

УДК 626.823:626.88.001.2

Е. Д. Хецуриани

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

С. А. Селицкий

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

А. Н. Богачёв

Азово-Черноморское территориальное управление Федерального агентства по
рыболовству, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

А. Ю. Душенко, А. В. Пельчер

Общество с ограниченной ответственностью «КСТ-Вотер», Ростов-на-Дону,
Российская Федерация

Р. С. Бечвая

Общество с ограниченной ответственностью «КСТ-Вотер», Ростов-на-Дону,
Российская Федерация

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

им. М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ РЫБОЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ НА ДОНСКОМ МАГИСТРАЛЬНОМ КАНАЛЕ

Цель исследований – обследование, анализ и оценка работы действующего рыбозащитного сооружения на Донском магистральном канале типа «плоская сетка с рыбоотводом» и разработка рекомендаций по оптимизации конструкции данного сооружения. В ходе анализа и оценки работы данного рыбозащитного сооружения выявлен ряд недостатков. Главным из них является высокий уровень травмируемости молоди рыб на сеточном полотне и в процессе отведения в рыбоотвод. Кроме того, такая конструкция достаточно сложная и требует значительных энергозатрат при эксплуатации. Также установлена недостаточная эффективность работы рыбозащитного сооружения ввиду неравномерной промывки сетчатых полотен, что приводит к уменьшению пропускной способности рыбозащитного сооружения и травмируемости рыб. Отмечен отказ датчиков контроля промывного устройства при дождливой погоде, что приводит к остановке промывного устройства и, следовательно, снижению эффективности работы рыбозащитного сооружения. Выявлены несовершенство конструкций, в первую очередь рыбоприемных элементов, и низкое качество строительства. В результате обследования рыбозащитного сооружения установлено, что данное сооружение выработало свой ресурс и требует реконструкции и технического перевооружения. Указанные недостатки являются причинами низкой эффективности всего рыбозащитного узла, что сказывается на выживаемости молоди рыб. В результате проведенных исследований были разработаны рекомендации по оптимизации конструкции данного сооружения, включающие предложение по использованию более совершенных конструкций сеточных камер и очертания полотна сетки; рекомендации по использованию для очистки сеток водовоздушных струй; предложения по увеличению размеров рыбоприемных окон (0,7×6,0 м), входных отверстий донной галереи (0,7×1,0 м), донных галерей (0,9×1,3 м), которые позволят осуществить обслуживающие (техническое обследование, удаление наносов и сора) и ремонтные работы, а также создадут безопасный скоростной режим отвода рыб.

Ключевые слова: рыбозащитные сооружения, плоская сетка, техническая надежность, молодь рыб, рыбоотвод, промывное устройство.

Ye. D. Khetsuriani

South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

S. A. Selitskiy

Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

A. N. Bogachev

Federal Agency on Fishery of Azov-Black Sea Territory Direction, Rostov-on-Don, Russian Federation

A. Ya. Dushenko, A. V. Pelcher

Limited Liability Company “KST-Voter”, Rostov-on-Don, Russian Federation

R. S. Bechvaya

Limited Liability Company “KST-Voter”, Rostov-on-Don, Russian Federation
South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

