

## Условия работы стыков при подтоплении сборных трубчатых сооружений

Моргунов С.В., Гатилло С.П.

При исследовании гидравлики трубчатых сооружений одной из основных задач является изучение законов переформирования потока при прохождении им водопропускного тракта. На движение будут влиять различные факторы, среди которых определяющими являются геометрические параметры русла и сооружения, а конечные рекомендации должны быть направлены на поддержание или, наоборот, предотвращение того или иного вида движения.

Трубчатые водопропускные сооружения часто работают с затопленным выходным сечением, причем уровень воды в нижнем бьефе обычно значителен и оказывает влияние на поток и, соответственно, на уровень верхнего бьефа. Поэтому учет этого влияния обязателен.

При изучении гидравлических характеристик трубчатых водопропускных сооружений изучение распределения давлений в потоке помогает проследить происходящие в трубе процессы, которые трудно зафиксировать иным способом.

При использовании сборных конструкций особое значение имеет наличие большого количества стыков, при нарушении целостности которых возможно проникновение воды в трубу или из нее. Установление величины и направления силы давления воды, действующей в стыках в момент их раскрытия, даст возможность оценить ожидаемый характер деформации грунта в непосредственной близости от стыков и определить места, в которых опасно размещать стыки. Это может сделать, изучив взаимодействие потоков внутри и вне трубы.

Для того, чтобы определить, как в случае подтопления будут меняться действующие в потоке силы давления воды, необходимо найти закономерности изменения давлений в каждом сечении трубы в зависимости от величины затопления выходного сечения.

Без подтопления пьезометрический напор  $(p_i / \gamma)_0$  по оси дна внутри трубы при любой глубине в верхнем бьефе  $H$  в определенном сечении принимается по результатам выполненных лабораторных исследований в виде полученных в опытах графических зависимостей  $(p_i / \gamma) / a = f(h / a)$ . В этой же точке снизу на плиту действует фильтрационный напор  $p_i / \gamma = \gamma \cdot H$ , где  $\gamma$  — коэффициент, зависящий

от места расположения сечения.

Установлено, что показания пьезометров начинают изменяться только с момента подтопления потока, в это время глубина в нижнем бьефе  $h = \gamma_1 H^{\gamma_2}$ , где  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  — параметры, зависящие от особенностей нижнего бьефа. В этот момент  $p_i / \gamma = h + r(H - h)$ ,

$$p_i = \gamma r H + (1 - r) \gamma h. \quad (1)$$

При дальнейшем росте нижнего бьефа на величину  $dh$  уровень воды в верхнем бьефе увеличится до значения  $(H + f_2 \cdot dh)$ , а давление в трубе до

$$(p_i / \gamma) \gamma = [(p_i / \gamma)_0 + f_1 f_2 dh] \gamma, \quad (2)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  — коэффициенты, указывающие степень зависимости изменяющихся величин.

Давление фильтрационного потока после начала подтопления равно

$$p_i = \gamma(h + dh) + r\gamma(H + f_2 dh - h - dh)$$

или

$$p_i = [\gamma r H + (1 - r) \gamma \cdot \gamma_1 H^{\gamma_2}] + (1 - r + r f_2) \gamma \cdot dh. \quad (3)$$

Анализируя (1)–(3), можно установить, как будет изменяться результирующая сила гидродинамического и фильтрационного давлений. Установим, какое из слагаемых больше. Величина коэффициента  $r$  изменяется от 1 на входе до 0 на выходе из трубы;  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  определяются по результатам лабораторных исследований для труб разных сечений;  $f_2 = 1,0 - 1,4$  при различном оформлении бьефов и разных величинах расходов (в частности, при малых расходах и безнапорном движении потока  $f_2 = 1,0$ ).

Можно заметить, что в начальный момент подтопления фильтрационное давление возрастает на величину  $(1 - r) \gamma \cdot \gamma_1 H^{\gamma_2}$ . При дальнейшем увеличении  $h$  отношение приращений рассматриваемых давлений

$$[(1 - r + r f_2) \cdot dh] \gamma / (f_1 \cdot f_2 \cdot dh) \gamma \quad (4)$$

может быть больше или меньше единицы при разных расходах и в разных сечениях.

При исходном безнапорном движении отношение (4) равно 1, а соотношение напоров в момент подтопления

$$\left[ r H + (1 - r) \gamma_1 H^{\gamma_2} \right] / (p_i / \gamma)_0$$

определяет избыток той или иной составляющей результирующей силы.

При исходном напорном движении фильтрационное давление всегда превышает давление со стороны потока. Поэтому можно сказать, что в условиях  $h > \eta H^{F_2}$  при раскрытии стыков суммарная сила давления в них будет преимущественно направлена внутрь трубы. Результаты лабораторных исследований подтверждают сделанные выше выводы.

## **Низконапорный гидроагрегат для малых ГЭС** **Веременик В.В., Королюк В.Г., Недбальский В.К., Сизов В.Д.** **(БГПА)**

В настоящее время энергетика Республики Беларусь практически полностью зависит от импорта энергоносителей. Поэтому использование местных возобновляемых источников энергии актуально. Необходимо максимально использовать гидроэнергетический потенциал страны. Суммарная выработка электроэнергии ГЭС Беларуси составляет порядка 0,05% от годового производства. В то же время путем строительства низконапорных и экологически чистых малых ГЭС этот показатель может быть доведен в течение 5-7 лет до 3%. Но строительство малых ГЭС в республике сдерживается вследствие географических условий, т.к. возведение высоких напорных плотин приводит к затоплению большой площади. Кроме того, на малых ГЭС используют турбины, изготавливаемые за пределами республики, которые обладают низким к.п.д. при небольших напорах.

Нами предлагается принципиально новый гидравлический двигатель, который, в отличие от турбины, может работать с высоким к.п.д. при небольших напорах воды – порядка 0,5 м. Принцип действия гидравлического двигателя основан на взаимодействии с определенной частотой водного потока с маятниковой парусной системой или физическим маятником, колеблющимся с частотой, близкой к собственной.

Период колебаний физического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}},$$

где  $m$  – масса,  $l$  – расстояние от оси вращения до центра тяжести,  $I$  – момент инерции относительно оси инерции.

Разработана математическая модель движения гидравлического