

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА / MELIORATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.52>

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЭРЛИФТНОГО РЫБООТВОДА

Научная статья

Ляпота Т.Л.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-4729-9762;

¹ Южно-Российский Государственный политехнический университет имени М.И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (taras_III[at]mail.ru)

Аннотация

Потребление значительных объемов воды отраслями современной экономики и их пагубное влияние на рыбные запасы различных водоемов вызывает необходимость в оборудовании водозаборов (особенно крупных) рыбозащитными сооружениями. Для эффективной работы рыбозащитные сооружения оборудуются рыбоотводящими устройствами. С этой целью предлагается применение эрлифтного насоса как перспективного. Для оптимизации характеристик и конструкции эрлифтного рыбоотвода проведены исследования на геометрически и физически подобной гидравлической модели. Рассмотрены возможности применения различных вариантов конструкций эрлифтного рыбоотвода с коэффициентом погружения устройства распределения воздуха (форсунки) близким к единице; схемы многоступенчатых эрлифтных рыбоотводов. Данные варианты конструкций предлагается использовать в составе рыбозащитных сооружений типа наплавной рыбоотводящей запани, исходя из особенностей их конструкций, а также гидравлических и гидрологических условий конкретных водоисточников. По результатам исследований определены значения характеристик водовоздушного потока, которые могут негативно сказаться на выживаемости отводимой молоди рыб.

Ключевые слова: рыбозащитное устройство, эрлифтный рыбоотвод, рыбоотводящая запань.

THE POSSIBILITY OF USING DIFFERENT VARIANTS OF DESIGNS OF AIR-LIFT FISH DUCTS

Research article

Lyapota T.L.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-4729-9762;

¹ South Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russian Federation

* Corresponding author (taras_III[at]mail.ru)

Abstract

The consumption of considerable volumes of water by branches of modern economy and their detrimental effect on fish supply of different water bodies causes the necessity to equip water intakes (especially large ones) with fish protecting constructions. For effective operation, fish protecting constructions are equipped with fish deflection devices. For this purpose, application of an air-lift pump is suggested as promising. To optimize the characteristics and design of an air-lift fish duct, research has been carried out with the help of a geometrically and physically similar hydraulic model. Possibilities of application of different variants of fish deflection structures with an air distribution device (nozzle) submersion coefficient close to one; schemes of multistage fish ducts are reviewed. It is suggested to use these versions of constructions as a part of fish protecting constructions of floating fish-diverting type due to their constructions features as well as hydraulic and hydrological conditions of certain water sources. According to the research results, the values of air-water flow characteristics are determined, which can have a negative effect on the survival rate of the diverted young fish.

Keywords: fish protection device, air-lift fish duct, fish deflector.

Введение

Такие отрасли экономики, как коммунальное хозяйство, сельское хозяйство, промышленность, энергетика потребляют значительные объемы воды, что пагубно отражается на рыбных запасах различных водоемов, снижая их экономический биопотенциал [1]. В целях защиты водозаборные сооружения следует оборудовать рыбозащитными устройствами и сооружениями требуемой эффективности [2]. Сказанное в значительной мере относится к водозаборным сооружениям, обладающих производительностью от 15 м³/с. Кроме того, рыбозащитным сооружениям таких водозаборов свойственна проблема – отвод молоди рыб в безопасные участки водоемов, особенно когда скорости потока в створе водозабора превышают сносящие скорости [3]. В целях решения поставленной проблемы предлагается применение эрлифтных насосов, у которых отсутствуют движущиеся элементы, травмирующие молодь рыб, отличающиеся относительной простотой устройства и возможностью перемещения твердых тел. Использование эрлифтных подъемников затрудняется ввиду недостатка разработанных конструкций, а также методик их расчета, особенно при незначительной высоте подъема. Отсутствуют данные о выживаемости молоди рыб в подобных устройствах [4].

Таким образом, цель данной работы – оптимизация гидродинамических характеристик и самой конструкции эрлифтного насоса для транспортировки отводимой молоди рыб – актуальна и способствует решению проблем не только восстановления и сохранения экономического биопотенциала, но и экологии водоемов в целом.

Методы и принципы исследования

На первом этапе исследовались имеющиеся данные по изучаемой и смежной проблемам: существующие конструкции рыбоотводящих устройств и их функциональные возможности; основные гидродинамические характеристики водовоздушного потока, которые могут негативно сказаться на выживаемости молоди рыб и их приемлемые величины; требования к конструктивным особенностям водопроводящих частей рыбоотвода с целью недопущения механического травмирования молоди.

