

ГИДРОЦИКЛОНЫ ДЛЯ РЫБОЗАЩИТЫ

Разработка эффективных рыбозаградительных устройств для водозаборных сооружений приобретает особую актуальность в связи со строительством крупных водозаборов и повышением внимания к вопросам охраны природы.

Существующие рыбозаградительные устройства не обеспечивают достаточной защиты ихтиофауны водоемов, особенно молоди рыб, малька, и ненадежны в эксплуатации [1,2].

М.Д. Мелкумовым [3] показана возможность применения винтового гидроциклона в качестве устройства, предотвращающего гибель ихтиофауны в водозаборах с поверхностных источников. Винтовой гидроциклон М.Д. Мелкумова [4] представляет открытый сверху цилиндрический корпус, в который ввинчен винтовой насадок, охватывающий приемную трубу. Лабораторные исследования с использованием молоди рыб [3] показали, что "живая взвесь" (икра, личинки, рыбная молодь) ведет себя в центробежном поле как тяжелое тело. После выхода из эжектора рыба мгновенно восстанавливает свою плавательную способность. В работе [3] доказано, что винтовой гидроциклон [4], осуществляющий предварительную очистку воды непосредственно при ее заборе в водоеме, может использоваться одновременно и для рыбозащиты.

Исследование эффективности применения вышеописанного гидроциклона в качестве рыбозаградителя проводилось в зеркальном лотке (ширина 50 см) в лаборатории гидравлики БПИ. Корпус гидроциклона был выполнен из стекла, что позволило вести визуальное наблюдение за телами, попавшими в него. Всасывающий патрубок, охваченный винтовой лопастью, помещался в корпус циклона и с помощью растяжек устанавливался на подставке, прикрепленной ко дну лотка. Верхний конец патрубка в одном случае штангом (диаметр 40 мм) соединялся со всасывающим коллектором вибрационного насоса, в другом — использовался принцип сифонного водозабора. Для получения рабочего потока эжектирующего устройства применялся второй насос, также вибрационного типа. Конструкцией модели предусматривалась возможность установки сменных винтообразных лопастей, а также различного расположения их по высоте патрубка.

Первая модель имела площадь проходного сечения лопастного шнека в 5 раз большую, чем площадь всасывающего патрубка. При этом линейная скорость вращательного движения составила 10 см/с. Угол наклона винтовой линии в данной модели был равен 35° , что определяло осевую скорость — 6 см/с.

Работоспособность модели определялась по поведению шаровидных тел, выполненных из пластилина с пенопластовым наполнителем. Удельный вес шарика подбирался немного выше удельного веса воды, т.е. шарик при погружении в воду имел незначительную скорость падения.

Удовлетворительный режим работы первой модели гидроциклона [4] был получен при отношении эжектируемого расхода воды к расходу насоса 0,67. При уменьшении расхода эжектора шаровидные тела занимали положение устойчивого вращательного движения в нижней части конуса гидроциклона или, не выходя из циклической части корпуса, всасывались через патрубок в насос. Изменения расположения по высоте всасывающего патрубка с винтовой лопастью не приводили к существенному изменению режима работы гидроциклона.

На модели гидроциклона при различных режимах работы проводилась проверка его рыбозащитной способности с помощью аквариумных рыбок (гуппи) длиной 1,5–2 см. Наблюдения показали, что мальки, попавшие в гидроциклон, теряют ориентацию и, увлекаемые потоком воды, движутся по траекториям, близким к траекториям модельных шаровидных тел.

При пропускании тел с большей плотностью эффективность гидроциклона резко возрастает. Здесь же отметим, что в случае одновременного пропуска через циклон большого количества тел (при удовлетворительном режиме работы его с одиночным телом) четвертая часть засасывалась в трубу насоса.

Следующая модель была выполнена с целью увеличения скорости винтового движения воды, для чего внутренний диаметр винта был увеличен почти в 2 раза. Проходное сечение винтового шнека уменьшалось в 2 раза, а значит, скорость увеличивалась во столько же раз и составила 20 см/с. Увеличение диаметра винтового шнека преследовало еще одну цель – сдвиг оси канала лопастного шнека к корпусу гидроциклона. Тем самым поток воды принудительно отодвигался дальше от центра гидроциклона, где расположен всасывающий патрубок насоса.

Исследования модели показали, что указанные выше изменения геометрических размеров не только не улучшили рабочий процесс гидроциклона, а наоборот – ухудшили его. Тела при выходе из винтового шнека разворачивались на 180° на большем радиусе по сравнению с предыдущей моделью и поступали во всасывающий патрубок.

В третьей модели наружный диаметр корпуса был уменьшен. Этой моделью проверялось влияние угла конуса (60°) на работоспособность гидроциклона (в первых моделях он был равен 90°).

Было установлено, что удовлетворительный режим работы этой модели имел место при отношении эжектируемого расхода воды к расходу насоса в пределах 0,4–0,5. Следовательно, по сравнению с первой моделью третья имела показатели несколько выше. На этой модели

также выявлено значительное влияние расстояния торца всасывающего патрубка от конической части корпуса гидроциклона, которая зависит от отношения вышеуказанных расходов.

