

Оригинальная статья

УДК 502/504:627.83:626.88

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-86-93

ОСОБЕННОСТИ И АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ РЫБОЗАЩИТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВОДОПРИЕМНИКОВ КРУПНЫХ ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

АЛИ МУНЗЕР СУЛЕЙМАН^{1✉}, канд. техн. наук, доцент
munzer@yandex.ru

БЕГЛЯРОВ ДАВИД СУРЕНОВИЧ^{1✉}, д-р техн. наук, профессор
viv@rgau-msha.ru

ШАКИРОВ РУСЛАН РИШАДОВИЧ², заместитель главного инженера
по основным сооружениям АО «Институт Гидропроект»
.shakirov@hydroproject.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия

² АО Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Гидропроект» им. С.Я. Жука; 125993, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, 2, Россия

Разработка эффективных рыбозащитных мероприятий на водозаборах – одно из главных направлений сохранения и воспроизводства рыбных ресурсов во внутренних водоемах страны. Ее сложность связана с привлечением многих смежных дисциплин: ихтиологии, физиологии, гидробиологии, экологии, гидравлики, гидрологии и др. В процессе решения проблемы стандартизации информации она должна использоваться для создания математических моделей прогнозирования потенциального влияния водозаборов с рыбозащитой на водную экосистему. Дан обзор исследований технологии сохранения водных биоресурсов (ВБР), проведенных АО «Институт Гидропроект» (г. Москва) совместно с ООО «Гидротехника» (г. Сочи), рассмотрены основные положения методики моделирования; представлены результаты математического моделирования течений в верхнем бьефе в районе гидроагрегатов, водосбросов и каменно-набросной плотины на Богучанской ГЭС, результаты экспериментальных исследований струегенераторов и биогидравлического моделирования. Дана оценка проведенных исследований.

Ключевые слова: бассейн, водные биологические ресурсы, плотина, водозаборное окно, водосброс, гидроагрегат, масштабы моделирования, места оптимального обитания рыб, рифовые модули, расход воды, струегенератор, физическая модель

Формат цитирования: Али М.С., Бегляров Д.С., Шакиров Р.Р. Особенности и анализ исследований рыбозащитного комплекса для водоприемников крупных высоконапорных гидроэлектростанций // Природообустройство. – 2022. – № 2. – С. 86-93. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-86-93.

© Али М.С., Бегляров Д.С., Шакиров Р.Р., 2022

Scientific article

FEATURES AND ANALYSIS OF STUDIES OF FISH PROTECTION COMPLEX FOR WATER RECEIVERS OF LARGE HIGH-PRESSURE HYDROELECTRIC POWER PLANTS

ALI MUNZER SULEIMAN^{1✉}, candidate of technical sciences, associate professor
munzer@yandex.ru

BEGLYAROV DAVID SURENOVICH^{1✉}, doctor of technical sciences, professor
db4171@mail.ru

SHAKIROV RUSLAN RISHADOVICH, deputy chief engineer for main structures,
JSC «Institute Hydroproject»
r.shakirov@hydroproject.ru

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev; Moscow, st. B. Akademicheskaya, d. 44, Russia

² JSC Design and Survey and Research Institute «Gidroproekt» named after S.Ya. Zhuk; 125993, Moscow, Volokolamsk sh., 2, Russia

Development of effective fish protection measures at water intakes is one of the main directions of fish resources conservation and reproduction in inland water bodies of the country. Its complexity

is associated with the involvement of many related disciplines: ichthyology, physiology, hydrobiology, ecology, hydraulics, hydrology, etc. In the process of solving the problem of standardization of information to be used for creating mathematical models for forecasting potential impact of water intakes with fish protection on aquatic ecosystem. The article gives a review of the research on the technology of aquatic bioresources (ABR) conservation, conducted by JSC «Institute Hydroproject» (Moscow) together with LLC «Hydrotechnika» (Sochi), the basic provisions of modeling methodology are considered; the results of mathematical modeling of currents in the upstream in the area of hydraulic units, spillways and rockfill dam at Boguchanskaya HPP; results of experimental studies of stream generators and biohydraulic modeling. The assessment of the conducted research is given.