Для оптимизации конструкции эрлифтного рыбоотвода и основных параметров потока проводились лабораторные исследования. Модель имела необходимую степень и виды подобия с проектируемой конструкцией, предназначенной для применения в составе рыбозащитного сооружения на водозаборе Новочеркасской ГРЭС [5]. Конструкция модели позволяла наблюдать характер и особенности движения перекачиваемой смеси, а также измерение требуемых характеристик.

Основные результаты

В эрлифтных насосах вертикальные токи воды поднимают молодь рыб. Они образуются струями и пузырьками воздуха при изотермическом расширении воздуха и являются следствием изменения давлений в подъёмной шахте. Одна из особенностей эрлифтных подъёмников – непостоянство гидродинамических характеристик водовоздушного потока в зависимости от высоты подъёма и при соответствующих режимах работы [6], [7]. К указанным характеристикам относятся скорость движения смеси, ее плотность, объёмное расходное газосодержание, изменение давления, его перемещаемые объёмы.

Более всего на выживаемость молоди рыб оказывают влияние такие гидродинамические характеристики водовоздушного потока как его скорость, объёмное расходное газосодержание и перепад давления. На основании результатов работ [8], [9], [10] известно, что выживаемость молоди рыб обеспечивается при следующих значениях характеристик водовоздушного потока: скорость водовоздушного потока не более 12,5 м/с, содержание кислорода в воде не более 150% и перепад давления 0,01 - 0,05 МПа при интенсивности падения давления – 0,04 МПа/с.

Приемлемые величины гидродинамических характеристик и необходимые параметры расхода принимались во внимание в процессе конструирования отдельных элементов и всей гидравлической схемы в целом, эрлифтного рыбоподъёмника, предназначенного к эксплуатации на водозаборе Новочеркасской ГРЭС в составе рыбозащитного сооружения.

Не менее важное требование к конструкции, с помощью которой предлагается отводить молоди рыб – это устранение больших местных потерь на протяжении рыбоотводящего тракта.

На основании результатов работы [8], известно, что местные потери напора должны быть не более 2 м. В противном случае будет иметь место травмирование отводимой молоди рыб. В закрытых трубопроводных системах возможно их забивание плавающим мусором, и значит, конструкция рыбоотвода должна предусматривать минимальное количество участков, имеющих повороты. Должна иметь минимальные размеры, то есть быть компактной.

Можно рассмотреть четыре варианта схем, позволяющих выполнить сопряжение эрлифтного подъёмника и рыбозащитного устройства, основываясь на различных вариантах конструкций лотка для отвода молоди, рыбосборника, учитывая отличия гидравлических характеристик водных потоков, а также гидрологию разных водоисточников.

На рисунке 1 схематично изображено сопряжение эрлифтного подъёмника с трактом рыбозащитного устройства, отводящим защищенную молодь рыб с помощью диафрагмы (2): из лотка приема (1) защищенная молодь попадает в подъёмную шахту (3), где устройство для распределения воздуха (форсунка) (4) создает вертикальные токи, выносящие ее в отводящий тракт (5); при этом в отдельных местах могут создаваться области завихрений (6), отрицательно сказывающиеся на выживаемости транспортируемой молоди. На всех рисунках цифрами 7 и 8 обозначены верхний и нижний бьефы соответственно.

