

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ МЕЛИОРАЦИИ И  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

*Рассмотрено моделирование параметров работы гидравлического оборудования для определения влияния различных факторов на интенсификацию работы систем мелиорации и водоснабжения. Физическое моделирование движения жидкостей в фасонных и проточных частях гидравлического оборудования на экспериментальных стендах с использованием метода визуальной диагностики структуры потоков.*

*Ключевые слова: гидравлические системы; физическое моделирование; напорные характеристики сопротивления; кавитация; струйный аппарат.*

**Ю.М. СЕРБОВА**

Одеська державна академія будівництва та архітектури

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ГІДРАВЛІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ МЕЛІОРАЦІЇ І ВОДОПОСТАЧАННЯ**

*Розглянуто моделювання параметрів роботи гідравлічного обладнання для визначення впливів різних факторів на інтенсифікацію роботи систем меліорації та водопостачання. Фізичне моделювання руху рідин у фасонних і проточних частинах гідравлічного обладнання на експериментальних стендах з використанням методу візуальної діагностики структури потоків.*

*Ключові слова: гідравлічні системи; фізичне моделювання; напірні характеристики опору; кавітація; струменевий апарат.*

**J.N. SERBOVA**

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

**IMPROVE THE RELIABILITY AND EXTEND THE LIFE OF HYDRAULIC EQUIPMENT  
RECLAMATION AND WATER SUPPLY SYSTEMS**

*The modeling of the parameters of the hydraulic equipment to determine the effects of various factors on the intensification of the work of land reclamation and water supply systems. Physical modeling of fluid flow in fittings and flow of the hydraulic equipment on the experimental stands by the method of visual diagnostics flow patterns.*

*Keywords: hydraulic system; physical modeling; pressure characteristics; resistance, cavitation; jet apparatus.*

**Постановка проблемы**

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. Анализ публикаций в области проектирования гидравлических систем водоснабжения М.Г. Журбы, Л.И. Соколова, Н.Н. Абрамова, В.И. Турка, В.Я. Карелина, А.В. Минаева показал, что представление параметров гидравлических систем на основе двух напорных характеристик не позволяет проводить компьютерное моделирование гидравлических процессов, а также анализировать параметры работы оборудования в системе.

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.

**Цель исследования**

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).

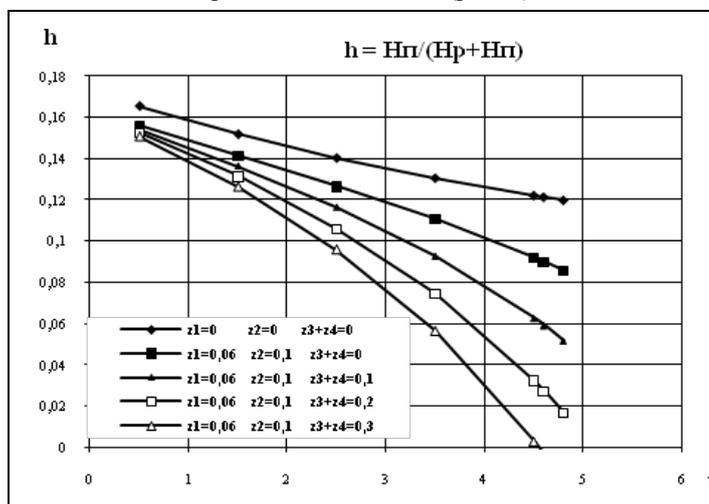


Рис.1. Напорные характеристики струйного аппарата в относительной форме

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

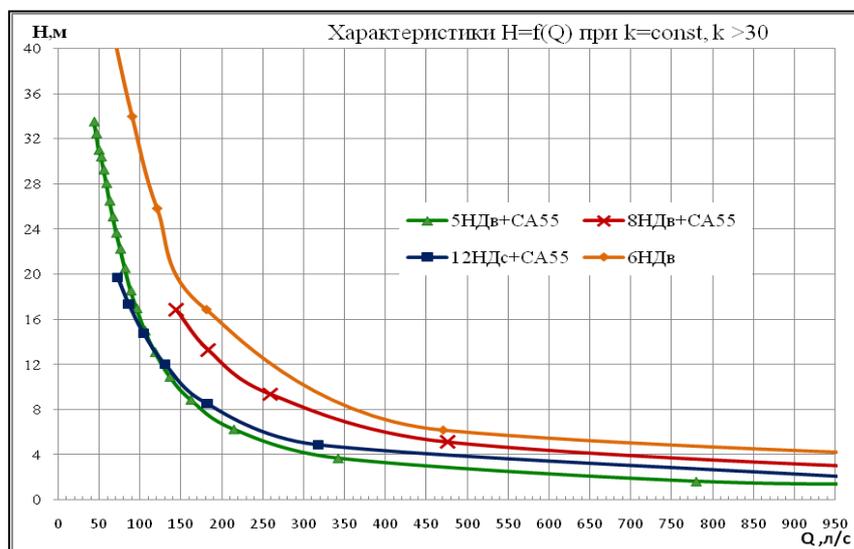


Рис. 2. Напорные характеристики струйного аппарата с реальными выходными параметрами  $H_3 = f(Q_3)$ .

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 (рис.3).

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. 4) [9 - 11].

