверхности ко дну и от дна к поверхности имитаторов.

Данные исследования позволили объединить имитаторы в 3 группы по отношению к набегающему потоку. К 1-й группе отнесли донные имитаторы, которые под действием набегающей скорости на порог могли перемещаться в потоке. Ко 2-й группе отнесли имитаторы, которые могли свободно перемещаться в потоке по вертикали от дна к поверхности и обратно, и 3-я группа могла находиться на поверхности воды, а также погружаться и подниматься из потока к уровню. Данный подход к подразделению имитаторов по группам создает виртуальную картину хаотичности турбулентного движения молоди в потоке и дает возможность оценить эффективность защиты молоди по глубине на 3-х уровнях рыбозащиты КРЗС и запанью ПАОС.

Опыты выполнялись при температуре воды 21°C в 3-кратной повторности для модели ПАОС и 5-кратной повторности для модели КРЗС. Результаты были обработаны с помощью методов математической статистики и послужили для дальнейших исследований по модернизации отдельных элементов РЗС, а также для разработки новой конструкции КРЗС мелиоративных водозаборов. Исследования на моделях проводились с учетом концентрации молоди в объеме забираемой воды на орошение. Скорость подхода потока к РЗУ принималась как 0,2 м/с. Виртуальный объем воды на орошение за интервал времени T определяли по формуле:

$$W = Q T, \quad (1)$$

где W – объем воды на орошение, м³; Q – расход воды, м³/с; T – интервал времени между повторностями, с.

Интервал времени был принят как 60 с из расчета перемещения молоди от входа потока в лоток к рыбозащите. Объем воды на модели ПАОС в каждом опыте составлял

48,0 м³, а для модели РЗС – 4,7 м³. По данным исследований, на р. Кубань концентрация молоди после нереста рыб находится в интервале 2-6 шт/м³ [12]. С учетом концентрации молоди количество имитаторов в эксперименте определяется по зависимости:

$$N = k W, \quad (2)$$

где N – количество имитаторов, шт.; $W = \sum ni$ – сумма имитаторов в равных количествах для 3-х групп, шт.; ni – количество имитаторов каждой группы, шт.; k – концентрации молоди рыб, шт/м³.

В опытах устанавливалась максимальная концентрация имитаторов при расходе

90 м³/с. Для модели ПАОС из выражения (2) следует суммарное количество имитаторов $N = 300$ шт. Для каждой группы принималось по 100 шт. имитаторов. Аналогично для исследования модели КРЗС суммарное количество имитаторов составляло 30 шт.

Результаты и обсуждение. Натурные исследования выполнялись в июне при максимальных заборах воды в ПАОС, когда идет интенсивный скат молоди рыбы при наибольшей ее концентрации водозаборных сооружений. Значения расходов воды на водозабор ПАОС для нужд орошения риса за 2014-2018 гг. приведены на рисунке 1.