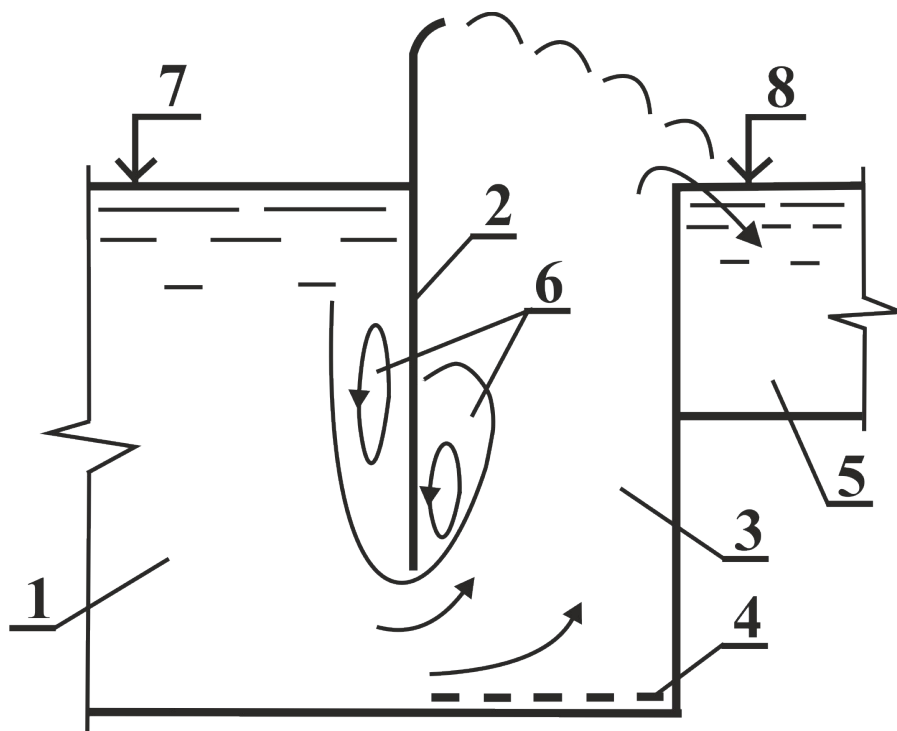


Рисунок 1 - Вариант сопряжения эрлифтного подъемника с помощью диафрагмы:

1 - лоток приема; 2 - диафрагма; 3 - подъемная шахта; 4 - форсунка; 5 - отводящий тракт; 6 - области завихрений; 7, 8 - верхний и нижний бьефы соответственно

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.52.1>

На рисунке 2 схематично изображено сопряжение эрлифтного подъемника с трактом рыбозащитного устройства, отводящим защищенную молодь рыб с помощью башни, позволяющей отбирать воду на различной глубине. В этом случае также возможно образование больших областей завихрений транспортируемого потока.

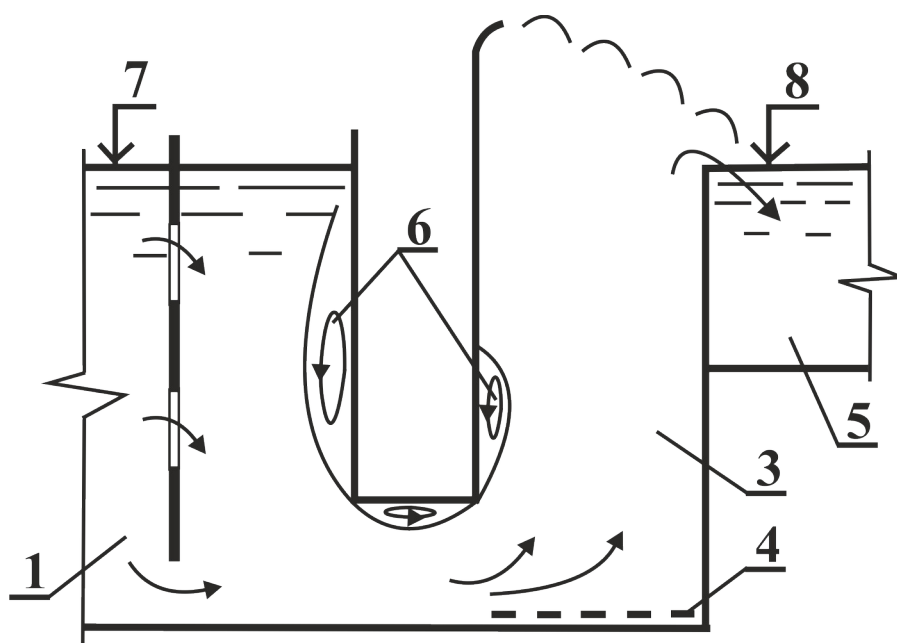


Рисунок 2 - Вариант сопряжения эрлифтного подъемника с помощью башни:

1 - лоток приема; 2 - диафрагма; 3 - подъемная шахта; 4 - форсунка; 5 - отводящий тракт; 6 - области завихрений; 7, 8 - верхний и нижний бьефы соответственно

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.52.2>

Если в тракте для отвода защищенной молоди имеется достаточный запас по глубине, чтобы обеспечить необходимый расход эрлифтного насоса и соответственно необходимый коэффициент погружения, то в этом случае возможно применение двух указанных схем (рис. 1, рис. 2). Правда, при этом возможно возникновение областей завихрений, которые как говорилось выше, отрицательно влияют на выживаемость защищенной молоди. Для

уменьшения негативного влияния данного обстоятельства требуется дальнейшее исследование предложенных схем сопряжения в соответствии с теми условиями, в которых они будут применяться.

