

Ю.Е. Воронина, В.В. Пличкина
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАБАРИТОВ СУДОХОДНОЙ ПРОРЕЗИ С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ ПАРАБОЛИЧНОСТИ РУСЛА

Одним из основных способов увеличения и поддержания судоходных глубин является дноуглубление. Обоснование местоположения прорези производится на основании анализа русловых переформирований на участке реки. Гидравлическое расчетное обоснование, как правило, не производится. Однако влияние разрабатываемой судоходной прорези на гидравлический режим потока велико и появляется необходимость в расчет оптимальных ее габаритов.

Объектом исследования является незарегулированный участок нижней Волги. В результате обработки всех основных перекатов данного участка были выбраны 4 типовых поперечных сечений перекатов с шириной русла 100–300 м и формой, близкой к параболической.

На основании метода Ржаницына А.А. для прямоугольного сечения прорези скорости течения в ее пределах зависят от ширины и глубины в ней. Поэтому выбор оптимальных габаритов судоходной прорези заключается в определении таких ее размеров, при которых скорость течения была бы максимальной и обеспечивала наибольший транзитный перенос наносов в границах разрабатываемого участка.

Скорость течения до и после разработки прорези определяется:

$$v = C_0 \sqrt{h \cdot i} \quad (1)$$

где v – скорость на перекате до устройства прорези, м/с;

h – глубина переката, м;

i – уклон водной поверхности на перекате;

C_0 – коэффициент Шези.

Относительная ширина прорези (A), равная отношению ширины устраиваемой прорези к ширине перекатного участка:

$$A = \frac{b_n}{b_0} \quad (2)$$

Относительная глубина прорези (B), равная отношению глубины устраиваемой прорези к глубине перекатного участка:

$$B = \frac{h_n}{h_0} \quad (3)$$

Таким образом, Ржаницыным была выведена зависимость между скоростями течения до и после разработки прорези и ее относительной шириной и глубиной.

$$k = \frac{v_n}{v_0} = \frac{\frac{1}{1-A} B^{0.67}}{1 + \frac{1}{A-1} B^{1.67}} \quad (4)$$

Задаваясь различными значениями A и B , строится система кривых (рисунок 1), пересекающиеся между собой. В правой части графика глубоким прорезям отвечают

более низкие значения коэффициента k , а в левой части графика, наоборот, более высокие значения k в пределах прорези отвечают более глубоким прорезям.

Таким образом, каждой ширине прорези отвечает некоторая глубина, при которой скорости течения в прорези являются наибольшими, следовательно, заносимость прорези будет наименьшая. А чем меньше относительная ширина прорези A , тем целесообразнее увеличение ее относительно глубины, и наоборот чем больше относительная ширина прорези, тем выгоднее является меньшая относительная глубина прорези.

Данная методика позволяет, зная бытовые ширину и глубину переката определить ширину прорези, обеспечивающую гарантированную судоходную глубину.

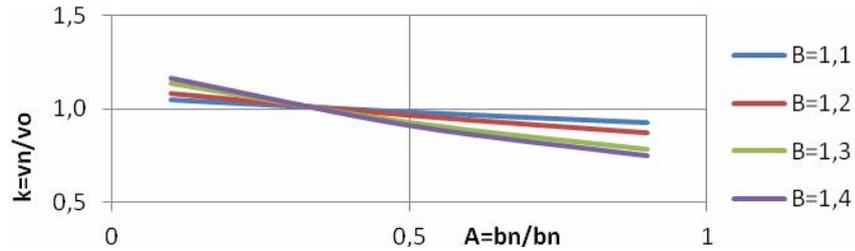


Рис. 1. Кривые относительных глубин прорези на примере Саралевского переката.

В реальных условиях поперечное сечение русла не бывает прямоугольным, а его форма приближена к виду параболы. Поэтому наиболее точным и предпочтительным является аналитический метод определения габаритов прорези параболического сечения.

Для дальнейшего расчета произведена аппроксимация сложной функции, описывающей поперечное сечение к полиному второй степени (рисунок 2). На основании полученных уравнений строятся графики, описывающие зависимость коэффициентов этих уравнений от ширины поперечного сечения русла.

