

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЙ КОНСТРУКЦИИ РЫБОХОДА НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

А.Л. Самвелян¹, Г.С. Габаян², А.Л. Авагян³

¹Национальный университет архитектуры и строительства Армении

²ООО “Гидроэнергетика”

³Институт водных проблем и гидротехники им. акад. И.В. Егиазарова

Правильная конструкция рыбохода является одним из основных факторов, обеспечивающих проход рыб через водозаборные сооружения на малых реках. Предложена конструкция лоткового рыбохода лабиринтного типа, выполненная из аллювиальных отложений русла реки, с максимальным приближением к естественным условиям, характерным для Армении. Проведены гидравлические исследования предложенного типа рыбохода на физической модели. На основании проведенных исследований выработана основная концепция определения геометрических размеров рыбохода и гидравлических расчетов при его проектировании. Даны рекомендации по осуществлению такого рыбохода в реальных условиях.

Ключевые слова: рыбоход, тракт рыбохода, бросковая скорость рыб, крейсерская скорость, прудки-отстойники.

Введение. Конструктивные решения рыбоходов - весьма важный элемент, обеспечивающий миграцию рыбы через водозаборные сооружения на малых реках. Известно, что наиболее предпочтительны конструкции рыбоходов, максимально приближенные к естественной среде обитания рыб. Примером, подтверждающим такой подход, может быть опыт, проведенный с зеленушками (*Symptodus tinca*) [1]. Результаты опытов показали, что 6 из 7 подопытных рыб через 3...5 с движения прекращали оптомоторную реакцию и пытались скрыться в водорослях, помещенных в исследовательский лоток. Когда водоросли заменялись бумажным камуфляжем, рыбы не прекращали оптомоторной реакции.

Постановка задачи и обоснование методики. В условиях Армении подавляющее большинство русел рек сложены из аллювиальных отложений. В низовьях встречаются равнинные участки с преобладанием в ложе песков и мелкой гальки. В высокогорных участках в формировании русла участвуют большие валуны, размеры которых достигают порой нескольких метров. Весьма часты участки рек, сложенные из сплошных скальных монолитов по одному, реже - обоим берегам реки. Наиболее редки в Армении реки с медленными

течениями, русла которых сложены из мелкозернистых наносных материалов, с заросшими берегами. Такие участки встречаются лишь в равнинных частях некоторых притоков рек Аракс и Ахурян, разгружающихся в основную реку (Арагатская равнина, Ширакское плато и др. локальные равнинные участки). Подобные ситуации могут также встречаться в верховьях некоторых крупных водохранилищ в зоне переменного затопления, чаще в пределах участков затопления между отметками НПУ (Нормальный подпорный уровень) и ФПУ (Форсированный подпорный уровень) водохранилища. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что наиболее подходящими для условий Армении являются рыбоходы с трактом, выполненным в виде аллювиальных отложений, профилированных окатанными камнями руслового происхождения.

Результаты исследования. Существует ряд конструктивных предложений по организации русел рыбохода подобного типа [2-4]. Их можно систематизировать в три основные группы:

1. Рыбоходы в виде русла-байпаса с уклоном, соответствующим среднему уклону реки на участке строительства водозабора (рис. 1). Такие рыбоходы складываются из руслового материала, вынутого непосредственно из русла реки, без какого-либо крепления его в русловой части. Для соблюдения условия уклона тракта рыбохода в соответствии со средним уклоном реки часто приходится выполнять меандрирующее русло рыбохода. Такого типа рыбоходы являются наиболее приближенными к естественным условиям и не требуют сложных ихтиологических исследований по определению исходных параметров для его проектирования. Недостатком таких рыбоходов является их большая протяженность, а следовательно, и занимаемая площадь. Для строительства таких рыбоходов зачастую приходится вырубать деревья на берегу, нарушать ландшафт пойменного участка реки. Кроме того, существует высокая вероятность разрушения таких русел при больших паводках, особенно при их развитости в сторону верхнего бьефа водозаборного узла.