Чтобы расширить возможности применения эрлифтного подъемника как рыбоотвода, предлагается использование шахты в качестве сопрягающего элемента схемы. Это позволит расширить возможности его использования.

В варианте сопряжения эрлифтного подъемника с рыбозащитным устройством, приведенным на рисунке 3, используется вертикальная шахта (2). Вариант сопряжения эрлифтного подъемника с рыбозащитным устройством на рисунке 4, предусматривает наклонную шахту (2). При данных вариантах сопряжения области завихрений существенно сокращаются.

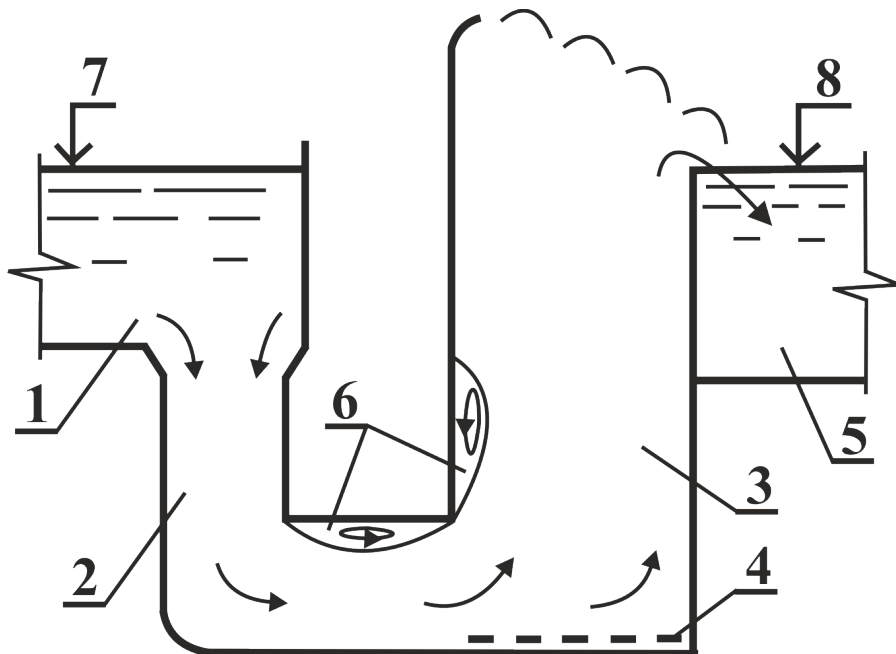


Рисунок 3 - Вариант сопряжения эрлифтного подъемника с помощью вертикальной шахты:
1 - лоток приема; 2 - вертикальная шахта; 3 - подъемная шахта; 4 - форсунка; 5 - отводящий тракт; 6 - области завихрений; 7, 8 - верхний и нижний бьефы соответственно
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.52.3>

