

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УСТРОЙСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАИЛЕНИЯ В АВАНКАМЕРЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Аликулов С.Р.¹, Уришев Б.У.², Жонкобилов У.У.³

Email: Alikulov1132@scientifictext.ru

¹Аликулов Саттар Рамазанович – доктор технических наук, профессор, кафедра наземных транспортных систем;

²Уришев Бобораим – кандидат технических наук, доцент;

³Жонкобилов Улугмурат Умбарович – кандидат технических наук, доцент, кафедра эксплуатации гидротехнических сооружений и насосных станций, Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан

Аннотация: в статье приведена новая методика расчета гидравлических параметров трубопроводной системы, состоящей из перфорированных труб, проложенных по дну и откосам аванкамеры и используемых для создания турбулентности потока воды, с целью снижения заиления аванкамеры мелиоративной насосной станции. Получено, что параметры турбулентности потока в зоне оседания наносов зависят от таких показателей как, диаметр отверстия и скорость истечения воды из перфорированных труб, расстояния между отверстиями, напора подаваемой воды в трубопроводную систему.

Ключевые слова: насосы, заиление, осаждение наносов, всасывающая труба, аванкамера, турбулентность, взвешенные частицы.

HYDRAULIC DEVICE SETTINGS USED TO REDUCE SILTATION IN FOREBAYS PUMPING STATIONS

Alikulov S.R.¹, Urishev B.², Jonkobilov U.U.³ Email: Alikulov1132@scientifictext.ru

¹Alikulov Sattar Ramazanovich - Doctor in Technics, Professor, LAND TRANSPORT SYSTEMS DEPARTMENT;

²Urishev Boboraim - PhD in Technics, Associate Professor;

³Jonkobilov Ulugmurad Umbarovich - PhD in Technics, Associate Professor, OPERATION OF WATERWORKS AND PUMPING STATIONS DEPARTMENT, KARSHI ENGINEERING ECONOMIC INSTITUTE, KARSHI, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Abstract: the article presents a new method of calculation of hydraulic parameters of the pipeline system consisting of perforated pipes laid on the bottom and slopes forebays and used to create water turbulence to reduce silting forebays reclamation pumping station. It was found that the parameters of turbulence in the settling sediment zone depends upon such indicators as the hole diameter water speed and the expiration of the perforated pipe, the distance between the holes, the pressure of water supplied to the piping system

Keywords: pumps, siltation, sedimentation, suction pipe, forebays, turbulence, suspended solids.

УДК 626.816

Насосные станции, которые эксплуатируются в системе орошения земель, зачастую вынуждены перекачивать взвесенесущую (мутную) воду, связанную с размывающими процессами в руслах подводящих каналов и источников. В результате этого в аванкамере насосных станций наносы отлагаются толстыми слоями, частично доходящими толщиной в несколько метров, почти перекрывая путь к всасывающим трубопроводам. Отложение наносов связано с уменьшением скорости воды в аванкамере до величины меньше незаиляющей, чему способствует специфика ее конструкции и снижение транспортирующей способности насосной станции при уменьшении числа одновременно работающих насосов по требованию. Это приводит к изменению проектных размеров аванкамеры, засорению водоприемных камер, что отрицательно сказывается на эксплуатационных параметрах насосов (уменьшается их производительность, снижается КПД, увеличивается потребляемая энергия).

Движение частиц взвешенных наносов в потоке имеет сложный характер. С одной стороны частицы двигаются под воздействием переменных по величине и направлению пульсационных скоростей, а с другой стороны частицы будут находиться под действием силы тяжести. При этом если скорость движения частицы не велика, она может опуститься на дно, но при возникновении в придонном слое достаточно мощного вихря захватывается им и снова поднимается в толщу потока.

С учетом такого характера оседания частиц наносов нами предложена новая конструкция водоприемного сооружения [1], которая снабжена дополнительным устройством, позволяющим снизить заиления аванкамеры насосной станции.

