

УДК 626.816

Б.У. УРИШЕВ

кандидат технических наук, доцент кафедры гидроинженерии
Каршинский инженерно-экономический институт

М.М. МУХАММАДИЕВ

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидравлики и гидроэнергетики
Ташкентский государственный технический университет

Ф. НОСИРОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры гидравлики и гидроэнергетики
Ташкентский государственный технический университет

С.Р. ЖУРАЕВ

научный сотрудник кафедры гидравлики и гидроэнергетики
Ташкентский государственный технический университет

СНИЖЕНИЕ ЗАИЛЕНИЯ АВАНКАМЕРЫ МЕЛИОРАТИВНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

DECREASE OF SILTING IN A FOREBAY OF AMELIORATION PUMP STATIONS

Приводится описание новой конструкции водоприемного сооружения мелиоративной насосной станции, обеспечивающей предотвращение заиления аванкамеры. Освещаются результаты лабораторных исследований разработанной новой конструкции.

Ключевые слова: насосная станция, водоприемное сооружение, аванкамера, отложение наносов.

Снижение эффективности эксплуатации мелиоративных насосных станций вследствие заиления аванкамеры и водоприемных устройств при перекачке взвешенной воды является одним из часто возникающих вопросов, не всегда нашедшим правильного решения. Как показывают результаты наблюдений, в таких условиях из-за неравномерной работы насосных агрегатов по времени, а иногда несовершенной конструкции аванкамеры, заилению подвергаются многие насосные станции. Отложенные толстым слоем наносы на дне сооружений приводят к изменению гидравлических показателей потока, что отрицательно сказывается на эксплуатационных параметрах насосных станций. При этом ежегодная очистка водоприемного устройства и аванкамеры от осевших наносов занимает немалую долю эксплуатационных затрат, что создаёт дополнительные проблемы и снижает эффективность работы насосной станции.

The structure of a new water intake amelioration pump station that can prevent a forebay's silting is described. The article reports on the designed structure's laboratory research results.

Key words: pump station, water intake structure, forebay, drift sedimentation.

Ряд проблемных для водоприемных устройств вопросов можно решить за счет совершенствования конструкции этих устройств и их элементов. Об этом, в частности, свидетельствуют работы [1-4].

Для снижения заиления аванкамеры мелиоративной насосной станции нами предложена новая конструкция водоприемного сооружения [5]. Данная конструкция снабжена дополнительным устройством, позволяющим предотвратить оседание наносов на дне аванкамеры (рис. 1). Дополнительное устройство представляет собой напорную подводную трубу 4, которая соединяется с одной стороны с нагнетательным трубопроводом насосного агрегата 1, а её другая сторона имеет специальное приспособление 3 в виде кольцевых перфорированных труб, проложенных по откосам или дну аванкамеры в тех местах, где оседают наносы. За счет гидродинамического давления вода вытекает из отверстий труб струей, и это обстоятельство создаёт в среде

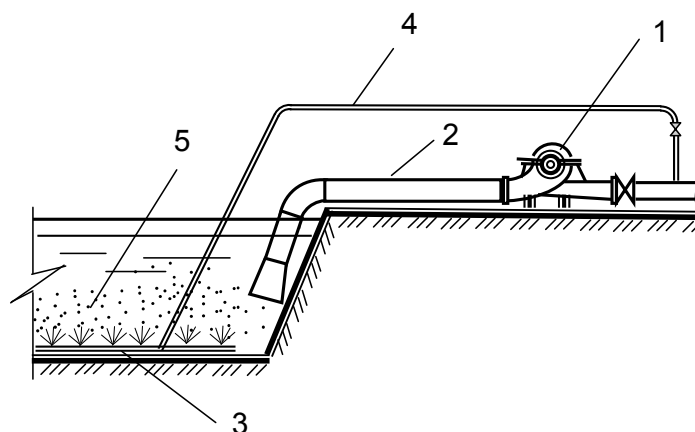


Рис. 1. Новая конструкция водоприемного сооружения с устройством для предотвращения заиливания аванкамеры

пульсационное движение потока, которое и должно предотвращать оседание наносов.

Основными параметрами, характеризующими струи, являются следующие:

- а) величина максимальной скорости струи u_{max} на расстоянии x ;
- б) скорость истечения воды из отверстия u_0 ;
- в) диаметр отверстия d_0 .