Keywords: basin, water biological resources, dam, intake window, spillway, hydraulic unit, modeling scale, optimal fish habitat, reef modules, water flow, stream generator, physical model

Format of citation: Ali M.S., Beglyarov D.S., Shkipov R.R. Features and analysis of studies of fish protection complex for water receivers of large high-pressure hydroelectric power plants // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 2. – S. 86-93. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-86-93.

Введение. При анализе результатов моделирования, разработке технических средств, используемых для рыбоохранных мероприятий на внутренних водоемах, традиционный «экспериментальный» подход дает возможность четкой детерминации причинно-следственных связей в опытах [1, 2].

В контексте задач биогидравлического моделирования условий на приплотинной акватории ГЭС в качестве частных моделей следует рассматривать процессы взаимодействия различных гидротехнических конструкций и создаваемых ими физических полей с гидробионтами в экспериментальном бассейне, толщину поверхностного слоя воды с условиями зрительной ориентации рыб и временной период их нагульных миграций.

Осуществлен анализ возможности накопления и отведения молоди рыб из района гидроагрегатов (ГА) и водосбросов Богучанской ГЭС с целью недопущения ее попадания в водоприемные отверстия и перевод в безопасные места оптимального обитания (МООР) [3]. Произведено определение оптимальных параметров струегенератора, обеспечивающего перенаправление рыбообитаемого слоя водозаборного течения в безопасное место [3, 7, 8].

В качестве основных мер по обеспечению экспериментального режима работ в модельной среде предусмотрены:

- создание по периферии бассейна с однородными боковыми поверхностями и дном непрозрачного экрана высотой не менее 2,5 м для защиты рыб от визуальных раздражителей;
- использование видеотехники для дистанционного контроля и регистрации поведения рыб в дневное и в темное время суток с использованием источников освещения модельной среды.

Одной из основных задач биогидравлического моделирования является обоснование этологических критериев подобия [9].

Биологическое обеспечение исследований сводилось к решению следующих задач:

- определение модельных видов рыб, близких по экологической группе к видам, обитающим в природном водоеме;
- создание условий содержания и эксперимента, не препятствующих проявлению поведенческих реакций из видового стереотипа реагирования.

С учетом региональной специфики работ и условий экспериментальной базы на Богучанском водохранилище [10] при окончательном выборе модельной рыбы из состава видов, входящих в семейства карповых и окуневых, предпочтение было отдано представителю карповых рыб – серебряному карасю *Carassius gibelio* (Bloch) – ввиду комплекса разноплановых преимуществ, которыми обладают эти рыбы в условиях биогидравлического моделирования, а именно:

- повсеместное распространение в условиях широкого диапазона биотопического разнообразия среды;
- наличие лабильных тактик освоения среды при изменении условий обитания;
- высокий уровень толерантности к физико-химическим параметрам среды;
- экспериментально установленное тождество реакции карася и окуня в реогradientной среде при выборе зон с пониженной турбулентностью [11].

Материалы и методы исследований. Для точного динамического подобия течений со свободной поверхностью необходимо равенство как чисел Рейнольдса, так и чисел Фруда.

Нижний предел размеров модели определяется из условий: течение на модели должно быть турбулентным и автомодельным по числу Рейнольдса [12]. При обтекании тел различной формы эти требования будут выполнены, если $R_b \geq 500 \div 1000$.

При истечении жидкости через отверстия в проницаемых экранах (струи) автомодельность по числу Рейнольдса будет иметь место, если $R_v \geq 500$.

Взаимодействие течения с проницаемой наброской становится независимым от числа Рейнольдса при $R_v \geq 1000$.

Физическая модель была построена в экспериментальном бассейне ООО «Гидротехника» в г. Сочи. Бассейн расположен на открытой площадке (рис. 1). Высота стенок бассейна составляет $H = 1,35$ м. Для работы стругенератора используется насос типа К 65-50-125, обеспечивающий расход воды в $25 \text{ м}^3/\text{ч}$, напор – 20 м.

Конструкции искусственных ориентиров и убежищ для рыб [3] выполнялись из двух видов материалов: естественных (дерево, каменная наброска различной фракции и геометрической формы, а также внутриводная и надводная растительность) и искусственных (сборные железобетонные конструкции), причем их габариты и конфигурация не подлежали физическому моделированию и определялись по взаимодействию с потоком воды и модельными видами рыб. Схема расположения искусственных ориентиров и убежищ в экспериментальном бассейне представлена на рисунке 2.