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

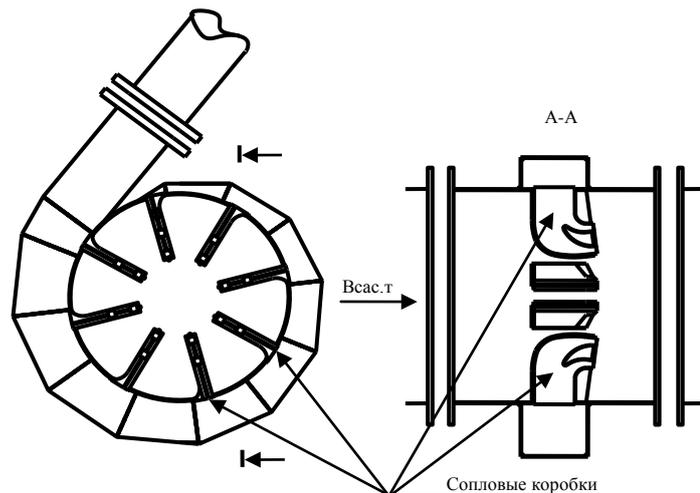


Рис. 3. Струйный аппарат специальной конструкции.

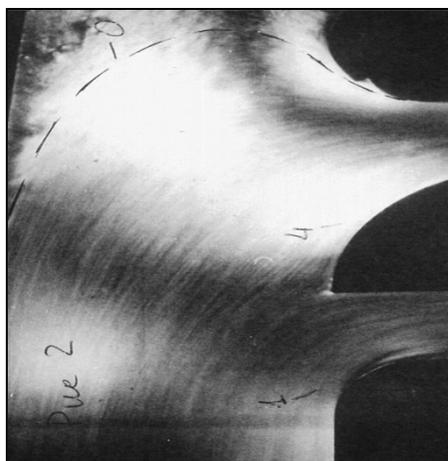
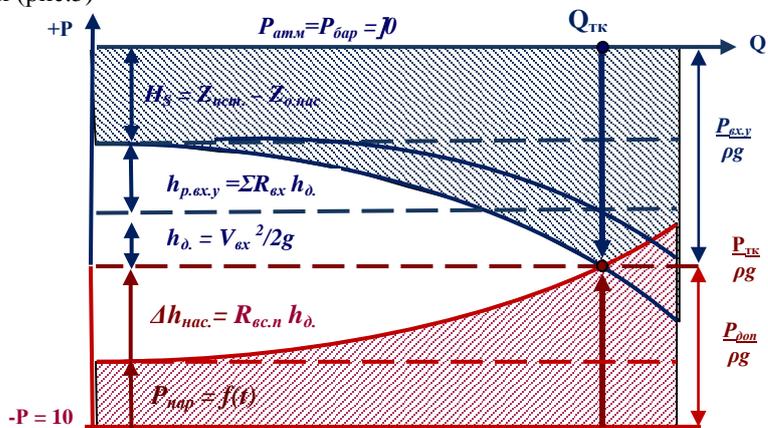


Рис. 4. Диагностика потока в модели затопленного пространства сопловых коробок

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

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.

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.5)



$h_d$  – динамич. напор;  $\Delta h_{нас}$  – потери напора на входе в насос;  $\Delta h_{вх}$  – потери напора во входном участке;  $P_{кр}/\rho g$  – точка возник. кавитации;

Рис.5. 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  $-P_{ex}/\rho g$  на входном участке можно использовать уравнение (1).

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

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

Тогда в модели расчета параметров возникновения кавитации при совместной работе струйного аппарата во входном участке следует произвести расчет точки кавитации по величине разряжения  $-P_{ex}/\rho g$ , с учетом всех сопротивлений:

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

$\Delta h_{ex.1}$  – потери напора входного участка до среза сопла струйного аппарата;

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

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

### Выводы

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.

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

### Список использованной литературы

1. Арсирий В.А. Повышение эффективности оборудования с использованием FST–технологии / В.А. Арсирий// Труды Одесского политехнического университета. - 2003. – № 2. – С. 187-191.
2. Сербова Ю.Н. Снижение удельных затрат электроэнергии насосных станций за счет снижения гидравлических сопротивлений / Ю.Н. Сербова, В.А. Яскин, М.В. Клапатьяк // Вісник ОДАБА. – 2009. – №34. – С. 597 – 600.
3. Арсирий В.А. Расчет напорных характеристик лопастных насосов / В.А. Арсирий // Холодильная техника и технология №5 (91) 2004. С. 39 – 42.
4. Сербова Ю.Н. Интенсификация работы гидравлического оборудования в системах водоснабжения / Ю.Н. Сербова // Науковий вісник будівництва ХДТУБА ХОТВ АБУ. – 2010. – №61. – С. 250 – 255.
5. Карелин В.Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах. / В.Я. Карелин. – Издание 2-е, переработ. и доп. М.: «Машиностроение», 1975, 336 с.
6. Карелин В. Я. Насосы с эжекторами для подъема воды из буровых скважин/ В.Я. Карелин // Водоснабжение и сан. техника. – 1964. – № 9. – С. 35-36.
7. Олексова К.А. Энергосберегающие аппараты и гидродинамика в условиях комбинирования технологических процессов. диссертация канд. техн. наук: 05.18.12 / К.А. Олексова. – Одесса. ОГАСА, 2002. — 82 с.
8. Сербова Ю.Н. Интенсификация работы гидравлического оборудования систем водоснабжения на основе физического и математического моделирования. диссертация канд. техн. наук: 05. 23. 04 / Ю.Н. Сербова. – Одесса. ОГАСА, 2012. — 127 с.

9. Арсирий В.А. Оптимизация проточных частей оборудования на основе визуальной диагностики структуры потоков / В.А. Арсирий // Наукові праці. ОГАСА – 2006. – №28. – С. 186-190.
10. Арсирий В.А. 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. Соколов Е. Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – М.: Энергия, 1970. – 288 с.
12. Лямаев Б. Ф. Гидроструйные насосы и установки / Б.Ф. Лямаев. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1988. 256 с.
13. Пахомов П.И. 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.