

Катков Никита Ильич,
Студент второго курса ФИСПОС-105,
Самарский государственный технический университет

Крестин Евгений Александрович,
Доцент кафедры "Теплогазоснабжение и вентиляция,
Самарский государственный технический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ КОНТРВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ ДЛЯ ГАШЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

Аннотация: Статья посвящена рассмотрению явления нелинейных неустановившихся движений частиц водного потока, которое может быть использовано для процессов гашения кинетической энергии и предотвращения разрушения конструкций и оснований ГТС. В статье описано явление нелинейного неустановившегося движения частиц потока, условия появления этого явления, способы его применения для гашения избыточной кинетической энергии водного потока. Сформулированы особенности этого явления. Приведены теоретические выкладки работы гасителей на основе этого явления. В настоящей статье использованы опытные исследования из работы [5].

Ключевые слова: Контрвихревое течение, водный поток, энергия, гашение энергии водного потока, ГТС, гасители энергии.

Водосбросные сооружения гидротехнического комплекса, такие как водосливные плотины, быстротоки – открытые каналы, осуществляют пропуск водного потока из верхнего бьефа в нижний. Водный поток, сбрасываемый этими сооружениями, характеризуется значительной кинетической энергией и высокими скоростями. Величина кинетической энергии сбрасываемого потока значительно превышает величину кинетической энергии потока воды в естественных условиях течения рек. Следствием этого является образование в нижнем бьефе размывов грунта.

Такие негативные явления, как глубокие размывы берегов и дна реки или канала, могут привести к опасным подмывам сооружений. Как правило, для предупреждения возникновения опасных явлений размыва грунта и подмыва сооружений нижнего бьефа реализуют мероприятия, направленные на снижение избыточной величины кинетической энергии водного потока.

На большей части существующих гидротехнических водосбросов снижение кинетической энергии достигается за счет гашения энергии потока воды при увеличении его глубины. Такое явление принято называть гидравлическим прыжком. При гидравлическом прыжке часть кинетической энергии с увеличением глубины водного потока переходит в потенциальную. Это явление сопровождается потерями части энергии водного потока за счет преобразования ее в тепловую. В случае, когда глубина воды в нижнем бьефе на закрепленном участке дна недостаточна для условий возникновения гидравлического прыжка, создают искусственные конструкции – гасители энергии.

В настоящее время работа по поиску более совершенных методов гашения кинетической энергии продолжается и является весьма актуальной. В результате широкое



распространение для гашения кинетической энергии потока получили гидравлические клапаны, амортизаторы, гидроаккумуляторы и целый ряд других устройств. Предметом нашего изучения являются устройства, создающие закрученные потоки жидкости.

При исследовании закрученного потока жидкости особое внимание было направлено на его гидромеханические и термодинамические свойства, позволяющие выявить закономерности процессов энерго-, массо- и теплообмена.

Одним из видов нелинейного неустановившегося движения частиц водного потока является закрученный поток воды с изменяющимися скоростями, характеризующийся как пространственное неравномерное течение с противоположно вращающимися, взаимодействующими между собой, слоями жидкости.

Ряд авторов в своих публикациях [1÷5] характеризуют данное явление как контрвихревое течение жидкости [5] или турбулентное движение воды. Из [1] следует, что контрвихревые течения создаются в искусственных условиях. Они определяются сложной формой взаимодействия элементов потока. При создании контрвихревого течения в круглоцилиндрической камере встречаются и начинают взаимодействовать более двух продольно-циркуляционных слоёв жидкости, которые образуют в проточной части вихри (начальные), размер которых сопоставим с исходными, противоположно закрученными коаксиальными слоями. В камере происходит наложение этих слоёв, их взаимодействие, формируется высокий градиент окружных скоростей по радиусу, практически стремящийся к бесконечности в поперечном сдвиговом слое на границе макровихрей.