В период проведения исследований температура воды в модельной среде изменялась от 24 до 28°C .

Измерения выполнены методом визуализации в слое ниже уровня воды на 0,5 м. В измеряемой точке параллельно дну устанавливалась масштабная решетка из тонкой проволоки с ячейкой 5×5 см. Затем над ней с помощью шприца вводилась чернильная метка, которая переносилась окружающим течением.

Скорость и направление перемещения метки определялись с помощью секундомера и масштабной решетки. Точность измерения скорости данным методом в опытах составляла 5-10%.

Основными элементами изучаемых рыбозащитных устройств являются стругенераторы [7, 8], принудительно переформирующие гидравлическую структуру водозаборного течения.

Стругенератор выполнен в виде водораспределительного патрубка с соплами, подключенного к источнику напорной воды [7, 8]. При этом стругенераторы можно условно подразделить на два основных типа: формирующие плоскую или формирующие круглую струю.

Схема течения в плоской струе показана на рисунке 3, где $2b_0$ – ширина щели; I – начальный участок длиной L_0 ; II – зона развитого

течения; U_0 – скорость жидкости в выходном сечении щели.

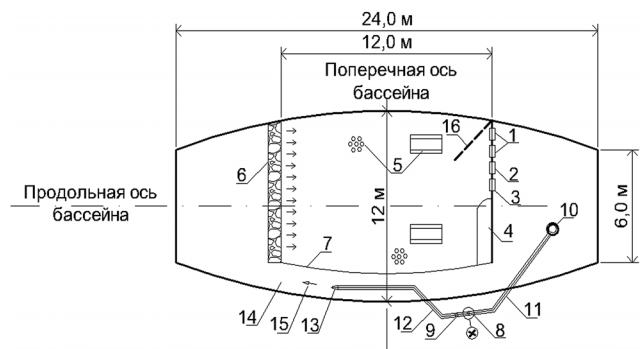


Рис. 1. Схема с сооружением и оборудованием:

- 1 – водозаборные отверстия гидроагрегатов;
- 2 – водозаборные отверстия поверхностного водосброса № 2;
- 3 – водозаборные отверстия глубинного водосброса № 1;
- 4 – фрагмент каменно-набросной плотины;
- 5 – искусственные ориентиры и убежища для рыб МООР);
- 6 – каменный фильтр для выравнивания и формирования течения выше створа плотины;
- 7 – стенка канала в бассейне;
- 8 – центробежный насос К 200-150-250, обеспечивающий расходы воды в 87 л/с и напор в 20 м вод. ст.;
- 9 – задвижка; 10 – обратный клапан;
- 11 – всасывающий трубопровод;
- 12 – напорный трубопровод; 13 – сопло; 14 – канал;
- 15 – направление течения; 16 – ныряющая стенка

Fig. 1. Scheme with construction and equipment:

- 1 – water intake holes of hydraulic units;
- 2 – water intake holes of surface spillway No2;
- 3 – water intake holes of the deep spillway No. 1;
- 4 – a fragment of the stone-skech dam;
- 5 – artificial landmarks and shelters for MOER fish);
- 6 – stone filter for leveling and forming a current above the dam alignment;
- 7 – canal wall in the basin;
- 8 – centrifugal pump К 200-150-250, which provides water consumption of 87 l/s and head of 20 m of water col.;
- 9 – gate valve;
- 10 – check-return valve;
- 11 – suction pipeline;
- 12 – pressure pipeline; 13 – nozzle; 14 – channel;
- 15 – direction of flow; 16 – diving wall

Обозначим u как скорость жидкости в струе; u_{max} как осевая скорость жидкости. Наружные пунктирные кривые представляют собой «номинальные» границы струи, где продольная скорость u равна произвольно малой доле осевой скорости.

В области полностью развитой струи как ширину b , так и осевую скорость струи u_{max} , можно выразить в функции от x в виде степенных законов: $b \sim x^m$; $u_{max} \sim x^n$.