Подводя итог исследованию гидроциклона [4] следует отметить, что для гарантированного отвода рыб, мальков и тел с плотностью, близкой к плотности воды, необходимо примерно половину подачи насоса возвращать в водоем через эжектор, что неприемлемо.

Изучение движения воды, поступающей на винтовую лопасть и далее в гидроциклон, выявило значительную сложность происходящего явления при делении потока жидкости на основной и эжектируемый. Разворот винтового потока воды на 180° при поступлении ее во всасывающий патрубок, а также увеличение угловой скорости эжектируемого потока при подходе к вершине конуса создают сложную картину вихревого движения жидкости в нижней части на оси гидроциклона. Перед всасывающим патрубком циклона образуется мощный центральный вихревой шнур, стремящийся втянуть в себя тела, уже прижатые к стенкам корпуса, что резко снижает эффективность работы гидроциклона. Для устранения этого недостатка торец всасывающего патрубка был закрыт пробкой и в центре его боковой поверхности на половине длины по высоте, занимаемой винтовым шнеком, просверлены отверстия, суммарная площадь которых превышала площадь всасывающего патрубка.

Результаты исследований указали на более высокую эффективность такой модели, что подтверждается следующим:

отношение основного и эжектирующего расхода воды при удовлетворительной работе циклона достигало 0,1;

тела с удельным весом, меньшим по сравнению с удельным весом воды, увеличенные винтовым потоком воды, оказывались в нижней части корпуса и в зависимости от величины эжектируемого расхода отсасывались или оставались в нижней части корпуса, совершая вращательные движения. Тела с незначительно большим удельным весом оказывались в нижней части даже при расходе эжектора, равном нулю.

На основании проведенных опытов был разработан гидроциклон [5] (рис. 2), в большей степени отвечающий условиям рыбозащиты и исключая образование центрального вихревого шнура, засасывающего плавающие тела. Гидроциклон (рис. 1) содержит корпус (1) с тангенциальным отводом (2) в нижней части, всасывающий патрубок (3), охваченный винтовой лопастью (4), имеющий водозаборные отверстия (5) на боковой поверхности в виде сетчатого полотна и закрытый торец.

Для исследований была построена насосная установка с подачей расхода до 7 л/с. Эжектируемый поток создавался с помощью сифонного трубопровода. Установка смонтирована рядом с зеркальным гидравлическим лотком шириной 50 см, заполняемым на 80 см во время опытов водой. На дне лотка устанавливались модели гидроциклона.

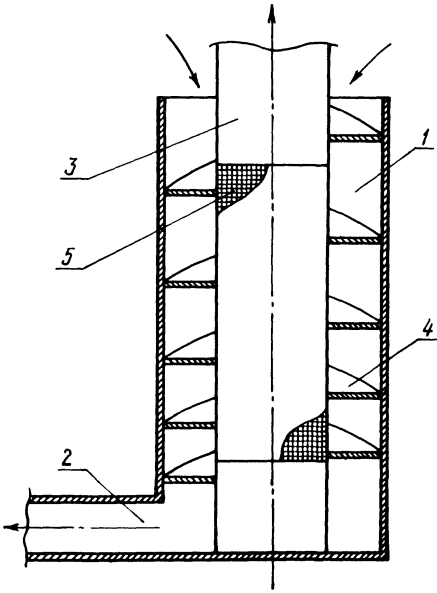


Рис. 1. Циклон с цилиндрическим корпусом, но с переменным шагом спирали.

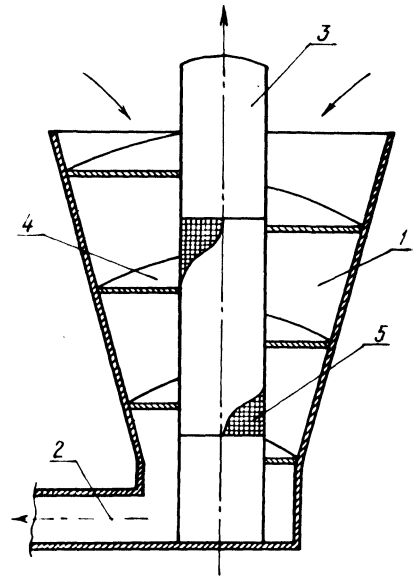


Рис. 2. Циклон с конической формой корпуса.

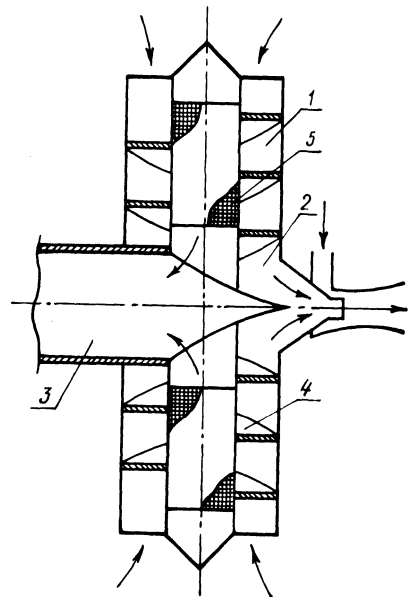


Рис. 3. Схема с оппозитным расположением гидроциклонов.

