УДК 532.537

ДЕФОРМАЦИЯ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТКРЫТОМ БОКОВОМ ВОДООТВОДЕ

Н. Персод

Кафедра гидравлики и гидротехнических сооружений
Российского университета дружбы народов,
Россия 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая,6

В работе приведены результаты экспериментальных исследований деформации свободной поверхности при открытом боковом водоотводе. Опыты проводились при угле отвода 90° и соотношении ширины отвода и главного канала 0,5.

Течение потока при боковом отводе воды можно рассматривать как процесс деления потока между главным и боковым руслами. При разветвлении потока происходит изгиб струй в главном русле на подходе к боковому отводу и последующее их выравнивание ниже отвода. Этот процесс изгиба струй определяет поступление части расхода из главного русла в боковой отвод. Гидравлические условия, возникающие при изгибе потока, к настоящему времени изучены недостаточно, несмотря на большой объем исследований по данной проблеме. Известно, что зеркальным отображением гидравлических условий движения потока при нарушении его бытового течения является характер деформации свободной поверхности в районе причины нарушения, в данной случае, наличие бокового отверстия. Происходит не простой изгиб струй, а общая деформации свободной поверхности в районе бокового деления потока.

Для исследования этого процесса была проведена серия опытов при различных характеристиках потока в главном русле, представленных в таблице 1,где H_1-глубина потока в главном канале при закрытии отвода; Q_1 и Q_2 -расход в главном канале до и после отвода соответственно и Q_3-расход в отводе.

Таблица 1

Гидравлические характеристики потока в главном русле

H_1, *см*	Q_1, *л/с*	Q_2, *л/с*	Q_3, *л/с*	$k=Q_3/Q_1$
10	*29,2*	*26,3*	*2,9*	*0,10*
15	*48,0*	*40,6*	*7,4*	*0,15*
	29,2	*25,7*	*3,5*	*0,12*
20	*48,0*	*38,0*	*10,0*	*0,21*
	29,2	*24,1*	*5,1*	*0,18*

Опыты проводились при угле отвода 90° и соотношении ширины бокового и главного русла $\frac{b}{B} = 0{,}5$.

Из данных табл. 1 видно, что исследования проводились как при одинаковой глубине и разных расходов воды, так и при разных глубинах, но одинаковых расходах, для оценки влияния глубины и скорости в главном русле на деформацию свободной поверхности.

Производились поплавочные измерения движения поверхностных струй в главном русле в районе бокового водоотвода и в боковом русле и измерения формы свободной поверхности для оценки ее деформации под воздействием бокового отвода.

Измеренные многократно линии поверхностных токов показали, что вход потока в боковой отвод сопровождается резким поворотом струй потока и их отжимом к правой стенке отвода. При этом образуется циркуляционный валец в левой части русла бокового отвода с вертикальной осью вращения; образование зоны отжима потока и вальца в боковом отводе происходит вне зависимости от коэффициента водоотбора $k = \frac{Q_3}{Q_1}$ и глубины потока в главном русле. Причиной такой картины протекания потока в боковом отводе является резкий изгиб на входе в отвод с возникновением центробежной силы, под воздействием которой происходит натекания потока на нижний устой отвода и берег главного канала за отводом и как следствие поступление части потока из главного русла в боковой отвод. Этому также способствует образование небольшого циркуляционного течения в главном русле непосредственно за нижнем устоем бокового отвода.

Образование вальца в отводе приводит к значительному сжатию потока в боковом отводе. Измерения показали, что циркуляционный валец в боковом отводе занимает максимальную ширину *(d) 0,7-0,75* части бокового русла *(b)* и по длине *(l)* составляет *2,0-2,5* его ширины. Таким образом, транзитное движение потока в боковом русле происходит только по небольшой части ширины отвода. По данным измерения максимальная ширина транзитного потока располагается в районе середины вальца и составляет *0,3-0,25* от ширины отвода; далее по длине транзитная струя расширяется. Полученные соотношения ширины транзитного потока к ширине отвода отражает величину коэффициента сжатия *(ε)* потока в боковом отводе при угле отвода в *90°*, иначе говоря $\varepsilon = \frac{b-d}{b} = \frac{b_{сж}}{d}$, где d-максимальная ширина вальца.

Поступление потока в боковой отвод за счет поворота струй происходит только с небольшой части ширины главного русла на подходе к боковому отводу, составляющей *1/8-1/7,5* его ширины, остальные поверхностные токи проходят мимо бокового отвода не претерпевая каких-либо существенных изменений по сравнению с их движением при отсутствии бокового водоотвода (в направлении боковых стенок главного русла). Все это должно отразиться на общей деформации свободной поверхности.

