

АДАПТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ СИСТЕМ МЕЛИОРАЦИИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ

Сербова Ю.Н., к.т.н., Арсирый В.А., д.т.н. проф.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Системы мелиорации на сегодняшний день играют важную роль в повышении качества и снижении себестоимости сельскохозяйственной продукции, так как затраты на полив составляют значительную часть цены. Основные затраты в системах мелиорации приходятся на оплату электроэнергии потребляемой на насосных станциях, обеспечивающих подачу воды для полива. Существующие системы мелиорации запроектированы и рассчитаны на полив открытым способом. Для обеспечения требуемой подачи на насосных станциях установлено более 2-х рабочих насосов. Таким образом, существующие системы полива являются энергозатратными.

Более эффективным и экономичным сегодня считается капельное орошение, применение которого необходимо адаптировать к существующим насосным станциям и существующим системам подачи воды в зону полива. При использовании капельного орошения, потребность в воде существенно уменьшается, поэтому для обеспечения нужной подачи достаточно использовать один, редко два насоса имеющихся на насосных станциях.

Решение поставленной задачи по адаптации существующих насосных станций возможно за счет проведения реконструкции. Однако основной проблемой, является устранение кавитации насосов. Это связано с тем, что при работе одного или двух насосов на существующую сеть рабочие параметры находятся в зоне кавитации рис.1. Разрежение достигает значения превышающего возникновение кавитации.

Для решения проблем кавитации наиболее благоприятным вариантом обеспечения надежной работы насосов может быть использование струйного аппарата (СА). Установка струйного аппарата во входном участке позволит переместить зону кавитации из области рабочего колеса во внутреннюю область всасывающего трубопровода. Питание струйного аппарата можно производить из напорного трубопровода насосной станции или вспомогательного насоса.

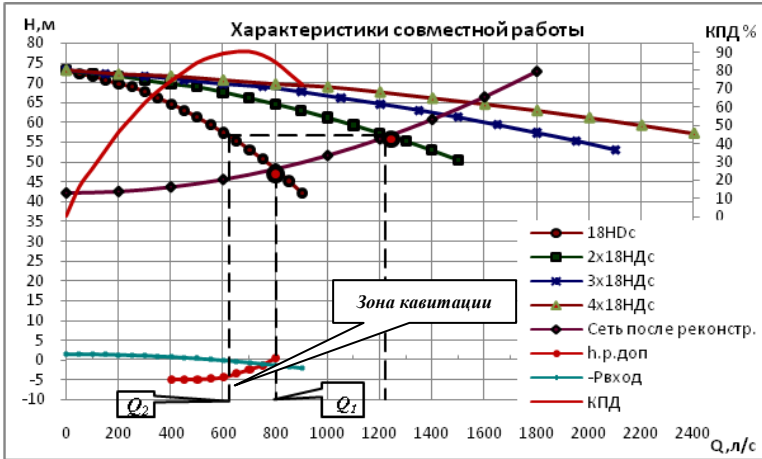
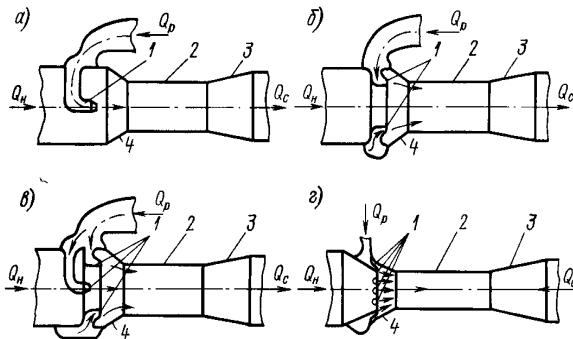


Рис. 1. Характеристика совместной работы насосов при различных режимах

Однако использование струйного аппарата традиционной конструкции неприемлемо, так как наличие камеры смешения приведет к увеличению сопротивлений во входном участке системы, что не позволит решить проблему кавитации рис.2, а также существующая методика представления параметров работы СА в приведенных параметрах не позволяет рассчитывать и представлять параметры совместной работы СА и насоса рис б.а).



