

При всех значениях опытных волновых режимов высота наката волны для предлагаемого покрытия существенно ниже, чем для откосов, покрытых бетонными плитами. Для нахождения оптимального соотношения d/h_{κ} , при котором грунт полностью не вымывается из внутренних полостей, на основании опытных данных вычислены относительные величины $h_{\text{в}}/d$ и $h_{\text{г}}/h_{\kappa}$ при $d = 1,2$ см и $h_{\kappa} = 3,6; 2,0; 1,5; 1,0$ см (соответственно $h_{\kappa}/d = 3,0; 1,67; 1,25; 1,0$). В результате нами построен график (рис. 3), позволяющий определять относительную глубину вымыва грунта из ячеек при различных соотношениях и назначать необходимую толщину покрытия по известному диаметру элементов.

Проведенные лабораторные исследования показали, что предложенное покрытие является достаточно надежным средством защиты откосов земляных гидротехнических сооружений от размыва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ш а й т а н В.С. Проектирование креплений земляных откосов на водохранилищах. — М., 1962. — 215 с. 2. Ш а н к и н П.А. Расчет покрытий откосов гидротехнических сооружений. — М., 1961. — 293 с. 3. Г о д е с Э.Г., Ш а ш к о в С.А., Б а у м В.А. Укрепление берегов рек на заводских территориях. — Л., 1961. — 136 с. 4. П ы ш к и н Б.А. Динамика берегов водохранилищ. — Киев, 1973. — 413 с. 5. А. с. № 954543 (СССР). Защитное покрытие грунтовых откосов/Е.М. Л е в к е в и ч, Н.В.С у р м а. — Опубл. в Б.И., 1982, № 32.

УДК 626.88

И.П.ВОПНЯРСКИЙ, канд. техн. наук,
А.Н.СИДОРОВ, А.В.МОЛОЧКО (БПИ),
В.В.ПЕТРАШКЕВИЧ, канд. техн. наук,
(Союзгипроводхоз)

ГИДРАВЛИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОТВОДА РЫБЫ ОТ РЗУ

Авторами [1] предложено рыбоподъемное устройство для принудительного отвода рыбы (УПО) от рыбозащитного устройства (РЗУ) (рис. 1), включающее приемный отсек 1, в котором размещено приспособление для создания воздушно-пузырьковой завесы (воздушная камера 2 с отверстиями). Воздух в камеру 2 поступает от компрессора. В отсеке установлен наплавной затвор 8 с поплавком (водосливом) 9, способный перемещаться накатковых опорах по вертикали. Отметка гребня водослива наплавного затвора устанавливается на отметке уровня воды в водотоке и изменяется в соответствии с колебаниями уровня. Посредством рыбоотвода 3 УПО соединяется с РЗУ.

УПО работает следующим образом. При подаче воздуха в воздушную камеру 2 выходящие из ее отверстий пузырьки воздуха устремляются вверх. Личинки и молодь рыбы, поступающие по рыбоотводу 3, увлекаются водовоздушной смесью и через водослив попадают в водоток, т.е. происходит отвод рыбы от РЗУ без ее травмирования [1].

ного затвора. При этом уровень воды перед водосливом становится выше уровня воды в лотке. Однако движение в рыбоотводе происходит в направлении к УПО за счет разности давлений столба воды в лотке и аэрированного столба воды (меньшей плотности) в приемном отсеке УПО.