Измерения деформации свободной поверхности под влиянием бокового отвода производились с использованием шпицен-масштаба с точностью измерения *0,01см*.

Измерения производились на двух продольных створах вдоль оси главного русла -по правому (AB) и левому (CD) бортам и на восьми поперечных створах, из которых пять в главном русле и три в боковом отводе (см. схема расположения створов на рис.1.).

Опыты проводились при начальных глубинах (при закрытом водоотводе) в главном русле *10 и 15 см* (см. табл.1.1); по длине створов измерения производились через *15 см* (продольные створы) и *3 см* (поперечные створы). Общая длина участка измерения свободной поверхности составила *120 см* по длине главного русла и *50см* по длине бокового отвода; границы длин участков измерения определились едино образной формы свободной поверхности по ширине створа измерения. Осевая линия бокового русла располагалась посередине длины участка измерения в главном русле. Относительные расстояния створов измерения составили: для поперечных створов в главном русле L/B= *0,4; 0,7; 0,9; 1,2 и 1,5* от начала участка измерения и для створов в боковом русле L/b= *0; 0,5* и *1,4* от линии входа (от порога) в боковой водоотвод.

По данным опытов в результате обработки были получены абсолютные значения глубин в каждой точке измерения, которые наносились на план опытного участка. По значениям глубин построены планы расположения гидроизогибсы - линий равных глубин, представленные на рис.2.

Из анализа полученные данных выстраивается следующая картина. При боковом отводе воды из главного русла в последнем на участке выше отвода происходит постепенное

снижение горизонтов воды (глубин), а начиная примерно с середины отверстия водоотвода и до границы исследуемого участка, горизонты воды восстанавливается до бытовых значений.