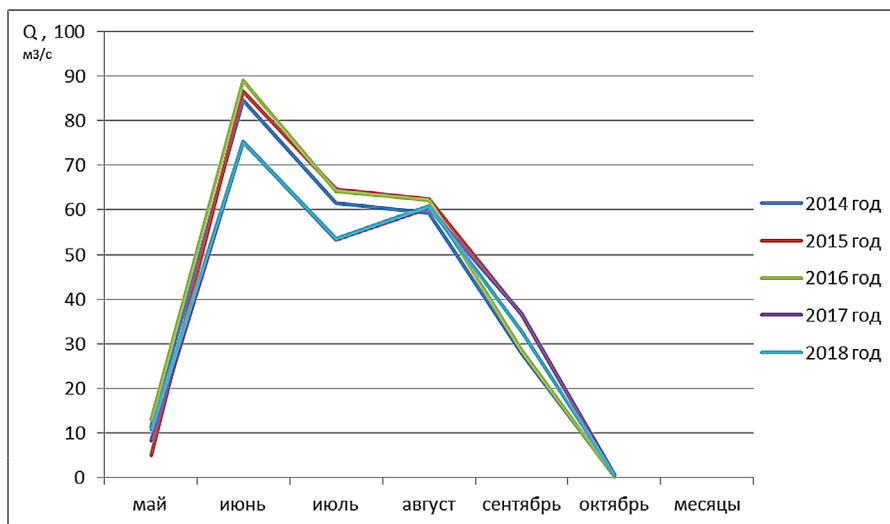
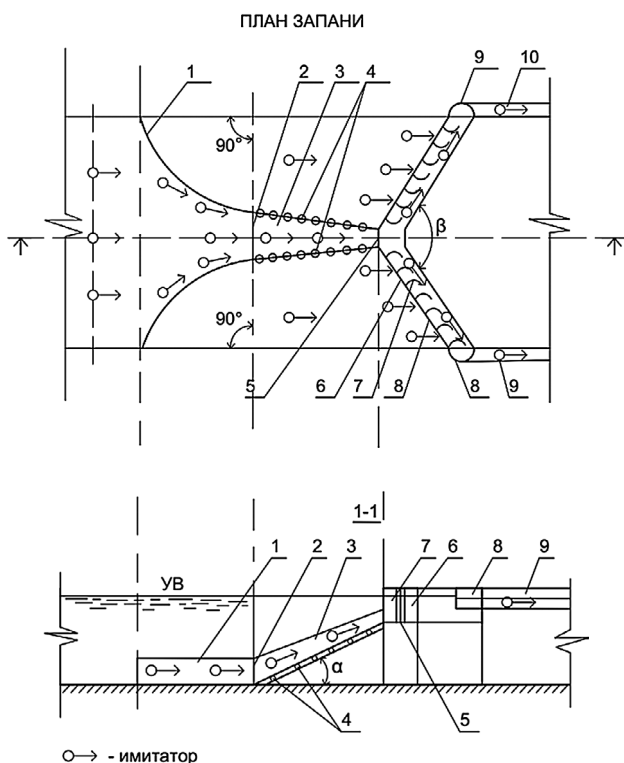


Рис. 1. График забора воды из р. Кубань в ПАОС

Из рисунка следует, что водопотребление риса за последние 5 лет существенно не изменялось, и максимальный расход находится в диапазоне 75-90 м³/с. Установлено, что молодь рыбы на водозаборе перед запанью находится на 3-х уровнях: у поверхности, в потоке и у дна. Большая часть молоди перемещается у поверхности воды (до 61% от общей концентрации). Наблюдается скопление молоди в мертвых зонах перед крайними рыбоуловительными лотками у откосов аванкамеры, которая не попадает в приемные окна рыбоуловительного лотка и не отводится в безопасные места запанью. Крупная молодь ориентирована против течения, перемещается вверх по водному потоку, и активная зона водозабора не воздействует на нее. Мелкая молодь с потоком скатывается к рыбозащитным устройствам. Имеется скопление донной молоди перед порогом, где она теряет реореакцию и не сопротивляется потоку. Следовательно, для повышения производительности защиты

молоди рыбы необходима разработка новой модернизированной, адаптированной к гидравлике потока КРЗС.

Для защиты молоди от попадания в оросительные системы на мелиоративных водозаборах, с учетом выполненных исследований, разработано КРЗС с запанью, которое включает в себя криволинейный донный порог, плавно искривляющий линии тока донного течения к приемному оголовку; приемный оголовок, адаптированный к донной молоди рыбы; трамплин, выполненный под углом к набегающему потоку и обеспечивающий прижим молоди, пузырьковую завесу по стенкам трамплина, поднимающий молодь в рыбоуловительный лоток; рыбоуловительные лотки, обеспечивающие захват молоди в потоке. Рыбоуловительные лотки имеют приемные окна с криволинейными лопатками, которые повышают захватывающую способность мальков рыбы. Запань содержит рыбоприемные камеры и рыбоотводящие лотки (рис. 2).



