К ПРОБЛЕМЕ ПОСТРОЕНИЯ ГИДРАВЛИКО-МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОТОКОВ

Лепихин А.П.

Горный институт УрО РАН, Россия

Для решения очень широкого круга задач, связанных с охраной и рациональным использованием поверхностных водных объектов, требуется установление зависимостей: $V(Q) = f_V(Q), H(Q) = f_H(Q), B(Q) = f_B(Q)$.

Структура и характер данных зависимостей определяются в конечном итоге устойчивостью русел, доминирующей схемой диссипации турбулентной энергии.

Предложенная в 1953г. Леопольдом и Маддоком [1] степенная аппроксимация данных зависимостей, сужая класс возможных функций, принципиально упрощает построение аппроксимированных зависимостей и при этом существенно повышает надежность статистических оценок определяемых параметров. Однако, данный подход, как минимум, требует полной автомодельности определяемых параметров относительно расходов водотоков, показателей устойчивости частиц на дне водотока. В нашей стране разработка такого подхода связана, в первую очередь, с именами М.А.Великанова, С.И.Рыбкина, В.И.Антроповского.

Степенная аппроксимация гидравлико-морфометрических зависимостей в виде:

$V(Q) = P_{VQ} \cdot Q^{\alpha_{VQ}}$

$$P_{VQ} = \left[\left(\frac{м^3}{сек} \right)^{-\alpha_{VQ}} \cdot \frac{м}{сек} \right] \tag{1}$$

$H(Q) = P_{HQ} \cdot Q^{\alpha_{HQ}}$

$$P_{HQ} = \left[\left(\frac{м^3}{сек} \right)^{-\alpha_{HQ}} \cdot M \right] \tag{2}$$

$B(Q) = P_{BQ} \cdot Q^{\alpha_{BQ}}$

$$P_{BQ} = \left[\left(\frac{м^3}{сек} \right)^{-\alpha_{BQ}} \cdot M \right] \tag{3}$$

имеет ряд существенных преимуществ.

Для достаточно широких русел в первом приближении имеем:

$$P_{VQ} + P_{BQ} + P_{hQ} = 1,$$

$$\alpha_{VQ} \cdot \alpha_{BQ} \cdot \alpha_{hQ} = 1.$$

При этом рассматриваемые параметры $\alpha_{VQ}, \alpha_{BQ}, \alpha_{hQ}$ определяют только характеристики параметров α_{Vh}, α_{Bh}. Параметр α_{Vh} определяется доминирующим механизмом диссипации турбулентной энергии водотока, а α_{Bh} характеризует вмещение пород, особенно прохождение и структуру руслоформирования расходов. Как показано в [1]:

$$\alpha_{VQ} = \frac{1}{1 + \alpha_{VH} + \alpha_{Bh}}, \tag{4}$$

$$\alpha_{hQ} = \frac{\alpha_{VH}}{1 + \alpha_{VH} + \alpha_{Bh}}, \tag{5}$$

$$\alpha_{BQ} = \frac{\alpha_{BH}}{1 + \alpha_{VH} + \alpha_{Bh}}, \tag{6}$$

а $\alpha_{Vh} = 1/2 + \alpha_{Ch} = 1/2 - 1/2\alpha_{\lambda h}$,

где C – коэффициент Шези,

λ - коэффициент гидравлического сопротивления Дарси-Вейсбаха.

При использовании традиционной схемы Маннинга-Штриклера, при доминировании зернистого сопротивления $\alpha_{Ch} = 1/6$, а соответственно $\alpha_{Vh} = 2/3$.

В простейшем случае для условий прямолинейного аллювиального русла, без его зарастания, независимыми параметрами, определяющими значение коэффициента $P_{x,y}$, являются[1]:

d – характерный размер частиц донных отложений [м],

i – гидравлический уклон,

g – ускорение ободного падения [м/сек^2].

Учитывая соотношения (1 – 3) имеем:

$$P_{VQ} \cong K_{VQ} \left(d^{5/2} \cdot \sqrt{gd \cdot i}\right)^{-\alpha_{VQ}} \left((gdi)^{1/2}\right), \tag{7}$$

---

[1] в строгой постановке, если в качестве определяющего параметра включается g, необходимо учитывать также плотность частиц ρ_S и воды ρ. Однако параметр $\frac{\rho_s - \rho}{\rho}$ характеризуется весьма малой изменчивостью и, в первую очередь, он безразмерен. Поэтому ρ_S и ρ не были включены в число определяющих параметров.

$$P_{HQ} \cong K_{HQ}\left(\left(d^{\frac{5}{2}} \cdot \sqrt{gd \cdot i}\right)^{-\alpha_{HQ}} \cdot d\right), \tag{8}$$

$$P_{BQ} \cong K_{BQ}\left(\left(d^{\frac{5}{2}} \cdot \sqrt{gd \cdot i}\right)^{-\alpha_{BQ}} \cdot d\right). \tag{9}$$

Подставляя (7 – 9) в (1 – 3) имеем

$$V = K_V Q^{\alpha_{VQ}} \cdot d^{-3\alpha_{VQ}+1/2} \cdot i^{-\alpha_{VQ}\cdot 0.5+1/2}, \tag{10}$$

$$H = K_{VH} Q^{\alpha_{HQ}} \cdot d^{-3\alpha_{HQ}+1/2} \cdot i^{-\alpha_{HQ}\cdot 0.5}, \tag{11}$$

$$B(Q) = K_{BH} Q^{\alpha_{BQ}} \cdot d^{-3\alpha_{BQ}+1/2} \cdot i^{-\alpha_{BQ}\cdot 0.5}. \tag{12}$$

Полученные зависимости апробировались на материалах натурных наблюдений на реках Камского бассейна, а также сопоставлялись с современными зарубежными оценками [2,3,4].

Литература

1. Лепихин А.П. Особенности гидравлико-морфометрических зависимостей для естественных русловых потоков // Водное хозяйство России. Проблемы, технология, управление. 2008. № 3. С. 12-25.

2. V.P.SingN On the theories of Hydraulic Geometry // International Journal of sediment Research. 2003, V.18, №3, P. 196-218.

3. Julien P. Y, Wargadalam J. Alluvial channel geometry: Theory and applications // Hydraul. Eng. 1995. № 121(4). P. 312-325.

4. Jong-Seok Lee, Pierre Y. Julien. Downstream Hydraulic Geometry of Alluvial Channels // Journal of hydraulic engineering. 2006. P. 1347-1352.