

8. Глаговский, В.Б. Геосинтетические материалы в гидротехническом строительстве / В.Б. Глаговский, С.В. Сольский, М.Г. Лопатина, Н.В. Добровская, Н.Л. Орлова // Гидротехническое строительство. – 2014. – № 9. – С. 23-27.

9. Gudina, S. Physical response of geomembrane wrinkles overlying compacted clay / S. Gudina, R. W. I. Brachman // ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – 2006. – № 132 (10) – P. 1346-1353.

10. Щедрин, В.Н. Усовершенствованные конструкции облицовок оросительных каналов и водоемов с использованием новых противофильтрационных материалов / В.Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Вестник сельскохозяйственного консультирования. – 2015. – № 4. – С. 99-105.

11. Косиченко, Ю.М. Высоконадежные конструкции противофильтрационных покрытий каналов и водоемов, критерии их эффективности и надежности / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев // Гидротехническое строительство. – 2014. – № 8. – С. 18-25.

УДК 627.133

## **К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАСХОДА ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ ПОТОКАХ**

**М.Р. Барамыков**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Гидрологические изыскания на реках включают, в том числе, определение расхода воды, для вычисления которого чаще всего используется метод «скорость-площадь». Согласно нормативной документации (МИ 1759-87), использование этого метода подразумевает вычисление средней скорости по отдельным вертикалям. С этой целью по линии гидрометрического створа равномерно располагают 8-10 (12-15) скоростных вертикалей на определенном расстоянии от постоянного начала. Для увеличения точности определения расхода в зависимости от изменчивости глубин в поперечном сечении русла рекомендуется увеличить число вертикалей в точках перепада глубин. Измерения скорости производятся в нескольких точках на вертикали по глубине (точечный способ) или плавным перемещением по вертикали гидрометрической вертушки (интегральный способ).

При выборе количества скоростных вертикалей и их распределения по ширине русла в нормативной документации указаны некоторые условия:

- число скоростных вертикалей в створе  $N_v$  должно составлять от 8 до 15, в зависимости от особенностей скоростного поля потока. При одномодальной плановой эпюре поверхностных скоростей  $N_v = 8 - 10$ ; при многомодальной форме эпюры скоростей  $N_v = 12 - 15$  (МИ 1759-87 п.7.1.1.);

- в основной части потока скоростные вертикали должны назначаться таким образом, чтобы отсеки живого сечения, ограниченные соседними скоростными вертикалями, пропускали одинаковые частичные расходы (МИ 1759-87 п.7.1.3);

Возникает противоречие: знание конечного результата работы (эпюры скоростей и расходы) является предварительным условием для начала проведения измерений.

В некоторых случаях при относительно равномерных глубинах по поперечному сечению русла стандартное распределение скоростных вертикалей по линии гидроствора не позволяет учесть влияние того, что общий поток может состоять из нескольких течений, сформировавшихся выше от места расположения гидроствора и имеющих различные скоростные характеристики. А данные измерений скоростей, по которым можно было бы сделать подобные выводы до расстановки скоростных вертикалей, отсутствуют.

Предварительное определение существования подобных течений и положение их границ в общем потоке позволит точнее определить требуемое количество и распределение скоростных вертикалей с учетом данной специфики для повышения точности вычисления расхода.

Предположительно, в качестве предварительной оценки потока могут являться данные, отражающие явление, совмещающее в себе взаимодействие течений с грунтом дна. Таким явлением может быть образование гряд, форма и длина которых зависят, в том числе и от скорости этих течений. Соответственно, течения с различными скоростями будут формировать гряды, отличающиеся по форме и длине, визуальный анализ которых позволит определить границы этих течений.

Такие данные могут быть получены при батиметрической съемке эхолотом, которая может проводиться до измерения скоростей. Современные эхолоты можно разделить на две основные группы: однолучевые и многолучевые. Однолучевые эхолоты, производя «точечную» съемку, способны получить грядовость дна с определенными упущениями. Для более детальной картины рельефа необходимо увеличить количество продольных и поперечных галсов на участке гидроствора и проходить эти галсы с минимальной скоростью судна. Многолучевые эхолоты, имеющие «площадную» съемку, позволяют получить более детальную картину рельефа дна (рис. 1).

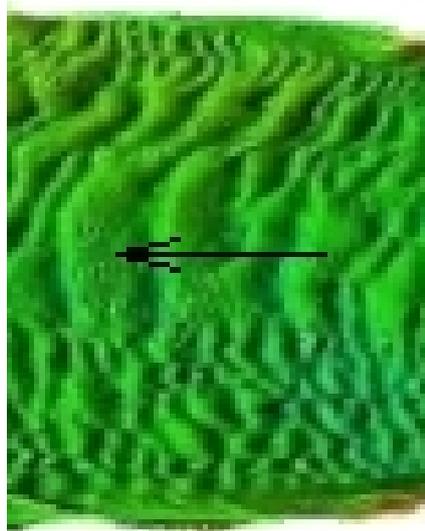


Рисунок 1 - Пример результатов батиметрической съемки дна реки многолучевым эхолотом

Визуальный анализ подобных данных позволяет различить области гряд с различной длиной и формой. Определение границ таких областей позволяет точнее установить количество и положение скоростных вертикалей на гидростворе.

