

УДК 626

EDN [DVWHMK](#)



Оценка технического состояния и гидравлических условий в зоне размещения рыбозащитного сооружения насосной станции

А.А. Ткачев, Д.В. Титаренко, Е.И. Ускова, И.А. Демичев, А.В. Чаплыгин*

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО
Донской ГАУ, ул. Пушкинская, 111, Новочеркасск, 346428, Россия

*E-mail: gts_i_sm.nimi@mail.ru

Аннотация. В настоящее время площадь орошаемых земель на юге России, включающая Южный и Северо-Кавказский федеральные округа, по данным Мелиоративного Кадастра составляет 2521,6 тыс. га или 54,0 % от площади орошения в Российской Федерации. Ростовская область обладает крупными мелиоративными системами: площадь мелиорированных земель составляет 255,3 тыс. га, из которых 228,7 тыс. га орошаемых и 27,7 тыс. га осушаемых. Очевидно, что решение проблемы экологически обоснованного аграрного производства и обеспечения продовольственной безопасности страны невозможно без интенсивного развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса и гарантированного производства на мелиорированных землях сельскохозяйственной продукции. Использование водных ресурсов в сельском хозяйстве связано с изъятием значительных объёмов воды из естественных водоисточников и воздействием на водную экосистему, в первую очередь на ихтиофауну и других гидробионтов. Одним из основных условий эффективного сохранения рыбных запасов при водохозяйственном строительстве является защита и отведение рыбы из опасной для неё зоны водозабора, с сохранением жизнеспособности с использованием специальных рыбозащитных сооружений и устройств.

Ключевые слова: рыбозащитное сооружение, гидравлические условия, водная экосистема, подача воды на орошение, мелиоративный комплекс.

Assessment of the technical condition and hydraulic conditions in the area of location of the fish protection facility of the pumping station

A.A. Tkachev, D.V. Titarenko, E.I. Uskova, I.A. Demichev, A.V. Chaplygin*

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute. A.K. Kortunova Donskoy State
Agrarian University, st.Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, 346428, Russia

*E-mail: gts_i_sm.nimi@mail.ru

Abstract. At present, the area of irrigated land in the south of Russia, including the Southern and North Caucasian federal districts, according to the Meliorative Cadastre, is 2521.6 thousand hectares, or 54.0% of the irrigation area in the Russian Federation. Rostov region covered by reclamation territories: the area of reclaimed land is 255.3 thousand hectares, of which 228.7 thousand hectares are irrigated and 27.7 thousand hectares are drained. It is obvious that solving the problem of environmentally sound agricultural production and ensuring the country's food security is impossible without the intensive development of the reclamation and water management complex and guaranteed production of agricultural products on reclaimed lands. The use of water resources in agriculture is associated with the withdrawal of significant volumes of water from natural water sources and the impact on the aquatic ecosystem, primarily on the ichthyofauna and other hydrobionts. One of the main conditions for the effective conservation of fish stocks during water management construction is the protection and diversion of fish from a dangerous water intake zone, while maintaining viability using special fish protection structures and devices.

Keywords: fish protection structure, hydraulic conditions, aquatic ecosystem, water supply for irrigation, reclamation complex.

1. Введение

В настоящее время, в связи с эксплуатацией рыбозащитного сооружения типа жалюзийный экран с гидроструями и рыбоотводом (ЖЭГСирО) на головной насосной станции НС-42, возникла необходимость в анализе гидрологических, технических, технологических характеристик сооружения [1, 2].

Подводящий канал выполнен в земляном русле, облицован наброской из камня $D_{cp}=300-400$ мм, уложенной на основание из щебня. Обрамление участка выполнено двумя продольными дамбами. Отметка верха дамб +11.50 м БС. Подводящий канал имеет следующие проектные параметры: расход: max – 22,0 м³/с; min – 5,0 м³/с; отметки уровней воды: max – 11,30 м; min – 9,20 м; ширина по дну – 12,0 м; строительная глубина – 4,2 м; заложение откоса 1:2. Подводящий канал совмещается переходным участком от трапециoidalного сечения к прямоугольному с головным сооружением.

Головное сооружение, представляет собой доковую конструкцию прямоугольного сечения размерами 12,0×4,2 м, которая делится на четыре секции по 3,0 м, в которые размещены сороудерживающие решётки. По верху сооружения установлена плита для монтажа сороочистной машины и переезда автотранспорта. За фронтом решёток размещены пазы ремонтных шандорных затворов, устанавливаемых на период ремонта рыбозащитного сооружения [3, 4, 5].

Уровни воды в подводящем канале и водохранилище, по данным гидрологической службы гидроузла за период обследований, колебались в пределах 0,15 м и в среднем составляли 10,30 м БС.