SURVEY RESULTS AND RECOMMENDATIONS FOR DESIGN OPTIMIZING OF FISH PROTECTING CONSTRUCTION AT THE DON MAIN CANAL

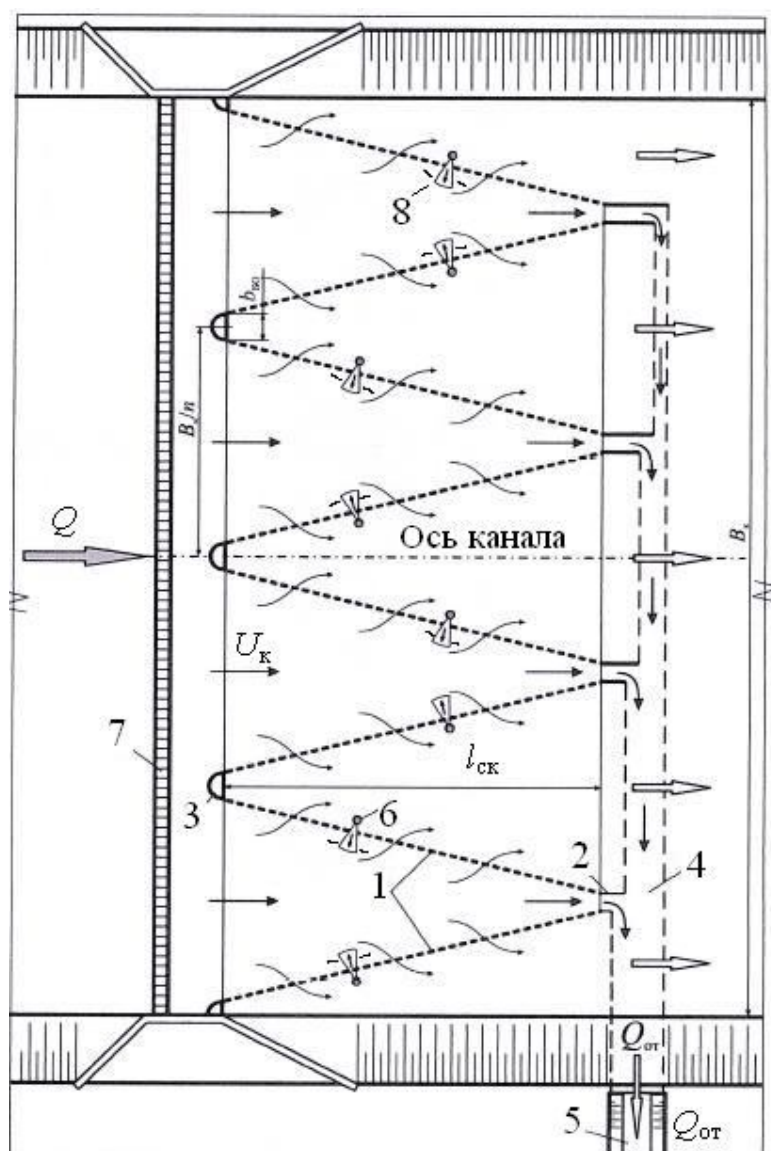
The aim of the research is to survey, analyze and assess the work of existing fish protecting construction (FPC) of the type “flat net screen with fish diverting” at the Don main canal, and to develop recommendations for design optimizing of the given construction. A number of disadvantages of the given construction were revealed during the analysis and assessment of its work. The key disadvantage is the high level of injures of juvenile fish at the net screen and during the fish diverting. In addition, such a construction is quite complex and requires considerable energy inputs for operation. Insufficient operating efficiency of FPC due to uneven flushing of net screens, which results in the decreasing of throughput capacity of FPC and fish injuries, was established as well. The failure of inspection sensors of flushing equipment and therefore the decreasing of operating efficiency of FPC was marked. Imperfection of constructions, primarily for fish-receiving elements, and poor quality of building were revealed. The survey of FPC results in the conclusion that the given construction has reached the end of its service life and requires reconstruction and extension. Indicated disadvantages are the reasons of low efficiency of the whole fish protecting unit which affects on survivability of juvenile fish. The study results in developing recommendations for design optimizing of the given construction including the proposal on the use of more advanced designs of net chambers and patterns of net, recommendations for net cleaning by water-air jets, proposals for increasing the sizes of fish-receiving ports (0.7×6.0 m), inlets of bottom tunnel (0.7×1.0 m), and bottom tunnels (0.9×1.3 m), which allow maintenance (technical survey, debris and sediment removal) and repair, and will create safety speed regime for fish diverting.

Keywords: fish protecting structure, net screen, reliability, juvenile fish, fish diverting, flushing equipment.

Во второй половине прошлого столетия рыбозащитные сооружения (РЗС) с плоской сеткой были практически единственным средством защиты молоди рыб на больших мелиоративных и энергетических водозаборах (с расходом от 20 до 250 м³/с). Сетчатые РЗС позволяют обеспечить норма-

тивные показатели эффективности защиты молоди в широком диапазоне расходов, гидравлических условий и компоновок водозаборов при разнообразии размерно-видового состава рыб [1–3].