На рисунке 2 показаны установленные границы областей с различными формами гряд (вертикальные линии) по визуальному анализу батиметрической съемки. Для наглядного сравнения выбранных границ с реальным распределением скоростей в потоке на графике показана кривая, демонстрирующая распределение средних скоростей 83 вертикалей на гидростворе. Кривая построена по данным измерений акустического доплеровского профилографа (ADP). Таким образом было определено 4 границы течений.

Для определения различий между двумя способами выбора количества и распределения скоростных вертикалей (равномерного и неравномерного) проведем сравнение данных измерений, которые будут получены при использовании этих способов.

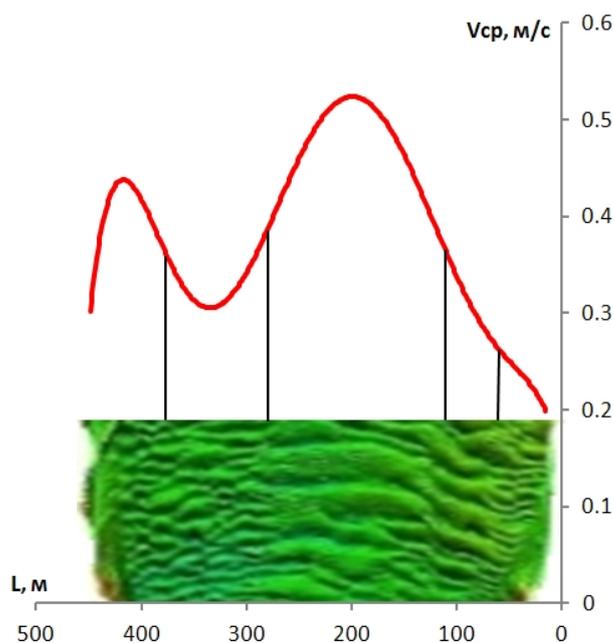


Рисунок 2 - Определение положения границ течений по визуальному анализу гряд

На рисунках 3 и 4 обозначены скоростные вертикали (окружности), значения средних скоростей (пунктирные линии), участки гидроствора, по ширине которых скорость принимается равной полученной на вертикали (прямоугольники). При равномерном способе (рис. 3) скоростные вертикали распределены на равных расстояниях друг от друга. По данным батиметрической съемки, указывающей на отсутствие значительных перепадов в глубинах, количество вертикалей выбрано равным 12.

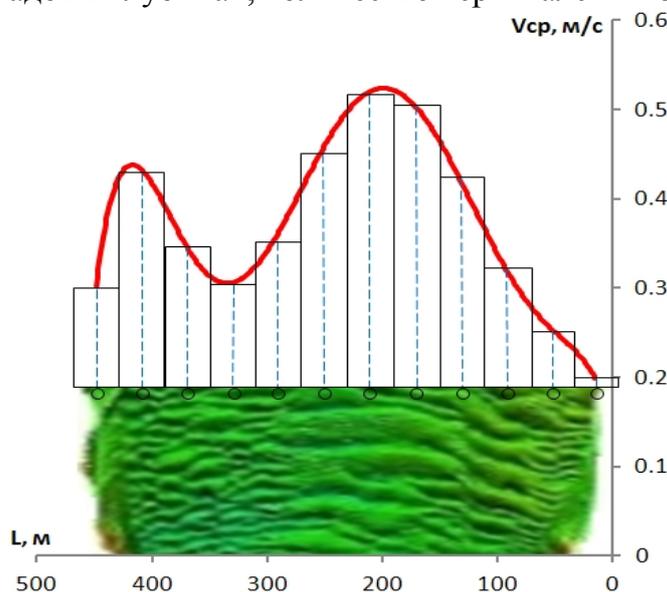


Рисунок 3 - Распределение скоростных вертикалей по гидроствору равномерным способом

Анализ графика показывает, что при таком способе могут быть не учтены максимальные или минимальные значения средних скоростей. Также возникают области значений скоростей, которые не будут учтены и компенсированы осреднением при вычислении расхода.

