

TECHNICAL SCIENCES

РЫБОХОДНО-НЕРЕСТОВЫЙ КАНАЛ

*Введенский О.Г.
ФГБОУ ВПО*

*«Поволжский государственный технологический университет»,
доцент*

*Введенская С.Ю.
ФГБОУ ВПО*

*«Поволжский государственный технологический университет»,
магистр*

FISH PASSING AND SPAWNING CHANNEL

Wwedenskiy O.,

Volga State University of Technology, assistant professor

Wwedenskaya S.

Volga State University of Technology, master's degree

АННОТАЦИЯ

Обсуждается проблема повышения эффективности работы рыбоходно-нерестовых каналов для целей восстановления естественного воспроизводства рыбы на зарегулированных реках. Представлено математическое обоснование предлагаемых технологических и технических решений. Приведены краткие результаты экспериментальных исследований.

ABSTRACT

The problem of increase of overall performance of fish passing and spawning channels for the purposes of recovery of natural reproduction of fish on the regulated rivers is discussed. Mathematical justification of the proposed technological and technical solutions is presented. Short results of pilot studies are given.

Ключевые слова: рыбоходно-нерестовый канал, искусственные нерестилища, нерестовая миграция рыбы, покотная миграция рыбы, естественное воспроизводство рыбы

Keywords: fish passing and spawning channel, man-made spawning-ground, fish spawning migration, fish-migration, natural production of fish.

Введение. Гидротехническое строительство, направленное на создание водохранилищ ведет к изменению стока реки, зависящего от времени года и суток. Кроме того, возводимые для этих целей плотины разрушают целостность анадромных миграций проходных и полупроходных видов рыб. Нерестовые миграции против течения приостанавливаются плотинами, что ведет к прекращению естественного воспроизводства, а покотные миграции заканчиваются гибелью рыб в турбинах ГЭС и в водохранилище.

Наносимый ущерб в этом случае будет зависеть от площади нерестилищ, потерянных вследствие возведения плотин. При этом прекращение миграций в низовьях рек имеет особенно негативные последствия, угрожая полным исчезновением проходных популяций рыб. Например, на Волге для проходных рыб после строительства Волгоградской плотины (около 700 км от дельты) оказались отрезанными практически 100 % нерестилищ белорыбицы и белуги, 85 % осетра и 70 % проходных сельдей [1]. Для возмещения данного ущерба, сохранившиеся нерестовые угодья необходимо дополнить системами искусственных нерестилищ, рыбоводными предприятиями или же нерестовыми каналами.

Нерестовые каналы выполняют в виде водопропускных трактов с имитацией натурального рельефа речного ложа: плесы и перекаты; поймы и русла. На участках канала, соответствующих определенными гидравлическими условиями, укладывают определенные виды субстрата для кладки икры: имитирование растительности для фитофилов; песок – псаммофилов; камни – литофилов. Нерестовые каналы, как правило, размещают в нижних бьефах гидроузлов вблизи плотин. На низконапорных гидроузлах выходную часть нерестового канала целесообразно выполнить выше плотины, в верхнем бьефе гидроузла, т.е. совместить функцию нерестового канала и рыбоходного сооружения.

Основным недостатком рыбоходно-нерестовых каналов, так и просто нерестовых является зависимость их обводнения и скорости транзитного течения от колебаний уровней бьефов гидроузла, связанных со временем года, суток или днем недели. Колебания уровня воды ведут к осушению подготовленных нерестилищ и, соответственно, к гибели икры и личинок рыб. Чрезмерное заглубление нерестилищ приводит не проклеиванию икринок. Кроме того, низкий уровень заполнения верхнего бьефа снижает стимулирующее воздействие

течения реки на привлечение в рыбоходно-нерестовый канал физиологически подготовленных производителей рыб, высокий уровень наоборот создает для рыб, идущих на нерест, непреодолимо высокие скорости [1, 2].

Цель работы – обоснование технологии направленной на создание оптимальных условий в рыбоходно-нерестовых каналах для нереста рыб, выклева личинок из икры, подраста, нагула, нерестовых и покатных миграций на зарегулированных реках.

Решаемая задача – разработка конструкции водопропускного сооружения, обеспечивающего расчетный уровень воды в рыбоходно-нерестовом

канале вне зависимости от циклических колебаний уровней бьефов гидроузла.

