

УДК 628.16.067

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Арсирый В.А., д.т.н. проф., Сербова Ю.Н., к.т.н.,
Макаров В.О., к.т.н., Вишневская О.В., асс.**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Украина имеет развитую систему мелиорации. Все населенные пункты имеют полноценные разветвленные системы водоснабжения. Однако существующие системы находятся уже длительный период в эксплуатации. По данным исследований эксплуатационных характеристик насосных установок потери напора в системах мелиорации возросли на 15 % и более. Это привело к существенному снижению производительности насосных станций и увеличило удельные затраты на работу насосов.

В современных условиях чрезвычайно актуально существенно повысить производительность мелиоративных систем, при этом желательно снизить расходы на их эксплуатацию.

В ОГАСА разработана технология проектирования (модернизации) гидравлического оборудования, которая позволяет без замены дорогостоящего оборудования, а только изменением геометрии проточных частей оборудования повысить производительность систем мелиорации и при этом снизить расходы электроэнергии.[1...3] Предложенные мероприятия не требуют больших затрат и могут выполняться в короткий срок.

Сегодня системы мелиорации работают с частичной нагрузкой, то есть из 3-х, 4-х рабочих насосов иногда в работе находится один насос, что приводит к возникновению кавитации в зоне рабочего колеса. Поэтому увеличение подачи насосов с одновременным снижением затрат энергии или интенсификация работы гидравлических систем является актуальной задачей.

Для решения проблемы кавитации обычно выполняют мероприятия по снижению гидравлических сопротивлений на входных участках насосов. Однако это не гарантирует работы насосов без проявления кавитации. Проблема кавитации может быть решена установкой во входном трубопроводе насоса струйного аппарата, который позволит

перенести зону кавитации из области рабочих лопаток в область внутри потока в трубопроводе. [3...6]

В ОГАСА разработана новая модель расчета струйных аппаратов (СА) основана на использовании трех законов: закона неразрывности, закона сохранения энергии и закон импульсов. [7] Однако представление результатов расчета СА в виде характеристик в относительных параметрах $h = f(u)$ не позволяет выполнить расчет совместной работы насоса и СА (рис. 1).

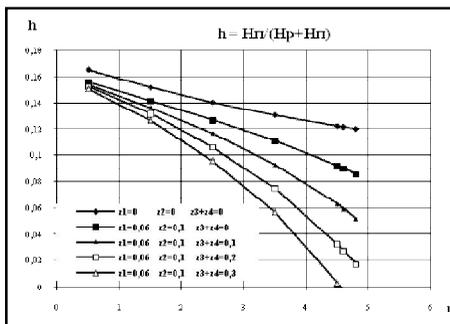


Рис.1. Напорные характеристики струйного аппарата в относительной форме

Предложен новый алгоритм расчета напорной характеристики СА на основе модели идеального эжектирования. Алгоритм расчета может использоваться для СА любой конструкции, включая $K = S_2/S_1 > 30$.

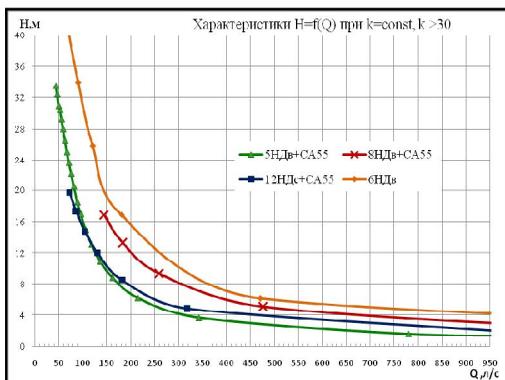


Рис. 2. Напорные характеристики струйного аппарата с реальными выходными параметрами $H_3 = f(Q_3)$.