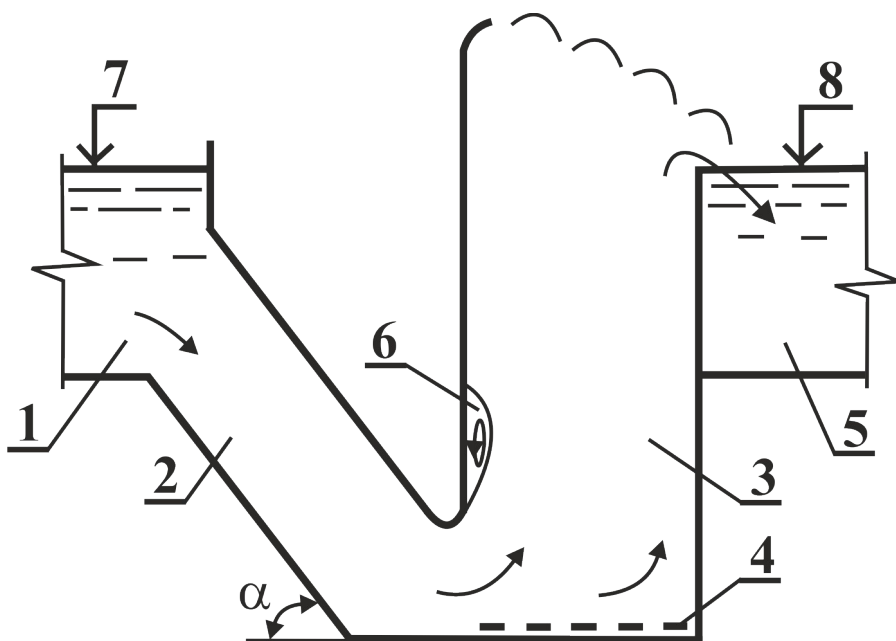


Рисунок 4 - Вариант сопряжения эрлифтного подъемника с помощью наклонной шахты:
1 - лоток приема; 2 - наклонная шахта; 3 - подъемная шахта; 4 - форсунка; 5 - отводящий тракт; 6 - области завихрений;
7, 8 - верхний и нижний бьефы соответственно
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.52.4>

Данное сопряжение позволяет наиболее полно погрузить форсунку в толщу воды, тем самым, максимально увеличив высоту подъемной шахты.

Помимо сказанного, необходимо совершенствование и других элементов конструкции.

Причинами этого являются следующие обстоятельства:

1) если используется эрлифт, имеющий коэффициент погружения близкий к единице, то чтобы снизить гидравлические потери, следует достаточно детально проработать используемые водопроводящие тракты, расположенные как горизонтально, наклонно, так и, так называемые, коленные участки (повороты), их длину и расстояния между ними, конфигурации поперечных сечений водопроводящих трактов, включая форму переходных участков;

2) чтобы получить требуемый расход эрлифта, обеспечить достижение необходимого уровня выживаемости молоди рыб и оптимальной структуры водо-воздушной смеси, необходимо добиться оптимальных параметров устройства для распределения воздуха (форсунки), ее наиболее эффективной конструкции и наилучшей компоновочной схемы;

3) поскольку главный показатель для оценивания эрлифтного рыбоподъемника – это выживаемость молоди рыб, которая находится в зависимости как от конструктивных решений его разных элементов, так и от гидравлического режима, то требуются возможность оценки и принятия характеристик водовоздушного потока, связанных с его скоростями и их распределении в сечениях различных трактов;

4) необходимо, чтобы конструктивная схема предлагаемого устройства была однотипна и могла быть скомпонована с сооружением, в составе которого будет применяться.

Также эрлифтные рыбоотводы могут быть одно- и многоступенчатыми (рис. 5, рис. 6). Выбор такого фактора определяется гидрологическими характеристиками водоема, в зависимости от того места, где должно быть установлено рыбозащитное сооружение, чтобы обеспечить наилучшие условия транспортировки защищаемой молоди рыб за пределы области влияния водозабора.

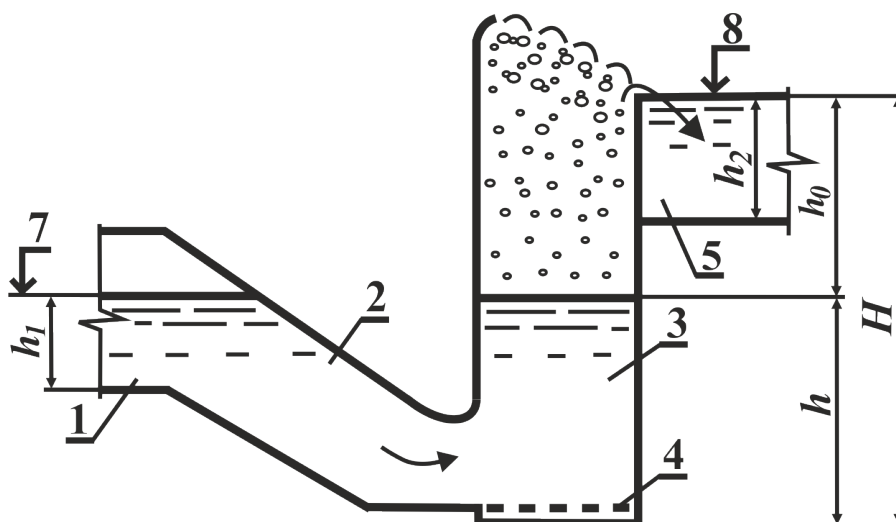


Рисунок 5 - Вариант одноступенчатого эрлифтного рыбоотвода:

h – глубина погружения устройства для распределения воздуха (форсунки); H – высота подъемной шахты; h_1 – глубина воды со стороны лотка приема защищенной молоди; h_2 – глубина воды со стороны отводящего тракта; h_0 – высота подъема смеси; 1 - лоток приема; 2 - диафрагма; 3 - подъёмная шахта; 4 - форсунка; 5 - отводящий тракт; 6 - области завихрений; 7, 8 - верхний и нижний бьефы соответственно

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.52.5>

Коэффициент погружения устройства для распределения воздуха (форсунки) для одноступенчатых эрлифтных рыбоотводов может принимать значения $K=1,0$ (одноуровневые) или $K<1,0$ (разноуровневые).