Рыбозащитное устройство на Донском магистральном канале (ДМК) в Ростовской области предназначено для сохранения активной и пассивной рыбной молоди, а также для очистки воды от всевозможных плавающих крупных и мелких механических загрязнителей. Сооружение эксплуатируется с 1978 года. Схема рыбозащитного сооружения представлена на рисунке 1.



- 1 – сетка; 2 – приемное отверстие рыбоотвода; 3 – крепление сетки; 4 – рыбоотводящий канал; 5 – общий рыбоотводящий канал; 6 – промывное устройство;
7 – сороудерживающая решетка; 8 – траектория перемещения промывного устройства

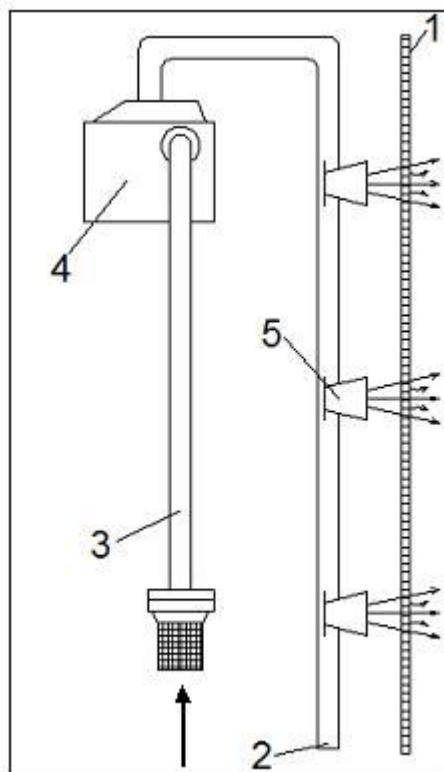
Рисунок 1 – Схема устройства сеточного заграждения

Работа рыбозащитного устройства заключается в следующем: молодь рыб и мелкий мусор, прошедший сквозь сороудерживающие решетки, перемещаются потоком воды в сеточные камеры. Распределяясь в потоке вблизи оси симметрии камер, они сносятся по входам в рыбоотводы. Прозор сетки рыбозащитного устройства составляет 2 мм. Молодь рыб и мусор, прижатые к сетчатому ограждению, смываются с него струями воды, вытекающими из промывных устройств, и попадают в транзитный поток, направленный в рыбоотвод. По донным галереям рыбоотводов молодь рыб и крупные особи выносятся потоком в открытый рыбоотводный канал, который впадает в р. Дон.

Защита рыбозащитных сеток от крупного плавающего мусора обеспечивается сороудерживающими решетками, очистка которых производится двумя решеткоочистными машинами РН-2000-70 и крановым грейфером типа полип. Монтажные и демонтажные работы, работы по осмотру, обслуживанию и ремонту выполняются с помощью козлового крана ККС-10, рельсовой тележки и грузоподъемной траверсы [4].

Сетка рыбозащитная состоит из четырех V-образных камер, в которых под углом 14° к направлению течения потока установлено сходящееся к рыбоотводу вертикальное сетчатое полотно. Каждое плечо камеры имеет длину 30,0 м и состоит из пяти пролетов размером $6,0 \times 6,0$ м. Отверстие каждого пролета перекрывается двумя вертикальными, расположенными в два яруса и соединенными между собой при помощи фиксаторов рыбозащитными сетками. Каждая рыбозащитная сетка имеет две скобы для подсоединения к грузозахватному устройству и снабжена подхватами. Сетка представляет собой сварную рамку размером $930,0 \times 930,0$ мм, которая обтянута полиэфирным моноволокном с размером ячейки $1,85 \times 1,12$ мм в свету. Сетка закреплена на рамке латунной проволокой диаметром 1,0 мм. Рыбозащитные сетки вставляются в вертикальные пазы пролетов. Зазор между направляющей пластиной сетки и стенкой паза равен 28,0 мм.

Промывное устройство представляет собой подвесной электронасосный агрегат, перемещающийся возвратно-поступательно вдоль фронта сетки над поверхностью воды (рисунок 2).