Рис. 1. Рыбоходы – байпасы: а - с меандрирующим руслом; б - со срезкой русла в пойменной части реки

2. Рыбоходные тракты с увеличенными уклонами и конструктивными решениями, обеспечивающими проход рыб по ним путем обеспечения гидравлических условий в тракте, соответствующем плавательной способности мигрирующей популяции рыб (рис. 2). Такие рыбоходы наиболее распространены на реках, расположенных в горных и предгорных районах. Они менее громоздки, чем байпасы, и, как правило, развиваются от плотины в сторону нижнего бьефа. Недостатками таких рыбоходов являются требования к проведению более обширных ихтиологических исследований для сбора исходных материалов по проектированию рыбохода, а также более жесткие условия, предъявляемые к гидравлическому режиму тракта рыбохода. В то же время такого типа рыбоходы снискали большую популярность во всем мире при строительстве водозаборов на малых реках.



Рис. 2. Рыбоходы с увеличенным уклоном:

а - в виде неорганизованного русла с большой шероховатостью;

б - с систематизированной укладкой крупных камней (гидроузел на р. Шипот, Украина)

3. Короткий рыбный скат в виде наклонной плоскости или нескольких ступенек (рис. 3). Такие рыбоходы выполняются только на водозаборах очень малой высоты и рассчитаны на бросковую скорость, развиваемую рыбой на коротком участке, или на их прыжковые способности. Недостатком такой конструкции является сильное ограничение на высоту водозаборной плотины при осуществлении водоприемников открытого типа (канал, лоток). Кроме того, такие рыбоходы труднодоступны для молоди и малых рыб с малыми бросковыми скоростями.



а)



б)

Рис. 3. Рыбоходы – скаты:

а - в виде небольшого ската с нагромождением камней [2];

б - участок плотины, выполненный в виде двух ступенек и прудком между ними

Далее нами рассмотрена модификация лоткового рыбохода, как наиболее приемлемого в условиях малых горных рек. Исходя из анализа различных типов рыбоходов, построенных в условиях Армении, нами предложена конструкция рыбохода лабиринтного типа с максимальным приближением к естественным условиям, характерным для Армении (рис. 4). Модель предложенного рыбохода была собрана на гидравлическом лотке с переменным уклоном в лаборатории Института водных проблем и гидротехники им. акад. И.В. Егiazарова. Гидравлический лоток имеет ширину 1500 мм и глубину 300 мм. Путем маневрирования подвесными тросами можно менять уклоны отдельных секций лотка от 0 до 0,2.

На входе в лоток установлен тарированный мерный водослив треугольного профиля, позволяющий с приемлемой точностью определять расход воды, поступающей на экспериментальную установку. Система питания лотка позволяет изменять расход воды, поступающей на лоток, до 30 л/с, что дает возможность моделировать определенные рыбоходы в реальных размерах без ввода коэффициентов масштабирования.

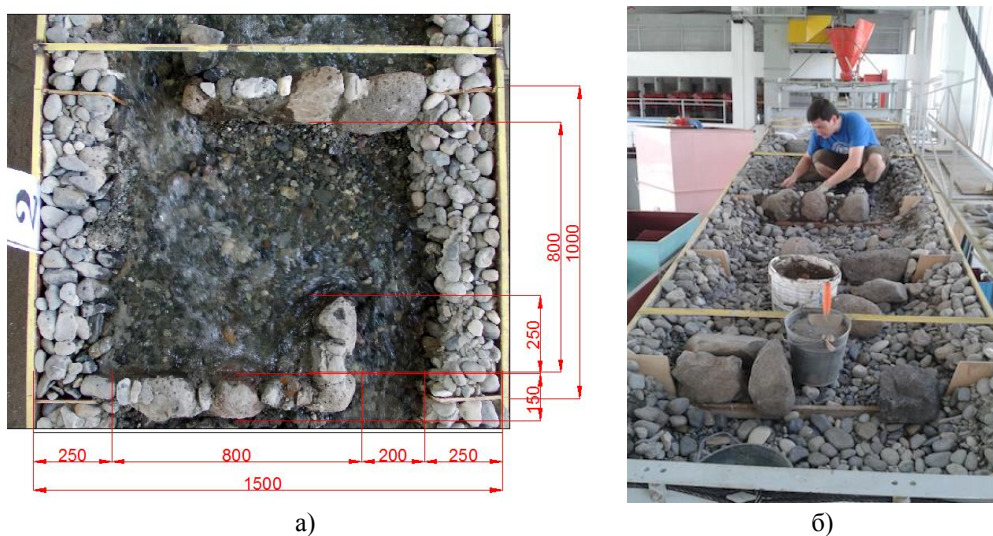


Рис. 4. Гидравлическая модель рыбохода:

- а - основные геометрические размеры сечения модели рыбохода (мм);*
- б - осуществление лотка (видны деревянные мембраны, обеспечивающие поверхностное течение всего потока)*

Тракт состоит из наклонного лотка, отсыпанного каменно-песчаной смесью, с равномерной шириной по всей длине. Средний уклон модели при проведении испытаний составлял 0,16.