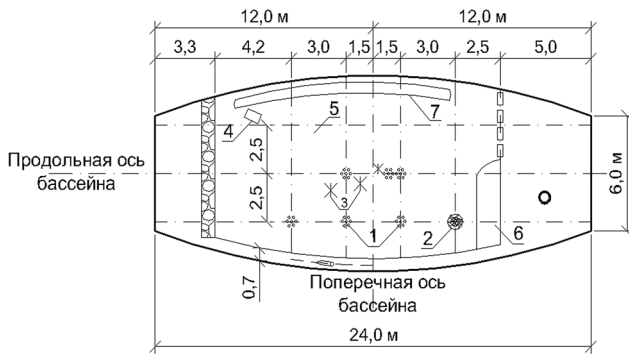


Рис. 2. Схема расположения искусственных ориентиров и убежищ в экспериментальном бассейне:

- 1 – крупнообломочный грунт; 2 – щебень;
3 – гексаподы; 4 – плавучий ориентир;
5 – нить для перемещения плавучего ориентира;
6 – фрагмент КНП; 7 – донная полоса гравия

Fig. 2. The location scheme of artificial landmarks and shelters in the experimental basin:

- 1 – coarse-grained soil; 2 – crushed stone;
3 – hexapods; 4 – floating landmark;
5 – a thread for moving a floating landmark;
6 – a fragment of KNP; 7 – bottom strip of gravel

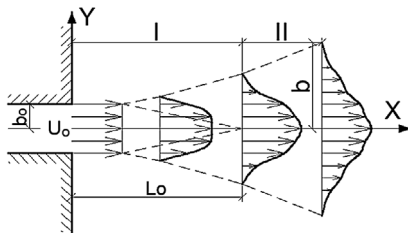


Рис. 3. Профили скорости в плоской струе: I – начальный участок «Зона установления течения»; II – зона «Полностью развитое течение»

Fig. 3. Velocity profiles in a flat jet:

- I – the initial section of the «current establishment zone»;
II – zone of the «fully developed flow»

Для случая плоской струи можно предположить, что подобные профили скорости представляют собой гауссовские кривые. Тогда условия подобия выражаются как

$$u / u_{\max} = f(y/x) = f(\xi) = \exp(-y^2 / 2C_1^2 x^2), \quad (1)$$

где C_1 – константа, которая должна быть определена экспериментально.

Основные соотношения для переноса количества движения в области полностью развитой струи можно вывести из упрощенного уравнения движения с учетом уравнения неразрывности.

Отношение осевой скорости к начальной скорости струи U_0 можно выразить следующим образом:

$$u_{\max} / U_0 = \sqrt{2b_0 / x I_2}, \quad (2)$$

где $I_2 = \int_{-\infty}^{\infty} f^2(\xi) d\xi$.

Ali M.S., Beglyarov D.S., Shakipov R.R.

Features and analysis of studies of fish protection complex for water receivers of large high-pressure hydroelectric power plants

Отношение полного расхода к начальному расходу может быть выражено в функции от ξ :

$$Q / Q_0 = u_{\max} x / U_0 2b_0 \int_{-\infty}^{\infty} f(\xi) = \sqrt{x I_1^2 / 2b_0 I_2}. \quad (3)$$

Плоская струя может рассматриваться как турбулентная, если число Рейнольдса, вычисленное по начальной скорости и ширине щели, больше 30.

Решение для профиля скорости, с учетом предположения о геометрическом подобии профилей, имеет вид:

$$v_z / (v_z)_{\max} = 1 / [1 + (v_z)_{\max} r^2 / 8\varepsilon z]^2, \quad (4)$$

где $\varepsilon = \eta/\rho$ – кинематическая вихревая вязкость; r – радиальная координата; z – горизонтальная координата.

Течение в круглой струе становится турбулентным при числе Рейнольдса $Re_0 > 80$.

Отношение объемного расхода к начальному определяется по формуле:

$$Q / Q_0 = 8\pi\varepsilon z / (\pi d_0^2 / 4) V_0 = 0,42(z / d_0), \quad (5)$$

где V_0 и d_0 – начальная скорость и диаметр струи.

Сопоставление основных характеристик плоской и круглой струй показали, что если ширина щели $2b_0$ равна диаметру круглого отверстия d_0 и скорости жидкости на срезе сопла равны, то дальность плоской струи существенно превысит дальность осесимметричной, для линии, вдоль которой $v_z / v_{z \max} = 0,5$, половина угла расширения равна $6,5^\circ$ для плоской струи и 5° – для круглой струи. Вместе с тем относительный объем подсосываемой жидкости значительно больше у осесимметричной струи. Эти особенности могут быть учтены при решении практических задач.

