

Н.Б. Барышников, Е.М. Скоморохова, Е.С. Субботина

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУСЕЛ И ПОЙМ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЁТАХ

N.B. Baryshnikov, E.M. Skomorokhova, E.S. Subbotina

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF RIVER BEDS AND FLOODPLAINS AND THEIR USE IN HYDRAULIC COMPUTATIONS

Выполнен анализ морфометрических характеристик русел и пойм с позиции возможности их использования для расчётов гидравлических параметров русловых и пойменных потоков. Отмечена недостаточность этих характеристик для расчётов пойменной составляющей потоков и необходимость разработки таких характеристик для участка реки в пределах «чётки», включающего в себя несколько пойменных массивов.

Ключевые слова: пойма, русло, взаимодействие русловых и пойменных потоков, чётка, пойменный массив, глубина, площадь поперечного сечения.

An analysis of morphometric characteristics of river beds and floodplains was performed with regard to their possible use for computations of hydraulic parameters of river channel and floodplain streams. Insufficiency of those characteristics for computation of the floodplain component and necessity of their identification for particular sections of rivers, which include a "chain" of floodplains, are noted.

Key words: floodplain, riverbed, interaction of riverbed and floodplain streams, chain, floodplain section, depth, cross-section square.

Известно [1, 2, 3], что морфологические особенности строения русел и пойм на расчётном участке определяют гидравлику русловых и пойменных потоков. Поэтому их морфометрические характеристики являются важными расчётными параметрами. Действительно, при расчётах гидравлических параметров русловых потоков обычно используются такие морфометрические характеристики, как средние глубины и ширины русел и площади их поперечного сечения. Для малых водотоков применяют значение смоченного периметра и гидравлического радиуса. Все эти параметры довольно просто определяются на основе результатов анализа промеров и крупномасштабных планово-высотных съёмок.

Значительно хуже положение с расчётными морфометрическими характеристиками пойм. Большое количество разработок в этом направлении проведено в ГГИ, в частности И.В. Поповым [6], и в МГУ. Однако при их применении к расчётам гидравлических параметров руслопойменных потоков возникают значительные трудности. Если зависимости глубин, ширин и площадей поперечного сечения от уровней воды для речных русел, как правило, являются монотонными, то для пойменных характеристик эти зависимости часто изменяются скачкообразно. Такой их характер обусловлен гривистым строением пойм, приводящим к тому, что при затоплении

грив к пойменному потоку присоединяются дополнительные отсеки потока, часто значительной ширины. Сложное строение пойм обуславливает необходимость разработки принципиально новых морфометрических характеристик, необходимых для расчётов гидравлических параметров русловых и пойменных потоков, которые могли бы отражать не только особенности морфологического строения гидроствора, но и участка реки значительной длины обычно расположенного внутри одной «чётки» [5]. Под «чёткой» понимается участок реки, расположенный между двумя значительными сужениями поймы.

Одной из таких морфометрических характеристик, используемой в гидравлических расчётах, является угол α между динамическими осями взаимодействующих русловых и пойменных потоков, приравниваемый углу между геометрическими осями русел и пойм на расчётном участке.

Применение этого параметра к гидравлическим расчётам позволило разработать типизацию процессов взаимодействия руслового и пойменного потоков. В её основу положены особенности морфологического строения участка, расположенного ниже расчётного створа. В этой классификации решающим является расположение динамических осей руслового и пойменного потоков, приравниваемых к расположению геометрических осей русла и поймы, на участке, расположенном ниже расчётного створа. При этом большое значение отведено углу α между геометрическими осями русел и пойм. Как вытекает из результатов анализа, при увеличении значений угла α происходит весьма значительное изменение средних скоростей русловых составляющих потоков иногда в два и более раз (рис.1).