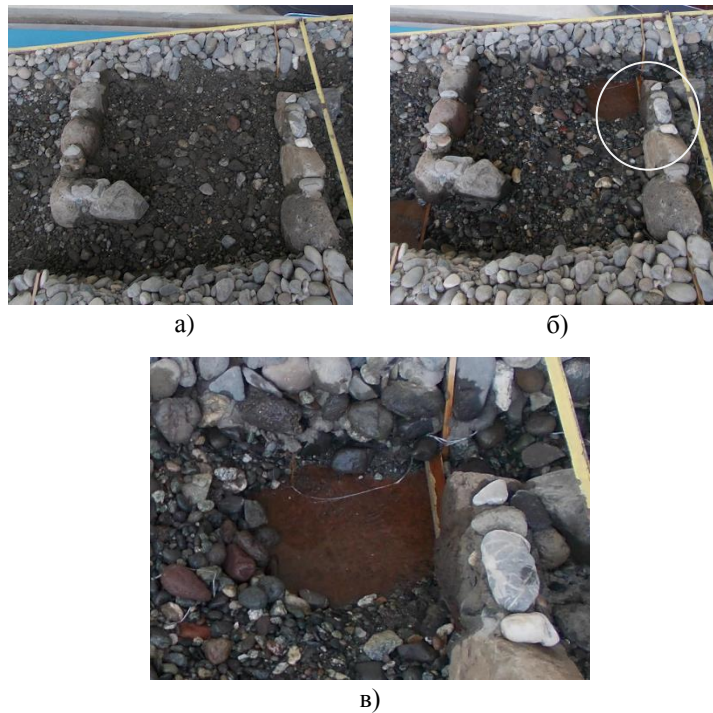
Модель рыбохода состоит из пяти одинаковых секций, основные размеры которых приведены на рис. 4а. Исследования проводились лишь на трех секциях. Первая и последняя секция построены с целью идентификации гидравлики исследуемых секций (секции 2-4). Во избежание образования подземной составляющей потока, проходящего через лоток, в конце каждой секции выполнена деревянная поперечная мембрана на всю ширину лотка. Это позволяет быть уверенным в том, что расход воды, измеренной на мерном водосливе на входе, соответствует расходу воды, проходящей через любое поперечное сечение тракта рыбохода.

На первом этапе исследований были поставлены следующие задачи:

1. Определение размывных зон лотка, образуемых в тракте рыбохода.
2. Оценка общего гидравлического режима лотка при различных расходах.

Первая задача была поставлена с целью определения участков лотка, где необходимо закрепление материала модели (каменной наброски) во избежание деформирования модели в течение эксперимента. Однако эта задача имеет также большой прикладной интерес, так как на основании полученных результатов могут быть выработаны рекомендации по реализации подобных лотков в натуральных условиях.

Для проведения этого эксперимента на начальной стадии вся модель была собрана простой укладкой материала без крепления его цементным раствором. Раствором были закреплены лишь небольшие каменные детали диафрагмы лабиринтов во избежание возникновения потока сквозь них. Во время исследований по модели был пропущен максимальный расход воды 24 л/с, превышающий расчетный в 1,5 раза. Результаты проведенных экспериментов наглядно видны на рис. 5.



*Рис. 5. Эксперименты по определению размываемых участков тракта рыбохода:
а - до пропуска воды; б - после пропуска расхода 24 л/с; в - зона размыва*

Как видно из экспериментальной модели, размываемая зона расположена непосредственно после выходного сечения прохода из камеры и носит ярко

выраженный характер. Из рис. 5 также видно, что размывом вынесена вся засыпка до дна лотка. Очевидно, что размыв не охватил зону прохода между секциями благодаря деревянной мембране, установленной в выходном сечении прохода камеры (рис. 4б). При ее отсутствии следовало ожидать размыва породы по всей длине прохода. Следовательно, при осуществлении рыбоходов такого типа необходимо полностью закрепить камни прохода на бетонной подушке, либо предусмотреть бетонную мембрану в подошве лотка, обеспечивающую эрозионную устойчивость материала тракта рыбохода.