○ → - имитатор

Рис. 2. Разрез и план комбинированного РЗС с запанью:

- 1 – криволинейный донный порог;
- 2 – рыбоуловительный оголовок;
- 3 – рыбоподъемный трамплин;
- 4 – патрубки для пузырьковой завесы;
- 5 – запанья; 6 – рыбоуловительные окна;
- 7 – криволинейная направляющая лопатка;
- 8 – рыбоуловительные лотки;
- 9 – рыбоприемная камера;
- 10 – рыбоотводящие лотки;
- α – угол наклона трамплина;
- – направление движения имитаторов

Конструктивные особенности нового КРЗС с запанью имеют ряд преимуществ по сравнению с другими РЗС. Криволинейный

донный порог 1 устраивается перед трамплином высотой не менее $1/4$ глубины подходящего потока. Для назначения высоты порога необходимо иметь связь уровней с расходами водозабора в оросительную систему. Рыбоподъемный трамплин устанавливается под углом α , равным $20-30^\circ$ между донным рыбоуловительным оголовком 2 и запанью 5. Рыбоподъемный трамплин 2, оборудован перфорированными трубами 3 по стенкам для обеспечения эрлифта. Рыбоподъемный трамплин выполняется в виде усеченного конуса и сообщен меньшим основанием с запанью, которая снабжена симметрично расположенными относительно оси водного потока рыбоуловительными лотками 8, установленными друг к другу в горизонтальной плоскости под углом $\beta = 75-90^\circ$ и оснащенными в конце рыбоприемными камерами 9, расположенными перед рыбоотводными лотками 10.

Эффективность КРЗС для молоди рыбы с рыбоподъемником пересчитана для натуральных расходов, полученных на мелиоративном водозаборе ПАОС р. Кубань. Определялась средневзвешенная концентрация видового состава рыб на 3-х промерных вертикалях, установленных перед водозабором у левого, правого берега и посередине в потоке. Концентрация молоди рыбы у поверхности была – 41,9%, в потоке – 48,8% и у дна – 9,3% с 20-00 до 6-00 час. С 6-00 до 20-00 час концентрация молоди составила у поверхности – 79,6%; в потоке – 15,6%; у дна – 4,8%. Принимается средняя концентрация для расчета $K_{эф}$: у поверхности – 60,75%; в потоке – 32,2%; у дна – 7,05% (итого 100%). Опытным путем установлено, что рыбозащитная эффективность предлагаемого сооружения для различных групп имитаторов с рыбоподъемником является выше нормативной (рис. 3).

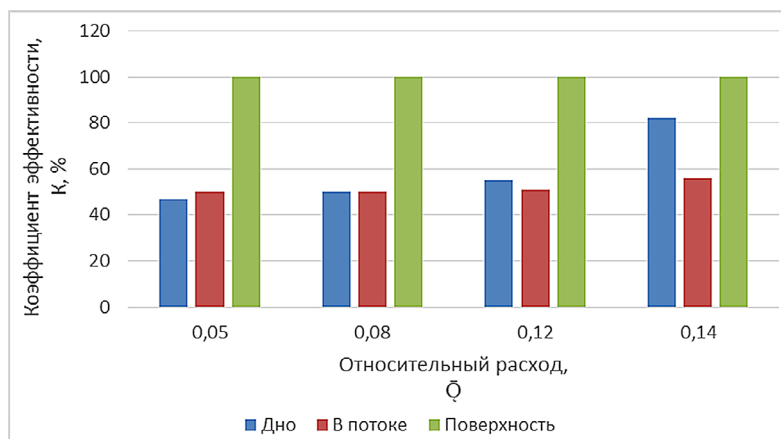


Рис. 3. Эффективность защиты молоди рыбы КРЗС в зависимости от относительного расхода на полке запани

С увеличением относительного расхода возрастает рыбозащитная эффективность РЗС. При расходе $\bar{Q} = 0,05$, $K_{эф} = 78,4\%$; $Q = 0,08$, $K_{эф} = 80,1\%$; $Q = 0,12$, $K_{эф} = 81\%$; при $Q = 0,14$, $K_{эф} = 84,0\%$.

