

линейно зависимы [3]. В рассматриваемом случае столбцы линейно независимы, поэтому D не равен нулю.

Тогда, в соответствии с теоремой Крамера, если определитель рассматриваемой системы отличен от нуля, система совместна и имеет единственное решение. Решение систем, аналогичных рассматриваемой, приводится в работе [4].

Таким образом, если в момент времени t известен план распределения средних на вертикали скоростей и глубин, а также их значения в створе $i - 1$ в момент времени $t + \Delta t$, решая рассматриваемую систему линейных алгебраических уравнений, можно методом постепенного приближения найти распределение средних на вертикали скоростей и глубин в створе $i + 1$, затем $i + 3$ и т.д.

Необходимо отметить, что допущение о линеаризации переменных по расстоянию является приемлемым лишь в случае плавного изменения этих переменных по длине. У стенок, дна и при резком изменении глубин происходят обычно резкие изменения градиентов таких переменных. Этот фактор необходимо учитывать, например, путем введения специальных поправочных коэффициентов.

Предлагаемый метод позволяет производить решение рассмотренной задачи, гарантируя его единственность и устойчивость.

Л и т е р а т у р а

1. Коваленко Э.П. Исследование движения воды в открытых руслах. - Минск, 1963.
2. Шеренков И.А. Прикладные главные задачи гидравлики спокойных потоков. - М., 1978.
3. Карпелевич Ф.И., Садовский А.Е. Элементы линейной алгебры и линейного программирования. - М., 1963.
4. Connor I.I., Brebbia C.A. Finite Element Technigues for Fluid Flow - London - Baston, 1976.

УДК 626.824

А.А.Осипович, инж. Ф.Д.Шнипов, инж. (ЦНИИКИВР)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ОСРЕДНЕННЫХ СКОРОСТЕЙ В КАНАЛАХ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

При проектировании мелиоративных систем гидравлические расчеты параметров каналов выполняются по зависимостям для

равномерного и частично неравномерного движения [1]. Многочисленные же натурные наблюдения показали, что в каналах, как правило, имеет место неравномерное движение. Представляется целесообразным выполнить экспериментальные исследования распределения продольных скоростей в равномерных и неравномерных потоках, сравнить полученные результаты, выявить характер и особенности распределения скоростей. Это поможет в решении некоторых практических задач, связанных с проектированием устойчивых сечений каналов и рациональной эксплуатацией мелиоративных систем. Например, учет особенностей распределения скоростей в придонной области позволит определить места возможного размыва русла, знание распределения скоростей по всему сечению канала – более обоснованно подойти к размещению скоростных вертикалей, что существенно ускорит и повысит точность измерения расходов воды.

Исследованиям распределения продольных осредненных скоростей при равномерном движении посвящено сравнительно много экспериментальных работ, при неравномерном движении их значительно меньше (в основном по изучению движения воды на поворотах [2]).

В статье приведены результаты экспериментальных исследований распределения продольных осредненных скоростей в канале трапецеидального сечения при равномерном и неравномерном движении. Опыты проведены в гидрометрическом лотке, длина которого 72 м с уклонами дна 0,00064 и 0,00035. Дно и боковые стенки имели абсолютную шероховатость $\Delta_{\text{ср}} = 1 \text{ мм}$. Схема расположения скоростных вертикалей в гидрометрическом створе показана на рис. 1. В качестве измерителя скоростей была использована гидрометрическая микровертушка с лопастным винтом диаметром 15 мм [3]. Продольные скорости измерялись в пяти точках, расположенных на вертикали, в соответствии с рекомендациями детального способа измерения расходов. Средняя в сечении скорость изменялась в пределах $0,2 \div 0,6 \text{ м/с}$, глубина потока – $0,1 \div 0,5 \text{ м}$. Исследования распределения скоростей при неравномерном движении выполнены в потоках с уклонами свободной поверхности (в пределах рабочего участка) 0,00038 и 0,00005. Степень неравномерности, определяемая величиной $v \frac{du}{dx_1}$, изменялась в пределах $(0,8 \div 4,3) 10^{-4} \text{ м/с}^2$.