Большие вихри, приближённо сопоставимые диаметрам вращающихся слоёв в противоположных направлениях, начинают создавать вихри более меньшего размера. Для этого процесса свойственно, что энергия изначального потока коаксиальных, противоположно закрученных слоёв, через вихревые течения переходит в энергию искусственно созданной турбулентности высокой интенсивности. Это течение характеризуется как контрвихревое. Выше описанное явление на протяжении своего существования, преобразуется и переходит в обычное продольное равномерное течение.

Каскадная структура вихрей не устойчива и довольно быстро распадается за счёт преобразования одного вида энергии в другой. Контрвихревые течения неравномерны и имеют свойство быстро затухать.

На рисунке 1 представлена схема создания контрвихревого течения в искусственных условиях.



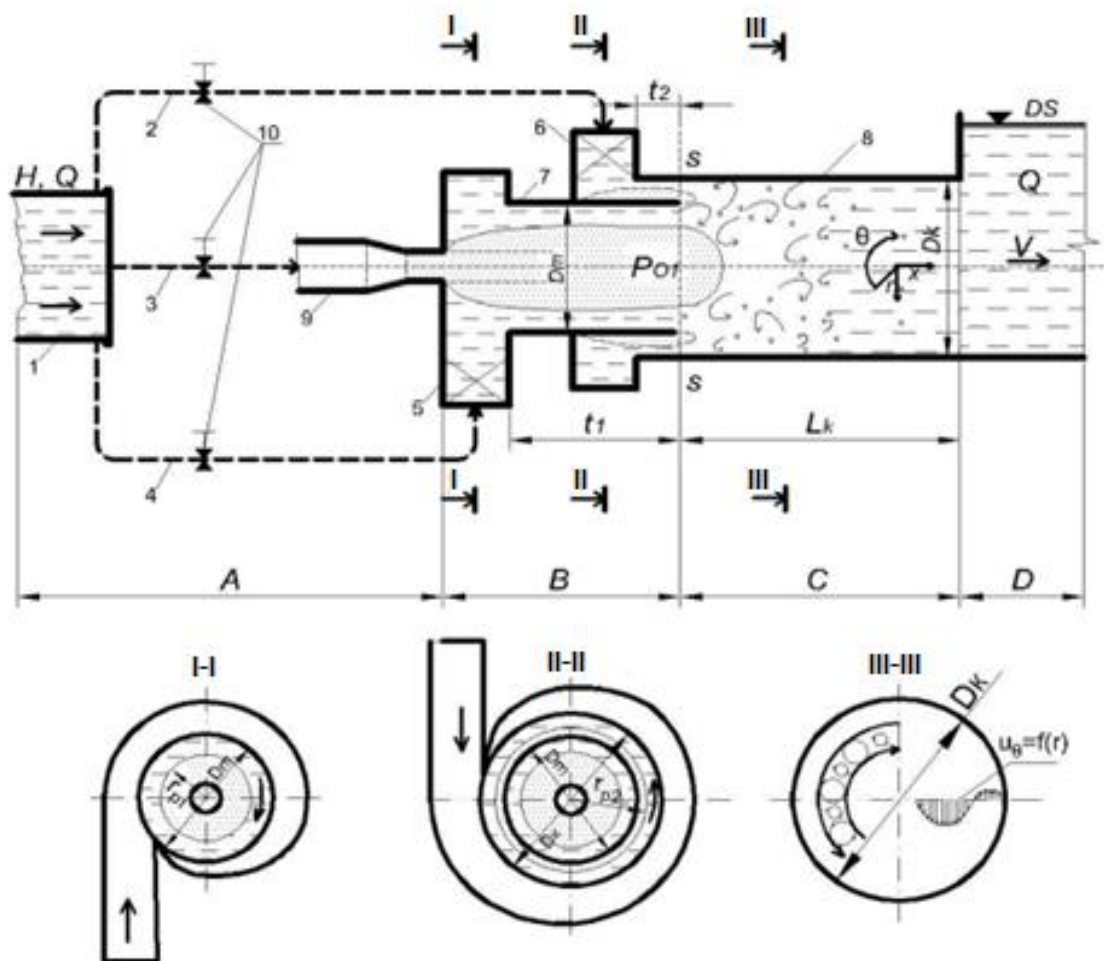


Рисунок 1. Схема образования контрвихревого течения в круглой цилиндрической камере.