Объект разработки и исследования. Рыбоходно-нерестовый канал, как уже выше отмечалось, выполняют в виде водосливного лотка напоминающего натуральную реку, где специальным образом оборудуют места для нереста, подраста и нагула молоди рыбы (рис. 1). В качестве субстрата для искусственных нерестилищ (в зависимости от группы рыб) применяются различные материалы натурального и синтетического происхождения: растительность (хвойные ветви, сухая трава, водоросли и др.), синтетические материалы, сетное полотно, галька, гравий, керамзит, песок и др.

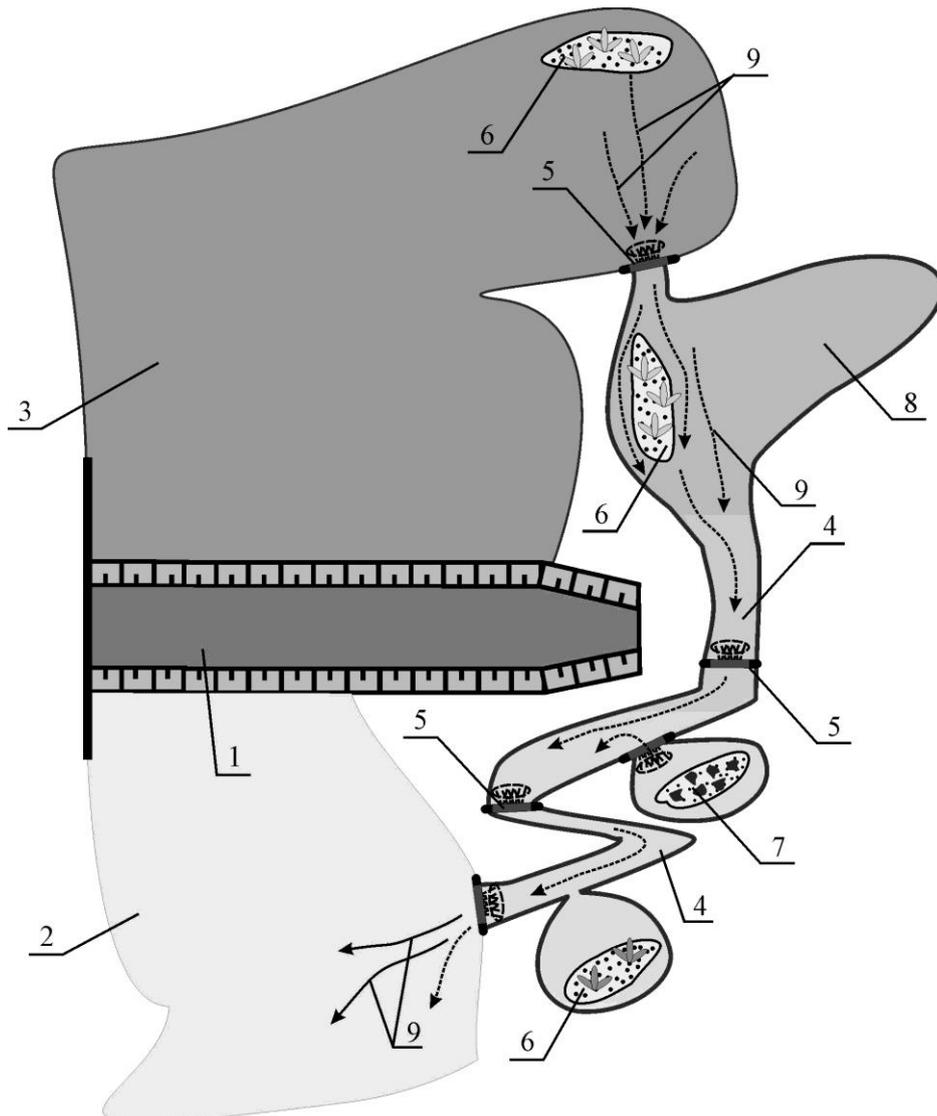


Рис. 1. Схема размещения рыбоходно-нерестового канала в составе гидроузла:

1 – плотина гидроузла; 2 – нижний бьеф гидроузла; 3 – верхний бьеф гидроузла; 4 – рыбоходно-нерестовый канал; 5 – водопропускное сооружение; 6 – прибрежные нерестилища для фитофильных видов рыб; 7 – нерестилища для литофильных видов рыб; 8 – акватория канала для нагула молоди рыбы; 9 – транзитный поток привлекающего или сносящего характера

На входе и выходе нерестового канала, а также в случае необходимости (например, при напорах на плотину более 10 м) по длине русла устанавливают водопропускные сооружения, использующие в своей работе гидравлические струи [3, 4]. С их помощью создают противоток, регулирующий транзитное течение по рыбоходно-нерестовому каналу.