В рассматриваемой схеме циклона с винтовой лопастью постоянно-го шага ставилась цель — получить движение потока, касательное к сетчатому барабану, разделить потоки по плотности, использовать инерционные силы для отжатия тел от сетки и отвода их в эжектор, вход в который расположен на периферии спиральной камеры в нижней части корпуса циклона. С этой схемой циклона в 9 сериях было проведено 72 опыта.

Установлено, что в среднем при запуске серий из 5, 10 и 15 шариков эффективность отделения и отвода их составляет 80–85% при минимальном эжектируемом расходе $Q_{эж}$, составляющем 7–10% от подачи насоса. При сасывании шариков к сетке происходит только в нижней части сетчатого барабана в конце спирали, где смывающая скорость определяется величиной эжектируемого расхода, а он по условиям эксплуатации насосной установки должен быть минимальным.

По данной схеме было испытано 3 варианта модели с различными углами наклона винтовой лопасти, 4 — по форме, величине и расположению отверстий сетчатого барабана (перфорированного всасывающего патрубка) и 2 — с разными диаметрами.

Как показали опыты, расположение отверстий сетчатого барабана оказывает некоторое влияние на прохождение тел через модель. Различная же форма отверстий при одинаковой их площади заметно не влияет на характер прохождения тел и величину эжектируемого расхода. Увеличение суммарной площади отверстий приводит к уменьшению скорости течения на подходе к отверстиям, и подсасывание тел к ним уменьшается или прекращается вовсе. Уменьшение сечения винтового канала приводит к нежелательному увеличению гидравлических сопротивлений и, кроме того, к "стиранию" эффекта разделения потоков. Напротив — увеличение сечения уменьшает смывающее действие потока. Оптимальная величина площади канала лежит в пределах площади живого сечения всасывающей линии насоса.

Установленное в опытах уменьшение скорости по длине всасывающего патрубка устраняется уменьшением сечения винтового канала по длине. Циклоны с конической формой корпуса (рис. 2) и с цилиндрическим корпусом, но с переменным шагом спирали (см. рис.1) обеспечивают достаточно равномерную скорость по длине перфорированного патрубка. Хотя остальные показатели у конического гидроциклона оказались несколько лучше, не следует забывать о технических трудностях изготовления конической винтовой спирали. Испытывалась также схема с оппозитным расположением гидроциклонов относительно общего рыбоотвода (рис. 3), подтвердившая возможность дальнейшего снижения отношения эжектируемого расхода к расходу насоса. Во всех опытах, если и происходила забивка отверстий всасывающего патрубка легкими телами (например при длительном пуске большого количества кусочков газетной бумаги, крупы), то при уменьшении расхода насоса до нуля и при работающем эжекторе все прилипшие тела смывались в рыбоотвод.

На основании выполненных исследований разработан гидроциклон нового типа [5], имеющий боковой водозабор и тангенциальный отвод, который может эффективно использоваться не только для осветления воды на водозаборе, но одновременно и для рыбозащиты.

Л и т е р а т у р а

1. П а в л о в Д.С., П а х о р у к о в А.М. Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения. — М., 1973. 2. Ц ы п л я е в А.С. Рыбозащитные сетчатые установки с водоотводом. — М., 1973. 3. М е л к у м о в М.Д. Винтовой гидроциклон как средство защиты рыбы от гибели при работе насосных станций. — Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика. 1975, № 5. — Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. — М., 1972, № 4. 4. М е л к у м о в М.Д. Гидроциклон. А.с. № 325994, В 04 с 5/00 (СССР). 5. К о з л о в Д.А., М о л о ч к о А.В., С и д о р о в А.Н. Рыбозаградительное устройство. А.с. № 647397, E02 В 8/08 (СССР). — Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. М., 1979, № 6.

УДК 532.5:637 + 518.3

И.П. В о п н я р с к и й, В.Б. Х е й н м а н, Я.И. М а т в е е в а

НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЖАТОЙ ГЛУБИНЫ В НИЖНЕМ БЬЕФЕ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ

При расчете сопряжения бьефов гидросооружений необходимо знать глубину потока в сжатом сечении h_c , так называемую сжатую глубину, являющуюся важной характеристикой потока, прошедшего через водослив в нижний бьеф.

Как известно, сжатая глубина определяется исходя из уравнения Бернулли для двух сечений потока, одно из которых выбирается перед водосливом, другое — в сжатом сечении:

$$E_0 = h_c + \frac{q^2}{2q^2 \varphi^2 h_c^2}, \quad (1)$$

где $E_0 = P + H_0$ — полная удельная энергия потока перед водосливом в прямоугольном русле относительно плоскости сравнения, совпадающей с горизонтальным дном; P — высота водослива со стороны нижнего бьефа; H_0 — полный напор на водосливе; q — удельный расход; φ — коэффициент скорости, определяемый по известным рекомендациям в зависимости от условий протекания струи по водосливной поверхности.