

## ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДВУХКОНУСНОГО РЗУ С ГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ОЧИСТКОЙ СЕТКИ

Проблема защиты рыбы от попадания в водозаборы, имеющая важное народнохозяйственное значение в связи с большим размахом строительства водозаборных сооружений для ирригации, водоснабжения и гидроэнергетики, может быть решена применением высокоэффективных рыбозащитных устройств (РЗУ).

Конструкция двухконусного РЗУ с импульсной очисткой сетки (КРЗУ) разработана и исследована на кафедре "Гидравлика" БПИ [1]. Экспериментальная установка модели КРЗУ представляет собой бетонный блок с подводным и отводящим каналами (рис. 1). В камере блока, соединенной входным отверстием 2 высотой  $H_K = 0,3$  м с верхним бьефом, установлено РЗУ, представляющее собой сетчатое ограждение 1 из двух вертикально расположенных друг к другу усеченных конусов (диаметр большего основания  $D = 0,6$  м), внутри которых располагается очистное устройство в виде закрепленных на вертикальном валу 3 наклонных пластин 9, представляющих собой укороченные динамические лопатки. На наружной стороне сетки конуса установлен мусоросборный лоток 8, а между конусами смывное устройство 7. Мусор с сетки собирается в мусоросборной лотке и струей из насадка смывного устройства направляется через мусороотводы 5 и 10 в нижний бьеф. Для отвода рыбы из камеры КРЗУ предусмотрен рыбоотвод 6. Приводное устройство позволяет плавно менять число оборотов вала 3 с пластинами в диапазоне 0–200 об/мин.

Бетонный блок экспериментальной установки КРЗУ был смонтирован в гидравлическом лотке шириной 1,5 м и длиной 9 м со стеклянными стенками высотой 0,9 м.

Расход воды, подаваемой из напорного бака в КРЗУ, регулировался с помощью задвижки, а величина его измерялась при помощи двух мерных трехугольных водосливов, расположенных в оголовке лотка. Регулирование уровня воды в лотке и величины перепада на КРЗУ осуществлялось шандорами, установленными в верхнем 4 и нижнем 11 (рис. 1) отводящих каналах. Величина перепада уровней в лотке, подпора в верхнем бьефе, создаваемого при вращении пластин, определялась мерной иглой. Число оборотов вала привода замерялось счетчиком, снабженным торцевым датчиком оборотов.

Как показали опыты, основная часть потока  $Q$  проходит через сетчатое полотно конусов, а меньшая часть  $q$  (до 2–5 %) вместе с рыбой поступает в рыбоотвод. В результате работы очистного устройства, описание и принцип работы которого изложен ранее [2], вокруг сетчатого полотна образуется вращающийся противоток воды, отпугивающий молодь рыбы и препятствующий оседанию мусора на сетке, что позволяет увеличить скорость потока на сетке до 0,5 м/с. При этом частицы мусора находятся в непрерывном скачкообразном движении по сетке до попадания в мусоросборный ло-

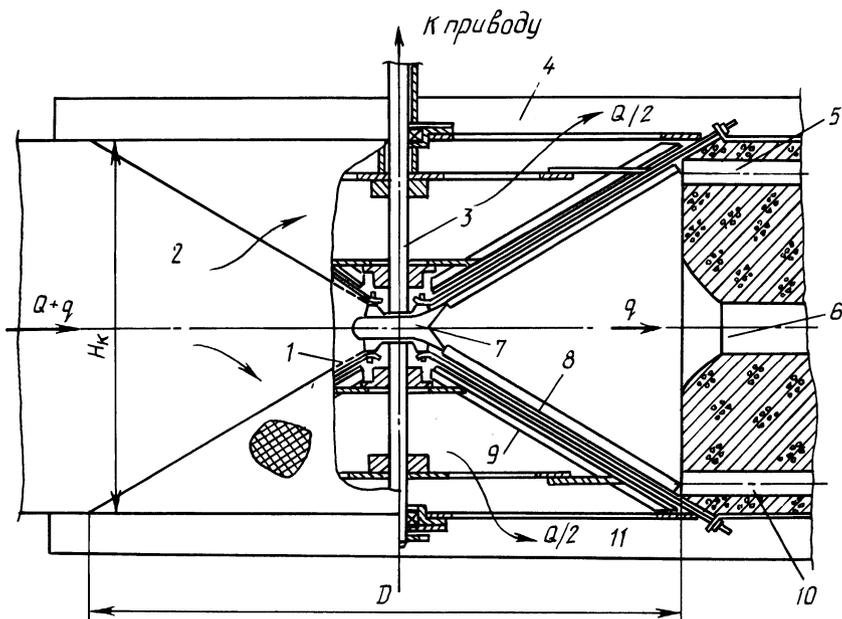


Рис. 1. Двухконусное РЗУ с гидроимпульсной очисткой сетки

ток. При проведении биологических исследований пропускалась молодь рыбы размером 40–50 мм партиями по 20–30 штук. Поведение рыбы и динамика частиц мусора фиксировались на киноплёнке. На основании биологических исследований определена оптимальная форма камеры КРЗУ, создающая лучшие условия для прохода молоди рыбы через камеру и рыбоотвод. При этой форме камеры вертикальные стенки устанавливаются в виде плоских продольных стенок на входе, переходящих в полуцилиндр по тыльному контуру оснований сетчатых конусов, а входное сечение рыбоотвода располагается осесимметрично на задней стенке.