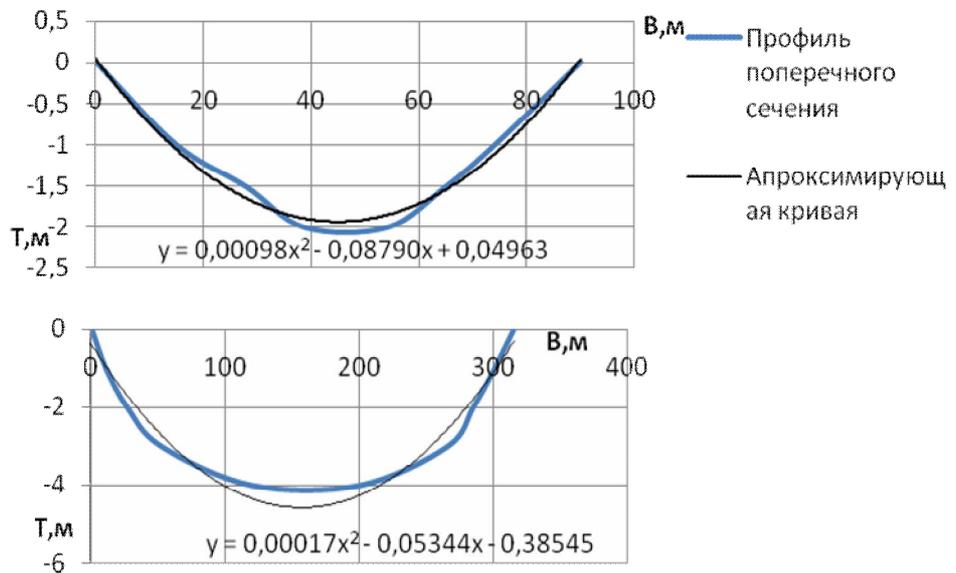


Рис. 2. Аппроксимация функции, описывающей поперечные сечения к полиному второй степени

Анализ графиков позволяет определить некую зависимость изменения величин

коэффициентов параболической функции в зависимости от возможной ширины и глубины русла (рисунок 3).

Таким образом, полученные графики дают уравнение описывающее форму поперечного сечения русла по его заданной ширине и глубине. Такой метод возможен лишь для участков, где глубины изменяются равномерно, и русло имеет ярко выраженную форму параболы.

На основе метода Ржаницына А.А. получена усовершенствованная формула для определения скоростей течения после устройства прорези.

$$k = \frac{v_n}{v_0} = \frac{\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\frac{2}{3} - A} \cdot B^{0.67}}{1 + B^{1.67} \cdot \frac{b_n}{\frac{2}{3} \cdot b_0 - b_n}} \quad (5)$$

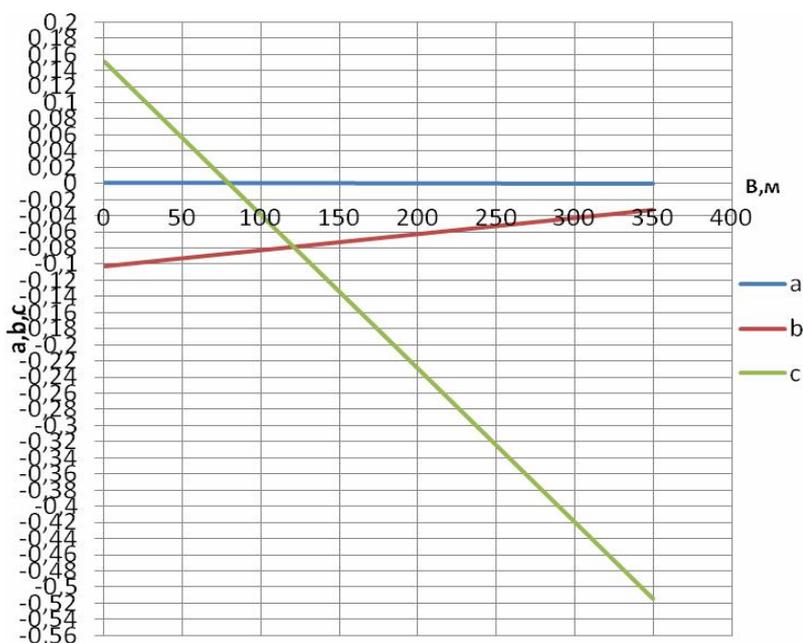


Рис. 3. Совмещенный график зависимости коэффициентов уравнения от ширины русла

На основании вышеописанного, задавая различными значениями A и B , вычисляется коэффициент k по формуле (5) и строятся графики относительных глубин прорези (рисунок 4) и сравниваются с аналогичными графиками для прямоугольной схемы расчета (таблица 1).

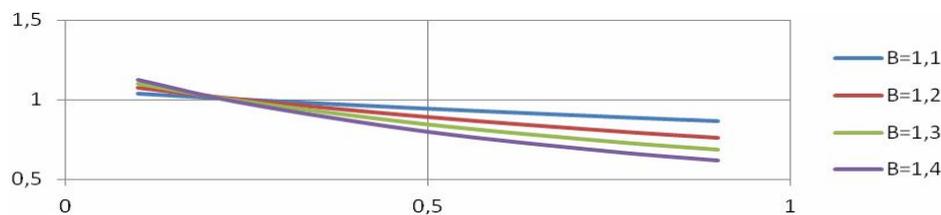


Рис. 4. Кривые относительных глубин прорези при параболической схеме расчета для Саралевского переката

Область применения той или иной формы поперечного сечения изменяется зависимости от ширины основного русла. Для более точного определения параметров построен график зависимости угла наклона кривой относительных глубин прорези от ширины русла.

По построенным графикам (рисунок 5) для типовых перекаатов можно сделать вывод о том, что чем больше относительная глубина русла, тем выше угол наклона.