Все эти величины можно выразить нижеприведенной формулой, полученной Г.Н. Абрамовичем [6]:

$$u_{max} = \frac{0,96 \cdot u_0 \cdot d_0}{2a \cdot x + 0,29 \cdot d_0}, \quad (1)$$

где a – коэффициент структуры потока; эта величина для круглой струи принимается равной $a \approx 0,08$;

d_0 – диаметр отверстия.

Для проверки условий течения и скоростей водного потока в водоприемных и водовыпускных устройствах обычно применяют исследования на физических моделях. При обоснованных и правильно реализуемых критериях моделирования результаты дают достаточно точный и достоверный результат [7, 8, 9].

Вышеупомянутое новое устройство было исследовано нами в лабораторном стенде, представляющем собой модель аванкамеры насосной станции М-2-2, в Каршинском магистральном канале республики Узбекистан.

В лабораторных исследованиях основной упор был сделан на изучение вопроса турбулизации потока на дне аванкамеры путем рассредоточенной, напорной подачи воды через специальные перфо-

рированные трубы. Очевидно при этом, что пульсация скорости потока будет иметь не только поперечное направление, но также, в зависимости от направления струи воды, ее расхода и напора, может иметь и разные направления.

С учетом этих факторов определился следующий круг задач лабораторных исследований:

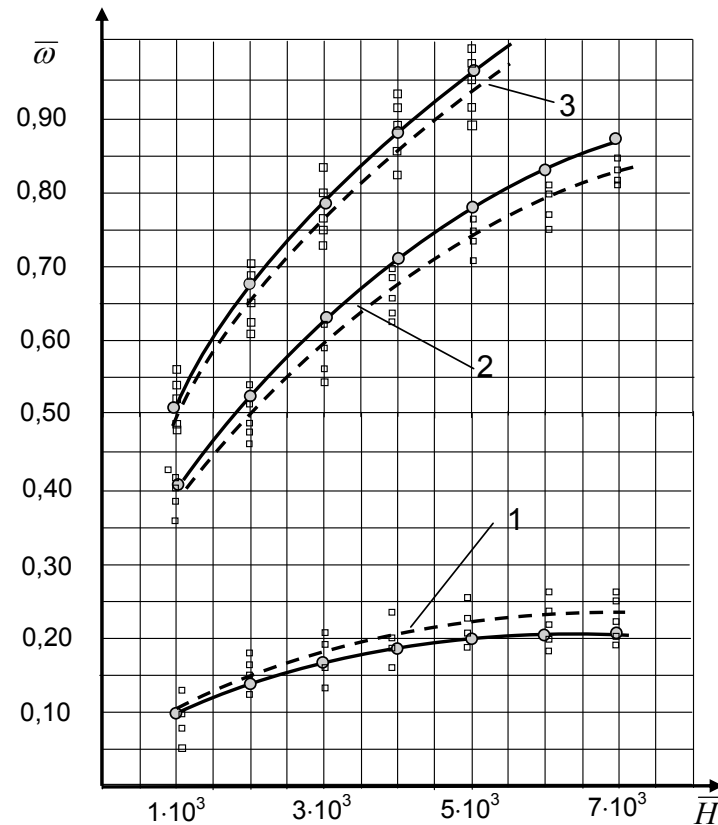
- определение напорно-расходных характеристик системы подачи воды к перфорированным трубам;
- выявление зависимости между значениями не заиляемой площади аванкамеры под воздействием устройства и его напорно-расходных характеристик.

Для определения влияния напорно-расходных характеристик системы подачи воды была проведена серия экспериментов по выявлению зависимости

$$\bar{\omega} = \omega_0 / \omega_{от} \text{ от } \bar{H} = H/d \text{ и } \bar{q} = q/Q_{НС},$$

где ω_0 – площадь аванкамеры, не подвергшаяся заилению под действием устройства; $\omega_{от}$ – площадь аванкамеры, занятой отложениями наносов без применения устройства; H – напор воды в перфорированной трубе; d – диаметр отверстия в перфорированной трубе; q – величина подачи воды в перфорированную трубу; $Q_{НС}$ – подача насосной станции.