В результате гидравлических исследований определены пропускная способность КРЗУ (при работе с очистным устройством и без него), величина потерь напора при прохождении потока через установку, распределение скоростей во входном сечении и по образующей конусной сетки, а также влияние частоты вращения очистного устройства на параметры потока.

При работе очистного устройства происходит перераспределение расхода на входе КРЗУ, так как большая часть потока проходит в той части камеры, где направление потока совпадает с направлением вращения очистного устройства. Это обстоятельство оказывает влияние на место концентрации основной массы взвешенных частиц мусора, что и определяет месторасположение мусоросборных лотков на сетке. Установлено, что при постоянной отметке горизонта верхнего бьефа увеличение частоты вращения очистного устройства в довольно большом диапазоне (50–150 об/мин) приводит к малому (до 10 %) уменьшению расхода воды, что свидетельствует о незначительном увеличении сопротивления потока, проходящего через КРЗУ. Следует отме-

тить, что при увеличении частоты вращения до 200 об/мин импульс противотока достигает такой величины, при которой частицы мусора отделяются от сетки и некоторый промежуток времени витают в камере, а затем уносятся потоком в рыбоотвод. В этом случае мусоросборные лотки и мусороотводы практически не работают.

В опытах на модели РЗУ с цилиндрической формой сетки были получены необходимые для конструирования и расчета натурной установки КРЗУ энергетические характеристики очистного устройства, основными из которых являются зависимости крутящего момента на валу от геометрических параметров наклонной пластины (угла наклона к сетке, ширины и расстояния от сетки), скорости фильтруемого через сетку потока и частоты вращения.

На основании теоретических и экспериментальных исследований моделей конических и цилиндрических форм сеток с указанным очистным устройством ниже приводится методика расчета подобных РЗУ.

Основным исходным параметром рыбозащитного устройства является расход воды  $Q$ , проходящий через сооружение.

Принимая среднее значение скорости потока на сетке конусов равным 0,4 м/с и угол при вершине конусов  $120^\circ$  (площадь сетчатого полотна двух конусов  $S_c = 1,81D^2$ ), определяем диаметр основания конуса:

$$D = 1,2 \sqrt{Q}, \quad (1)$$

где  $Q$  — расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Высота рабочей камеры  $H_k$ , равная высоте двух конусов, составит

$$H_k = 0,577D \text{ м}. \quad (2)$$

Площадь входного сечения в КРЗУ

$$S_{\text{вх}} = DH_k = 0,577D^2 \text{ м}^2. \quad (3)$$

Исходя из формул (1–3), скорость потока на входе в рабочую камеру составит  $v_{\text{вх}} = 1,2$  м/с. При этом площадь каналов, отводящих поток через сетки верхнего и нижнего конусов и направляющих воду к насосным станциям, должна соответствовать (3). В этом случае при одинаковой форме и площади сечения обоих отводных каналов скорость потока в них составит 0,6 м/с. Для обеспечения указанных равных скоростей в нижнем канале следует предусматривать установку регулирующего затвора.

Частота вращения  $n$  вала очистного устройства получена исходя из следующих соображений. Как показали эксперименты, эффективная работа принятой конструкции очистного устройства имеет место при минимальной линейной скорости лопатки, равной 1,0 м/с. Эта скорость должна быть обеспечена на расстоянии от вершины конуса, равном 0,25 длины образующей, так как на этом расстоянии располагаются элементы крепления и регулировки динамических лопаток. При этом расположение лопаток вдоль образующей конусной сетки приведет к линейной скорости лопатки у основания конуса, равной 4,0 м/с. Тогда необходимая частота вращения вала с лопатками с учетом (1) определится

$$n = 64\sqrt{Q} \text{ об/мин.} \quad (4)$$

На основании экспериментальных данных принимаем, что частица мусора на сетке скачкообразно переместится на расстояние, равное 0,03 м за один импульс вращающейся лопатки. Число импульсов в секунду при числе лопаток  $z$  составит  $nz/60$ . Необходимое число лопаток определится в зависимости от времени полного оборота (при одном мусоросбросном лотке) частицы мусора у основания конуса  $t$  (секунды), т.е. времени очистки сетки, зависящего от мутности потока. Число лопаток с учетом (1) и (4) будет

