

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ПАРАМЕТРОВ СТРУИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО ВОДОВЫПУСКА МЕЛИОРАТИВНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Гурьев Алим Петрович, д.т.н., профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, alim_guryev@mail.ru

Ханов Нартмир Владимирович, д.т.н., профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, nvkhanov@yahoo.com

Хаек Бушра, аспирант кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, bushra.hayek@gmail.com

Аннотация. В статье даётся анализ гидравлической работы варианта телескопического водовыпуска мелиоративной насосной станции с вертикальной струёй при незатопленном истечении.

Ключевые слова: водовыпускное сооружение, вертикальная незатопленная струя.

Водовыпускное сооружение мелиоративной насосной станции (НС) размещается в голове канала, питающего оросительную систему. В настоящее время испытание временем выдержали два типа водовыпускных сооружений: водовыпуски с обратным клапаном и сифонные водовыпуски. Основное назначение мелиоративных водовыпусков – обеспечить защиту напорного трубопровода насосной станции от возвратного течения воды, возникающего при аварийном отключении электродвигателей НС. При этом требование обеспечить минимальные гидравлические потери уходят на второй план. Но в водовыпусках клапанного типа эти потери настолько велики, особенно после нескольких лет эксплуатации, поэтому в последнее время преимущество получили сифонные водовыпуски несмотря на то, что их сооружение требует больших материальных затрат.

Для оптимизации конструкции водовыпускного сооружения мелиоративной НС на кафедре гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева была разработана конструкция телескопического водовыпуска.

Телескопический водовыпуск состоит из двух коробчатых конструкций, соединённых с возможностью телескопического перемещения относительно друг друга. Один из коробов жестко прикреплен к бетонному основанию, а второй короб установлен с возможностью перемещения по вертикали вдоль первого короба. К верхнему ребру подвижного короба по периметру прикреплен поплавок, выполненный из герметично соединённых отрезков труб, подъёмная сила которых уравнивает вес короба.

Вода в нижний короб подаётся из концевого участка напорного трубопровода, выполненного вертикально и закреплённого в бетонном основании нижнего короба.

При такой конструкции водовыпускного сооружения верхнее сечение подвижного короба представляет собой в плане прямоугольный водослив с круглоцилиндрическим гребнем, положение которого будет одним и тем же относительно уровня воды в канале независимо от его расхода. Это связано с тем, что при подъёме уровня воды в канале, поплавки будут перемещать вверх верхний короб, а при опускании уровня воды в канале подъёмная сила поплавок будет уменьшаться и под действием собственного веса

верхний короб будет опускаться до тех пор, пока поплавков не восстановит плавучесть короба.

При такой конструкции водовыпуска струя, выходящая из напорного трубопровода, представляет собой аналог фонтанной струи. Поскольку описания работы подобной конструкции водовыпуска не обнаружено в доступной литературе, необходимо изучить физику явлений, происходящих при поступлении воды из напорного водовода в телескопический водовыпуск.

Рассмотрим параметры струи, выходящей из напорного трубопровода как струю фонтана. Особенностью работы рассматриваемой струи водовыпуска является возможность её формирования как свободной, подтопленной или затопленной струи, в зависимости от заполненности водой коробов водовыпускного сооружения.

Ввиду ограниченности объёма, в рамках данной статьи рассмотрено формирование струи трубопровода как свободной вертикально восходящей струи типа фонтанной.

Цель работы: анализ гидравлической работы варианта телескопического водовыпуска мелиоративной насосной станции с вертикальной струёй при незатопленном истечении.

Использование фонтанов человечеством известно с доисторических времён как элемента декоративного оформления, известно ещё со времён античности. Родник, облицованный камнем руками первобытного человека, был первым прообразом фонтана. Укладка нескольких камней в месте выхода родника содействовала тому, что вода изливалась струйкой; это было удобно для наполнения глиняных кувшинов и деревянной посуды.

По мере развития цивилизации фонтаны приобрели роль как источников сельскохозяйственного водоснабжения, о чём свидетельствуют изображения на гробницах Египетских фараонов, Месопотамии, древних письменных источниках Китая, Индии, Греции. Утилитарное значение фонтанов сохранится до конца XIX века, так как до этого времени во многих городах, наряду с колодцами, они будут служить основными источниками водоснабжения.

Параллельно с утилитарным значением, по мере развития человеческого общества грубая облицовка фонтанов начала приобретать элементы эстетические. Родники и колодцы обрабатываются каменными глыбами; появляются водометы, украшенные грубой скульптурой.