Другой задачей модельных исследований была оценка влияния изменения расхода воды на гидравлический режим в лотке. Для этого по лотку были пропущены различные расходы ($0,2Q_p$, $0,4Q_p$, $0,6Q_p$, $0,8Q_p$, Q_p) и проведены визуальные обследования изменений гидравлики потока. Опыт показал, что во всех трех исследуемых секциях тракта гидравлический режим практически не изменяется. Линия тока максимальных скоростей (стремя) проходит через проход между лабиринтами и направляется к дальнему краю поперечной ограничительной стенки лабиринта (рис. 6). Затем, огибая боковую стенку прохода, она устремляется непосредственно в проход.

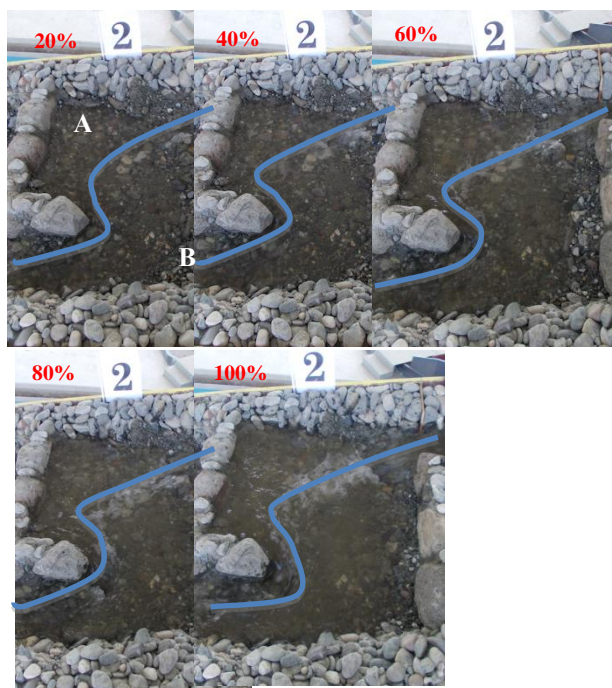


Рис. 6. Гидравлический режим 2-го лабиринта при различных расходах

На участках **А** и **В** лабиринта образуются заводи, где скорость потока существенно ниже, чем на стремени участке. Причем, если на участке **А** при определенных расходах наблюдаются водоворотные явления, то вода на участке **В** при любом режиме находится в спокойном состоянии. Как показали опыты, при изменении расхода воды, поступающей в рыбоход в широком диапазоне, не меняется характер потока, а изменяются лишь скорости и глубины воды в лабиринтах. Такая конструкция тракта рыбохода идеально подходит для обеспечения прохода рыб с различными скоростными возможностями. Рыба, преодолевая короткий участок прохода между лабиринтами, имеет возможность отдыха в прудке, образуемом на участке **В** лабиринта, и далее может продолжить миграцию вверх по тракту рыбохода.

Опыты показали, что при изменении расхода воды, поступающей в лоток, наиболее быстро оголяется верхняя часть участка **В**. Следовательно, во избежание уменьшения размеров прудка отстойника при уменьшении расхода воды дно лабиринта на этом участке следует по возможности углубить. Это не только обеспечит постоянство планового размера прудка, но и увеличит его вместимость, что немаловажно при дружной миграции рыб с низкой крейсерской скоростью и молоди.

Исходя из исследований общего гидравлического режима рыбохода предложенной конструкции, можно построить общую концепцию их гидравлических расчетов при проектировании:

- глубину воды на проходе между лабиринтами следует выбирать исходя из высоты тушек наибольших особей проходных рыб, встречающихся в реке;
- ширина прохода между лабиринтами выбирается исходя из условий дружности прохода рыб в период нереста;
- минимальная скорость на проходе должна быть больше, чем наименьшая привлекающая скорость проходных рыб, встречающихся на данном участке реки;
- максимальная скорость на проходе должна быть меньше, чем наименьшая бросковая скорость проходных рыб, встречающихся на данном участке реки;
- уклон русла, конфигурацию прохода и высоту поперечных стен лабиринтов следует выбирать исходя из условия минимизации расхода тракта рыбохода до величины расчетных экологических попусков реки в створе проектируемого водозабора;
- ширину и длину секций рыбохода следует выбирать исходя из условия обеспечения достаточных размеров камеры **А**, служащей прудками для отдыха рыбы.