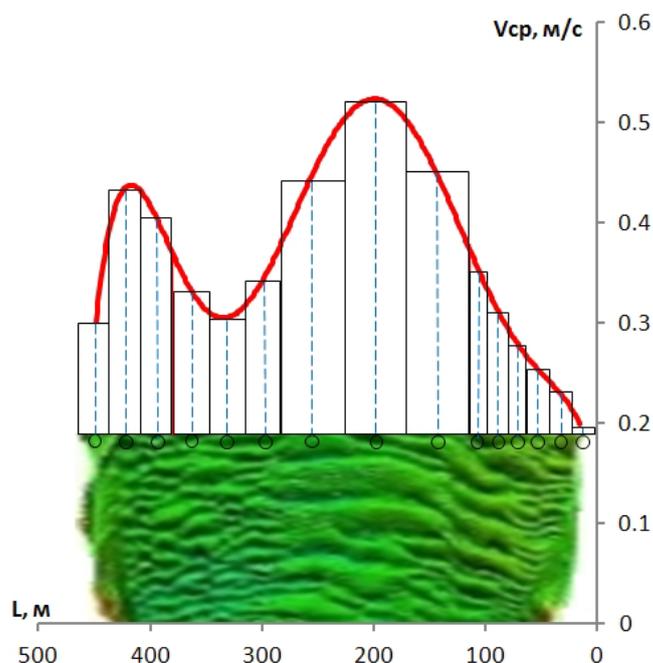


Рисунок 4 - Распределение скоростных вертикалей по гидроствору неравномерным способом

При неравномерном способе (рис. 4) последовательность действий следующая:

- после анализа батиметрической съемки, по различиям формы и длины гребней определяют границы течений;
- в пределах каждой области течений располагается нечетное количество вертикалей, минимум 3;
- каждая область делится на секции по количеству вертикалей, в центре каждой секции располагается скоростная вертикаль.

Вертикаль, расположенная в середине области течения, вероятнее всего позволит определить максимальные или минимальные значения средних скоростей в данной секции, а в итоге и во всем потоке.

При таком способе распределения скоростных вертикалей полученные данные будут полнее, хотя частично проблема не учтенных скоростей сохраняется, хотя и в меньшей степени.

Средняя скорость по общему потоку:

- при равномерном способе  $\sim 0.37$  м/с;
- при неравномерном способе  $\sim 0.34$  м/с;

Удельный расход на единицу ширины русла по общему потоку:

- при равномерном способе  $\sim 176$  м<sup>2</sup>/с;
- при неравномерном способе  $\sim 179.56$  м<sup>2</sup>/с;

Значения средних скоростей по общему потоку при равномерном способе превышает значение этой же скорости при неравномерном способе на  $\sim 8\%$ . Однако удельные расходы отличаются в обратную сторону на  $\sim 2\%$ . Учитывая разницу в ширине секций в обоих случаях можно предположить, что разница между полными расходами будет больше.

В качестве сравнения в таблице 1 приведены значения средних скоростей и удельных расходов по вертикалям на единицу ширины русла.

Таблица 1 - Скорости и удельные расходы по вертикалям на единицу ширины русла

Номера скоростных вертикалей	Значения $V_{ср}$ и $Q_y$ при двух способах расположения вертикалей			
	равномерный		неравномерный	
	$V_{ср}$ , м/с	$Q_y$ , м <sup>2</sup> /с	$V_{ср}$ , м/с	$Q_y$ , м <sup>2</sup> /с
1	0.3	12	0.3	9
2	0.43	17.2	0.43	12.9
3	0.35	14	0.41	12.3
4	0.31	12.4	0.33	11.22
5	0.35	14	0.31	10.54
6	0.45	18	0.34	11.56
7	0.52	20.8	0.44	25.52
8	0.5	20	0.52	30.16
9	0.42	16.8	0.45	26.1
10	0.32	12.8	0.35	5.95
11	0.25	10	0.31	5.27
12	0.2	8	0.28	4.76
13			0.25	5.25
14			0.23	4.83
15			0.2	4.2

### Заключение

Изложенный в данной статье способ неравномерного распределения скоростных вертикалей при определении расхода воды в открытом потоке, основывающийся на анализе последствий реальных физических процессов с учетом неравномерного распределения скоростей потока по живому сечению, позволяет более детально провести изыскания (исследования) и, как следствие, повысить точность определения общего расхода. Развитие такого способа требует дополнительных исследований, учитывая, что он имеет ряд технических и ситуационных ограничений.

УДК 532.526.

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОДОЗАБОРА И ФИЛЬТРУЮЩЕГО ПОТОКА

**К.Р. Бейсембин**

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Для разработки эффективных методов борьбы с илом, можно использовать расположенные на берегах водного потока и водопадах цедильные решетки, изготовленные в виде каменных плотин, сделанные из местных строительных материалов. В этих условиях ставится задача определения закономерности гидравлических процессов, происходящих в русле потока боковых плотин.

Данная статья предназначена для определения коэффициента водозабора (или выхода из цедильной решетки) при помощи учета предлагаемой гидродинамической схемы распределения потока в боковых каналах плотины.

Имеется расположенный в прямолинейной части русла водного потока бокового водозабора продольный разрез - четырехугольник  $OABC$ , рассматриваем ширину  $L$  водного потока. Размеры плотины показаны на рисунке 1, а эквивалентные диаметры каменных частей равны  $d$ . Сравнительная шероховатость канала плотины в части  $OC$  больше природной сравнительной шероховатости берегов канала. Этот случай приво-