До появления гидравлики как инженерной науки строительство фонтанов выполнялось на уровне интуитивных исполнений архитекторов. После появления работ по гидравлике Эйлера и Бернулли в XVII-XIX века началось экспериментальное изучение работы фонтанов и появились расчётные формулы по определению высоты и расхода фонтанов. Наиболее полные сведения об истории развития фонтанов выполнено П. А Спышновым. На эту работу ссылаются практически все авторы, в той или иной степени затрагивающие работу фонтанов [1,2].

П. А Спышновым, были рекомендованы для определения высоты H фонтана две формулы:

- Люгера для диаметров струи $d=10...30$ мм:

$$H = \frac{s_0}{1 + \varphi \cdot s_0},$$

где

$$\varphi = \frac{0,25}{d + (0,1 \cdot d)^3},$$

-Фримана для d в метрах:

$$H = (1 - 0,000113 \cdot \frac{s_0}{d}) \cdot s_0$$

В более поздних работах авторы также рекомендуют использовать эту формулу Люгера для определения высоты фонтана, так же как и П. Г. Киселёв.

Однако, существует целый ряд подобных формул для расчёта высоты струи. Кох и Карстаньен приводят следующие формулы:

- Мариотта, который ещё в 1686 году предложил экспериментальную формулу для расчёта высоты H подъёма струи:

$$H = \frac{s_0}{1 + 0,0103 \cdot s_0}.$$

- Вейсбаха, в 1848 году предложившего экспериментальную формулу для расчёта высоты H подъёма струи

$$H = \frac{s_0}{1 + 0,01158 \cdot s_0 + 0,000582 \cdot s_0^2} \quad d = 1\text{см};$$

$$H = \frac{s_0}{1 + 0,00778 \cdot s_0 + 0,0006038 \cdot s_0^2} \quad d = 1,41\text{см};$$

- Д'Аубуиссона, упростившего формулу Мариотта:

$$H = (1 - 0,01 \cdot s_0) \cdot s_0$$

Однако, по нашему мнению, наиболее подробно и физически обосновано с теоретической стороны, работа и расчёт параметров вертикальных водяных струй рассмотрена в работе Коха и Карстаньена.

По определению Коха вертикально поднимающуюся струю можно представить как поток в невидимом стволе (внешней оболочке), заканчивающийся водяной шапкой, спадающей по периметру верхнего поперечного сечения ствола, скорость которого падает по мере удаления от выходного сечения сопла. Исходя из принципа неразрывности потока, сечение струи при этом увеличивается.

По данным Коха, в зависимости от соотношения скоростного напора $s_0 = \frac{v_0^2}{2g}$ и радиуса сопла струи r_0 , возможны три формы шапки струи, схематичное очертание которых приведены на рисунке 1.

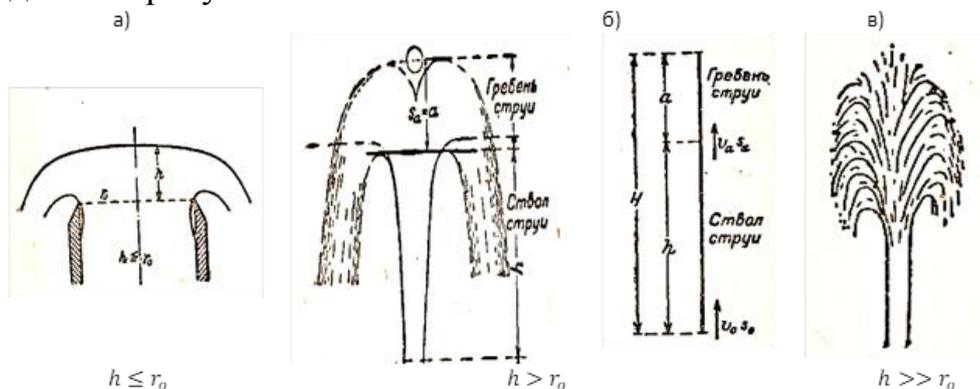


Рис. 1. Формы струи в зависимости от величины начального напора

Как видно из рисунка 1, при малых скоростях выхода воды из сопла при соотношении $s_o \leq r_o$ непосредственно над его выходным сечением формируется грибоподобная шапка, у которой отсутствует восходящий ствол. При больших напорах при соотношении $s_o > r_o$ формируется ствол струи и грибообразная шапка. При очень больших напорах и при высоте ствола струи многократно превосходящих радиус сопла при соотношении $s_o \gg r_o$, формирование струи происходит с захватом струёй воздуха и распадом сплошности поверхности ствола струи, в результате чего шапка струи напоминает сноп. Однако, каких-либо конкретных границ формообразования шапки струи Кох не показал.

В настоящей работе интерес представляют формирование струи по типу «а» и «б» рисунка 1.