Рыбозащитные сооружения, активными элементами которых являются струегенераторы [7, 8], предполагается устанавливать не по всей глубине водозаборного течения, а лишь в верхнем рыбонасыщенном слое. Струегенераторы должны создавать транзитное течение вдоль напорной грани плотины, которое будет отводить рыбу в безопасное место [3].

Исследовалось 5 видов сопел: круглое, прямоугольное, прямоугольное с перемычкой, кольцевое и крестообразное. Из полученных данных можно установить, что влияние формы сопел на транспортирующую эффективность струегенератора относительно невелико. Более высокий результат может быть достигнут путем увеличения скорости на выходе сопла при сохранении или даже уменьшении расхода струегенератора. Соотношение Q_2 / Q_1 определяет транспортирующую эффективность сопла. Полученные результаты

опытов приведены в таблице, где χ – смоченный периметр; $R_z = S/\chi$ – гидравлический радиус.

Для проведения биогидравлических исследований с рыбами использовался многоструйный насадок, представляющий собой расширяющийся конус, выходное сечение которого было закрыто перфорированной пластиной. Диаметр перфорированной пластины составлял $d_{пл} = 50$ мм. В пластине было 215 отверстий диаметром $d_{отв} = 0,3$ мм. При работающем струегенераторе из насадка истекало 215 струй. Скорость жидкости в выходном сечении каждой

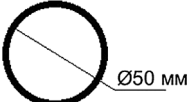
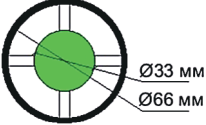
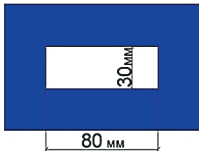
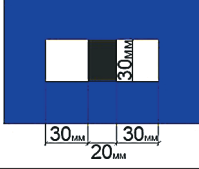
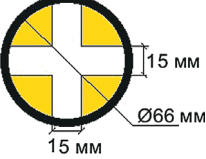
струи составляла около 10 м/с. Многочисленные струи достаточно быстро формировали общую струю, которой и воздействовали на рыб.

По результатам измерений профилей скорости было получено, что на расстоянии от насадка, равном $x = 1$ м, скорость на оси струи была больше на 0,3 м/с.

Растекание изучаемой струи происходило под большим углом, чем растекание обычной круглой струи ($\theta = 15^\circ$), поскольку осевая скорость с удалением от насадка уменьшалась быстрее, чем $v_{осев} \sim 1/x$.

Таблица

Транспортирующая эффективность сопел

№ насадки	Геометрические характеристики <i>Geometric characteristics</i>	Площадь сопла S см ² <i>Nozzle square S cm²</i>	χ , см	R_z см	Q_1 л/с	Q_2 л/с	Q_2/Q_1
№ 1		19,6	15,7	1,25	3,9	20,2	5,18
№ 2		21,1	38,7	0,55	3,7	20,1	5,43
№ 3		24,0	22,0	1,09	4,1	20,3	4,95
№ 4		18,0	24,0	0,75	3,3	16,9	5,12
№ 5		17,5	20,4	0,86	20,4	15,9	5,00

Результаты и их обсуждение. Статическая достоверность выдвигаемых гипотез может быть подтверждена экспериментальным путем на основе оценки значимости различий этологических показателей испытуемых групп рыб.

Алгоритм разработки экспериментального плана и технических схем состоял из следующего перечня операций:

- выдвижение модельной гипотезы о наличии причинно-следственной связи между фактором среды и поведением рыб;

- фиксация условий однофакторного эксперимента в период реализации перечня и последовательности применения технических схем на модельных рыбах с соблюдением

временных интервалов между опытами для фиксации и оценки стабильности результатов;

- причинно-следственный анализ результатов.

1. Моделируемая гипотеза: различные типы струегенераторов обладают различной эффективностью смещения рыб в модельной среде

1.1. Воздействие на стаю рыб плоской струей

Для этого на рыбу в модельной среде воздействовали перемещающимся струегенератором с плоской струей. Время воздействия составляло от 5 до 10 мин. Перерыв между воздействиями и наблюдение за поведением рыб численностью 60-70 шт. после воздействия составляли 15-20 мин.