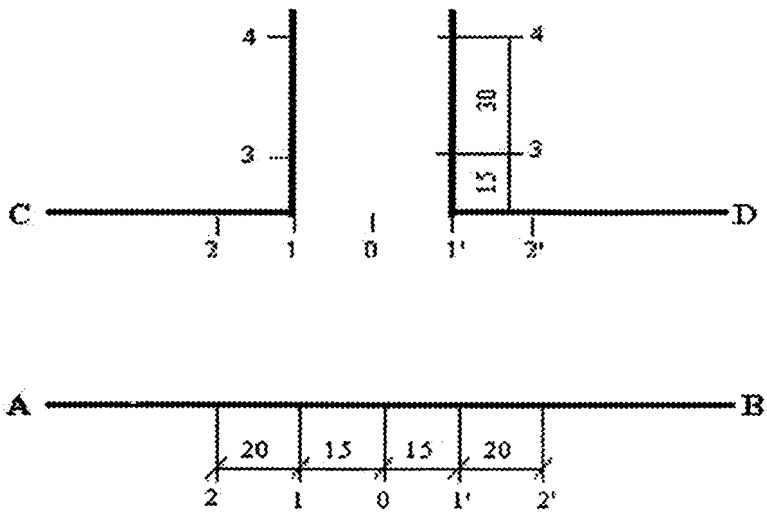


Рис.1. Схема расположения створов

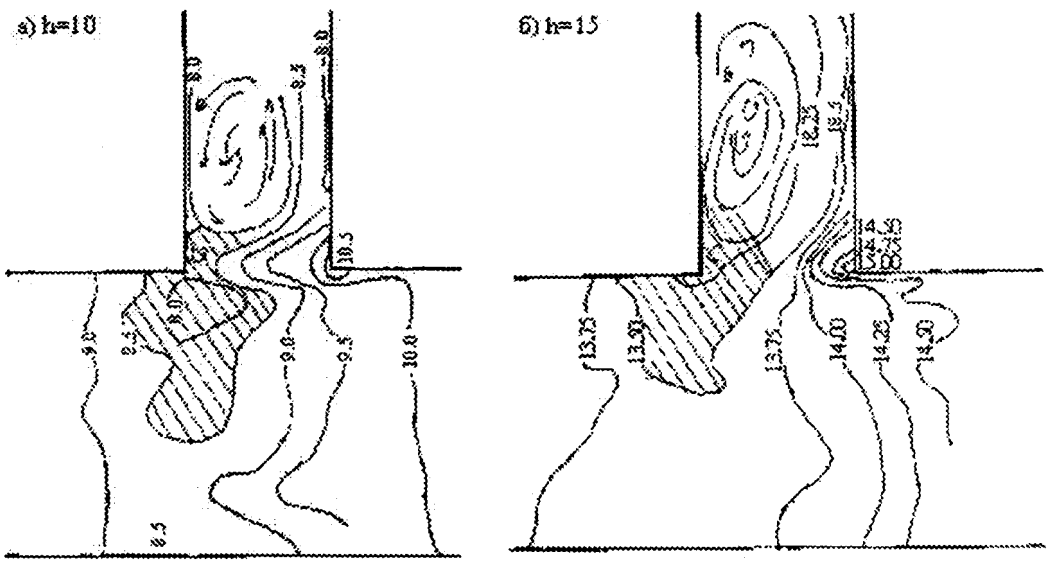


Рис.2. Гидроизогибы: а - при H=10; б - при H=10

что обуславливает возникновение непосредственно в районе водоотвода различных продольных уклонов. Вследствие действия центробежной силы при изгибе потока главного русла в сторону отвода на подходе потока к верхнему устою (форма входа прямоугольная, с вертикальными устоями) водоотвода создается значительная зона снижения уровня воды (кривая спада); на рис.2 эта зона заштрихована. При повороте потока в сторону бокового отвода за счет натекания потока на низовой устой водоотвода и на стенки главного русла в этом районе создается подпорный участок, которые плавно сопрягается с уровнем воды за водоотводом, близким к бытовому; максимальная глубина образуется непосредственно у низового устоя. В результате в горизонтах главного русла на подходе к боковому отводу и ниже его возникают поперечные уклоны, местные понижения относительно начального уровня в главном русле. Ниже по течению на расстоянии равном ширине отвода в боковой

водоотвод горизонты воды выравниваются и достигают бытовых отметок, а при увеличении коэффициенты водоотбора поднимаются несколько выше бытовых, что связано с уменьшением запаса кинетической энергии потока ниже водоотбора. Характер деформации свободной поверхности не зависит от глубины потока в главном русле (см. рис.2).

Для наглядности описанной выше деформации свободной поверхности в виде изогибс и количественной оценки изменения уровней под влиянием бокового отвода воды, представлены продольные и поперечные сечения водной поверхности по указанным выше створам. На рис.3 по данным непосредственных измерений показаны профили свободной поверхности AB и CD вдоль продольных стенок главного русла в районе бокового водоотвода.

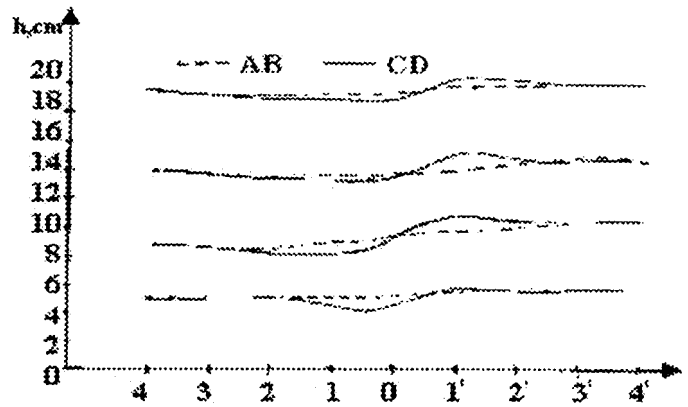


Рис.3. Продольные профили свободной поверхности в районе бокового свода

Из этих данных следует, что выше бокового отвода формируется кривая спада, уровни свободной поверхности по всей ширине главного русла снижаются; в границах начала исследуемого участка величина снижения составляет *1,5-1,0 см.* на расстоянии *160см - 0,6..0,5см.* Наивысшая отметка свободной поверхности формируется в начальном участке входного отверстия. Величина максимального снижения у входа в водоотвод несколько зависит от начальной глубины потока в главном русле, но при всех исследуемых глубинах профили свободной поверхности оказались идентичными с максимальным снижением $\Delta h = 1,5...2,0см$, что составляет относительно первоначальной глубины h следующие значения: при $h=20см$, $\frac{\Delta h}{h} = 0,075$; при $h=15см$, $\frac{\Delta h}{h} = 0,115$; при $h=10см$, $\frac{\Delta h}{h} = 0,20$.

Продольные неоднозначные уклоны свободной поверхности вызывают перекос свободной поверхности и в поперечных сечениях главного русла (см. рис.4). В начале исследуемого участка вблизи водоотвода имеется уклон свободной поверхности от правого борта к левому, в сторону водоотвода, где создается область пониженных глубин, захватывающая около ширины главного русла, а затем ниже осевой линии бокового отвода в главном русле знак уклона изменяется на обратный, с максимальной отметкой у левого борта (см. рис. 4 - поперечные сечения по главному руслу), затем отметки свободной поверхности выравниваются, и на расстоянии равной ширине русла перекос свободной поверхности отсутствует.