$$z = 118Q/t. \quad (5)$$

При подсчете  $z$  по (5) необходимо иметь в виду, что для обеспечения эффекта очистки сетки число лопаток не должно быть менее трех. Ширина лопатки в зависимости от расхода КРЗУ принимается  $B = 0,06$  м при расходе  $Q \geq 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $B = 0,04$  м при  $Q < 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ . К вершине конуса  $B$  уменьшается и у его вершины составляет соответственно 0,03 и 0,02 м. Лопатка к сетчатому полотну устанавливается под углом  $\beta = 35\text{--}45^\circ$ , где  $\beta$  — угол между направлением относительной скорости и обратным направлением окружной скорости к входной кромке лопатки.

Приводную мощность очистного устройства можно определить следующим образом. Сила взаимодействия лопатки с потоком

$$P = \rho B L, \quad (6)$$

где  $\rho$  — гидродинамическое давление на лопатке;  $B$  и  $L$  — соответственно ширина и длина лопатки.

Крутящий момент на валу очистного устройства для конической формы сетки будет

$$M_{\text{кр}} = \frac{2}{3} \rho \frac{D}{2} z, \quad (7)$$

где  $\frac{2}{3} \frac{D}{2}$  — плечо силы  $\rho$ .

Приводная мощность двухконусного РЗУ при угловой скорости  $\omega$  вала  $N = 2M_{\text{кр}} \omega$  с учетом (6) и (7) будет  $N = 0,07\rho B L D z n$ . Подставляя значения  $D$  из (1) и  $n$  из (4), имеем:

$$N = 5,4\rho B L z. \quad (8)$$

На основании исследований модели РЗУ с цилиндрической сеткой динамическое давление на лопатке при ее линейной скорости 4,0 м/с составляет  $\rho = 3,7$  кПа. Тогда окончательная зависимость для определения приводной мощности на валу очистного устройства двухконусного РЗУ (кВт) имеет вид

$$N = 20B L z. \quad (9)$$

По отношению к предлагаемому очистному устройству наиболее близким по принципу очистки сетки из существующих способов являются вра-

щающиеся флейты. Для достижения аналогичного эффекта очистки сетки при использовании вращающихся флейт необходимо вращать их (при одинаковом числе флейт и лопаток) с одинаковой угловой скоростью и обеспечивать соответствующую мощность струи противотока. В этом случае значительно возрастают сопротивление вращению элементов флейты и сопротивление движению воды в подводных гидротоннелях, что приводит к дополнительным затратам приводной мощности. Проведенный расчет и анализ технико-экономических показателей свидетельствуют об экономической целесообразности конструкции РЗУ.

Таким образом, конструкция двухконусного РЗУ с очистным устройством в виде динамических лопаток обеспечивает эффективную рыбозащиту и очистку сетки при меньших габаритах и затратах энергии, что будет иметь преимущество по сравнению с существующими аналогичными способами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 1105547. Рыбозащитное устройство водозаборного сооружения, 1984. — № 28. 2. Воньярский И.П., Варнаков Н.М., Сидоров А.Н., Молочко А.В. Рыбозащитное устройство с импульсной струйной очистной сетки // Водное хозяйство и гидротехн. стро-во, 1984. — Вып. 13. — С. 39—42.

УДК 627.8

Е.М.ЛЕВКЕВИЧ, канд. техн. наук,  
Т.А.КОЗЛОВА (БПИ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЧАСТИЦ ГРУНТОВОГО ОТКОСА ПРИ ДЕЙСТВИИ ВОЛН И ГРУНТОВЫХ ВОД

Положение нижней границы крепления грунтовых откосов земляных сооружений и берегов, подвергающихся волновым воздействиям, а также характеристики профиля равновесия размываемых берегов водохранилищ зависят от величины размывающих скоростей для грунтов [1—3].

Определение допустимых волновых скоростей для грунтов, слагающих откос, представляет собой сложную задачу.

В настоящее время для их определения рекомендуется пользоваться графиком [2, 4], полученным для условий горизонтального и слабонаклонного дна и при других факторах, влияющих на устойчивость частиц.

В практике имеют место случаи, когда крутые откосы из несвязных грунтов находятся одновременно под воздействием волн и фильтрационных сил, возникающих в водонасыщенных откосах при резком снижении уровней перед ним или подъеме в них уровня грунтовых вод.

Имеются единичные рекомендации [2], в которых наклон откоса следует учитывать путем уменьшения величины допустимых скоростей, определенных по [5] на величину  $\sqrt{\cos \alpha}$  ( $\alpha$  — угол наклона откоса к горизонту). Рекомендации по учету влияния фильтрационных сил отсутствуют. Вместе с тем наличие подпора грунтовых вод, как показано в [5], оказывает влияние на величину и характер деформации неукрепленного откоса под действием волн.