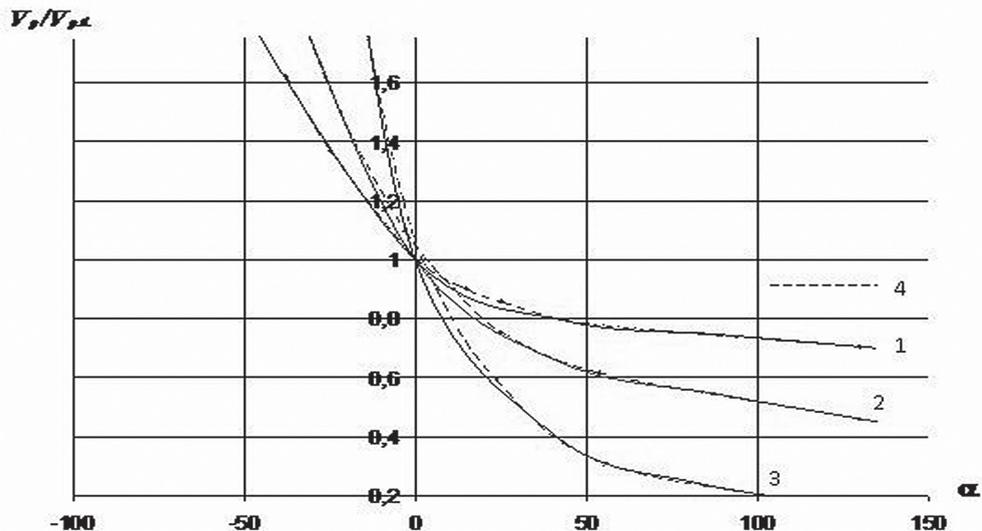


Рис. 1. Кривые $v_p/v_{p,6} = f(h_p/h_{p,6}, \alpha)$:
 1 — $h_p/h_{p,6} = 1,10$; 2 — $h_p/h_{p,6} = 1,25$; 3 — $h_p/h_{p,6} = 1,50$;
 4 — уточнённое положение кривых при малых значениях угла α

Как видно на рисунке, при сходящихся осях взаимодействующих потоков при увеличении угла α от 0° до 60° средние скорости русловой составляющей потока уменьшаются примерно в четыре раза. При расходящихся осях потоков и изменении угла α от 0° до 45° происходит увеличение этих скоростей более чем в три раза. Такое положение обусловлено резким изменением уклонов водной поверхности руслового потока под воздействием пойменного. Действительно, в нестационарных условиях при подъёме уровней и затоплении поймы и растекании масс жидкости руслового потока по ней наблюдается значительное увеличение уклонов водной поверхности в русловой части потока результатом чего и является увеличение его скоростей. На спаде паводков и половодий пойменные воды, вторгаясь в русловой поток, тормозят его, тем самым значительно уменьшают уклоны его водной поверхности, а следовательно и скорости руслового потока. Следует отметить наличие и других типизаций процессов взаимодействия потоков [1, 7]. В частности В.Г. Саликов [7], предложил аналогичную типизацию, но в её основу положен участок, расположенный выше расчётного створа

Аналогичная картина и с пойменной составляющей потока. Так для её определения на кафедре гидрометрии была получена расчётная графическая зависимость вида

$$\frac{Q_n}{Q_n + Q_p} = f\left(\frac{F_n}{F_n + F_p}, \frac{n_n}{n_p}\right),$$

приведённая на рисунке 2.

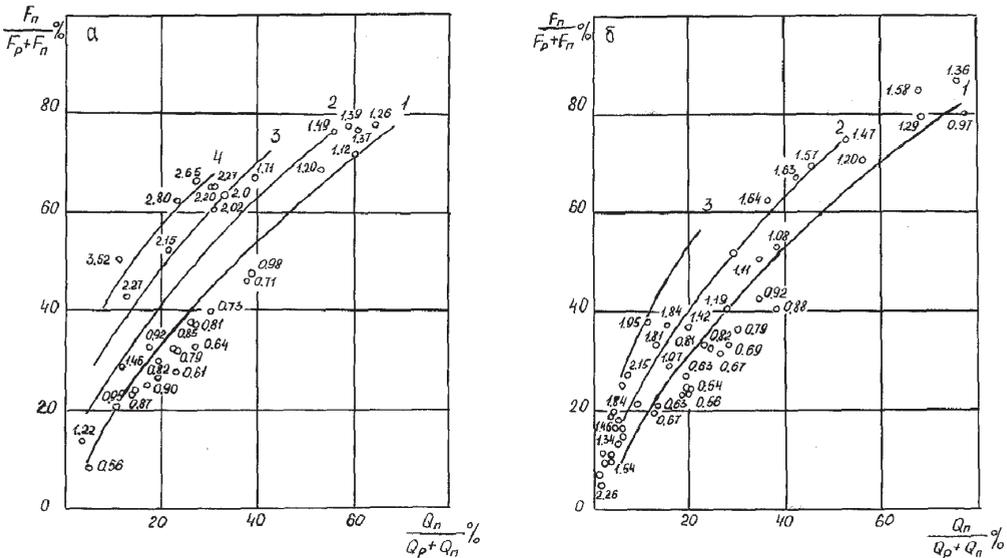


Рис. 2. Кривые $Q_n/(Q_p + Q_n) = f(F_n/(F_p + F_n), n_n/n_p)$:
 а – второй тип взаимодействия потоков; б – третий тип