Сами водопропускные сооружения представляют собой разделительные стенки с рыбопропускными отверстиями, обрамленными симметричной многониточной системой струеобразующих насадков, направленных в противоположные стороны (рис. 2).

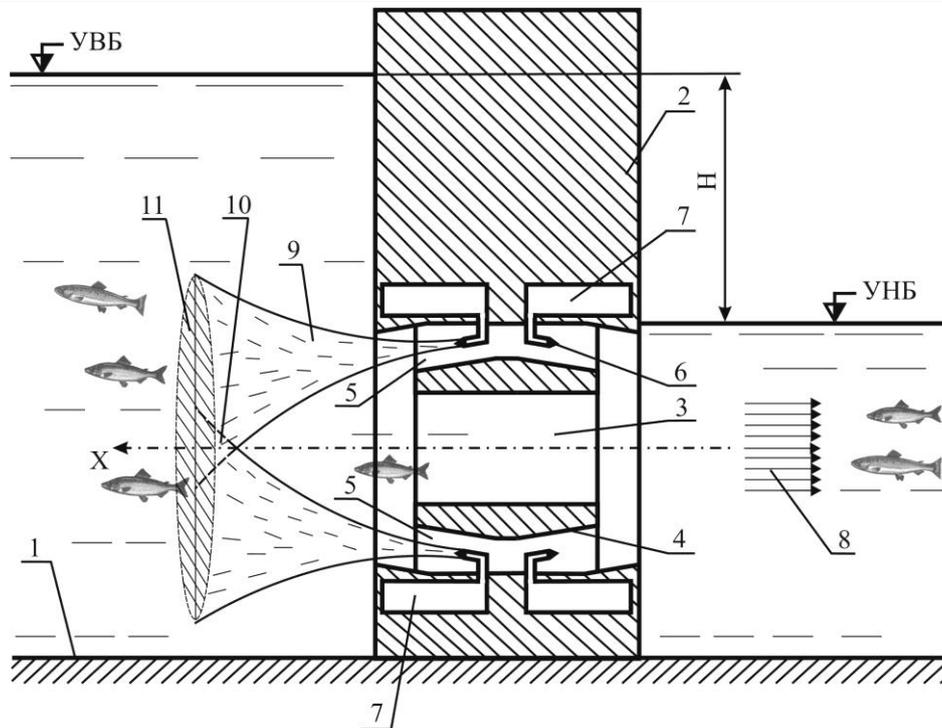


Рис. 2. Схема водопропускного сооружения рыбоходно-нерестового канала:
 1 – водосливной лоток; 2 – поперечная разделяющая стенка; 3 – рыбопропускное отверстие;
 4 – потокоформирующий фартук; 5 – транзитные галереи; 6 – струеобразующие насадки;
 7 – напорные коллекторы; 8 – привлекающий поток; 9 – водяные струи; 10 – противоток;
 11 – зона «частично равных давлений»

Нейтрализация относительно небольших колебаний перепадов уровней на плотине и установление оптимального уровня воды [5, 6] в нерестовом канале и, следовательно, необходимого скоростного режима транзитного течения можно достичь, изменяя начальную скорость V_0 истечения водяных струй в диапазоне $0 \div 10$ м/с. Такой диапазон скоростей истечения гидравлических струй обеспечивает безопасные условия для прохождения и производителями и покатниками рыбопропускного отверстия.

В случае увеличения напора H на плотину до таких значений, когда данное изменение H нельзя компенсировать простым увеличением начальной скорости истечения гидравлических струй V_0 , включают в работу большее количество насадков. Тем самым формируют новое число n гидравлических струй, необходимых для компенсации изменившегося напора на гидроузле. По мере дальнейшего увеличения напора H на гидроузле до порогового значения увеличивают и число n гидравлических струй, задействовав при этом еще одну нитку питания струеобразующей системы.