В качестве рыбозащитного сооружения используется жалюзийный экран, омываемый гидроструями с рыбоотводом.

Жалюзийная камера выполнена в виде доковой конструкции из железобетона внутренними размерами 14,0×4,2 м. По диагонали в камере расположена эстакада со служебным эксплуатационным мостиком, который обеспечивает возможность осмотра, демонтажа и монтажа всех технологических устройств: жалюзийных решёток, напорного трубопровода, струепродуктора, Г-образных стоек монорельса грузоподъёмного устройства, расположенных вдоль мостика и жалюзийных решёток.

На конечном участке эстакады (мостика) выполнен лотковый вход в рыбоотвод прямоугольной формы размером поперечного сечения $0,6 \times 4,2$ м на входной части. Далее дно рыбоотвода поднимается на отметке $+ 9,05$ м с уклоном 1:3.

На расстоянии 5,25 м от входа в рыбоотвод расположено устройство для перекрытия лотковой части рыбоотвода на время ремонтных работ в жалюзийной камере. Устройство не имеет привода управления и действует в пассивной форме, в дальнейшем данную конструкцию рекомендуется заменить и установить винтовой подъёмник.

Выходной оголовок и переходной участок включают: секционную камеру шандорных заграждений и два переходных участка; один - для перехода от одной ширины днища к другой, второй – для перехода от прямоугольного сечения русла к трапецеидальному.

Внутренние размеры камеры шандорных заграждений $12,0 \times 4,0 \times 4,2$ м. Заграждения состоят из 4-х секций шириной по 3,0 м каждая.

По верху камеры шандорных заграждений выполнен служебный мостик шириной 1,50 м.

К камере непосредственно примыкает переходной участок в виде прямоугольного лотка размерами по дну от 12,0 м до 10,0 м, высотой 4,2 м.

Далее идёт переход от прямоугольного русла к трапецеидальному. Размеры переходного участка: в плане, длина – 15.0 м, ширина – от 10.0 м до 26.8 м, высота – 4.20 м.

Параметры рыбозащитного сооружения:

- жалюзийный экран: длина – 44 м (16 кассет длиной 3 м); высота – 3,9 м; угол установки экрана к оси канала – 15° ;
- жалюзийная кассета: расстояние между пластинами – 25 мм; толщина пластины – 5 мм; ширина пластины – 50 мм; угол установки пластины к оси канала – 90° ;
- струенаправляющие лопатки – в отличие от проекта выполнены прямолинейными, установлены равномерно по всей площади жалюзийной решётки;

- струепродукторы: количество – 5 шт. с шагом 8,8 м; расстояние от экрана – 0,15 – 0,2 м; количество насадок на струепродукторе – 3 через 1 м по высоте; насадки – диаметр 30 мм; скорость истечения – 10,0 м/с; угол установки оси насадка к экрану – 10^0 .

Рыбозащитное сооружений в период обследования работало с общей пропускной способностью (с учётом расхода рыбоотводящего тракта) до $3,0 \text{ м}^3/\text{с}$.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

При эксплуатации гидротехнических сооружений часто возникает необходимость оценки рабочих эксплуатационных режимов работы на соответствие таких режимов требованиям проектных решений и нормативных положений. В связи с этим по исследуемому объекту требовалось выполнить работы по оценке технического состояния и гидравлических условий в зоне размещения рыбозащитного сооружения на головной насосной станции НС-42 при различных условиях эксплуатации:

- установить соответствие проектным и нормативным параметрам рыбозащитного сооружения и его отдельных конструктивных элементов;
- выявить характеристики рабочих режимов эксплуатации рыбозащитного сооружения, установить гидравлические параметры подводящего канала, рабочей камеры, системы струепродукторов;
- установить эксплуатационные гидравлические параметры рыбоотводящего тракта.

3. Методы и материалы исследования

Для наблюдения за уровнями воды в Весёловском водохранилище и районе рыбозащитного сооружения использовался существующий водомерный пост, замеры уровней воды осуществлялся с точностью до 1 см.

Промеры глубины по промерным створам производились в водохранилище с помощью гидрометрического лота с лодки и передвижной рейки в пределах сооружений.

Прозрачность воды в водоисточнике определялась с помощью белого диска (Секки) и составляла в водохранилище и аванкамере сооружения от 0,8 до 1,1 м.

Гидравлические исследования зоны влияния водозабора включают определение скоростей течений в водохранилище в зоне влияния РЗС с целью установления возможного распределения молоди рыб.

При измерении скорости течения в зоне влияния водозабора использовались общеизвестные методики [6, 7, 8], применялась микровертушка гидрометрическая (ГМЦМ-1).