На рис. 2 приведены графики $\bar{\omega} = f(\bar{H})$ при различных значениях \bar{q} , полученных по результатам лабораторных исследований. Вид графика $\bar{\omega} = f(\bar{H})$ показывает, что даже небольшие напоры воды, истекающей из отверстий перфорированных труб, могут вызвать неспокойное состояние потока



○○○ кривая, построенная по результатам расчета уравнения (2)
 --- кривая, полученная по усредненным результатам экспериментов
 □□□ экспериментальные точки
 1 – при $\bar{q} = 0,001$; 2 – при $\bar{q} = 0,008$; 3 – при $\bar{q} = 0,01$.

Рис. 2. График зависимости $\bar{\omega} = f(\bar{H})$

и не будут позволять наносам осаждаться в аванкамере. Так, например, при значениях $\bar{H} = 1 \cdot 10^3$ и $\bar{q} = 0,001$ величина охватываемой площади будет $\bar{\omega} = 0,1$, а это свидетельствует о том, что напор в трубах размером $H = 2$ м при диаметре отверстия в трубах $d = 2$ мм позволяет довести значения $\bar{\omega}$ до 0,1.

Это связано с тем, что пульсационные скорости в придонном слое даже в небольших значениях помогут исключить падение частиц на дно [10].

С увеличением напора H увеличивается площадь ω_0 , это объясняется тем, что в данном случае повышаются значения скорости u_0 вытекающего потока из отверстий, а следовательно, увеличиваются длина l_{ct} и радиус R струи.

Примерно такая же кривая получается при исследовании зависимости $\bar{\omega} = f(\bar{q})$. На рис. 3 приведена одна из таких кривых, полученная при $\bar{H} = 5 \cdot 10^3$. Только при этом кривая имеет вид выпуклостью вниз. Увеличение расхода воды по перфорированным трубам приводит к положительным результатам, т.е. к увеличению $\bar{\omega}$. Очевидно, это связано опять-таки с увеличением u_0 при повышении величины расхода воды q .

Чрезмерное увеличение q невыгодно из-за снижения производительности насосной станции в результате возврата части подаваемой воды. Поэтому была поставлена задача определить максимум положительного эффекта, т.е. $\bar{\omega} \rightarrow \max$ путем варь-

ирования значений H , d , l_{mp} при минимальных значениях q .

Величину минимального расхода воды q , при которой достигается максимум эффекта, можно определить по кривым, изображенным на рис. 2. Из графиков видно, что минимальные расходы со значениями $\bar{q} = 0,002-0,004$ явно недостаточны для достижения максимума эффекта по ω . Для этой цели больше подходят расходы $\bar{q} = 0,08-0,01$, так как кривая, полученная при этих значениях, соответствует максимальным значениям $\bar{\omega} = 0,4-0,95$ при $\bar{H} = 1 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^3$.

Расчеты по определению диаметра отверстий по зависимости (1) показывают, что значения диаметра мало влияют на величину радиуса струи, однако при этом увеличение диаметра отверстий по зависимости (1) очень сильно уменьшает значения скорости u_0 и длины струи l_{cm} . Исходя из вышеприведенных условий, имеет смысл принимать диаметр отверстий в пределах $\bar{H} = (2-4) \cdot 10^3$.

Таким образом, на основании результатов лабораторных исследований можем сделать вывод о том, что из вышерассмотренных параметров на искомый результат $\bar{\omega}$ наиболее сильно влияют параметры \bar{H} и \bar{q} , а параметры d , l_{cm} могут быть заданы заранее по результатам расчетов.

Результаты лабораторных исследований выявили основные параметры системы подачи воды к исследуемому устройству, которые будут характе-

ризовать процесс создания турбулентной среды на дне аванкамеры, и, естественно, существует соответствующая аналитическая зависимость между параметрами \bar{H} и \bar{q} , которая могла бы аппроксимировать исследуемый процесс.

Для поиска такой аппроксимирующей зависимости экспериментальные данные, полученные при измерениях величин $\bar{\omega}$, \bar{H} , \bar{q} и приведенные в табличной и графической формах, были подвергнуты обработке и дисперсионному анализу.

Анализ осуществлялся по методикам, приведенным в работах [11, 12], в следующей последовательности:

1. Построение по полученным экспериментальным данным усредненной кривой, характеризующей зависимость между параметрами $\bar{\omega}$ и \bar{H} , \bar{q} (рис. 2).

2. Подбор эмпирического уравнения, соответствующего виду построенной графической кривой $\bar{\omega} = f(\bar{H})$.