При падении уровней воды до значений, не позволяющих создать привлекающее течение по рыбопропускному тракту, гидравлические струи подают спутно транзитному течению. Они восстанавливают привлекающий гидравлический режим транзитного течения. Затем, при изменении перепада уровней на обратное с помощью этих же струй обеспечивают противоток потоку в противоположном направлении и создание его благоприятного

привлекающего производителей рыб скоростного режима.

Математическая модель предлагаемого технического решения и краткие результаты экспериментальных исследований. Теория формирования противотоков в рыбопропускных отверстиях рыбоходных сооружений [3, 4, 5, 7] навела нас на мысль о том, что данный подход применения гидравлических струй может быть с успехом применена для регулирования водного режима рыбоходно-нерестовых каналов условия работы, которых характеризуются циклически меняющимся уровнем режимом. Наши предположения нашли экспериментальное подтверждение [8]. При этом необходимую величину начальной скорости V_0 истечения гидравлических струй определяют из следующей зависимости:

$$V_0 = \frac{g^{\frac{1}{2}} H^{\frac{1}{2}} (h_{\text{э}} - b_{\text{э}})}{\varphi \cdot n \cdot d_{0n}^{\frac{3}{2}} b_{\text{э}}^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

где V_0 – начальная скорость истечения гидравлических струй из насадков (м/с); g – ускорение свободного падения (м/с²); H – величина напора, приходящегося на разделительную стенку водопропускного сооружения (м); d_{0n} – диаметр насадков (м); $b_{\text{э}}$ – расстояние между осями насадков в ряду (м); n – число гидравлических струй в ряду; $h_{\text{э}}$ – расстояние между плоскостями распространения

гидравлических струй (м); φ – безразмерный коэффициент, определяемый опытным путем (0,001 – 4,00).

Как показали теоретические и экспериментальные исследования гидравлических струй и возбуждённых ими потоков [4, 5, 7, 8] показали, что на

величину гидравлического упора противотока влияют множество факторов, но главенствующее значение имеет расходная характеристика гидравлических струй (рис. 3).

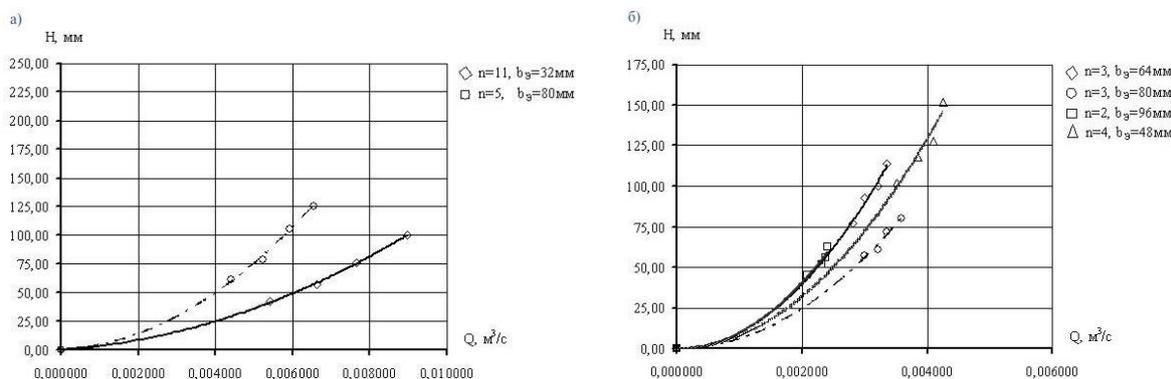


Рис. 3. Графическая кривая зависимости величины напора H от расхода Q гидравлических струй, полученная на лабораторной модели масштабом $\lambda_L = 10$:
а) диаметр сопла $d_{0n} = 10$ мм; б) диаметр сопла $d_{0n} = 7$ мм