Характер вертикального распределения скоростей устанавливался по данным измерений на каждой вертикали в трёх точках на глубинах $0,2^h$, $0,6^h$ и $0,8^h$. Средняя скорость течения на вертикали определялась по уравнению 1:

$$U_{ср.в} = 0,25(U_{0,2h} + 2U_{0,6h} + U_{0,8h}) \quad (1)$$

В рыбоотводе при глубине воды менее $0,75$ м измерения производились в одной точке – на глубине $0,5^h$.

Анализ скоростной структуры потока у водозабора производился табличным и графоаналитическим методом, что позволило получить информацию о распределении скоростей течения и характере их изменения в районе водозабора и РЗС [6].

Гидравлические измерения проводились в течение июля – сентября по створам и отдельным станциям в подводящем канале РЗС, аванкамере и рыбоотводящем лотке при следующих условиях работы сооружения:

- расход подачи насосной станции $5,0$ м³/с;
- расход рыбоотвода $1,62$ м³/с;
- глубина воды в аванкамере РЗС изменялась в пределах $3,0$ – $2,92$ м;
- состояние жалюзийных кассет РЗС удовлетворительное;
- струепродукторы работают в проектном режиме.

Замеры глубин и скоростей производились в створе расположенном в $20,0$ м от створа входа в головное сооружение. В связи с малыми забираемыми расходами скорости течения находились на границе пороговых скоростей измеряемых микровертушкой ($0,04$ – $0,05$ м/с), при сравнительно равномерном их распределении по сечению канала.

Насосная станция рыбозащитного сооружения предназначена для подачи воды на струепродукторы с целью отгона малька от жалюзи в рыбоотводящий канал и далее в р. Маныч (нижний бьеф Веселовского водохранилища).

Станция располагается на площадке существующего РЗС в верхнем бьефе Веселовского водохранилища.

Расчётные параметры насосной станции: расход, подаваемый на 5 струепродукторов – 125 л/с; напор – 50-60 м.

По категории надёжности подачи воды станция относится к III категории, по капитальности – к IV классу сооружений, по огнестойкости – к III степени.

В состав узла насосной станции входят следующие сооружения: подводный и всасывающие трубопроводы; здание насосной станции; напорный трубопровод.

Подводный трубопровод выполнен из стальной трубы 426x5 ГОСТ 10704-91 (длиной 19,0 м). Диаметр трубы принят из условия расчётной скорости подвода воды порядка 1,0 м/с (при максимальном расходе ($Q=125$ л/с)). Вход в трубопровод размещён на отметке оси 6,7 м на дно рыбозащитного сооружения (РЗС) под минимальный горизонт воды 9,80 м с уклоном в сторону подводного канала. В концевой части (в камере РЗС) трубопровод снабжён сороудерживающей сеткой.

Число всасывающих трубопроводов – 2 шт., равно числу насосных агрегатов. Трубопроводы выполнены из стальных труб 325x4,5 ГОСТ 10704-91. Диаметры всасывающих трубопроводов соответствуют допускаемым скоростям (СНиП 2.04.02.84). Поверхность всех труб покрыта усиленной антикоррозийной гидроизоляцией.

Здание насосной станции – кирпичное, прямоугольное в плане, габаритами 6,0x18,0 (в осях), одноэтажное, высотой 4,2 м от пола до потолка, со скатной кровлей из профнастила по металлическим прогонам и балкам, с простым архитектурным оформлением фасадов. Насосная станция работала двумя насосами, обеспечивая необходимую подачу воды к струепродукторам.

Наблюдения за состоянием подводного канала показали, что к концу сезона происходит интенсивное накопление и зарастание водорослями, при этом возрастает нагрузка на сороудерживающие решётки (рисунок 1).



Рисунок 1. Заращение и накопление водорослей в подводящем канале РЗС.

4. Полученные результаты

При работающих струепродукторах наблюдается направленное течение потока вдоль жалюзийного экрана. Основная функция струепродукторов – обеспечение транзитного движения потока к рыбоотводящему лотку выполняется. При отсутствии стабильного расхода водоотбора количественные характеристики в целом по аванкамере оценить не представляется возможным. Транзитные скорости вдоль противоположной от экрана стенки аванкамере, в тестовом режиме практически отсутствовали (находились на пороге чувствительности микровертушки 0,04–0,05 м/с). Вместе с тем, результаты измерений скоростей течений вдоль жалюзийного экрана показали, что в тестовом режиме средние скорости изменяются в диапазоне 0,95–1,09 м/с в середине первой жалюзийной кассеты от струепродуктора до 0,25–0,30 м/с в середине последней жалюзийной кассеты перед следующим струепродуктором.

Таким образом, характер гидравлической структуры потока в аванкамере РЗС соответствует проектному решению, т.е. в аванкамере обеспечивается направленное перемещение молоди рыб к рыбоотводу.

Измерения скоростей течения в рыбоотводящем лотке производились по трёхточечной схеме в двух створах на входном оголовке и в лотке на выходе (таблица 1).