Дополнительное устройство состоит из трубопроводной системы, имеющей перфорированные трубы, параллельно проложенные по откосам или дну аванкамеры в тех местах, где оседают наносы (рис. 1).

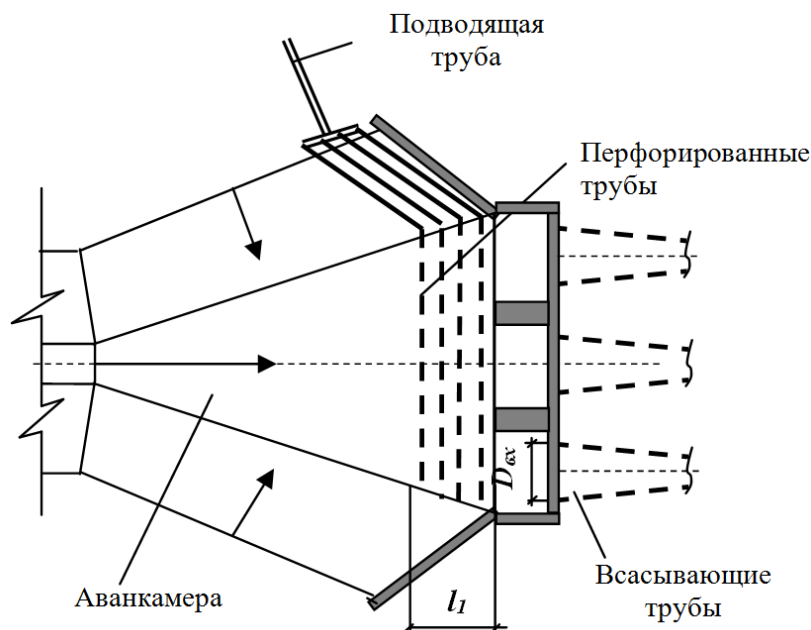


Рис. 1. Схема расположения перфорированных труб в аванкамере насосной станции

Перфорированные трубы соединены с магистральной подводящей трубой, берущую воду из нагнетательного трубопровода насосного агрегата. За счет гидродинамического давления, создаваемого в перфорированных трубах, вода вытекает из отверстий труб струей, и это обстоятельство создаёт в среде пульсационное движение потока, не позволяющее оседания наносов. Таким образом, поток перед агрегатами всегда имеет турбулентный, беспокойный характер, а наносы будут находиться во взвешенном состоянии и вместе с водой через всасывающую трубу перекачиваются в верхний бьеф.

Основной задачей устройства является создание турбулентной среды в придонном слое потока, которая не позволяет оседание наносов. Эту работу должны выполнять струи воды, истекающие из отверстий перфорированных труб под действием гидродинамического давления, создаваемого в них.

Вопросы исследования затопленных водяных струй, которые используются для разных целей, например для взмучивания отложившихся наносов рассмотрены в работах [2, 3, 4, 5]. Определены основные характеристики струи, выяснены условия ее взаимодействия с окружающей средой.

При истечении воды из трубы с увеличением продольных размеров струи ее поперечные размеры тоже увеличиваются. На границе струи и вблизи нее формируется струйный пограничный турбулентный слой. При этом возникающие интенсивные пульсации скорости и перемешивание, приводят к тому, что между струей и окружающим потоком происходит обмен количеством движения, за счет чего струя увлекает с собой часть окружающей жидкости, а в зоне истечения струи можно наблюдать вихревое (водоворотное) движение, которое по мере увеличения расстояния от отверстия постепенно затухает отдельными водоворотами, обусловленными поперечной диффузией механической энергии [2, 5].

На рис. 2. показана схема истечения воды из трубы, проложенной на дне водоприемного сооружения. 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 истечения, d_0 .
- г) радиус струи R на расстоянии x .

Величину u_{max} и R Г.Н. Абрамович предлагает определить нижеприведенными формулами [2].