1 – трубопровод напорный; 2, 3, 4 – подводящие трубопроводы; 5 – закручивающее устройство внутреннего циркуляционно-продольного слоя; 6 – закручивающее устройство внешнего циркуляционно-продольного слоя; 7 – промежуточный трубопровод; 8 – камера взаимодействия; 9 – центральный трубопровод; 10 – запорные устройства.

Зона А характеризуется напорным равномерным движением жидкости. Потoki зоны В, пройдя закручивающее устройство, формируют на выходе из спиральных камер два циркуляционно-продольных течения, которые встречаются друг с другом в круглой цилиндрической камере диаметром D_k . Первый искусственно созданный поток, находящийся в круглом трубопроводе 7 диаметром D_m и длиной l_1 , создаёт внутренний вращающийся слой контрвихревого течения. Второй поток, расположенный в более коротком участке трубы длиной l_2 , диаметр которого совпадает с диаметром камеры взаимодействия, создаёт наружный вращающийся слой последующего контрвихревого течения.

В условиях, свойственных для водосбросных гидротехнических сооружений, водный поток характеризуется высокими скоростями и большими габаритами. Неравномерные закрученные потоки, возникающие в этих условиях с высокими скоростями движения частиц, приобретают свойства невязких безвихревых течений, поскольку при больших скоростях потока воды и значительных габаритах оборудования числа Рейнольдса сильно возрастают. Следовательно, силой вязкости можно пренебречь, так как она мала по сравнению с другими силами.



Зона С содержит два переходящих друг в друга участка: начальный участок этой зоны, где создается контрвихревое течение, и конечный, расположенный после активной зоны. Здесь контрвихревое течение преобразуется в продольное течение с исчезновением вихрей и закрутки.

В зоне D поток становится безнапорным установившемся течением.

Выводы:

На основании выше изложенного частного случая неравномерного нелинейного движения, а именно контрвихревого течения, можно сформулировать, какими основными характеристиками оно обладает, и какие есть особенности его применения для гашения избыточной кинетической энергии водных потоков:

- чрезвычайно высокая степень гашения энергии потока за счёт противоположно вращающихся между собой слоев жидкости, что преобразует кинетическую энергию в тепловую;
- вихревая каскадная структура во всём объёме течения с высокой степенью вихревой интенсивности, которая на два порядка превосходит интенсивность в обычных продольных течениях;
- низкая кавитационная активность, которая в основном проявляется в толще жидкости и не вызывает эрозию сооружений;
- чрезвычайно высокая степень массо- и энергообменных процессов и связанная с ней высокая перемешивающая способность.

Вышеописанные параметры этих течений позволяют использовать их свойства для создания эффективных гасителей избыточной энергии водного потока на гидротехнических сооружениях.

Результаты исследований, полученные на опытно-экспериментальной установке (см. рис.1), показывают, что явление искусственно создаваемых контрвихревых течений, является одним из наиболее эффективных направлений (способов) гашения кинетической энергии водного потока.

Это явление может быть положено в основу создания новых устройств гасителей энергии водного потока.

Список литературы:

1. Ахметов В.К., Волшаник В.В., Зуйков А.Л., Орехов Г.В. / Моделирование и расчет контрвихревых течений. М.: Изд-во МГСУ. 2012. 252 с.
2. Волшаник В.В., Зуйков А.Л., Орехов Г.В., Чурин П.С. Пропуск холостых расходов через турбинный блок средне- или высоконапорной ГЭС // Гидротехническое строительство. 2013. №4. с. 51-56, №5. с. 32-40.
3. Зуйков А.Л. Профили тангенциальных скоростей в циркуляционном течении в трубе // Вестник МГСУ. 2009. №3. С. 195-199.
4. Зуйков А.Л., Орехов Г.В., Волшаник В.В. Распределение азимутальных скоростей в ламинарном контрвихревом течении // Вестник МГСУ. 2013. №5. С. 150-161.
5. Орехов Г.В. Контрвихревые течения и их использование на практике // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017)