Изменение угла наклона тыльной стенки приемного отсека в опытах проводилось при соотношении S_B (площади свободной поверхности воды в отсеке перед водосливом) к S_H (площади дна отсека) в диапазоне 0,50–0,03. На рис. 2 в качестве примера представлены результаты опытов по опреде-

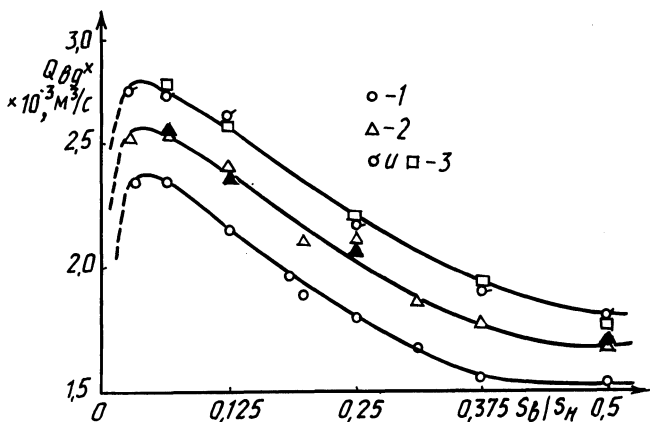


Рис. 2. Зависимость расходы воды в рыбоотводе при изменении угла наклона тыльной стенки:

$$1 - d_0 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}; 2 - d_0 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}; 3 - d_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м и } d_0 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

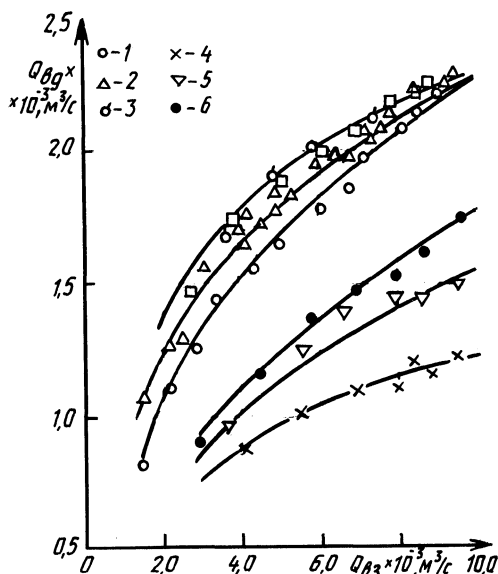
лению влияния отношения S_B/S_H на расход воды $Q_{вод}$ в рыбоотводе при постоянной подаче воздуха $Q_{вз} = 6,7$ л/с в воздушную камеру УПО. Кривые, построенные по опытными точкам на рис. 2, соответствуют разной перфорации воздушной камеры (диаметры отверстий $d_0 = 1,0; 1,5; 2,0$ и $2,5 \cdot 10^{-3}$ м). Для $d_0 = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м приводятся опытные данные (заштрихованный треугольник) с числом отверстий в два раза большим.

Из рис. 2 следует, что с уменьшением отношения S_B/S_H до 0,05 при постоянном d_0 происходит увеличение $Q_{вод}$, затем $Q_{вод}$ уменьшается. При этом увеличение числа отверстий при постоянной подаче воздуха практически не сказывается на расходе воды в рыбоотводе. Это явление можно объяснить следующим образом. По многочисленным опытными данным [2], скорость всплытия пузырьков воздуха в воде составляет 0,25–0,30 м/с. В случае нестесненного их всплытия в соответствии с известной схемой имеет место взаимодействие движущегося тела и жидкости. Установлено, что при подъеме воздушного пузырька в воде его объем увеличивается. Следовательно, расстояние между пузырьками уменьшается. С уменьшением отношения S_B/S_H растет конфузурность потока, что приводит к еще большему сближению пузырьков. При этом их подъем сопровождается усилением взаимодействия

пузырьков и воды, увлекаемой с большей скоростью. Отметим здесь, что должна существовать оптимальная плотность расположения пузырьков воздуха в восходящем потоке, при которой увлечение воды становится максимальным. Как следует из рис. 2, в наших исследованиях этому соответствует конфузурность канала в случае $S_B/S_H = 0,05$. При дальнейшем сжатии выходного сечения сопротивление движению водовоздушного потока резко увеличивается, что приводит к значительным потерям энергии и, следовательно, к уменьшению скорости и расхода воды.