При равномерном движении измерено 38, неравномерном – 35 расходов, которые по величине отношения V/N_0 разделены

Таблица 1. Распределение среднеарифметических значений

$(\frac{u}{V})_{ст}$ в канале трапецеидального сечения при
равномерном и неравномерном движениях воды

$\frac{B}{H_0}$	Глубина измерения скоростей	Поток*	Относительное положение вертикалей b_i / B					
			0,1	0	0,1	0,2	0,5	
1	2	3	4	5	6	7	8	
2 ÷ 4	1 см	1	0,97	1,05	1,11	1,15	1,13	
		2	1,00	1,06	1,12	1,14	1,11	
	0,2H _i	1	0,99	1,06	1,12	1,15	1,10	
		2	1,01	1,09	1,14	1,15	1,10	
	0,6H _i	1	0,90	1,09	1,14	1,15	1,10	
		2	0,93	1,03	1,09	1,10	1,01	
	0,8H _i	1	0,86	0,95	1,00	1,00	0,92	
		2	0,89	0,94	0,98	0,99	0,91	
	H _i - 1см	1	0,72	0,69	0,75	0,76	0,70	
		2	0,72	0,70	0,75	0,75	0,68	
	4 ÷ 10	1 см	3	0,84	0,91	1,07	1,11	1,13
			4	0,92	1,06	1,13	1,15	1,16
5			0,94	1,09	1,13	1,15	1,17	
0,2H _i		3	0,87	1,02	1,12	1,14	1,17	
		4	0,98	1,07	1,14	1,14	1,16	
		5	0,99	1,13	1,16	1,15	1,18	
0,6H _i		3	0,75	0,94	1,00	1,01	1,05	
		4	0,86	0,96	1,02	1,00	1,02	
		5	0,90	0,97	1,01	0,98	1,00	
0,8H _i		3	0,75	0,88	0,95	0,93	0,98	
		4	0,84	0,92	0,96	0,94	0,97	
		5	0,85	0,90	0,96	0,94	0,97	
H _i - 1см		3	0,73	0,74	0,79	0,79	0,83	
		4	0,74	0,73	0,75	0,75	0,79	
		5	0,72	0,75	0,80	0,77	0,76	

* 1,3 - равномерный; 2, 5 - неравномерный замедленный и 4 - неравномерный ускоренный потоки.

на пять групп. Вычислены величины безразмерных продольных скоростей $\frac{u}{V}$ и выполнена статистическая обработка каждой группы. В случае неравномерного движения такое обобщение допустимо вследствие невысокой степени неравномерности, так как силы инерции по сравнению с силами сопротивления невелики и составляют (0,01 ÷ 0,05)%. Полученные значения $(\frac{u}{V})_{\text{ст}}$ (табл. 1) характеризуют распределение продольных осредненных скоростей в живом сечении русла. Сравнение величин $(\frac{u}{V})_{\text{ст}}$ при равномерном и неравномерном движении (см. табл. 1) показывает, что в большинстве точек сечения разница между ними не превышает 3%. Это свидетельствует о качественно сходной картине распределения скоростей при равномерном и неравномерном ($v \frac{du}{dx_1} \leq 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$) движении.

Обычно принято считать, что максимальные скорости $u_{\text{макс}}$ движения воды в открытых потоках находятся у поверхности на динамической оси, и делаются лишь некоторые предположения относительно возможного погружения их под уровень в зоне откосов.

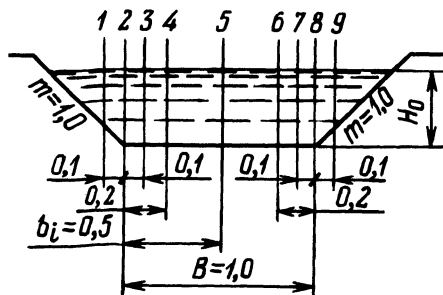


Рис. 1. Схема размещения в гидрометрическом створе скоростных вертикалей.

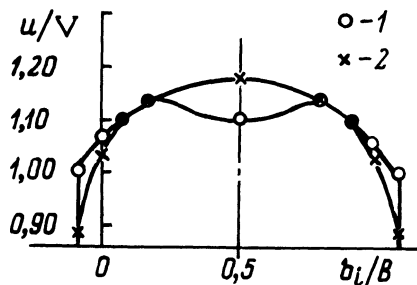


Рис. 2. Распределение продольных осредненных скоростей в плане на относительной глубине 0,2:

$$1 - \frac{B}{M_0} = 2 \div 4; \quad 2 - \frac{B}{H_0} = 4 \div 10.$$

Экспериментальные исследования показали, что в значительной части сечения максимальные значения скоростей находятся на глубине $0,2H_i$. Положение их в потоке зависит от величины отношения $\frac{B}{H_0}$. При $\frac{B}{H_0} < 4$, $u_{\text{макс}}$ наблюдается на

двух вертикалях, расположенных по обе стороны от динамической оси на расстоянии примерно $0,3 B$ (рис. 2). Если

$\frac{B}{H_0} > 4$, u_{\max} находится на динамической оси.

