

$$Q = \sum Q_i$$

Полученная величина расхода Q даёт возможность вычислить величину h_k по формуле (4) и соответственно определить скорость U по формуле (5).

Таких попыток для получения величины скорости $U = 0,7$ м/с приходится использовать несколько, начиная с задания величины максимального подтопления водослива h . Для этого предусматривается использование графоаналитического метода расчёта.

По результатам предложенного метода расчёта величины требуемой скорости потока 0,7 м/с на гребне водослива выполняется пример для водослива с углом наклона $\theta = 10^\circ$. Для этого предварительно задаются значения напора h величиной 0,12; 0,13 и 0,15 м. Этим величинам соответствуют определённые значения критических глубин h_k по формуле (4) и значения скоростей потока по зависимости (5). На рисунке 4 по расчетным параметрам h и V строится график зависимости $h = f(V)$, из которого определяется истинное значение напора на гребне водослива $h = 0,148$ м.

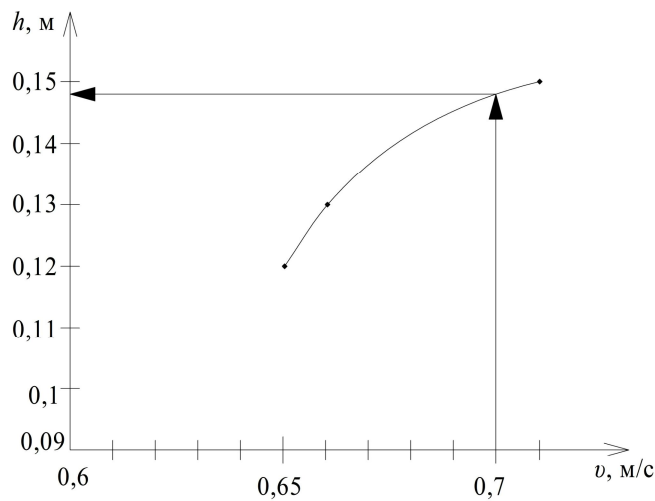


Рис. 4. График для определения напора на водосливе

Список литературы:

[1] Чугаев Р.Р. Гидравлика. Техническая механика жидкости / Р.Р.Чугаев – Л.: Энергия. 1975. – 600 с.

А.К. Ишков, А.А. Дорош
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ОБЪЕМНОГО ПОПЛАВКА

Идея «объемный поплавок» существует давно, однако применение на практике сильно ограничено техническими сложностями. В то же время эти трудности преодолимы при лабораторных исследованиях. Достаточно проработанная методика измере-

ния расхода воды объемным поплавком позволила бы в лаборатории исследовать такие процессы, как движение потока на повороте русла, обтекание потоком гидротехнических сооружений, распределение расхода воды по рукавам в многорукавном русле и др.

Для проведения исследований использовалась модель участка русла с разветвлением на два рукава. Перед проведением требовался ремонт русловой площадки. Ремонт был проведен с использованием цементного раствора.

После подготовки русловой площадки и оборудования для измерений скоростей течения объемным поплавком, требуется выполнить ряд операций:

- определяются участки для измерения скоростей течения прямолинейный участок и при разветвлении на два рукава;
- выбирается расчетный створ;
- тщательно измеряется поперечное сечение данного створа, т.к. велика вероятность получения ошибки в расчетах из-за неточного измерения (в моих исследованиях промеры глубин производились через каждые 1–3 см);
- измеряются длины участков, от начального створа до конечного, причем расстояние между створами должно быть выбрано таким образом, чтобы время прохождения «объемного поплавка» было достаточным.

В нашем случае расстояние между створами на прямолинейном участке составляло 58 см и 61 см, на криволинейном: в судоходном рукаве 68,4 см и 62,5 см, в несудоходном – 52,0 см и 76,5 см.

– определяется потребный объем для измерений, позволяющий наблюдать четкое движение «поплавка» в русловой площадке при разных заданных расходах воды. Опытным путем был подобран объем разведенной краски позволяющий наблюдать движение поплавка, равный 120 мл.

Выше начального створа пускаем «пятно». Включаем секундомер, когда «поплавок» пройдет через начальный створ (первый отсчет для головы). Делаем остановку при прохождении хвоста поплавка через начальный створ (первый отсчет для хвоста). Когда голова поплавка достигнет конечного створа, делаем еще одну остановку (последний отсчет для головы) и при прохождении хвоста останавливаем секундомер (последний отсчет для головы). В дальнейшем данные заносятся в таблицу результатов измерений, и высчитывается скорость течения головы и хвоста.