Рыбоотводы с $K=1,0$ (одноуровневые) имеют практически постоянные уровни воды, как со стороны лотка приема защищенной молоди, так и со стороны отводящего тракта в водоем-рыбоприемник. Они могут быть сопряжены, например, с таким рыбозащитным устройством, как наплавная рыбоотводящая запань.

Все варианты эрлифтных рыбоотводов необходимо проектировать, принимая во внимание допустимые пределы изменений относительных давлений $1 > P_{\text{кон}} / P_{\text{нач}} \geq 0,4$ [10] и допустимые пределы изменения скоростей этих давлений. Если не удастся выполнить указанные требования, то следует рассмотреть вариант многоступенчатого эрлифтного рыбоотвода (рис. 6).

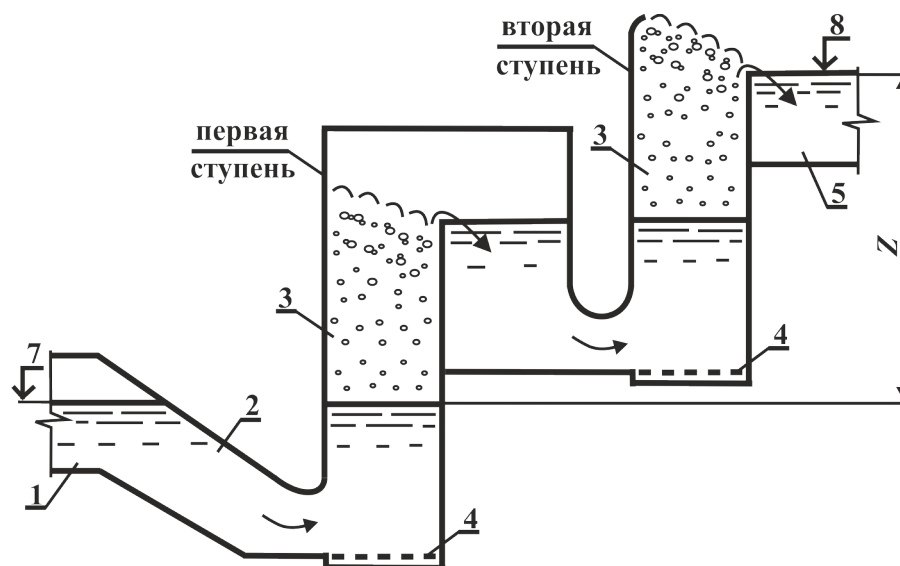


Рисунок 6 - Вариант многоступенчатого (двухступенчатого) эрлифтного рыбоотвода:

1 - лоток приема; 2 - диафрагма; 3 - подъемная шахта; 4 - форсунка; 5 - отводящий тракт; 6 - области завихрений; 7, 8 - верхний и нижний бьефы соответственно

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.52.6>

Из результатов исследований [6] известно, что при увеличении глубины погружения устройства для распределения воздуха, расхода воздуха и площади сечения подъемной шахты значительно повышается расход эрлифтного насоса (эрлифтного рыбоотвода). Но, так как в месте установки эрлифтного рыбоотвода глубина водоисточника варьируется, то и глубина установки форсунки будет не более соответствующей.

Известно, что коэффициент погружения ($k=h/H$) представляет собой отношение глубины погружения устройства для распределения воздуха (форсунки) к высоте подъемной шахты. При этом, эрлифтный насос имеет оптимальный расход, когда величина коэффициента погружения лежит в диапазоне 0,50 – 0,75, а наибольший расход, когда величина коэффициента погружения составляет 0,667 [6].

Тогда, если определена величина глубины установки форсунки (h), то высота подъемной шахты определяется из выражения

$$H = h/k. \quad (1)$$

Полученная таким образом величина высоты подъемной шахты, должна соотноситься с допустимыми границами изменения относительных давлений в ней и соответствовать условиям, приведенным выше. И только в этом случае она принимается в качестве расчетной. Если указанные выше требования не соблюдаются для найденного значения высоты подъемной шахты, то она должна быть определена в соответствии с допустимыми границами изменения относительных давлений, а величина глубины установки форсунки вычисляется из выражения (1).