По мере подъёма струи вертикальная скорость в её поперечных сечениях уменьшается и в силу закона неразрывности потока диаметр струи увеличивается. При этом наступает момент, когда силы инерции подъёма струи уменьшаются настолько, что уже не могут противостоять силам тяжести и растекающаяся струя начинает возвратное движение вниз, образуя шапку над восходящим участком струи.

Но при построении шапки Кох не указал методику её построения, а просто привёл картину шапки струи.

Для водовыпусков насосных станций характерны большие диаметры напорных труб до 2,0 и более метров, и ограниченных скоростях течения в них воды. По данным [Pont-a-Musson], при насосной подаче воды, в зависимости от стоимости материала труб, производства работ и стоимости электроэнергии, экономически наивыгоднейшая скорость воды в напорном трубопроводе не превосходит 3 м/с, чему соответствует скоростной напор $s_o = 0,46$ м. При диаметре напорных труб $d_o = 0,2 \dots 2,0$ м, отношение s_o/r_o будет находиться в пределах $s_o/r_o = 4,6 \dots 0,46$, чему соответствуют схемы «а» и «б» формирования шапки вертикально восходящей струи.

В результате при уменьшении начальной скорости струи V_o резко сокращается величина скоростного напора s_o начальной скорости, а тем более скоростного напора s_h в сечении на высоте h от выходного сечения сопла. В результате наступает момент, когда скоростного напора s_h не хватает напора. Но для формирования истечения через периметр сечения возврата струи с r_h , и высота шапки фонтана будет увеличиваться до тех пор, пока её высоты a станет достаточно для формирования ниспадающей струи с расходом $Q = \pi r_o^2 V_o$.

Для оценки параметров струи, выходящей из вертикально расположенного концевого участка напорного трубопровода мелиоративной насосной станции, применительно к работе телескопического водовыпуска необходимо провести соответствующие модельные исследования его работы и расчёты положения расчётной точки на рабочей характеристике насоса $Q - H$, связывающей зависимость расхода насоса от его напора.

Библиографический список

1. Теодоронский, В. С. Гидротехнические мелиорации 2-е изд., испр. и доп.: Учебник для вузов [Текст] / В. С. Теодоронский, Е. Д. Сабо, А. А. Золотаревский. - М.:Юрайт, 2021. – 317 с.
2. Шошин, В. И. Гидротехнические мелиорации (Часть I. Гидрология, гидрометрия,

гидравлика): методические указания к выполнению практических занятий [Текст] / В. И. Шошин, А. В. Прутской. - Брянск: БГИТА, 2011. - 26 с.

УДК 628.16

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ СИРИИ

Исмаил Хуссейн Абд Алкарим, магистрант кафедры сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева

Назаркин Эдуард Евгеньевич, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, nazarkine@rgau-msha.ru

Аннотация: Большая часть питьевой воды в Сирии поступает из подземных вод, колодцев и родников. Одним из наиболее распространенных элементов в подземных водах является железо, которое приводит к красноватому цвету воды и нежелательному вкусу и запаху. Для снижения концентрации железа в воде, направляемой потребителям до допустимых пределов требований СанПиН в Сирии была запроектирована станция обезжелезивания.

Ключевые слова: обезжелезивание, питьевая вода, подземные воды, Сирия.

Введение: Обеспечение населения водой в достаточном количестве и хорошего качества имеет большое социальное и санитарное значение и защищает людей и животных от эпидемических заболеваний, распространяемых через воду. Подземные воды, как источник снабжения питьевой водой по сравнению с поверхностными водами имеют ряд особенностей, они защищены от загрязнения и лучше с точки зрения качества и поэтому не требуют очистных сооружений с высокой стоимостью. Состав воды, которую мы пьем, очень разнообразен и сложен, каждый компонент по-разному влияет на наше здоровье, когда он увеличивается или уменьшается от нормы. Например, наличие железа в высоких концентрациях в питьевой воде может со временем привести к заболеваниям крови и аллергическим реакциям [1,2]. Содержание железа в воде водоносного горизонта деревне Димас составляет около 1,4 мг / л, что не соответствует требованиям СанПиН в Сирии. В данном исследовании обезжелезивание осуществлялось путем аэрофльтрации.

Материалы и методы исследования:

Для проведения исследований была запроектирована станция обезжелезивания на территории деревни Димас в Сирийской Арабской Республике.

Блок аэрофльтрации представляет собой емкость, заполненную слоем гравия крупностью 20 мм высотой 4 м, загруженную на ложное дно из армированной сетки, а также слой гравия и щебня крупностью 3 мм высотой 1 м, загружается в междонное пространство.

Суть метода заключается в том, что вода фильтруется через незатопленный керамзитовый гравий, загружаемый в фильтр, при одновременной подаче воздуха