В результате, оказалось, что хвост движется медленнее, чем голова. «Поплавок» растягивается и становится мало заметным. Причина такого поведения – это диффузия краски в воде. В наших экспериментах – это случай турбулентной диффузии в потоке, скорость которой видимо надо учесть при определении скорости течения. В каждом эксперименте при заданном расходе определялась скорость диффузии.

Всего было проделано 22 опытов (11 на прямолинейном участке и 11 на разветвленном, в каждом опыте по 10 экспериментов).

В дальнейшем приступили к измерению скоростей на разветвленном участке.

После первого этапа экспериментов стало ясно, что удобнее всего измерять скорость головы как более четкого объекта, но на разветвленном участке измерить скорость течения по схеме $(V_{гол} - V_{диф})$.

На разветвленном участке измерения делались для последующей темы «Сравнительный анализ методов определения распределения расходов по рукавам», который выполняется на кафедре водных путей и гидросооружений ФБОУ ВПО «ВГАВТ».

Среднее расхождение в экспериментах заданных водосливом и полученным в расчетах составляет 5,5%.

Дальнейшее развитие этой темы переход к «ионному плавку».

Этот метод можно использовать для лабораторных работ и для исследования на русловой площадке.

Главным выводом является экспериментально доказанная возможность измерения средней скорости течения таким объемным поплавком. При этом важным является то, что наблюдениями определена скорость турбулентной диффузии.

И.В. Липатов, М.А. Решетников
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОДХОДНОМ КАНАЛЕ ЧАЙКОВСКОГО ШЛЮЗА

Россия является страной обладающей громадной сетью водных путей. Отказ от первоначального плана заполнения Чебоксарского и Нижнекамского водохранилища, обозначил две слабые точки в системе ЕГС. Ими стали нижние бьефы Городецкого и Чайковского шлюзов, так как наличие в них проходных для крупнотоннажного флота глубин, напрямую зависит от пусков ГЭС. В результате и в первом, и во втором случае лимитирующим участком стали пороги камер шлюзов.

Учитывая многофакторность данной задачи, а именно: разную степень наполненности канала (начальная глубина в канале), различные призмы опорожнения камеры; гидрографы опорожнения, волновой режим и т.д., уровень воды на порогах изменяется динамично. Наиболее надежным способом исследования подобных задач, являются натурные данные. Но сбор экспериментальных данных связан с огромным объемом натуральных наблюдений и очень длительным периодом наблюдений. При этом вероятность, что будет покрыт весь диапазон значений факторов мало вероятен.

В качестве методологического инструментария решение задачи было принято математическое моделирование. Последнее базируется на решении систем соответствующих уравнений. Традиционным способом решения этой задачи является решение уравнения Сен-Венана. Будучи по сути одномерным уравнением, эта система хорошо описывает разбег волны по каналу, но колебание на пороге (т.е. в непосредственной близости от входной граничной области) решение получается осредненным и грубым. В связи с чем точность становится не приемлемой, и встает необходимость в решении задачи непосредственно на пороге камеры шлюза.

Единственным путем решения задачи в этом случае становится решение полной трехмерной системы уравнений Навье-Стокса. Взяв ее в качестве отправной точкой, математическая модель замыкалась уравнением высоко Рейнольдсовской гипотезы турбулентности, с учетом пристеночных моделей, и дополнялась уравнением свободной поверхности – VOF скаляр.

Учитывая сложность практической реализации расчетной технологии, авторами была использована многоэтапная цепочка CAD – CAE. Технологическая цепочка включала в себя разработку геометрической модели расчетной области, генерацию расчетной области, формирование граничных условий, отладку расчетной процедуры, постпроцессор и т.д.

Для верификации разработанной математической модели, были проведены натурные исследования в нижнем подходном канале Чайковского шлюза. Результаты математического моделирования и данные натуральных исследований сравнивались и показали достаточно хорошую сходимость.

В конечном итоге, это позволило с минимумом экспериментальных работ проанализировать большое число возможных вариантов сочетания исходных параметров и полностью вскрыть картину волнообразования как в подходном канале, так и на пороге камеры шлюза.