Таблица 1

Сравнение результатов прямоугольной и параболической схемы расчета

$h_0=3,4; h_n=3,8; b_0=184,0; b_n=100$	Прямоугольная схема расчета	Параболическая схема расчета
Относительная глубина прорези B	1,1	1,1
Относительная ширина прорези A	0,33–0,37	0,21–0,24
b_n	58,1–67,27	38,64–44,16
Расхождение результатов, %	33,5–34,4	
Относительная глубина прорези B	1,2	1,2
Относительная ширина прорези A	0,32–0,37	0,20–0,24
b_n	58,1–67,78	36,8–44,16
Расхождение результатов, %	36,66–34,8	
Относительная глубина прорези B	1,3	1,3
Относительная ширина прорези A	0,31–0,33	0,19–0,22
b_n	57,4–61,56	35,0–40,48
Расхождение результатов, %	39,0–34,2	
Относительная глубина прорези B	1,4	1,4
Относительная ширина прорези A	0,32–0,33	0,19–0,21
b_n	58,1–61,56	35,0–38,64
Расхождение результатов, %	40,3–37,2	

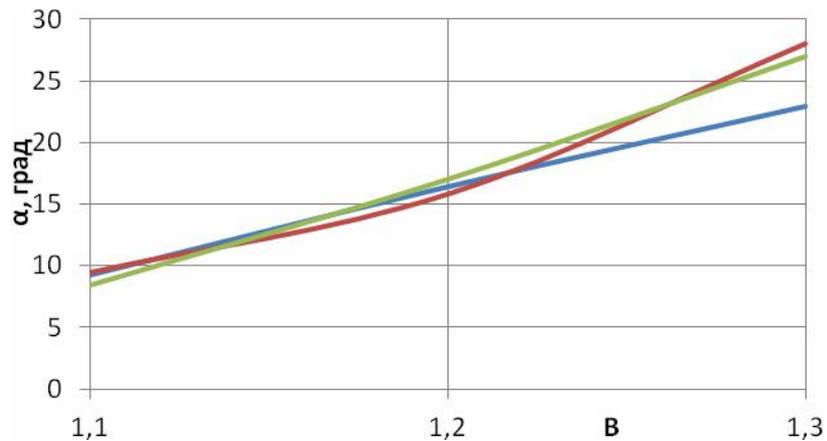


Рис. 5. График зависимости угла наклона кривой относительных глубин прорези от ширины русла

Анализ полученных данных показал, что для малых рек с шириной русла до 400 м. среднее расхождение параметров прорези в параболической и прямоугольной форме русла составляет 35%. Это ведет к значительному сокращению объема дноуглубительных работ за счет изменения параметров судоходной прорези в сторону уменьшения ее ширины, увеличению скоростей течения и транспорта наносов. Прорезь становится более стабильна.

На больших водоемах при ширине поперечного сечения русла больше 400 м. отмечается увеличение гидравлически невыгоднейшей ширины прорези. Однако в связи с увеличением скоростей в пределах судоходной прорези ее заносимость уменьшается и повторность дноуглубительных работ падает, что приведет к положительным результатам и экономии средств на поддержание водного пути.

А.А. Гоголева, В.П. Куликов
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

РАСЧЁТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОТОКА НА ВОДОСЛИВЕ С НАКЛОННЫМ ГРЕБНЕМ

На малых гидроузлах встречаются достаточно широко водосливы с широким порогом прямоугольного типа и автоматического действия. Такие водосливы в период половодья работают с большим напором H , в летний меженный период уровень свободной поверхности водохранилища определяется отметкой гребня водослива. При выпадении дождя в пределах водосборного бассейна уровень воды водохранилища немного повышается, через водослив перетекает определённый расход. Но, как показывает практика эксплуатации таких гидроузлов, повышение уровня воды в водохранилище чаще всего незначительное и при этом сам водослив играет роль обеспечения пропуска расхода воды и роль преграды для сброса плавающего мусора и поверхностного слоя сине-зелёных водорослей. В результате вода водохранилища становится излишне загрязнённой и не отвечающей интересам населения для отдыха.

По этой причине для интенсификации сброса плавающего мусора и сине-зелёных водорослей в нижний бьеф, но без увеличения пропускного расхода представляется интересным применения водослива с наклонным гребнем и размерными параметрами водослива с широким порогом. Схема такого водослива представляется на рисунке 1. Угол наклона сливной грани θ . Расход воды летней межени, обеспечивающей пропуск плавающего мусора и сине-зелёных водорослей из водохранилища через пониженную зону наклонной сливной грани определяется уровнем воды летней межени водохранилища (УВЛМ) с высотой напора h . При этом напоре на пороге водослива устанавливается равномерный режим движения потока.

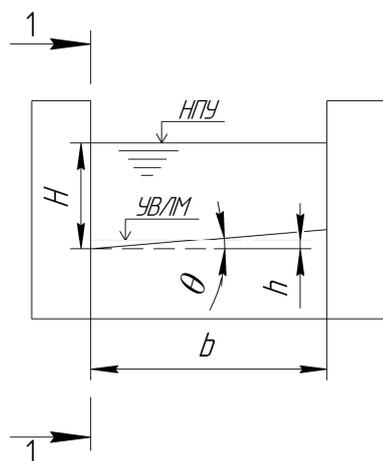


Рис. 1. Схема водослива с наклонным гребнем