Разработанная конструкция КРЗС с запанью может применяться на мелиоративных водозаборах для модернизации отдельных элементов РЗС, так как обеспечивается защита молоди рыб выше нормативной, находясь в диапазоне 78,4-84,0%.

Выводы

1. Следует выполнить техническую реконструкцию действующих РЗС, у которых эффективность защиты молоди рыбы значительно ниже нормативной.

2. Разработана конструкция КРЗС с запанью, которая обеспечивает рыбозащитный эффект для 3-х групп молоди, сформированных по плавательной способности, что позволило опытным путем установить основные элементы рыбозащитного сооружения: донный порог, трамплин, воздушную пузырьковую завесу и запань.

3. Конструкция КРЗС обеспечивает защиту молоди рыб выше нормативной и находится в диапазоне 78,4-84,0%, что позволяет ее считать более эффективной по отношению к эксплуатируемым в настоящее время на мелиоративных системах Нижней Кубани.

Библиографический список

1. Драгунова С.М., Данилов В.В., Крылова Н.Н. Проблемы экосистемного водопользования на водозаборах нижней Кубани // Сб. статей по материалам I Междун. научно-экологической конф. 7 декабря 2016 г. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – С. 73-75.
2. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е. Методика разработки физической модели рыбозащитного сооружения на водозаборах для оптимизации водопользования. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 23 с.
3. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems / F.N. Lisetskii Ya.V. Pavlyuk, Zh.A. Kirilenko i dr. // J Russian Meteorology and Hydrology. – 2014. – V. 39. – № 8. – P. 550-557. DOI: 10.3103/S106837391408007X.
4. Meliorative institutional environment: The area of state interests / V.N. Shchedrin, S.M. Vasilev, A.V. Kolganov i dr. // Espacios. – 2018. – Vol. 39. – № 12. – 28 p.
5. Lauck A. Irrigation Systems: Design, Planning and Construction. – Wallingford, 2007. – 320 p.
6. Quinn N.W.T. Environmental decision support system development for seasonal wetland salt management in a river basin subjected to water quality regulation // Agricultural Water Management. – 2009. Febr. – Vol. 96, i. 2. – P. 247-254.
7. Лапина И.А., Териков А.С. Экологические способы защиты рыб при водозаборе / Сб. научных трудов по итогам междун. научно-практ. конф. – Р/наДону, 2015. – № 2. – 31 с. URL: <http://izron.ru/articles/novye-tendentsii-razvitiya-selskokhozyaystvennykh-nauk-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunar-sektsiya-23-rybnoe-khozyaystvo-i-akvakultura-spetsialnost-06-04-01/ekologicheskie-sposoby-zashchity-ryb-pri-vodozabore/> (дата обращения: 10.07.2020).
8. Отчет о подаче воды по оросительным системам ПАФ за 2014-2019 гг. ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз». – Краснодар, 2019.
9. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Орленко С.Ю. Гидравлический расчет открытых русел и гидротехнических сооружений: учеб. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – 74 с.
10. СП 58.13330.2012 «СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения». – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 20 с.
11. Научно-техническое обоснование и разработка технических решений рыбохозяйственного комплекса при крупных энергетических и водохозяйственных объектах: Отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / В.Н. Шкура, П.А. Михеев, Н.А. Шелестова и др. – Новочеркасск: НГМА, 2010. – 152 с.
12. Абраменко С.Ю., Крылова Н.Н., Хаджиди А.Е. Обоснование геометрических размеров водоприемного отверстия запани в составе комплексных рыбозащитных сооружений // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2005. – № 9. – С. 45-55. URL: <http://ej.kubagro.ru/2005/01/pdf/07.pdf> (дата обращения: 09.07.2020).

Материал поступил в редакцию 20.07.2020 г.