В опыте 1 щель струегенератора расположена вертикально на расстоянии от дна 10-20 см; в опыте 2 она расположена горизонтально на расстоянии от дна 20-60 см; в опыте 3 щель струегенератора поворачивалась под разными углами: от горизонтального до вертикального положения. Направленное воздействие струегенератора на рыб с расстояния 5-7 м (скорость потока – более 0,3 м/с) вызывало их перемещение от воздействия струи, из зоны донных ориентиров и фрагмента каменно-набросной плотины в акваторию бассейна. После прекращения воздействия струи рыбы стайно перемещались по бассейну, периодически останавливаясь в ориентирах у фрагмента каменно-набросной плотины.

1.2. Воздействие на стаю рыб круглой струей

В этих целях на стаю рыб численностью 60-70 шт. в модельной среде воздействовали перемещающимся струегенератором с различными вариантами круглой струи. Продолжительность воздействия на рыбу в течение одного опыта составляла от 5 до 10 мин. Перерыв между воздействиями и наблюдение за поведением рыб после воздействия составляли 15-20 мин.

В опыте 4 воздействие струи на стаю производилось при горизонтальном расположении оси струегенератора с круглой струей с постоянным выходным сечением диаметром 100 мм на расстоянии от дна 20-80 см; в опыте 5 воздействие производилось с наклонной струей под различными углами к горизонту.

Направленное воздействие струегенератора на рыб с расстояния 0,3-0,5 м (скорость потока – более 0,3 м/с) вызывает их перемещение от воздействия струи, в том числе из зоны донных ориентиров и фрагмента каменно-набросной плотины.

В опыте 6 воздействие струи на стаю производилось при горизонтальном расположении оси струегенератора с насадком в виде брандспойта на расстоянии от дна 20-80 см; в опыте 7 воздействие осуществлялось наклонной струей под различными углами к горизонту.

Направленное воздействие струегенератора на рыб с расстояния 5,0-7,0 м (скорость потока – до 0,3 м/с) вызывало их перемещение от воздействия струи, в том числе из зоны донных ориентиров и фрагмента каменно-набросной плотины.

В опыте 8 использовался струегенератор с регулируемым насадком с возможностью изменения площади и конфигурации струи путем увеличения площади и угла ее растекания от 6 до 30°. По результатам опыта была выбрана оптимальная конфигурация струи на расстоянии 0,5-1,0 м.

В опытах 9-11 с помощью струегенератора с подобранной круглой струей с увеличенным углом растекания производилось перемещение стайной группировки рыб вдоль поперечной сетки, вдоль стенки бассейна, по трассе, проходящей через различные виды донных ориентиров. Направленное воздействие струегенератора на рыб с расстояния 0,3-1,0 м (скорость потока – более 0,3 м/с) устойчиво перемещало стайную группировку рыб в требуемых направлениях в пределах акватории бассейна как по прямолинейной, так и криволинейной траектории. Группировка не распадалась, одновременно в требуемом направлении перемещалось до 100% рыб.

По результатам проверки модельной гипотезы установлено, что наиболее удобной для участия в проводимых исследованиях принят круглый насадок с увеличенным углом растекания струи, воздействующий на стаю со скоростью более 0,3 м/с на расстоянии 0,5-1,0 м.

Экспериментально подтверждено предположение о возможности управления пространственным распределением рыб с помощью изменения гидравлической структуры среды. Воздействие транзитного течения со скоростью 0,03-0,07 м/с вызывает смещение рыб в зону меньших скоростей с донными, зрительными ориентирами.

2. Моделируемая гипотеза: на эффективность гидротранспорта рыб по модельной среде влияет наличие стационарных ориентиров.

2.1. Направленное воздействие на стаю рыб струегенератором и ее перемещение в модельной среде через систему стационарных ориентиров

При транзитном течении со скоростью 0,03-0,07 м/с направленное воздействие струи на рыб с расстояния 0,5-1,0 м со скоростью более 0,2 м/с устойчиво перемещало стайную группировку рыб в требуемых направлениях по криволинейной траектории через систему стационарных ориентиров. Максимальное время перемещения рыб в одном опыте составило 5 мин. При перемещении рыб в зону ориентиров группировка хаотично рассредоточивалась, заметно приостанавливая скорость направленного перемещения, а при снятии воздействия струи она оставалась в ориентирах в течение продолжительного времени. Воздействие струи на группировку, находящуюся в ориентирах в виде гексаподов [3], с более высокой скоростью вновь организовывало и упорядочивало рыбную группировку, придавало ей ориентацию, выводило из ориентиров и направляло в требуемом направлении. Под воздействием струи перемещалось до 100% стайной группировки рыб. Для выхода рыбы из гексаподов