Заключение. Модельные исследования показали, что при осуществлении рыбоходов лабиринтного типа с исполнением в виде естественного русла следует придерживаться следующих конструктивных решений:

1. Поперечные каменные диафрагмы лабиринтов должны обеспечить достаточную непроницаемость, чтобы обеспечить проход всего потока через проходы между камерами.
2. Во избежание возникновения подземной составляющей потока на тракте следует предусмотреть водонепроницаемые диафрагмы, обеспечивающие проход всего потока в виде поверхностного стока.
3. Высота поперечных стенок камер определяется из условия обеспечения расчетного гидравлического режима.
4. Конфигурацию тракта следует формировать в виде бетонной конструкции, в которой собирается рыбоход из русловых камней, выбранных из реки в районе осуществления водозаборного узла. В зоне прохода между лабиринтами камни должны быть надежно закреплены путем втапливания их в свежешулаженный бетон, либо иным доступным методом. Камни на дне прудка отстойника при соответствующем обосновании могут не закрепляться.
5. Борты тракта рыбохода должны быть надежно закреплены во избежание их деформации. Это условие особенно важно учитывать в пределах проходов из камер, где такие деформации могут привести к изменению гидравлического режима.

Литература

1. **Павлов Д.С.** Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. - М.: Наука, 1979.- 319 с.
2. **Larinier M.** Pool fishways, pre-barrages and natural bypass channels // Bull. Fr. Pêche Piscic. - Toulouse, France, 2002. – 364.- P. 54-82
3. **Marmulla G.** (ed.) Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO Fisheries Technical Paper. No. 419. - Rome, 2001. -166 p.
4. **Katopodis C., Kells J.A., Acharya M.** Nature-Like and Conventional Fishways // Alternative Concepts, Canadian Water Resources Journal. – 2001. - 26:2. - P. 211-232.

*Поступила в редакцию 04.11.2014.
Принята к опубликованию 23.12.2014.*

**ՀԻՊՐԱՎԼԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼՈՎ ՁԿՆՈՒՂՈՒ ՄԵԿ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Ա.Լ. Սամվելյան, Գ.Ս. Գաբայան, Ա.Լ. Ավագյան

Ձկնուղու ճշգրիտ կառուցվածքն այն հիմնական գործոններից մեկն է, որն ապահովում է ձկների անցումը ջրառ կառույցների միջով: Առաջարկված է վաքի մեջ կառուցված լաբիրինթոսային տեսակի ձկնուղու կառուցվածք, որը պատրաստված է գետի հունի քարերից: Ներկայացված են ֆիզիկական մոդելի հիման վրա ձկնուղու առաջարկված տեսակի հիդրավլիկական վերլուծությունները: Կատարված վերլուծությունների հիման վրա մշակվել է ձկնուղու երկրաչափական չափերի սահմանման և դրա նախագծման հետևանքով հիդրավլիկ հաշվարկների հիմնական հայեցակարգը: Մշակվել են նաև ձկնուղու տվյալ կառուցվածքի՝ իրական պայմաններում իրականացման հետ կապված առաջարկությունները:

Առանցքային բաներ. ձկնուղի, ձկնուղու տրակտ, ձկան ճեպընթաց արագություն, շարժման արագություն, հանգստացման լճակ:

**INVESTIGATING ONE STRUCTURE OF A FISHWAY DESIGN ON A
HYDRAULIC MODEL**

A.L. Samvelyan, G.S. Gabayan, A.L. Avagyan

An accurate structure of a fishway is one of the major factors providing the passage of anadromous and semi-anadromous fishes through water intake constructions. On small rivers, a structure of a labyrinth - type flume fishway is proposed made of alluvium of the river bed with a maximal approximation to the natural conditions typical for Armenia. Hydraulic investigations of the proposed - type fishway according to the physical model are carried out. Based on the research, the main concept of the definition of the fishway geometrical size and hydraulic calculations at its designing is developed. Recommendations to implement such a fishway under real conditions are given.

Keywords: fishway, fishway tract, burst speed, cruising speed, relaxing pond.