Сведения об авторах

Драгунова Светлана Михайловна, аспирант, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина; 350044, г. Краснодар, Калинина, 13; e-mail: dragunova_s@bk.ru

Кузнецов Евгений Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры гидравлики и с.-х. водоснабжения, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ

им. И.Т. Трубилина; 350044, г. Краснодар, Калинина, 13; e-mail: dtn-kuz@rambler.ru

Хаджиди Анна Евгеньевна, доктор технических наук, доцент, профессор

кафедры гидравлики и с.-х. водоснабжения, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина; 350044, г. Краснодар, Калинина, 13; e-mail: dtn-khanna@yandex.ru

S.M. DRAGUNOVA, E.V. KUZNETSOV, A.E. HADJIDI

Federal state budgetary educational institution of higher education «Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russian Federation

IMPROVEMENT OF THE EFFICIENCY OF FISH PROTECTION STRUCTURES ON RECLAMATION WATER INTAKES OF THE LOWER KUBAN

We used the data of observations presented in the reports of the FSBI «Head office «Kubanmeliovodhoz» and the results of laboratory tests on the physical model in the scale 1:20 of the new IFPF with the boom structure. The effectiveness of the model was evaluated using simulators for 3 groups of fish fry. The research data were processed using well-known methods of the mathematical analysis. The research methodology is justified which allows taking into account the concentration of young fish in 1 m³ when performing laboratory experiments. The investigations showed that the improvement of the efficiency with the boom structure is achieved due to the additional bottom threshold. The threshold directs the bottom stream with the fish fry to the trampoline where there is an airlift in the form of a bubble curtain, making the young fish to jump in the fish-reception holes of water-permeable shields. A new design IFPF is developed with a boom which provides a protection effect for fish fry formed according to the swimming ability which allowed establishing sizes of elements of fish protection structure.

Reclamation water intake, fish protection structure, fish fry, boom, water flow, irrigation system.

References

- 1. Dragunova S.M., Danilov V.V., Krylova N.N.** Problemy ekosistemnogo vodopolzovaniya na vodozaborah nizhnej Kubani / Sb. statej po materialam I Mezhdun. nauch. ekologicheskoy konf. 7 dekabrya 2016 g. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – S. 73-75.
- 2. Kuznetsov E.V., Hadjidi A.E.** Metodika razrabotki fizicheskoy modeli rybozashchitnogo sooruzheniya na vodozaborah dlya optimizatsii vodopolzovaniya. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – 23 s.
- Basin organization of nature management for solving hydroecological problems / F.N. Lisetskii Ya.V. Pavlyuk, Zh.A. Kirilenko i dr. // J Russian Meteorology and Hydrology. – 2014. – V. 39, № 8. – P. 550-557. DOI: 10.3103/S106837391408007X.
- Meliorative institutional environment: The area of state interests / V.N. Shchedrin, S.M. Vasilev, A.V. Kolganov i dr. // Espacios. – 2018. – Vol. 39. – № 12. – 28 p.
- Laycock A.** Irrigation Systems: Design, Planning and Construction. – Wallingford, 2007. – 320 p.
- Quinn, N.W.T.** Environmental decision support system development for seasonal wetland salt management in a river basin subjected to water quality regulation // Agricultural Water Management. – 2009, Febr. – Vol. 96, iss. 2. – P. 247-254.
- Lapina I.A., Terikov A.S.** Ekologicheskie sposoby zashchity ryb pri vodozabore / Sb. nauch. trudov po itogam mezhdun. nauchno-prakt. konf. [Elektronnyy resurs]. Rostov-na-Donu – 2015. – № 2. – 31 s. – URL: <http://izron.ru/articles/novye-tendentsii-razvitiya-selskokhozyaystvennykh-nauk-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunaro/sektsiya-23-rybnoe-khozyaystvo-i-akvakultura-spetsialnost-06-04-01/ekologicheskie-sposoby-zashchity-ryb-pri-vodozabore/> (data poslednego obrashcheniya 10.07.2020 g.)
- Otchet o podache vody poorositelnym sistemam PAF za 2014-2019 gg. FGBU «Upravlenie «Kubanmeliovodhoz». – Krasnodar: 2019.
- Kuznetsov E.V., Hadjidi A.E., Orlenko S.Yu.** Gidravlichesky raschet otkrytyh rusel i gidrotehnicheskikh sooruzhenij: ucheb. posobie. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – 74 s.
- SP 58.13330.2012 «SNiP 33-01-2003. Gidrotehnicheskije sooruzheniya. Osnovnyye polozheniya» – Vved. 2013-01-01. – M.: Minregion Rossii, 2012. – 20 s.
- Nauchno-tehnicheskoe obosnovanie i razrabotka tehniceskikh reshenij rybohozyajstvennogo kompleksa pri krupnykh energeticheskikh i vodohozyajstvennykh objektah /