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

$$R = \left(\frac{6,8a \cdot x}{d_0} + 1 \right) \frac{d_0}{2} \quad (2)$$

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

В целях обеспечения свободного истечения и движения струи воды, боковые отверстия выполнены под углом тангенса, равного половине угла расширения струи, т. е. $\operatorname{tg} \alpha = 3,4 \cdot a = 0,272$, отсюда $\alpha = 15^\circ \dots 16^\circ$.

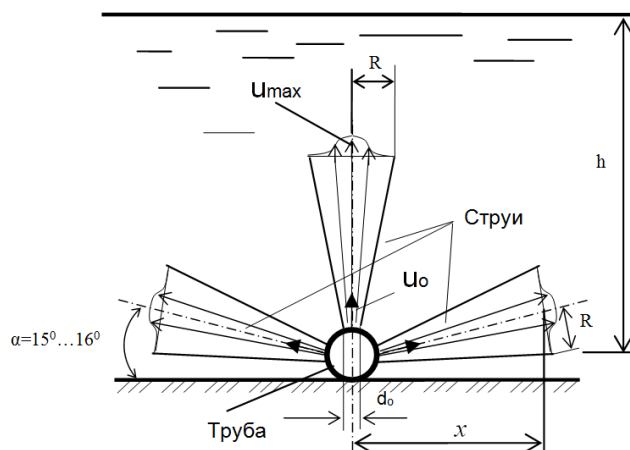


Рис. 2. Схема истечения воды из перфорированной трубы

Скорость истечения воды из отверстия вычисляется по формуле

$$u_0 = \mu_0 \sqrt{2gH} \quad (3)$$

где μ_0 - коэффициент расхода, принимается для практических расчетов примерно, $\mu_0 = 0,62$ [5, 6];

H - величина превышения напора в месте истечения воды из трубы над напором h в водоприемном устройстве (в аванкамере).

$$H = H_1 - h \quad (4)$$

где H_1 - величина напора в месте истечения воды из трубы.

Для того чтобы, в аванкамере не было оседания наносов величина скорости u_{max} на расстоянии x от отверстия должна быть больше незаиляющей скорости u_z .

Расстояние x от отверстия, при котором достигается $u_{max} \geq u_z$ можно определить в соответствии с (1) при $a \approx 0,08$, следующей зависимостью

$$x = \frac{1,81d_0(3,31u_0 - u_{max})}{u_{max}} \quad (5)$$

Исходя из вышеприведенной формулы при $a \approx 0,08$ диаметра осесимметричной струи на расстоянии x определяется следующей формулой

$$d = d_0 + 0,544 \cdot x \quad (6)$$

Для максимальной эффективности создания турбулентной среды струями воды из перфорированных труб расстояния между ними предлагаем принимать равным величине $2x$, а расстояние между отверстиями равным $2R$ (рис. 3.)

При такой компоновке перфорированных труб и их отверстий появляется возможность максимально использовать гидродинамическую силу струи для образования турбулентного состояния потока.

Диаметры подводящей и перфорированных труб выбираются исходя из пропускания максимального расхода воды через их поперечное сечение при соблюдении экономичной величины скорости воды.

Определение максимального расхода воды по подводящему трубопроводу можно осуществить по следующей зависимости

$$Q = n_1 \cdot n_2 \cdot u_0 \cdot \omega_0 \quad (7)$$

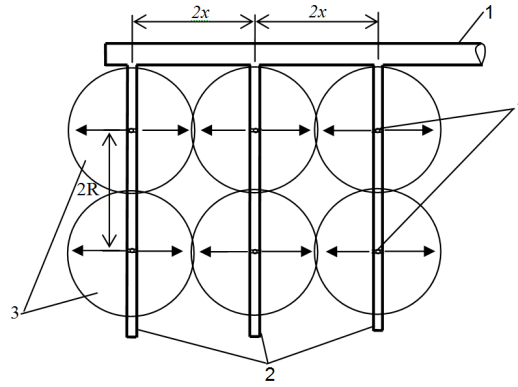


Рис. 3. Схема компоновки перфорированных труб
1 – подводящая труба; 2 – перфорированные трубы; 3 – примерные зоны действия струи воды;
4 – отверстия в трубах.