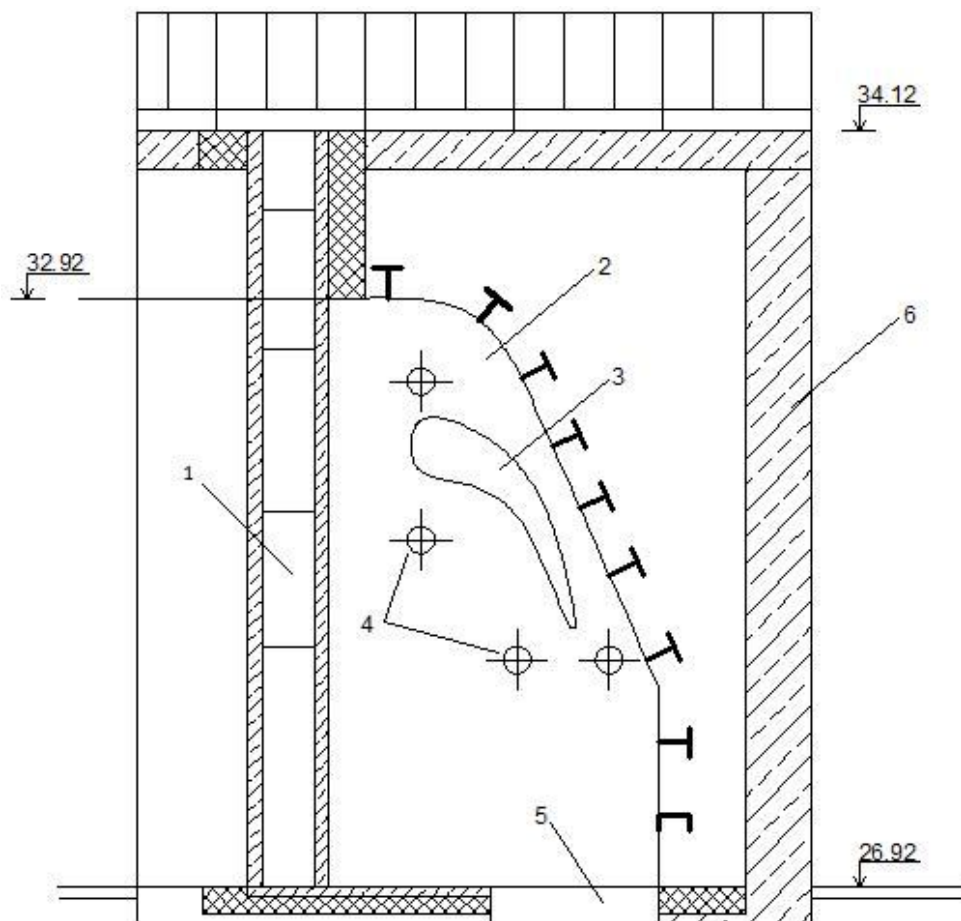
1 – сетчатый экран; 2 – промывная флейта; 3 – всасывающая труба;
4 – насос; 5 – промывные струи

Рисунок 2 – Конструкция промывного устройства

К агрегату подсоединены заборный патрубок и промыватель – вертикальная труба диаметром 108,0 мм с просверленными вдоль ее образующей промывными отверстиями диаметром 5,0 мм, расположенными перпендикулярно сетке с шагом 38,0 мм. Расстояние от промывателя до сетки 200,0 мм. Электронасосный агрегат типа К160/30 включает в себя насос и электродвигатель, смонтированные на общей фундаментной плите. Вращение к ротору насоса передается от двигателя через муфту, огражденную щитком. Промывное устройство с помощью привода осуществляет постоянное возвратно-поступательное перемещение вдоль фронта рыбозащитных сеток каждой V-образной камеры.

Важным элементом конструкций сетчатых РЗС является рыбоотвод.

Он предназначен для приема транзитного потока с рыбой и рыбной молодь и направления его в донные галереи. Рыбоотвод имеет установленные в нижней части открытых бетонных камер решетчатые поддоны, которые с помощью грузоподъемного устройства могут подниматься и извлекаться на поверхность по вертикальным направляющим, размещенным на боковых стенках камер, для периодической очистки от мусора (рисунок 3) [5].