Таблица 1. Результаты измерений скоростей течения потока в рыбоотводящем лотке.

Измеряемый створ	Глубина измерения	Скорость течения, м/с	
		по вертикали	Среднее
15 июля 2022 г.			
ВХОДНОЙ ОГОЛОВОК	0,2 <i>h</i>	0,547	0,462
	0,6 <i>h</i>	0,440	
	0,8 <i>h</i>	0,422	
ВЫХОД ЛОТОК	0,2 <i>h</i>	1,723	1,645
	0,6 <i>h</i>	1,641	
	0,8 <i>h</i>	1,578	
25 августа 2022 г.			
ВХОДНОЙ ОГОЛОВОК	0,2 <i>h</i>	0,562	0,475
	0,6 <i>h</i>	0,453	
	0,8 <i>h</i>	0,432	
ВЫХОД ЛОТОК	0,2 <i>h</i>	1,741	1,658
	0,6 <i>h</i>	1,650	
	0,8 <i>h</i>	1,592	
19 сентября 2022г.			
ВХОДНОЙ ОГОЛОВОК	0,2 <i>h</i>	0,512	0,432
	0,6 <i>h</i>	0,411	
	0,8 <i>h</i>	0,392	
ВЫХОД ЛОТОК	0,2 <i>h</i>	1,632	1,578
	0,6 <i>h</i>	1,578	
	0,8 <i>h</i>	1,521	

Анализ результатов измерений позволяет сделать следующие выводы:

- скорость воды в рыбоотводящем лотке обеспечивает отведение молоди из зоны влияния жалюзийного экрана (во входном оголовке более 0,4 м/с), для ранней молоди средние значения скорости больше критических;
- для поздней молоди и взрослых особей скорости на входном оголовке необходимо увеличить до 0,7 м/с с целью исключения возможности возврата рыб в аванкамеру рыбозащитного сооружения.

В целях повышения эффективности эксплуатации и оптимизации конструктивных элементов рыбозащитного сооружения рекомендуются следующие мероприятия:

- для оперативности управления расходом рыбоотвода и сокращением непроизводственных сбросов воды из Весёловского водохранилища в голове рыбоотвода необходимо установить регулятор с винтовым подъёмником;
- для эффективной работы жалюзийного экрана, при отсутствии противообрастающих покрытий, по результатам визуальных обследований следует осуществлять периодическую очистку жалюзийных пластин от обрастания дрейссеной, водорослей и наносов.

5. Выводы

В результате проведённых работ по оценке технического состояния и гидравлических условий в зоне размещения рыбозащитного сооружения на головной насосной станции НС-42 установлено:

- рыбозащитное сооружение и его элементы в целом соответствуют проектному решению и тем изменениям, которые вносились в проекте в процессе выполнения строительных работ;
- эксплуатация рыбозащитного сооружения свидетельствует о его работоспособности, гидравлические параметры подводящего канала, рабочей камеры, системы струепродукторов отвечают проектным параметрам;
- эксплуатация рыбоотводящего тракта выявила изменения проектных параметров элементов сооружений и русла канала, связанные с возникшими эрозионными процессами.

Список литературы

1. Иваненко, Ю.Г. Повышение эффективности работы РЗС водозабора Азовского магистрального канала // Ю.Г. Иваненко, Г.Л. Лобанов, А.А. Ткачев. В сборнике: Охрана и возобновление гидрофлоры и ихтиофауны. Шкура В.Н., Михеев П.А. / Сер. "Труды Академии водохозяйственных наук" Новочеркасская государственная мелиоративная академия, Академия водохозяйственных наук России. Новочеркасск, 1999. – 130-132 с.
2. Исаев А.И., Карпова Е.И. Рыбное хозяйство водохранилищ. Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989. – 255 с.
3. Михеев П.А. Рыбозащитные сооружения и устройства – М: «Рома» 2000 – 405 с.

4. Fish Protection at Water Diversions. The Handbook on Planning and Design of Fish Protection Structures. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, April, 2006.
5. Павлов, Д.С., Тюрюков, С.Н. Использование проницаемых заградений для защиты ранней молоди рыб от попадания в водозаборные сооружения // Рыбоохр. сооруж. энергетич. объектов / Сб. научн. тр. Гидропроекта. – М., 1991. – Вып. 147. – С. 92-103.
6. Ткачев, А.А. Оптимизация процессов управления водораспределением на магистральных оросительных каналах / А.А. Ткачев. – Новочеркасск: Оникс+, 2007. – 145 с.
7. ГОСТ 15123-80. Средства измерения скоростей течения воды. Вертушки гидрометрические речные. Общие технические требования.
8. Справочник по гидравлическим расчётам / Под ред. П.Г. Киселева Изд. 4-е. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.