Как видно на рисунке, для каждого типа взаимодействия потоков (второго и третьего) получены отдельные расчётные зависимости. Анализ информации, положенной в основу этих рисунков позволяет утверждать об определяющем значении морфометрических характеристик при расчётах гидравлических параметров русловых и пойменных потоков. Следует отметить, что погрешности расчётов русловой составляющей значительно меньше, чем пойменной. Это обусловлено как низким качеством натурной информации о пойменных потоках, так и недостатками рабочей гипотезы. Действительно, как показал анализ натурной информации о пойменных потоках, количество скоростных вертикалей на поймах, несмотря на их более сложное чем русел морфологическое строение, как правило, значительно меньше чем в русле [1, 4]. Иногда их число сокращается до минимума. Так на реке Ветлуге у д. Быстри при ширине поймы в 700 метров и гривистым её строением количество вертикалей на ней при проведении паводочных работ было сокращено до двух. К тому же количество измеренных расходов при затопленной пойме, как правило, недостаточно и ограничивается одним – двумя измерениями. Такое положение на сети Росгидромета обусловлено рядом причин, основными из них являются: требования техники безопасности, устаревшее оборудование, скоротечность прохождения половодий и особенно паводков и недостаточная квалификация сотрудников.

Однако остаётся открытым вопрос о морфометрических характеристиках необходимых для расчётов гидравлических параметров на участках рек значительной протяжённости. Действительно, угол α может охарактеризовать особенности морфологического строения расчётного участка в пределах расположения одного пойменного массива. В то же время в пределах «чётки» может располагаться значительное количество таких массивов. Сразу же в этих случаях встаёт вопрос об осредненном значении угла α , или другой аналогичной ему характеристики, позволяющей рассчитывать определённые для этого участка гидравлические параметры потоков. Для разработки таких характеристик необходимы не только данные лабораторных измерений, но и, что особенно важно, надёжные натурные данные как о морфометрическом строении расчётного участка значительной протяжённости, так и сведения о гидравлических характеристиках русловых и пойменных потоков по крайней мере на двух гидростворах.

Близкий к рассматриваемой является проблема определения длины участка реки, на котором особенности его морфологического строения определяют гидравлические характеристики руслового и, особенно, пойменного потоков. Нами этот участок ограничен длиной одной «чётки». Однако сама длина «чётки» не всегда является определённой. Действительно, резкое уменьшение ширины левой поймы не всегда совпадает с аналогичным уменьшением ширины правой поймы [4]. Поэтому часто приходится принимать волевые решения, что негативно влияет на результаты расчётов. Следует отметить, что эта проблема близка к проблеме определения длины участка, на границах которого располагаются уклонные посты.

Литература

1. *Барышников Н.Б.* Динамика русловых потоков. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 314 с.
2. *Барышников Н.Б.* Морфометрические характеристики русел и пойм. // Ученые записки РГГМУ, 2010, № 13, с. 13–16.
3. *Барышников Н.Б., Соболев М.В., Скоморохова Е.М., Поташко Е.А.* Определяющее влияние морфологии русел и пойм на гидравлику потоков в них. // Геоморфология, 2012, № 1.
4. *Барышников Н.Б.* Проблемы морфологии, гидрологии и гидравлики пойм. – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 426 с.
5. *Маккавеев Н.И.* Русло реки и эрозия в её бассейне. – М.: АН СССР, 1955. – 347 с.
6. *Попов И.В.* Деформации речных русел и гидротехническое строительство. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 393 с.
7. *Саликов В.Г.* Некоторые исследования взаимодействия руслового и пойменного потоков. // Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда. – Л.: Гидрометеиздат, 1976, с. 75–81.