V.N. Shkura, P.A. Miheev, N.A. Shelestova i dr. / Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote (zaklyuchitelny). – Novocherkassk: NGMA, 2010. – 152 s.

12. **Abramenko S.Yu., Krylova N.N., Hadjidi A.E.** Obosnovanie geometricheskikh razmerov vodopriemnogo otverstiya zapani v sostave kompleksnyh rybozashchitnyh sooruzhenij // Politematicheskyy setevoy elektronny nauchny zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2005. – № 9. – S. 45-55. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2005/01/pdf/07.pdf> (data poslednego obrashcheniya 09.07.2020 g.)

The material was received at the editorial office
20.07.2020

Information about the authors

Dragunova Svetlana Mikhailovna, post graduate student, FSBEI HE KubSAU named after I.T. Trubilin; 350044 Krasnodar, Kalinina, 13; e-mail: dragunova_s@bk.ru

Kuznetsov Evgeny Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, professor of the department of hydraulics and agricultural water supply, FSBEI HE KubSAU named after I.T. Trubilin; 350044 Krasnodar, Kalinina, 13; e-mail: dtn-kuz@rambler.ru

Hadjidi Anna Evgenjevna, doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department of hydraulics and agricultural water supply, FSBEI HE KubSAU named after I.T. Trubilin; 350044 Krasnodar, Kalinina, 13; e-mail: dtn-khanna@yandex.ru

УДК 502/504:631.674.6:626.82

DOI 10.26897/1997-6011/2020-4-61-67

**М.И. ЛАМСКОВА¹, М.И. ФИЛИМОНОВ^{1,2}, Ю.И. СУХАРЕВ³,
А.Е. НОВИКОВ², С.В. БОРОДЫЧЕВ⁴**

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград, Российская Федерация

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

⁴ Волгоградский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский

научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Волгоград, Российская Федерация

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОЦИКЛОНА С УЧЕТОМ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цилиндрикоконические напорные гидроциклоны характеризуются высокими показателями производительности и эффективности очистки воды от механических примесей при относительно небольших размерах и стоимости, низких ресурсозатратах на эксплуатацию, что делает перспективным их использование в качестве узла водоподготовки в циркуляционных водораспределительных системах отечественной и зарубежной промышленности. Цель исследований – разработка конструкции фильтрующего гидроциклона и оценка влияния расходной характеристики и размера пескового патрубка на разделительную способность аппарата в процессе очистки воды от механических примесей. Представленная конструкция гидроциклонного аппарата с фильтрующим сливным патрубком позволяет повысить показатели очистки воды от механических примесей, в том числе за счет улавливания мельчайших взвесей. В результате экспериментальных исследований по оценке влияния расходной характеристики и размера пескового патрубка на разделительную способность аппарата установлены технологические и конструктивные параметры работы гидроциклона типа ГНС-100 с различным исполнением сливного патрубка, обеспечивающие максимальную эффективность очистки воды от механических примесей. Графоаналитическое решение полученных регрессионных уравнений позволило установить, что гидроциклон со сплошной боковой стенкой сливного патрубка обеспечивает максимальную степень очистки воды от механических примесей на уровне 85,4% при расходе 6,5 м³/ч и диаметре пескового патрубка 12 мм. Замена сливного патрубка типовой конструкции на сливной патрубок с фильтрующей боковой поверхностью обеспечивает повышение общей степени очистки воды от механических примесей до 96,4% при тех же параметрах расхода и диаметра пескового патрубка.