где n_1 – число перфорированных труб;

n_2 – число отверстий в перфорированной трубе;

ω_0 – площадь поперечного сечения отверстий.

Число витков перфорированных труб определяется исходя из возможности их размещения в пределах того участка, где рекомендуется турбулизация потока с учетом исключения попадания гидроабразивных частиц в водопроводящий тракт насосного агрегата (рис.1). Результаты проведенных по этому вопросу наших исследований показали, что данный участок располагается на расстоянии $l_1 = (5 \dots 6)D_{\text{вх}}$ от входной части всасывающих труб.

В связи с этим число витков перфорированных труб вычисляется по следующей формуле

$$n_1 = \frac{6 \cdot D_{\text{вх}}}{2x} = \frac{6 \cdot D_{\text{вх}}}{3,62 \cdot d_0 \cdot k} = \frac{1,66 \cdot D_{\text{вх}}}{d_0 \cdot k} \quad (8)$$

где, $x = 1,81 \cdot d_0 \cdot k$ $k = (3,31u_0 - u_{\text{max}})/u_{\text{max}}$

Отверстия в перфорированной трубе будут располагаться в сечениях, расположенных на расстоянии $d=2R$ друг от друга. В связи с этим и учитывая, что в каждом сечении имеются по три отверстия, их количество в перфорированной трубе можем определить по следующей зависимости

$$n_2 = \frac{3 \cdot l_{\text{мп}}}{d_0 + 0,544 \cdot x} = \frac{3 \cdot l_{\text{мп}}}{d_0 + 0,985 \cdot d_0 \cdot k} \quad (9)$$

где, $l_{\text{мп}}$ – длина перфорированной трубы

Таким образом, расход воды в подводящем трубопроводе вычисляется по нижеприведенной формуле

$$Q = n_1 \cdot n_2 \cdot u_0 \cdot \omega_0 = \frac{3 \cdot 1,66 \cdot D_{\text{вх}} \cdot l_{\text{мп}} \cdot u_0 \cdot \omega_0}{d_0^2 \cdot k(1 + 0,985 \cdot k)} = \frac{10,75 \cdot D_{\text{вх}} \cdot l_{\text{мп}} \cdot \sqrt{H}}{k(1 + 0,985 \cdot k)} \quad (10)$$

где, $u_0 = \varphi \sqrt{2gH} = 2,75\sqrt{H}$; $\omega_0 = 0,785 \cdot d_0^2$

Величину максимального расхода воды, подаваемой в каждую перфорированную трубу из подводящего трубопровода можно определить с помощью следующей формулы

$$Q_{\text{пер}} = n_2 \cdot u_0 \cdot \omega_0 = \frac{6,48 \cdot l_{\text{тр}} \cdot d_0 \cdot \sqrt{H}}{1 + 0,985 \cdot k} \quad (11)$$

Данную методику определения параметров трубопроводной системы, применяемой для создания турбулентности потока в аванкамере насосной станции можно использовать в проектах реконструкции водоприемных сооружений насосных станций с целью предотвращения заилиения концевой части аванкамеры.

Список литературы / References

1. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. М.: Физматиздат, 1960. 715 с.
2. Животовский Л.С., Самойловская Л.А. Техническая механика гидросмесей и грунтовые насосы. М.: Машиностроение, 1986. 283 с.
3. Кожеевников Н.Н. Применение и совершенствование эжектирующих устройств земснарядов // Гидротехническое строительство. Москва, 1995. № 1. С. 28–32.
4. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Учеб. для ВУЗов. 4-е изд., Л.: Энергоиздат, 1982. 672 с.
5. Идельчик И.В. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1975. 559 с.