Для определения количества ступеней эрлифтного рыбоотвода необходимо значение разности уровней воды (Z) в рыбосборном бассейне и водоемрыбоприемнике разделить на высоту шахты $N_c = Z/H$.

Основные параметры эрлифтного рыбоотвода могут быть определены по предложенной методике расчета, предназначенной для эрлифтных установок, работающих в составе рыбозащитного сооружения [9] или по общей методике расчета эрлифтных подъемников [6].

Скорость перекачиваемой смеси, ее гидродинамические параметры непосредственно сказываются на механическом воздействии проточных элементов эрлифта. В данном случае режим потока смеси турбулентный ($Re > 2000$) и на основной части площади поперечного сечения проточной части поле скоростей постоянно, изменяясь на незначительном расстоянии от стенок. Защищаемая молодь рыб наблюдается в центральной части водовода, примерно в двадцати миллиметрах от стенок.

Благодаря тому, что перекачиваемая смесь и защищаемая молодь движутся в одном направлении, происходит постепенное увеличение скорости подъема потока, а это снижает количество механических травм молоди, практически снижая их процент до нуля.

По результатам исследований приведенная скорость смеси наблюдалась в диапазоне 3,27-3,58 м/с (средняя скорость смеси 4,1 м/с); значения объемного расхода газосодержания у форсунки и на уровне излива подъемной шахты соответственно составили 0,382 - 0,443; интенсивность снижения давления – 0,035 МПа/с.

Заключение

Запроектирована подобная гидравлическая модель рыбоотвода для проверки и оптимизации всех его значимых параметров и конструктивных особенностей. Гидравлические испытания на модели позволили предложить различные конструктивные варианты схем рыбоотвода с целью его сопряжения с рыбозащитным устройством, исходя из различных особенностей их конструкций, а также гидравлических и гидрологических условий конкретных водоисточников.

Указанные испытания позволили получить значения основных характеристик водовоздушной смеси, вызывающих опасения в отношении выживаемости отводимой молоди рыб. Полученные значения характеристик смеси имеют приемлемые значения.