Для расчета СА в качестве исходных данных предложено использовать напорную характеристику насоса, а результатом расчета

являются реальные выходные параметры СА $H_3 = f(Q_3)$. Усовершенствованная методика расчета СА с реальными параметрами позволяет строить суммарную напорную характеристику совместной работы насос-СА-насос (рис.2). [8]

Для экономичного и надежного функционирования гидравлической системы и устранения кавитации разработаны предложения по реконструкции всасывающих участков насосных станций с установкой в них СА специальной конструкции.

Специальная конструкция СА не имеет камеры смешения и диффузора, а только группу сопловых коллекторов внутри трубопровода входного участка, то есть низконапорный струйный аппарат с модулем $K > 20$. Основной задачей при разработке СА является обеспечение минимальных сопротивлений проточной части. Для уменьшения сопротивлений сопловых коллекторов использован метод визуальной диагностики структуры потока (рис. 3). [9...11]

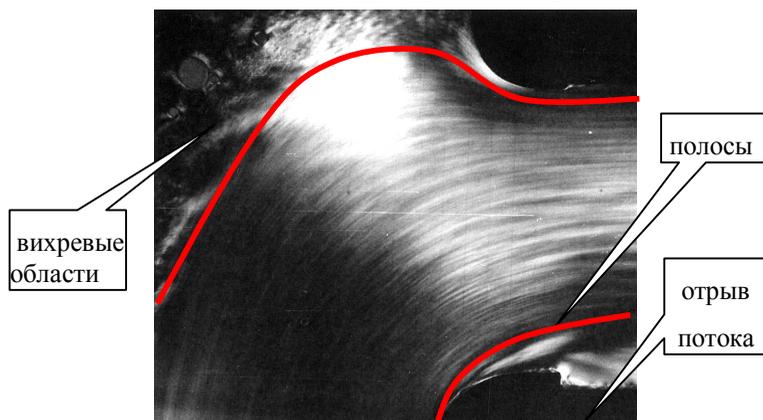


Рис. 3. Диагностика потока в модели затопленного пространства сопловых коробок

Диагностика структуры потока позволила разработать внешнюю и внутреннюю геометрию соплового коллектора, обеспечив снижение сопротивлений с $\zeta = 1,2$ до $\zeta = 0,8$.

По результатам исследований разработан и изготовлен экспериментальный образец соплового коллектора, испытание которого показали высокую эффективность разработанной конструкции СА (рис.4).

Питание струйного аппарата можно производить из собственного напорного трубопровода насоса (рис. 5б) или от дополнительно установленного насоса. (рис.5а). Схема совместной работы струйного

аппарата во всасывающем трубопроводе входного участка представлена на рис.5.

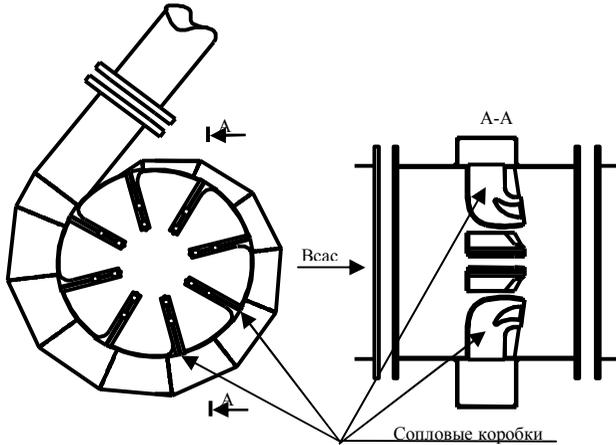


Рис. 4. Струйный аппарат специальной конструкции.