- а) — с центральным соплом; б) — с кольцевым соплом;
 в) — с центральным и кольцевым соплами; г) — многосопловой;

Рис.2. Схемы струйных аппаратов традиционной конструкции

В ОГАСА на кафедре кондиционирования воздуха и механики жидкости разработана конструкция струйного аппарата для предотвращения кавитации в области рабочего колеса насоса, путем переме-

щения зоны глубокого разряжения (вакуума), во всасывающий трубопровод. Струйный аппарат специальной конструкции представляет сопловое устройство как аналог низконапорного струйного аппарата (ННСА) с значением модуля $K > 30$, адаптированное к трубопроводу входного участка рис 3. Струйный аппарат не имеет камеры смешения и диффузора. Сопловые коробки устанавливаются внутри трубы входного участка, при этом сопловые коробки обладают минимальными сопротивлениями внутренней и наружной части.

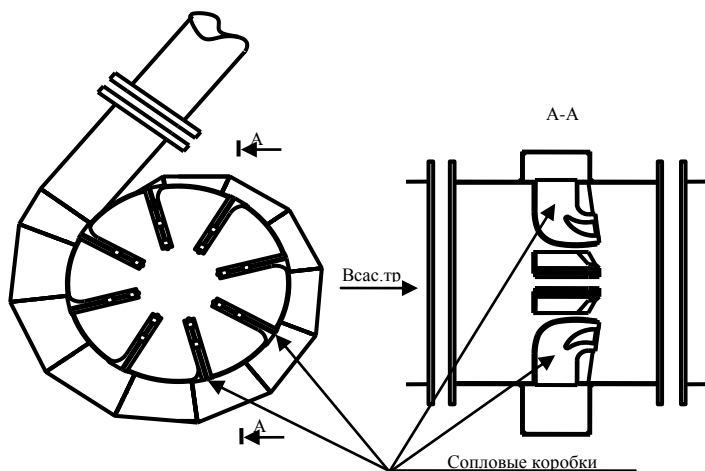


Рис. 3. Разработанная конструкция струйного аппарата с высоким значением $K > 30$

При разработке конструкции струйного аппарата особое внимание уделялось обеспечению минимальных сопротивлений проточных частей струйного аппарата. Для повышения эффективности и снижения сопротивлений внутренней и наружной части сопловых коробок произведено изменение их геометрии. Изменение геометрических параметров сопловых коробок проводилось на основе метода визуальной диагностики структуры потока (МВДСП). Изображения позволяют диагностировать причины высоких величин гидравлических сопротивлений. Зоны отрыва потока от стенок и вихревые области являются причиной потерь энергии. Для демонстрации гидравлических сопротивлений в проточных частях сопловых коробок на рис. 4 показана гидродинамическая картина движения потока.