Основываясь на изложенных результатах, можно прийти к заключению об эффективности применения принудительного рыбоотвода на основе эрлифтного подъемника. Полученные результаты были применены при разработке проекта эрлифтного рыбоотвода, предназначенного для работы в составе рыбозащитного сооружения не водозабора Новочеркасской ГРЭС.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Матишов Г.Г. Ихтиофауна Азово-Донского и Волго-Каспийского бассейнов и методы ее сохранения / Г.Г. Матишов — Ростов-на Дону: ЮНЦ РАН, 2009. — 272 с.
2. Бегляров Д.С. Влияние типов и конструкций рыбозащитных сооружений на сохранение рыбных популяций внутренних водоемов страны. / Д.С. Бегляров, А.М. Бакштанин, Е.С. Костина // Природообустройство. — 2019. — 5. — с. 64-70. — DOI: 10.34677/1997-6011/2019-5-64-71
3. Али М.С. Особенности и анализ исследований рыбозащитного комплекса для водоприемников крупных высоконапорных гидроэлектростанций. / М.С. Али, Д.С. Бегляров, Р.Р. Шакиров // Природообустройство. — 2022. — 2. — с. 86-93. — DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-86-93
4. Томилин В.М. Испытание эрлифтной установки на вылове рыбы из судов. / В.М. Томилин // Рыбное хозяйство. — 1975. — 6. — с. 50-51.
5. Ляпота Т.Л. Характеристики потока в эрлифтном рыбоподъемнике. / Т.Л. Ляпота // Международный научно-исследовательский журнал. — 2014. — 2-1(21). — с. 106-109.
6. Пороло Л.В. Воздушно-газовые подъемники жидкости (эргазлифты): основы теории и методы расчета / Л.В. Пороло — М.: Машиностроение, 1969. — 160 с.
7. Ковалев В.М. Эрлифты в рыбном хозяйстве / В.М. Ковалев, А.А. Волошко — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 65 с.
8. Краснопеева Л.А. Взаимодействие молоди рыб с элементами трубопроводной арматуры рыбоотводящих трактов. / Л.А. Краснопеева, Г.С. Муравенко, В.Е. Синеок // Сборник научных трудов Росгипроводхоза и Южгипроводхоза; — М.: Пищевая промышленность, 1979. — с. 192-196.
9. Ляпота Т.Л. О стадиях работы эрлифтного рыбоотвода / Т.Л. Ляпота // Наука, образование, производство в решении экологических проблем; — Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2021. — с. 20-24.
10. Захарченко А.В. Влияние гидростатического давления на поведение открыто- и закрытопузырных рыб в потоке воды дис. ...канд. null: 03.00.10 : защищена 2004-01-14 : утв. 2004-06-16 / А.В. Захарченко — М.: 2004. — 104 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Matishov G.G. Ichthyofauna Azovo-Don'skogo i Volgo-Kaspijskogo bassejnov i metody' ee soxraneniya [Ichthyofauna of the Azov-Don and Volga-Caspian Basins and Methods of its Conservation] / G.G. Matishov — Rostov-na Donu: YUNCZ RAN, 2009. — 272 p. [in Russian]
2. Beglyarov D.S. Vliyanie tipov i konstrukcij ry'bozashhitny'x sooruzhenij na soxranenie ry'bny'x populyacij vnutrennix vodoemov strany' [Effect of Types and Designs of Fish Protection Structures on the Conservation of Fish Populations of Inland Water Bodies of the Country]. / D.S. Beglyarov, A.M. Bakshtanin, E.S. Kostina // Prirodoobustrojstvo [Nature Conservation]. — 2019. — 5. — p. 64-70. — DOI: 10.34677/1997-6011/2019-5-64-71 [in Russian]
3. Ali M.S. Osobennosti i analiz issledovanij ry'bozashhitnogo kompleksa dlya vodopriemnikov krupny'x vy'sokonaporny'x gidroe'lektrostancij [Features and Analysis of Studies of Fish Protection Complex for Water Receivers of Large High-Pressure Hydropower Plants]. / M.S. Ali, D.S. Beglyarov, R.R. Shakirov // Prirodoobustrojstvo [Nature Conservation]. — 2022. — 2. — p. 86-93. — DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-86-93 [in Russian]
4. Tomilin V.M. Ispy'tanie e'rliftnoj ustanovki na vy'love ry'by' iz sudov [Testing of an Air-lift Unit on Fish Fishing from Vessels]. / V.M. Tomilin // Ry'bnoe xoz'yajstvo [Fishery]. — 1975. — 6. — p. 50-51. [in Russian]
5. Lyapota T.L. Xarakteristiki potoka v e'rliftnom ry'bopod'emnike [Flow Characteristics in an Air-lift Fish Lift]. / T.L. Lyapota // Mezhdunarodny'j nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Scientific Research Journal]. — 2014. — 2-1(21). — p. 106-109. [in Russian]
6. Porolo L.V. Vozdushno-gazovy'e pod'emniki zhidkosti (e'rgazlifty): osnovy' teorii i metody' rascheta [Air and Gas Liquid Lifts: Fundamentals of Theory and Calculation Methods] / L.V. Porolo — M.: Mashinostroenie, 1969. — 160 p. [in Russian]

7. Kovalev V.M. E'rlifty' v ry'bnom khozyajstve [Air-lifts in Fishery] / V.M. Kovalev, A.A. Voloshko — M.: Pishhevaya promy'shlennost', 1978. — 65 p. [in Russian]
8. Krasnopeeveva L.A. Vzaimodejstvie molodi ry'b s e'lementami truboprovodnoj armatury' ry'bootvodyashhix traktov [Interaction of Young Fish with Elements of Pipeline Fittings of Fish Diversion Channels]. / L.A. Krasnopeeveva, G.S. Muravenko, V.E. Sineok // Collection of Scientific Works of Rosgiprovdokhoz and Yuzhgiprovdokhoz; — M.: Pishhevaya promy'shlennost', 1979. — p. 192-196. [in Russian]
9. Lyapota T.L. O stadiyakh raboti erliftnogo ribootvoda [About the Stages of Air-lift Fish Diversion] / T.L. Lyapota // Science, Education, Production in Solving Environmental Problems; — Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2021. — p. 20-24. [in Russian]
10. Zaxarchenko A.V. Vliyanie gidrostaticheskogo davleniya na povedenie otkry'to- i zakry'topuzy'rny'x ry'b v potoke vody' [Effect of Hydrostatic Pressure on the Behavior of Open- and Closed-Bellied Fish in the Water Flow] dis....of PhD in Natural sciences: 03.00.10 : defense of the thesis 2004-01-14 : approved 2004-06-16 / A.B. Захарченко — M.: 2004. — 104 p. [in Russian]