Анализ уравнений, более подходящих виду графика $\bar{\omega} = f(\bar{H})$, показал, что наиболее точно отвечающим условиям данного процесса является уравнение типа $y = A\sqrt{x}$. При дальнейшей обработке результатов и проверке соответствия такого вида уравнения получена зависимость

$$\bar{\omega} = 3,22 \cdot \bar{q} \cdot \bar{H}^{0,4}. \quad (2)$$

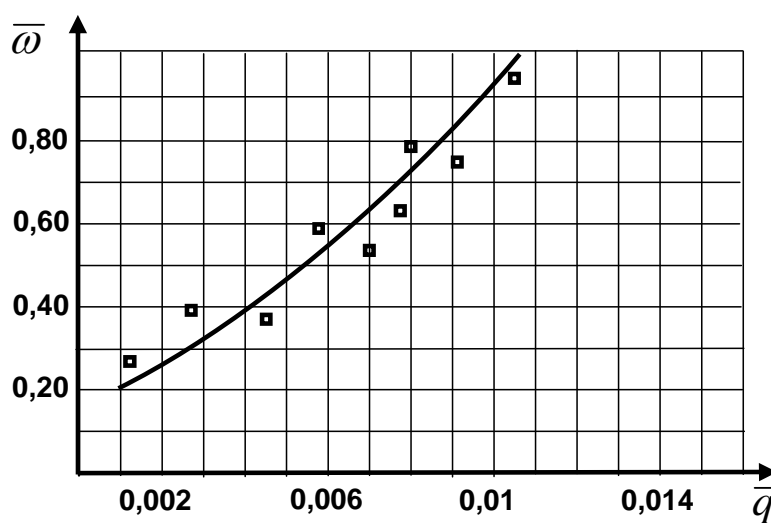


Рис. 3. График зависимости $\bar{\omega} = f(\bar{q})$

3. Проверка достоверности и адекватности предложенного уравнения экспериментальным данным.

Достоверность полученных экспериментальных точек, т.е. результатов измерений, определена проверкой дисперсий полученных точек на однородность с заданной доверительной вероятностью по критерию Кохрена. Адекватность полученной зависимости реальному процессу воздействия устройства на заиляемость площади аванкамеры проверялась по критерию Фишера [12]. Результаты расчетов, выполненных по вышеприведенным двум критериям, показали хорошую достоверность и адекватность предложенного уравнения экспериментальным данным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бальзанников М.И. Совершенствование конструкций водоприемно-водовыпускных устройств гидроэнергетических установок // Гидротехническое строительство. – 1994. – № 9. – С. 30-35.
2. Бальзанников М.И. Водоприемные устройства секционного типа гидроэнергетических установок // Вестник Отделения строительных наук РААСН. – 2012. – Вып. 16, т. 2. – С. 209-214.
3. Бальзанников М.И., Селиверстов В.А. Водоприемник // Патент РФ 2389846. – 2009. – Бюл. № 14.
4. Бальзанников М.И., Евдокимов С.В., Галицкова Ю.М. Водоприемник-водовыпуск // Патент РФ 2169229. – 2001. – Бюл. № 17.
5. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Носиров Ф.Ж. Водоприёмное сооружение // Патент на полезную модель Респ. Узб. FAP 00238. – 2006. Официальный вестник. – № 2.
6. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – М.: Физматгиздат, 1960. – 715 с.
7. Бальзанников М.И., Елистратов В.В. Результаты энергогидравлических исследований прямооточного водовыпуска крупной насосной станции // Гидротехническое строительство. – 1994. – № 12. – С. 19-22.
8. Бальзанников М.И., Селиверстов В.А. Исследования влияния разделителей потока для применения в водоприемных устройствах гидроэнергетических установок // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». – 2009. – № 3 (25). – С. 199-205.
9. Бальзанников М.И., Селиверстов В.А. Исследования водоприемного устройства гидроаккумулирующей электростанции // Гидротехническое строительство. – 2012. – № 4. – С. 21-26.
10. Мирцхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. – М.: Колос, 1967. – 315 с.
11. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования: Учеб. для ВУЗов. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 1984. – 439 с.
12. Кондрашов А.П., Шестопапов Е.В. Основы физического эксперимента и математическая обработка результатов измерений. – М.: Атомиздат, 1987. – 200 с.

© Уришев Б.У., Мухаммадиев М.М.,
Носиров Ф., Жураев С.Р., 2013