требовалось воздействие на нее струи с большей скоростью. При подходе рыб к ориентирам из каменной наброски они уходили в ее тень на дне и рассредоточивались по нему. Воздействие струи на группировку, спрятавшуюся за каменной отсыпкой, требовало для придания направленного перемещения из ориентира 5 с, необходимых для наведения струи и приближения ее вплотную к рассредоточившейся стае.

По результатам проверки модельной гипотезы установлено, что наличие ориентиров оказывает существенное замедляющее воздействие на характер направленного перемещения рыб в заданном направлении. Устойчивое и продолжительное перемещение группировки рыб через стационарные ориентиры под воздействием струегенератора со скоростью течения струи более 0,2 м/с практически не зависит от наличия или отсутствия транзитного течения в бассейне со скоростью 0,03-0,07 м/с.

Выводы

Основные выводы, полученные на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований, могут быть сформулированы следующим образом:

Библиографический список

1. Тахтанджян А.Л. Принципы организации и трансформации сложных систем. Эволюционный подход. – СПб.: СПХФА, 1998. – 118 с.
2. Смит Дж.М. Модели в экологии. – М.: Мир, 1976. – 184 с.
3. Способ отвода рыб от водозаборных сооружений: пат. 2354776 РФ: МПКЕ02В8/08/ Иванов А.В., Филиппов Г.Г.; заявитель и патентообладатель ОАО «Гидропроект». – 2007130506/03; заявл. 09.08.2007, опубл.: 10.05.2009, Бюл. № 13.
4. Способ управления процессом обитания рыб в зарегулируемом водоеме: пат.2363154 РФ: МПКА01К 61/00, Е02В8/08/ Иванов А.В., Филиппов Г.Г.; заявитель и патентообладатель ОАО «Гидропроект». – 2007130507/12; заявл. 09.08.2007, опубл.: 10.08.2009, Бюл. № 22.
5. Фишгард: п.м. 112811 РФ: МПК А01К 61/00/ Иванов А.В., Филиппов Г.Г.; заявитель и патентообладатель Иванов А.В., Филиппов Г.Г. – 2011109518/13, заявл. 15.03.2011; опубл.: 27.01.2012, Бюл. № 3.
6. Риф-трансформер: п.м. 112812 РФ: МПКА01К 61/00/ Иванов А.В.; заявитель и патентообладатель Иванов А.В. – 2011109521/13, заявл.: 15.03.2011; опубл.: 27.01.2012, Бюл. № 3.
7. Рыбозащитный струегенератор: пат. 2386746 РФ: МПК Е02В8/00/ Иванов А.В., Филиппов Г.Г., Шахин В.М., Тлявлин Р.М.; заявитель и патентообладатель ОАО «Гидропроект». – 2008115745/03; заявл. 24.04.2008; опубл.: 20.04.2010, Бюл. № 11.
8. Рыбозащитный струегенератор: п.м. 86602 РФ: МПК Е02В8/08/ Иванов А.В., Филиппов Г.Г.;

1. Искусственные ориентиры являются местами концентрации и продолжительного обитания рыб в водоеме с однородной средой.

2. Стационарные искусственные ориентиры замедляют скорость миграции рыб, перемещаемых по акватории искусственного водоема.

3. Влияние транзитных скоростей потока от 3 до 7 см/с не влияет на изменение поведения и распределения стаи рыб в модельной среде, на которых воздействуют водяной струей.

4. Взаимное использование стационарных и мобильных ориентиров позволяет усилить эффект перераспределения рыб из зоны водоизъятия в зону безопасного обитания.

5. Основными элементами устройств для защиты рыб на высоконапорных ГЭС являются струегенераторы, принудительно переформировывающие гидравлические водозаборные течения.

6. Мобильный плавучий струегенератор должен создавать впереди себя течение достаточно большой площади и интенсивности. В качестве струегенератора рекомендуется применение насадка, формирующего круглую струю, растекающуюся под углом до 30° и более, создающую скорость течения в зоне концентрации рыбной стаи не менее 30 см/с.