1 – приемное окно; 2 – корпус байпаса; 3 – распределительный профиль; 4 – закладные для крепления; 5 – входное отверстие донной галереи; 6 – стенка опорного быка

Рисунок 3 – Рыбоприемник с сопрягающим байпасом РЗС ДМК

В период с мая по июль 2014 года авторами были проведены обследование, анализ и оценка работы рыбозащитного сооружений. В результате выявлены недостатки плоской сетки. Главным из них является высокий уровень травмируемости молоди рыб на сетчатом полотне и в процессе отведения в рыбоотвод. В журнале наблюдений отмечены неоднократные прорывы сеток, что связано с увеличением нагрузок на сетчатые полотна

во время скопления большого количества рыб и мусора, прошедшего через деформированные решетки (рисунок 4). Кроме того, такая конструкция достаточно сложная и требует значительных энергозатрат при эксплуатации [6].



Рисунок 4 – Деформированная сороудерживающая решетка

В ходе обследования выявлены неоднократные выходы из строя датчиков контроля промывного устройства (рисунок 5) при дождливой погоде и во время промывки сетки, чему способствует попадание влаги внутрь датчика. Отключение датчиков контроля промывного устройства влечет за собой засорение сетки, что приводит к разрыву полотна.



Рисунок 5 – Датчики контроля промывного устройства

Эффективность и надежность работы сетчатых рыбозащитных сооружений (РЗС) зависят от качества очистки их рыбозащитных экранов и организации отвода молоди рыб и мусора. Одним из конструктивных элементов, обеспечивающих очистку сетчатых рыбозащитных сооружений, являются гидравлические промывные устройства. Эксплуатация этих устройств выявила наличие существенной неравномерности качества промывки сетки. Кроме того, в процессе работы струеформирующие насадки быстро забиваются мелким мусором.

Проведенные авторами обследования выявили наличие ряда проблем, которые в первую очередь связаны с рыбоотводом, его конструктивным решением, качеством строительства и эксплуатации. Для перераспределения и выравнивания скоростей потока внутри корпуса байпаса установлен распределительный профиль. Обследование байпаса показало, что распределительный профиль и опорные элементы внутри него, во-первых, являются местом накопления поступающего плавающего сора, во-вторых, способствуют травмированию рыб. По данным исследований института Южгипрводхоз, скорость потока перед отверстием из байпаса в донную галерею достигает 3,8 м/с. С учетом стесненности условий движения потока такая скорость является губительной для молоди рыб как в пределах самого байпаса, так и в донных галереях. Разность уровней воды в магистральном и рыбоотводящем каналах составляет более 6 м. Это создает большие скорости в концевой части рыбоотводящей галереи и в сжатом сечении струи при ее затопленном истечении в рыбоотводящий канал (порядка 6–10 м/с). Это равносильно условиям, в которых находится рыба, попадающая под затворы сбросной плотины при напоре на гидроузле не менее 5 м. Наличие больших перепадов давления и градиентов скорости будет существенно травмировать молодь рыб. Так, размеры приемного окна (рисунок 6), выполненного в виде щели шириной 0,35 м, высотой (глубиной) 6,0 м и протяженностью вдоль потока 1,8 м, не позволили каче-

ственно осуществить бетонирование и выполнить затирку бетона. В итоге на стенках окна выступают остатки арматуры, наплывы и неровности бетона. В таких условиях при движении потока вдоль узкой щели при средних скоростях до 0,95 м/с вероятность контакта молоди с поверхностью бетонной стенки и ее гибели резко возрастает. Подобные условия сохраняются на всем пути перемещения молоди в пределах байпаса, имеющего такую же ширину (рисунок 6).



Рисунок 6 – Приемное окно

И наконец, принятые размеры отдельных элементов рыбоотвода, например рыбоприемных окон (0,35×6,0 м), входных отверстий донной галереи (0,35×0,90 м), донных галерей (0,6×1,0 м), выполненных в монолитном бетоне, не позволяют осуществлять необходимые обслуживающие (техническое обследование, удаление наносов, сора) и ремонтные работы и практически не подлежат реконструкции. Таким образом, оценка работы рыбоотводящего сооружения на Донском магистральном канале показала сложность его конструкций, в первую очередь рыбоприемных элементов, низкое качество строительства, а также высокую травмируемость рыб вслед-

ствие соприкосновения с элементами проточной части рыбоотвода. В целом это является причиной низкой эффективности всего рыбозащитного узла, что сказывается на выживаемости молоди рыб.