На величину расхода через насадки наряду с их диаметром d_{0n} и начальной скоростью истечения струй V_0 самое существенное влияние оказывает число струй в ряду n . Поэтому для компенсации изменения величины напора на гидроузле за счет включения в работу необходимого количества гидравлических струй, их число n определяют по следующей зависимости:

$$n = \frac{g^{\frac{1}{2}} H^{\frac{1}{2}} (h_{\text{э}} - b_{\text{э}})}{\varphi \cdot d_{0n}^{\frac{2}{3}} b_{\text{э}}^{\frac{1}{3}}}. \quad (2)$$

В случае не возможности создания попуска расхода воды по рыбоходно-нерестовому каналу из-за минимального уровня верхнего бьефа гидравлические струи направляют в сторону нижнего бьефа. Тогда необходимую начальную скорость истечения гидравлических струй из насадков, направленных по направлению течения транзитного потока, определяют из следующей зависимости:

$$V_0 = \varphi \frac{(h_{\text{э}} - b_{\text{э}}) \cdot V_{\text{ТРАНЗИТ.ТЕЧ.}}}{d_{0n}^{\frac{2}{3}} b_{\text{э}}^{\frac{1}{3}} \cdot n}, \quad (3)$$

где $V_{\text{ТРАНЗИТ.ТЕЧ.}}$ – необходимая скорость транзитного течения (м/с).

Выводы. Таким образом, водопропускное сооружение, использующее в своей работе гидравлические струи и позволяющее уже только в одном рыбопропускном отверстии компенсировать негативное влияние циклических колебаний уровней бьефов гидроузла на эффективность работы рыбоходно-нерестового канала, предоставляет широкие возможности. А именно:

- во-первых, существенным образом упростить задачу компенсации негативного влияния изменения уровней бьефов гидроузла на обводнение

нерестилиц и величину скорости транзитного (привлекающего) течения по рыбоходному тракту;

- во-вторых, простым и надежным способом регулировать скорость транзитного (привлекающего) водного течения;
- в-третьих, беспрерывно пропускать мигрантов через створ гидроузла в противоположных направлениях;
- в-четвёртых, обеспечить возможность прохода по каналу и нереста нерест всего видового состава производителей рыб;
- в-пятых, соблюдать все экологические требования охраны природы.

Поскольку циклическое изменение уровней бьефов гидроузла на перемещения речных мигрантов решающее значение оказывает не столько направление скорости течения, сколько необходимость двигаться в заданном направлении, используя при этом, как встречную, так и попутную скорость течения. То в этом случае регулированием пропуска воды через рыбопропускное отверстие водопропускного сооружения канала вне зависимости от величины напора на плотину гидроузла можно постоянно обеспечивать в рыбопропускном тракте канала благоприятный скоростной режим течения потока для прохода мигрантов через створ гидроузла в обоих направлениях.

Литература

1. Введенский О.Г. Рыбоохранный комплекс гидроузла// Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. №4. С. 67 – 81.
2. Введенский О.Г. Организация миграционного цикла рыб в составе рыбоохранного комплекса гидроузла// Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. –2014. – №4. – С. 74-84.

3. Введенский О.Г. Пути повышения эффективности работы рыбоходных сооружений в условиях циклического изменения уровней бьефов гидроузла // Вестник Марийского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. №1. С. 59 – 68.

4. Vvedenskii O.G., Ivanov A.V. Use of a «hydraulic seal» to provide passage for fish through tidal power plant // Power Technology and Engineering. 2010. Vol. 44 №1. Pp. 42 – 46.

5. Введенский О.Г. Управление пропуском рыб, идущих на нерест, через высоконапорные гидроузлы // Гидротехническое строительство. 2011. №1. С. 46 – 49.

6. Пат. 2179265 РФ, МПК⁷ F04F 5/02. Способ транспортировки жидкости с первого участка на второй, выше расположенный участок/ О.Г. Введенский (РФ). –№ 2000110254/06; Заявлено 20.04.2000; Оpubл. 10.02.2002, Бюл. № 4.

7. Введенский, О.Г. Использование гидравлических струй для совершенствования технологии работы рыбоходных сооружений // Гидротехническое строительство. 2009. №1. С. 21 – 27.

8. Введенский, О.Г. Эксперименты по исследованию параллельно-струйных течений во встречном потоке тех же физических свойств // Марийск. гос. пед. ин-т, М., 2004. 38с. Деп. в ВИНТИ 01.03.04; № 356.