References

1. Takhtandzhyan A.L. Printsipy organizatsii i transformatsii slozhnyh system. Evolutsionnyj podhod. – SPb.: SPCFA, 1998. – 118 s.
2. Smith J.M. Modeli v ecologii. – M.: Mir, 1976. – 184 s.
3. Sposobotvoda ryb ot vodozabornyh sooruzhenij: pat. 2354776 RF: МПКЕ02В 8/08 / Ivanov A.V., Filippov G.G.; zayavitel i patentoobladatel ОАО «Gidroproekt». – 2007130506/03; zayavl. 09.08.2007, opubl.: 10.05.2009, Byul. № 13.
4. Sposob upravleniya protsessom obitaniya ryb v zareguliruемом vodoeme: pat. 2363154 RF: МПКА01К 61/00, Е02В 8/08 / Ivanov A.V., Filippov G.G.; zayavitel i patentoobladatel ОАО «Gidroproekt». – 2007130507/12; zayavl. 09.08.2007, opubl.: 10.08.2009, Byul. № 22.
5. Fishgard: p.m. 112811 RF: МПК А01К 61/00/ Ivanov A.V., Filippov G.G.; zayavitel i patentoobladatel: Ivanov A.V., Filippov G.G.; – 2011109518/13, zayavl. 15.03.2011; opubl.: 27.01.2012, Byul. № 3.
6. Ivanov A.V. Rif-transformer: p.m. 112812 RF: МПК А01К 61/00/ Ivanov A.V.; zayavitel i patentoobladatel: Ivanov A.V., – 2011109521/13, zayavl.: 15.03.2011; opubl.: 27.01.2012, Byul. № 3.
7. Rybozashchitnyj struegenerator: pat. 2386746 RF: МПК Е02В 8/00 / Ivanov A.V., Filippov G.G., Shakhin V.M., Tlyavlin R.M.; zayavitel i patentoobladatel ОАО «Gidroproekt». – 2008115745/03; zayavl. 24.04.2008; opubl.: 20.04.2010, Byul. № 11.
8. Rybozashchitnyj struegenerator: p.m. 86602 RF/МПК Е02В 8/08 / Ivanov A.V., Filippov G.G.

заявитель и патентообладатель Иванов А.В., Филиппов Г.Г. – 2009114405/22, заявл. 16.04.2009; опубл.: 10.09.2009, Бюл. № 25.

9. **Скляр И.Ф.** Система – системный подход – теории систем. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011. – 152 с.

10. **Михеев В.Н.** Неоднородность среды и трофические отношения у рыб. – М.: Наука, 2006. – 191 с.

11. **Павлов Д.С., Лупандин А.И.** Реакции рыб на потоки с различной степенью турбулентности // Доклады РАН. – 1995. – Т. 339, № 3. – С. 1221-1234.

12. **Седов Л.И.** Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1981. – 448 с.

Критерии авторства

Али М.С., Бегляров Д.С., Шакиров Р.Р. выполнили теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 11.03.2022 г.

Одобрена после рецензирования 18.04.2022 г.

Принята к публикации 25.04.2022 г.

zayavitel i patentoobladatel Ivanov A.V., Filippov G. G.; – 2009114405/22, zayavl. 16.04.2009; opubl: 10.09.2009, Byul. № 25.

9. **Sklyarov I.F.** Systema – systemnyj podhod – teorii system. – M.: LIBROKOM, 2011. – 152 s.

10. **Mikheev V.N.** Neodnorodnost sredyitroficheskie otnosheniya u ryb. – M.: Nauka, 2006. – 191 s.

11. **Pavlov D.S., Lupandin A.I.** Reaktsii ryb na potoki s razlichnoj stepenju turbulentnosti // Doklady RAN. – 1995. – T. 339, № 3. – S. 1221-1234 s.

12. **Sedov L.I.** Metody podobiya i razmernosti v mehanike. – M.: Nauka, 1981. – 448 s.

Criteria of authorship

Ali M.S., Beglyarov D.S., Shakirov R.R. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Ali M.S., Beglyarov D.S., Shakirov R.R. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 11.03.2022

Approved after reviewing 18.04.2022

Accepted for publication 25.04.2022