Характер кривых, соответствующих рис. 2, сохраняется и при других расходах воздуха. Исходя из результатов опытов, в целях увеличения $Q_{вд}$ в рыбоотводе без увеличения мощности воздухоподводящей установки можно было бы рекомендовать $S_B/S_H = 0,05$. Однако при этом площадь S_B уменьшается настолько, что ухудшаются условия прохода молоди рыбы через водослив наплавного затвора. Поэтому S_B/S_H целесообразно принимать $0,125-0,200$.

Результаты опытов с изменением d_0 (рис. 2) показывают, что при постоянном S_B/S_H $Q_{вд}$ в рыбоотводе увеличивается с ростом диаметра отверстий до $2 \cdot 10^{-3}$ м. В дальнейшем, когда $d_0 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м, расход остается постоянным. Объяснение этому следует искать в характере образования, частоте и диаметре воздушных пузырьков при истечении воздуха через отверстие воздушной камеры со скоростью 21,1 и 13,6 м/с при соответствующих диаметрах отверстий $2,0 \cdot 10^{-3}$ и $2,5 \cdot 10^{-3}$ м. Визуальные наблюдения показывают, что при увеличении диаметра отверстий объем отдельных воздушных пузырьков увеличивается, а частота их образования уменьшается. Можно предположить, что оптимальное расположение пузырьков воздуха, приводящее к наибольшей скорости водовоздушного потока, имело место при $d_0 = 2 \cdot 10^{-3}$ м.



На рис. 3 представлены результаты опытов по определению $Q_{вд}$ в рыбоотводе в зависимости от $Q_{вз}$ при различных d_0 для $S_B/S_H = 0,2$. Из рисунка следует, что с увеличением $Q_{вз}$ до 9 л/с повышается $Q_{вд}$. При $Q_{вз} > 9$ л/с значение d_0 не оказывает влияния на $Q_{вд}$. В этом случае все опытные точки оп-

Рис. 3. Зависимость расхода воды в рыбоотводе от подачи воздуха при $S_B/S_H = 0,2$. Обозначения 1-3 см. на рис. 2; 4-6 - результаты с измененным направлением выхода от рыбоотвода:

4 - вверх, 5 - вниз, 6 - с уменьшенной высотой водослива.

ределяют вид кривой $Q_{\text{вд}} = f(Q_{\text{вз}})$, которая должна асимптотически стремиться к $Q_{\text{вд}}^{\text{max}}$. Максимальный расход воды в рыбоотводе $Q_{\text{вд}}^{\text{max}}$ зависит от размеров УПО и соответствует максимальной скорости подъема водовоздушной смеси, в пределе не способной превысить скорость всплывания отдельных пузырьков (0,25–0,30 м/с).

На рис. 3 также приведены результаты опытов, в которых изменялось расположение выходного участка рыбоотвода, составлявшего некоторый угол с осью рыбоотвода и сориентированного: а) параллельно наклонной тыльной стенке приемного отсека вверх (кривая 4) и б) повернутым на 180° , т.е. под углом к наклонной стенке вниз, навстречу восходящему потоку (кривая 5). Из рис. 3 следует, что при одинаковой подаче воздуха в первом случае расход воды в рыбоотводе меньше, чем во втором.

Как показали опыты, расположение (а) создает направленный поток с малым растеканием по площади отсека, т.е. худшим взаимодействием с поднимающейся водовоздушной смесью. Кроме того, при таком расположении выходного участка слева и справа от рыбоотвода возникают водоворотные зоны. В них на поддержание циркуляционного движения затрачивается большая часть энергии поднимающихся пузырьков воздуха. При расположении (б) из-за соударений потоков происходит большее растекание выходящего из рыбоотвода потока и, следовательно, лучшее взаимодействие его с восходящими пузырьками воздуха, что приводит к увеличению расхода в рыбоотводе $Q_{\text{вд}}$. Как показывают результаты опытов (см. рис. 3), наибольшее увеличение расхода $Q_{\text{вд}}$ имело место при выходном сечении, нормальном к горизонтальному рыбоотводу (кривые 1, 2, 3). При проектировании натуральных УПО для лучшего взаимодействия потока, выходящего из рыбоотвода, с восходящим азрированным потоком, в целях увеличения расхода воды в рыбоотводе следует расширять его выходное сечение в приемном отсеке до ширины воздушной камеры. Однако при этом площадь сечения рыбоотводящего тракта должна оставаться постоянной для обеспечения необходимой скорости выноса молоди рыбы.