Максимальные значения придонных скоростей при $\frac{B}{H_0} < 4$ отмечаются в зоне углов сечения и по мере приближения к динамической оси потока несколько уменьшаются. При $\frac{B}{H_0} > 4$ максимальные придонные скорости находятся на динамической оси.

Отмеченные особенности в распределении по сечению скоростей можно объяснить трехмерностью поля осредненных скоростей, существование которого экспериментально доказано как при равномерном [4], так и неравномерном движении воды [5, 6, 7].

Таким образом, выполненные экспериментальные исследования позволяют сделать некоторые практические выводы:

1. При проектировании каналов мелиоративных систем в качестве первого приближения могут быть использованы формулы равномерного движения, ибо скоростная структура потока в руслах трапецеидального сечения при равномерном и неравномерном движении воды (с малой степенью неравномерности) отличается несущественно.

2. При измерении расходов воды в потоках трапецеидально-

го сечения с отношением $\frac{B}{H} > 4$ целесообразно скоростные

вертикали располагать более часто в зоне $(0 \div 0,2)B$; в потоках с $\frac{B}{H} < 4$ - в зоне $(0,2 \div 0,4)B$.

Л и т е р а т у р а

1. СНиП 2.52-74. Сооружения мелиоративных систем. - М., 1975. 2. Розовский И.Л. Движение воды на повороте открытого русла. - Киев, 1957. 3. Приборы для измерения скоростей движения воды / В.П.Рогуневич, А.А.Осипович, В.Ф. Янголь, Л.П.Каравай. - Гидротехника и мелиорация, 1978, №5. 4. Рогуневич В.П. К экспериментальному изучению распределения осредненных скоростей в двухпараметрических прямолинейных потоках. - В сб.: Использование водных ресур-

сов. Минск, 1969. 5. Великевич П.А. Экспериментальное изучение поперечной циркуляции при неравномерном прямолинейном движении жидкости. – Мат. конф. молодых ученых АН БССР. – Минск, 1962. 6. Жулаев Р.Ж. Поперечная циркуляция в открытом русле, возбуждаемая перераспределением расхода. – Изв. АН Каз. ССР. Сер. Энергетика. – 1960, вып. 2 (16). 7. Русских Л.П. Некоторые результаты исследований поперечной циркуляции, возбуждаемой перераспределением расхода в прямолинейном русле. – Изв. АН Каз. ССР. Сер. Энергетика. Алма-Ата, 1960, вып.2 (18).

УДК 628.113.1

Д.А.Козлов, В.Ф.Бубнов, канд. техн. наук,
доценты (БПИ)

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОЧЕРТАНИЯ ФИЛЬТРА

Для рыбозащиты и осветления воды при водозаборе широко применяются сетчатые фильтры, выполненные в виде плоской сетки, устанавливаемой под некоторым углом к потоку [1], или конической формы [2]. В последние годы разработан целый ряд новых рыбозащитных устройств, отличающихся в основном способом очистки фильтра. В связи с все расширяющимся строительством крупных водозаборов габариты фильтров увеличиваются: например, диаметры конических фильтров достигают $6 \div 10$ м, а длина плоских сеток $100 \div 200$ м.

Поэтому становится актуальной проблема оптимального, с гидравлической точки зрения, очертания фильтра. Применяемое в настоящее время прямолинейное очертание не обеспечивает постоянной скорости по длине фильтра, вследствие чего на отдельных участках рыба прижимается к сетке и травмируется, очистка поверхности затруднена, а другие участки фильтра, где скорость меньше расчетной, не обеспечивают заданную пропускную способность.

В.В.Петрашкевич применительно к разработанному им многосекционному рыбозаградителю [3] рассчитал оптимальное очертание фильтра исходя из уравнения движения жидкости с переменным расходом. Однако его результаты не применимы для других типов фильтров и, кроме того, решение содержит значительное количество коэффициентов, принимаемых достаточно произвольно.