Результаты инструментального обследования бетонных и стальных конструкций показывают наличие трещин в бетонных конструкциях. По измеренным размерам можно судить об изношенности конструкций на 50 %, что вызывает беспокойство по поводу обеспечения безопасной работы сооружения в целом (рисунок 7).



Рисунок 7 – Бетонные и стальные конструкции

Надежность отдельных элементов РЗС меняется на протяжении многолетней эксплуатации. В некоторых случаях это связано с модернизацией элементов. Так, в частности, коэффициент готовности для насосов промывных флейт в 1982 г. составлял 0,50, а в 1994 г. – 0,875. При этом среднее время безотказной работы соответственно увеличилось на 26,1 сут. Низкая надежность насосов промывных флейт в начальный период работы РЗС ДМК (1982–1983 гг.) была связана с применением в насосах подшипников, не предназначенных для условий эксплуатации РЗС. Замена шари-

коподшипников на подшипники конического типа повысила надежность насосов промывных флейт на 75 %. Сведения об отказах работы элементов рыбозащитного сооружения представлены в таблице 1 [7].

Таблица 1 – Основные показатели технической надежности элементов рыбозащитного сооружения Донского магистрального канала

Наименование элемента РЗС	Суммарное время простоя, сут	Суммарное время восстановления, сут	Суммарное время безотказной работы, сут	Суммарное время восстановления, сут	Коэффициент готовности
Промывная флейта	2,50	0,083	76,50	0,010	0,875
Насос промывной флейты	16,00	0,208	31,50	0,026	0,875
Патрубок подачи воды от насоса к флейте	12,14	0,147	22,29	0,018	0,875
Электродвигатель насоса флейты	9,50	0,083	69,50	0,010	0,875
Электрокабель двигателя насоса флейты	3,71	0,332	18,82	0,042	0,750
Консольный подвес насосной установки и ее привод	9,50	0,334	17,38	0,042	0,750
Одна секция с промывной установкой и приводом в целом	38,13	0,625	4,09	0,078	0,750

По результатам обследования установлено, что данное сооружение выработало свой ресурс и требует реконструкции и технического перевооружения на основе научных подходов и инновационных методов проектирования. Для оптимизации работы рыбозащитного сооружения авторами даны некоторые рекомендации.

Многолетние инженерно-биологические исследования сетчатых РЗС, выполненные в том числе и авторами, позволили не только изучить механизм взаимодействия молоди рыб с сетчатым экраном, но и качественно изменить конструкцию основного элемента сооружения – сетки. Все это привело к уменьшению травмируемости молоди рыб. Авторами предложены более совершенные конструкции сеточных камер и очертание полотна

сетки, так как имеется положительный опыт замены прямолинейного очертания на криволинейное расположение сетки с целью выравнивания удельных расходов потоков воды вдоль сетчатого экрана. Применение такой сетки существенно снижает травмируемость молоди на 20–40 % [8].

Очевидно, необходимо разработать конструкцию датчика, чтобы обеспечить герметизацию и безопасность работы сооружения и, следовательно, увеличить срок его службы.

Для эффективной очистки сетки предлагаем использовать водовоздушные струи, которые в 1,5–2,0 раза качественнее, чем гидравлические.

Рекомендуем расширить размеры отдельных элементов рыбоотвода, например рыбоприемных окон (0,7×6,0 м), входных отверстий донной галереи (0,7×1,0 м), донных галерей (0,9×1,3 м), которые позволят осуществить необходимые обслуживающие (техническое обследование, удаление наносов, сора) и ремонтные работы, а также создадут безопасный скоростной режим отвода рыб.

И наконец, предлагаем техническое перевооружение рыбозащитного сооружения на основе научных подходов и инновационных методов проектирования, что в первую очередь предполагает полную автоматизацию работы с последующей диспетчеризацией процесса.