Таким образом, в районе бокового отвода в главном русле и по линии входа возникает сложная форма свободной поверхности с поперечными и продольными уклонами, осложняющими возможность оценки тех высотных отметок свободной поверхности, которые

бы определяли величину расчетного перепада *(z)* и условия оценки расходов воды, поступающих из главного русла в боковой отвод.

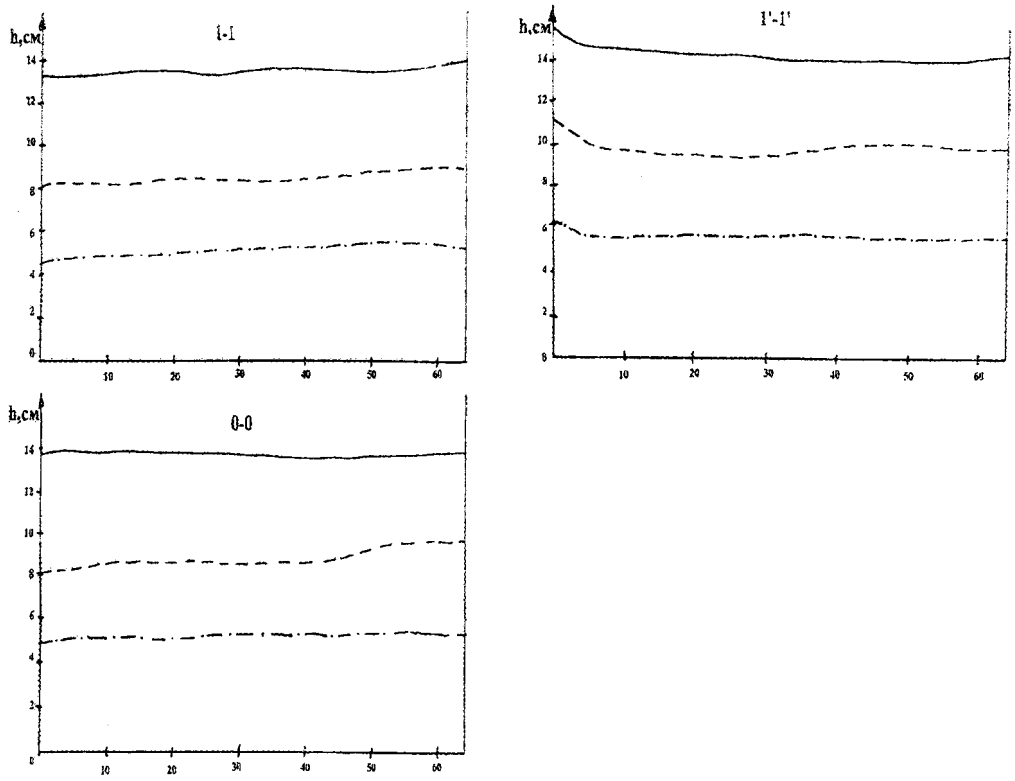


Рис.4. Поперечные профили свободной поверхности воды в главном русле

В первом приближении, измеренная форма свободной поверхности при относительной ширине бокового отвода равной *0,5* и угле *90°* дает основание оценить следующие количественные характеристики (таблица. 2).

Таблица 2

Гидравлические характеристики потока

H_1,см	Z,см	H_1/B	Z/H_1
10	2,3	0,16	0,23
15	2,0	0,23	0,13
20	1,6	0,31	0,08

ЛИТЕРАТУРА

1. *Shetar A.S. and Murthy K.K.* A numerical study of division of flow in open channels. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE., 1996, vol. 34 (5), C. 651-675.

2. *Sridharan K.* Division of flow in open channels. Thesis submitted to the Indian Institute of Science, Bangalore, India., in partial fulfilment of the requirements of the degree of Master of Science. 1966.

SURFACE PROFILES IN AN OPEN- CHANNEL JUNCTION

N. Persaud

Department Of Hydraulics And Hydraulic Structures
Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklay st., 6, Moscow, 117198, Russia

The results of experiments on surface profiles conducted on an open-channel junction are given. The ratio of the width of branch and main canal =*0.5*.



Нандрам Персод (Гайана) родился в 1970 г., окончил в 1997г. РУДН. Аспирант кафедры гидравлики и гидротехнических сооружений. Автор 1 публикации.

Nandram Persaud (b.1970, Guyana) graduated from the Peoples' Friendship University of Russia in 1997, post-graduate of the Hydraulics and Hydraulic Structures Department of the Peoples' Friendship University of Russia. Author of 1 publication.