

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Дегтярева Владимира Владимировича на диссертационную работу Щесняка Леонида Евгеньевича на тему «Моделирование продольно-циркуляционных течений в задачах сопряжения потоков», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 - Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

Актуальность темы исследования

Использование эффектов продольно-циркуляционных (закрученных) потоков сравнительно новые схемы водосбросов, что позволяет обеспечить защиту обтекаемых поверхностей в том числе и от кавитационной эрозии.

К вихревым водосбросам автор совершенно справедливо относит шахтные водосбросы и водосбросы, выполненные по горизонтальным схемам туннельного или трубчатого типа с вихревым затвором, с тангенциальным или спиральными завихрителями. В диссертации приводятся подробные сведения о подобных сооружениях на отечественных и зарубежных гидроузлах, удачно интенсифицирующие процесс гашения избыточной кинетической энергии.

В процессе работы вихревых водосбросов может наблюдаться и поток с остаточной закруткой. Это и определяет необходимость исследования режимов сопряжения выходящего потока с движущимся массивом воды в нижнем бьефе.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы в количестве 135 наименований, в том числе 40 на английском языке. Также приводится список работ автора по теме диссертации. Объем работы составляет 220 страниц машинописного текста, 122 рисунка, 24 таблицы.

В тексте приведены выводы по главам диссертации.

Анализ списка литературы доказывает глубокое изучение существа вопроса и обоснованную оценку степени изученности темы диссертации.

Во **введении** указывается сложность изучения поставленных в диссертационной работе и решенных задач на основе разработки и создании экспериментального стенда для физического моделирования процесса сопряжения закрученной затопленной струи в гидравлической лаборатории Российского университета дружбы народов (РУДН). Помимо физического моделирования в диссертации выполнен и численный эксперимент. Проведено сравнение полученных результатов.

В первой главе «Гидравлические предпосылки сопряжения с нижним бьефом водосбросных гидротехнических сооружений» приводится обзор исследований по сопряжению подобных сооружений с нижним бьефом. В связи с тем, что напоры на ГЭС на треть превышают 1000м, скорость воды достигает 50-60м/с, что определяет актуальность защиты обтекаемых сооружений. Разрушения бетона вследствие кавитационной эрозии могут быть весьма значительны, судя по водобойному колодцу Саяно-шусьенской ГЭС (информация, приводимая в диссертации).

Создаваемое продольно-циркуляционное течение в отводящем водоводе широко используется в практике гидротехнического строительства при высоких напорах. В тексте приводятся положительные примеры его использования в отечественной и зарубежной практике. Однако, как отмечает автор, условия сопряжения водосбросных сооружений с нижним бьефом остаются малоизученными и именно поэтому они стали целью исследования настоящей научной работы.

В тексте диссертации подробно излагаются вопросы, связанные с применением продольно-циркуляционных течений в водосбросных системах гидротехнических сооружений и оценивается возможность и эффективность их использования на основе применения вихревых и контрвихревых гасителей избыточной кинетической энергии.

Отмечается опыт неудачных традиционных решений и высказываются предложения о возможности использования более удачных.

Во второй главе «Закрученные затопленные турбулентные струи в безграничном пространстве, заполненном той же жидкостью» приведено теоретическое решение задачи о распространении асимметричной закрученной ламинарной и турбулентной струй в безграничном пространстве, заполненном той же жидкостью. Интегрирование использованной системы уравнений выполнено на основе разложения в ряд по убывающим отрицательным степеням искоемых величин с использованием констант, полученных опытным путем.

Рассматриваются условия сопряжения вихревого водосброса под уровень свободной поверхности и приведены основные схемы их компоновки, а также приводятся базовые решения и выявленные при этом недостатки.

Автором реализована обработка результатов экспериментальных исследований и предложены полученные зависимости, которые используются в дальнейших расчетах с целью определения максимальной продольной скорости на оси струи и характерные радиусы.

Полученные зависимости позволяют произвести приближенный расчет параметров закрученной затопленной струи применительно к вихревым водосбросам в том числе в спутном потоке, определить её характеристики, с целью оценки взаимодействия с руслом в нижнем бьефе. На основе данных, полученных автором, была установлена закономерность изменения продольной скорости вдоль прямолинейного участка затопленной струи, имеющая логарифмический характер.

В третьей главе «Экспериментальные модульные исследования сопряжения закрученных потоков с нижним бьефом» приводятся сведения о постановке задачи гидравлических исследований и экспериментальной установке для физического моделирования.

Автором освоена технология селективного лазерного спекания и работа на 3D принтере специальной конструкции. Им исследовались условия сопряжения циркуляционно-продольных течений и рассматривались критерии подобия и критерии приближенного подобия для установившихся циркуляционно-продольных течений вязкой несжимаемой жидкости, что позволяет не соблюдать всех их при моделировании турбулентных контрвихревых течений.

В главе подробно описана методика проведения эксперимента и использованных средств измерения в четырёх сериях лабораторных испытаний, проводимых для различных схем сопряжения затопленной закрученной струи и транзитного потока. В результате выполненных опытов построены сравнительные таблицы и графики распределения скоростей в сечениях потоков.

В четвёртой главе "Численное моделирование сопряжения закрученных потоков с массивом воды в нижнем бьефе" описываются используемые математические модели, дается их классификация. Приводится описание моделей. Описываются численные методы анализа стационарных течений в рамках RANS-моделей. Моделирование в Ansys. В основу моделирования автором принята модель продольно-циркуляционного течения, описанная в главе 3. Автором диссертации отмечаются сложности, вытекающие при реализации инженерных расчётов с помощью используемых моделей.

В заключении представлены основные выводы по диссертационной работе, приведены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций определяется надёжностью и достоверностью полученных данных на основе различных подходов к проведению исследований:

аналитических, физических и численных методов. Используются два подхода к решению поставленных задач, дополняющие друг друга и позволяющие получить надёжные результаты.

Достоверность результатов подтверждается также и публикацией статей по теме диссертации в рецензируемых научных журналах.

Методы исследования базируются на опыте выполнения предыдущих исследований, рассматриваемых в диссертации задач, основывающихся на использовании широко апробированных положений гидродинамики закрученных потоков.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы состоит в возможности их использования при проектировании и эксплуатации высоконапорных гидроузлов с вихревыми системами на выходе, в которых формируются продольные циркуляционные течения, а также точностью выполнения гидравлических расчётов.

Степень обоснованности научных положений и результатов обусловлена результатами: расчёта продольно-циркуляционного потока, выходящего в нижний бьеф при различных схемах сопряжения; физического и численного моделирования изучаемых физических процессов посредством использования хорошо апробированных моделей и грамотной интерпретацией результатов их реализации.

В целом, диссертационная работа соискателя оставляет весьма положительное впечатление, замечания несущественные и относятся скорее к представлению работы.

Замечания

1. В работе не достаточно уделено внимание вопросу гидравлического взаимодействия затопленной закрученной струи со сносящим потоком нижнего бьефа в части перехода с модели на натуру.

2. В работе не достаточно обоснованы критерии подобия для закрученного потока: следует уточнить критерии подобия применяемые при гидравлическом моделировании закрученных потоков.

3. Необходимо объяснить, каким образом на модельной установке осуществлялась закрутка потока.

4. Происходила ли регулировка расхода и напора при формировании закрученного потока при физическом моделировании.

5. Почему расчеты при математическом моделировании проводились с применением модели $k-\epsilon$, а не с $k-\omega$, требуется дать мотивированное объяснение, т.к. утверждается, что они пригодны в равной степени.