Список использованных источников

1 Михеев, П. А. Рыбозащитные сооружения водозаборов систем водоснабжения / П. А. Михеев, В. Н. Шкура, Е. Д. Хецуриани. – Новочеркасск: НГМА, 2005. – 111 с.

2 Вишневская, С. К. Рыбозащитные устройства и сооружения: науч.-техн. обзор / С. К. Вишневская, Л. А. Шмарова. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2002. – 144 с.

3 Петрашкевич, В. В. Сетчатые рыбозащитные устройства / В. В. Петрашкевич // Проспект на ВДНХ СССР / «Союзводпроект», «Союзгипроводхоз». – 1985. – С. 16.

4 Михеев, П. А. Оценка состояния рыбозащитного сооружения Донского магистрального канала с целью реконструкции / П. А. Михеев, А. И. Перелыгин // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 9. – С. 41–44.

5 Михеев, П. А. Рыбоотводы гидротехнических сооружений / П. А. Михеев, А. И. Перелыгин; ФГБОУ ВПО НГМА. – Ростов н/Д.: Феникс, 2014. – 265 с.

6 Иванов, П. В. Оптимизация мелиоративного водозабора из рыбохозяйственно значимых водоисточников: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02, 05.23.07 / Иванов Павел Вадимович. – Новочеркасск, 1998. – 49 с.

7 Иванов, П. В. Эколого-экономическое обоснование водозаборов оросительных систем / П. В. Иванов. – Новочеркасск: НГМА, 1997. – 158 с.

8 Хецуриани, Е. Д. Импульсное гидродинамическое рыбозащитное устройство машинных водозаборов с расходом до 0,5 м³/с: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07 / Хецуриани Елгуджа Демурович. – Новочеркасск, 2006. – 23 с.

Хецуриани Елгуджа Демурович – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды», Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация.

Контактный телефон: +7 951 509-77-01.

E-mail: goodga@mail.ru

Khetsuriani Yelgudzha Demurovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation.

Contact telephone number: +7 951 509-77-01.

E-mail: goodga@mail.ru

Селицкий Сергей Артурович – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация.

Контактный телефон: (8635) 26-65-00.

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Selitskiy Sergey Arturovich – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation.

Contact telephone number: (8635) 26-65-00.

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Богачёв Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, заместитель руководителя, Федеральное агентство по рыболовству Азово-Черноморского территориального управления, Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

Контактный телефон: +7 928 130-52-20.

E-mail: goodga@mail.ru

Bogachev Anatoliy Nikolayevich – Candidate of Technical Sciences, Deputy Chief, Federal Agency on Fishery of Azov-Black Sea Territory Direction, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Contact telephone number: +7 928 130-52-20.

E-mail: goodga@mail.ru

Душенко Артур Юрьевич – инженер-технолог, Общество с ограниченной ответственностью «КСТ-Вотер», Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

Контактный телефон: +7 988 562-95-16.

E-mail: goodga@mail.ru

Dushenko Artur Yuryevich – Processing Engineer, Limited Liability Company “KST-Voter”, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Contact telephone number: +7 988 562-95-16.

E-mail: goodga@mail.ru

Пельчер Антон Владимирович – инженер-технолог, Общество с ограниченной ответственностью «КСТ-Вотер», Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

Контактный телефон: +7 925 866-07-11.

E-mail: goodga@mail.ru

Pelcher Anton Vladimirovich – Processing Engineer, Limited Liability Company “KST-Voter”, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Contact telephone number: +7 925 866-07-11.

E-mail: goodga@mail.ru

Бечвая Русудан Станиславовна – инженер-технолог, Общество с ограниченной ответственностью «КСТ-Вотер», Ростов-на-Дону, Российская Федерация; аспирант, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова.

Контактный телефон: +7 925 866-07-11.

E-mail: goodga@mail.ru

Bechvaya Rusudan Stanislavovna – Processing Engineer, Limited Liability Company “KST-Voter”, Rostov-on-Don, Russian Federation; Postgraduate Student, South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation.

Contact telephone number: +7 925 866-07-11.

E-mail: goodga@mail.ru