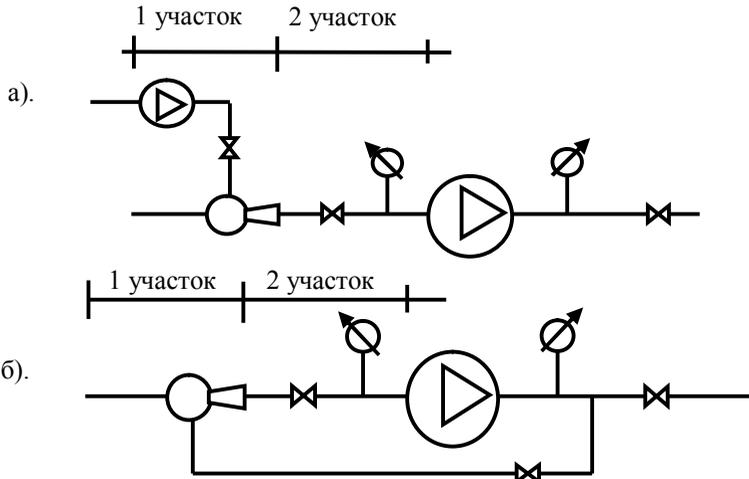


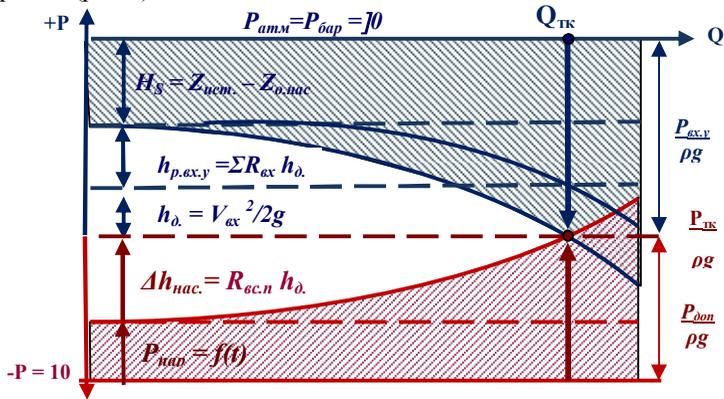
Рис. 5. Схема совместной работы струйного аппарата и центробежного насоса

Для корректного представления и анализа процессов, происходящих во входном трубопроводе, условно разделим его на два участка. Первый участок от начала всасывающего трубопровода до

сопла струйного аппарата, второй участок от среза сопла до входа в рабочее колесо насоса.

Так как установка струйного аппарата во входном участке приведет к увеличению сопротивлений входного участка, их следует учесть, при расчете характеристики входного участка. Также увеличение скорости движения жидкости за соплом струйного аппарата повлияет на потери напора входного участка.

Используя модель гидравлических параметров входного участка насосов и возникновения кавитации можно выполнить расчет и анализ характеристики входного участка с установленным в нем струйным аппаратом (рис.6)



$h_д$ – динамич. напор; $\Delta h_{нас}$ – потери напора на входе в насос; Δh_{ex} – потери напора во входном уч-е; $P_{тк}/\rho g$ – точка возник. кавитации;

Рис.6. Распределение гидродинамических параметров во входном участке

Блок разработанных методик позволяет создать общую модель для расчета реальных напорных характеристик струйных аппаратов. При этом, расчет напорных характеристик входного участка с установленным струйным аппаратом на основе использования гидравлических параметров насоса позволяет определить параметры возникновения кавитации. Для расчета разряжения $-P_{вх}/\rho g$ на входном участке можно использовать уравнение (1).

$$-\frac{P_{вх}}{\rho g} = Z_{исм} - Z_{о.н} - \frac{V_{вх}^2}{2g} - \Delta h_{вх.1} + \left(\frac{P_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2g} - \Delta h_{вх.2} \right) \quad (1)$$

где $V_{вх} = V_2$ - скорость во входном участке равна скорости подсосываемого потока;

Тогда модель расчета параметров возникновения кавитации при совместной работе струйного аппарата во входном участке следует произвести расчет точки кавитации по величине разряжения $-P_{\text{кв}}/\rho g$, с учетом всех сопротивлений (2).