На рис. 3 приведены опытные данные (кривые 1, 2, 3) при высоте расположения гребня водослива от дна модели, равной $P = 0,65$ м (см. рис. 1). Там же представлены результаты (кривая б) по определению связи $Q_{\text{вз}}$ с $Q_{\text{вд}}$ при высоте $P = 0,40$ м. Как видно из рисунка, с уменьшением высоты P при постоянной подаче воздуха и $S_{\text{в}}/S_{\text{н}}$ расход воды в рыбоотводе уменьшается вследствие уменьшения угла наклона тыльной стенки, т.е. увеличения конфузорности водовоздушного потока, что приводит к ухудшению условий взаимодействия потока, выходящего из рыбоотвода, с поднимающимися пузырьками воздуха.

Исходя из результатов проведенных исследований, подтверждающих данные других авторов [2], увеличение мощности воздуходувной установки не всегда может привести к увеличению расхода воды в рыбоотводе, так как существует предел зависимости частоты отрыва пузырьков и расстояния между ними от величины подачи воздуха, а также, как было показано выше, невозможности достижения скорости подъема водовоздушной смеси скорости всплывания пузырьков воздуха. Все это имеет место при пузырьковом режиме истечения воздуха через отверстия в воду, что и заложено в идее исследу-

дуемой конструкции УПО. С увеличением подачи воздуха, а следовательно, и мощности воздуходувной установки дискретный пузырьковый режим переходит в режим динамического взаимодействия затопленной газовой струи с жидкостью.

Биологические исследования проводились на экспериментальном комплексе, включающем УПО и установку 2-конусного РЗУ (КРЗУ) с очистным устройством в виде вращающихся наклонных пластин, в соответствии с общепринятой методикой подобных исследований РЗУ. Как показали биологические исследования, молодь рыбы, ощущая импульсы противотока, создаваемые работой очистного устройства [3], стремительно, без задержек и травмирования проходит рабочую камеру КРЗУ и увлекается потоком воды в рыбоотвод. Поступив из рыбоотвода в приемный отсек УПО, молодь рыбы подхватывается водовоздушным потоком и через водослив наплавного затвора переносится во вторую камеру УПО. Прохождение молоди рыбы через исследованный комплекс РЗУ происходит практически без травмирования, что указывает на эффективность его работы.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность и эффективность использования данного устройства для принудительного отвода молоди рыбы от РЗУ. Диаметр отверстий воздушной камеры при $d_0 > 2 \cdot 10^{-3}$ м не приводит к увеличению расхода воды в рыбоотводе, поэтому следует принимать d_0 не более указанной величины. В целях увеличения расхода воды в рыбоотводе без увеличения мощности воздуходувной установки и по условиям пропуска рыбы через водослив наплавного затвора отношение S_B/S_H можно принимать в пределах $0,125 \pm 0,200$. Выход потока из рыбоотвода должен быть в горизонтальном направлении и рассеянным по площади приемного отсека. При конструировании подобных установок следует иметь в виду предел мощности воздуходувной установки и максимального расхода воды в рыбоотводе, ограничивающих работу УПО в пузырьковом режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 789062. Рыболодъемное устройство/Петрашкевич В.В. — Оpubл. в Б.И., 1980, № 47. 2. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. — М., 1976, с. 296. 3. Рыбозащитное устройство с импульсной струйной очисткой сетки/И.П.Вопнярский, Н.М.Варнаков, А.Н.Сидоров, А.В.Молочко. — Водное хозяйство и гидротехническое строительство, 1984, вып. 13, с. 39—42.