$$TK \rightarrow \begin{cases} P_{\text{атм}} = 0 \\ -\frac{P_{\text{кв}}}{\rho g} = Z_{\text{ист}} - Z_{\text{о.н}} - h\delta - \Delta h_{\text{вх.1}} + \left(\frac{P_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2g} - \Delta h_{\text{вх.2}} \right) \\ H_{\text{вак}}^{\text{доп}} = -\frac{P_{\text{доп}}}{\rho g} = -10 + \frac{P_{\text{н.нас}}}{\rho g} f(t) + \Delta h_{\text{н.нас}} \\ -\frac{P_{\text{вак}}}{\rho g} = -10 \end{cases} \quad (2)$$

$\Delta h_{\text{вх.1}}$ - потери напора входного участка до среза сопла струйного аппарата;

$\Delta h_{\text{вх.2}}$ - потери напора входного участка от среза сопла струйного аппарата до вакуумметра;

$\Delta h_{\text{н.нас}}$ - потери напора от вакуумметра до рабочего колеса насоса.

Разработанная конструкция струйного аппарата адаптирована для использования в трубопроводе входного участка гидравлической системы, что обеспечивает существенное снижение сопротивлений во входных участках системы и выгодно отличающаяся от традиционной конструкции струйного аппарата.

Выводы

Комплексное использование новых методик расчета гидравлических параметров насосов, входных и напорных участков систем с использованием разного оборудования позволяет проводить теоретический анализ с целью разработки предложений для проведения реконструкций и модернизации системе мелиорации при переходе на капельное орошение, которое является более эффективным и экономичным, а также позволяет решать проблемы оптимизации систем водоснабжения.

Summary

The thesis is devoted to the intensification of work of the hydraulic equipment allow the water supply systems` productivity increase with the simultaneous decrease of the electric power expenses and providing with the work of pumps without cavitations.

Литература

1. Повышение эффективности оборудования с использованием FST – технологии / В.А. Арсирий // Труды Одесского политехнического университета. - 2003. – № 2. – С. 187-191.
2. Снижение удельных затрат электроэнергии насосных станций за счет снижения гидравлических сопротивлений / Ю.Н. Сербова, В.А. Яскин, М.В. Клапатюк // Вісник ОДАБА. – 2009. – №34. – С. 597 – 600.
3. Расчет напорных характеристик лопастных насосов / Арсирий В.А. // Холодильная техника и технология №5 (91) 2004 стр 39 – 42.
4. Интенсификация работы гидравлического оборудования в системах водоснабжения / Сербова Ю.Н. // Науковий вісник будівництва ХДТУБА ХОТВ АБУ. – 2010. – №61. – С. 250 – 255.
5. Карелин В.Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах. Издание 2-е, переработ. и доп. М.: «Машиностроение», 1975, 336 с.
6. Насосы с эжекторами для подъема воды из буровых скважин/ Карелин В. Я. // Водоснабжение и сан. техника.-1964.-№ 9.-С.35-36.
7. Энергосберегающие аппараты и гидродинамика в условиях комбинирования технологических процессов. диссертация канд. техн. наук: 05.18.12 / Олексова К.А; Одесса. ОГАСА, 2002. — 82 с.
8. Интенсификация работы гидравлического оборудования систем водоснабжения на основе физического и математического моделирования. диссертация канд. техн. наук: 05. 23. 04 / Сербова Ю.Н.; Одесса. ОГАСА, 2012. — 127 с.
9. Оптимизация проточных частей оборудования на основе визуальной диагностики структуры потоков / В.А. Арсирий // Наукові праці. ОГАСА – 2006. - №28. – С. 186-190.
10. Метод и информационная технология визуализации структур гидродинамических потоков / В.А.Арсирий, Е.А.Арсирий, В.А. Власенко // Труды Одесского политехнического университета. – 1997. – №1. – С. 242–247
11. Струйные аппараты / Соколов Е. Я., Зингер Н. М. [2-е изд.] – М.: Энергия, 1970. – 288 с.
12. Лямаев Б. Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. 256 с, ил.
13. Технология поддержки принятия решений по управлению инженерными коммуникациями / П.И. Пахомов, В.А. Немтинов. – М.: Машиностроение, 2009. – 124 с. ISBN 978-5-94275-482-2