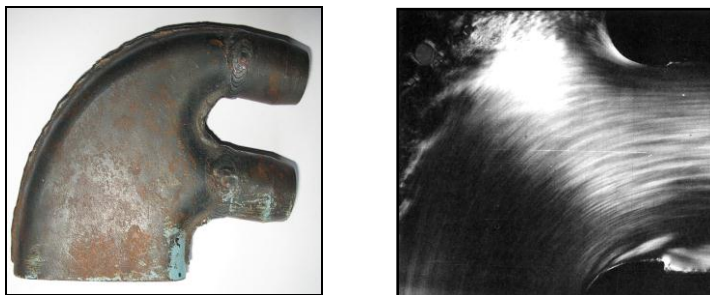


Рис. 4. Типовая конструкция ХКБМ $\zeta = 1,2$

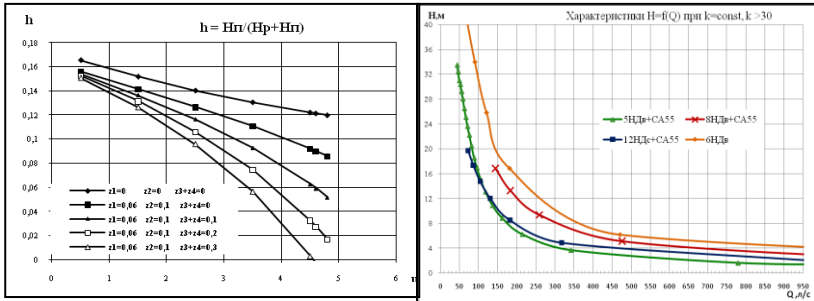
Визуальная картина в виде областей с различной интенсивностью освещения позволяет судить о гидродинамической структуре движущегося потока, по которой производится оптимизация проточной части. Для снижения гидравлических сопротивлений в сопловых коробках изменена геометрия проточной части с целью устранения диссипативных зон. Новая геометрия обеспечивает безотрывное течение внутри и снаружи сопловых коробок, которая существенно снижает гидравлическое сопротивление, в местах отрыва потока от стенки рис. 5.



Рис. 5. Разработанная конструкция в ОГАСА $\zeta = 0,45$

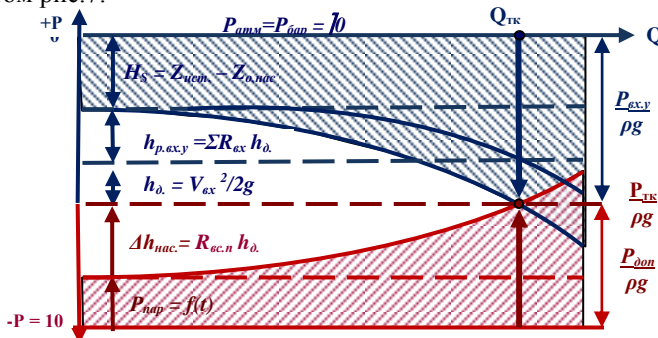
Гидравлические испытания сопловых коробок традиционной формы и разработанной на основе МВДСП показали снижение величины гидравлического сопротивления в квадратичной зоне рабочих параметров от 1,2 до 0,45, что позволяет существенно снизить потери напора в проточной части струйного аппарата.

Для расчета напорно-расходной характеристики СА на основе модели идеального эжектирования предложен новый алгоритм расчета. В качестве исходных данных используют напорно-расходную характеристику насоса работающего на СА, а результатом расчета являются реальные выходные параметры СА $H_3 = f(Q_3)$. рис.6. б).



а.) относительные параметры б.) напорно-расходные параметры
 Рис. 6. Характеристики рабочих параметров СА

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.7.



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

Рис.7. 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 разрежения $-P_{вх.у}/\rho g$ на входном участке можно использовать уравнение (1).

$$-\frac{D_{\dot{a}\dot{o}}}{\rho g} = Z_{\dot{e}\dot{n}\dot{o}} - Z_{i.i} - \frac{V_{\dot{a}\dot{o}}^2}{2g} - \Delta h_{\dot{a}\dot{a}1} + \left(\frac{D_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2g} - \Delta h_{\dot{a}\dot{a}2} \right) \quad (1)$$

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

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

$$TK \rightarrow \begin{cases} P_{\text{атм}} = 0 \\ -\frac{P_{\text{вх}}}{\rho g} = Z_{\text{всст}} - Z_{\text{осн}} - h\delta - \Delta h_{\text{вх.1}} + \left(\frac{P_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2g} - \Delta h_{\text{вх.2}} \right) \\ H_{\text{вх.к}}^{\text{оол}} = -\frac{P_{\text{оол}}}{\rho g} = -10 + \frac{P_{\text{н.нар}}}{\rho g} f(t) + \Delta h_{\text{н.мс}} \\ -\frac{P_{\text{вх.к}}}{\rho g} = -10 \end{cases} \quad (2)$$

$\Delta h_{\text{вх.1}}$ - 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; $\Delta h_{\text{н.мс}}$ - потери напора от вакуумметра до рабочего колеса насоса.

Выводы

Усовершенствованная методика расчета напорно-расходных характеристик СА с реальными параметрами позволяет строить суммарную характеристику совместной работы насос-СА-насос рис.8.

Метод снижения кавитации за счет использования струйного аппарата дает возможность продлить срок эксплуатации оборудования насосных станций, а также снизить расходы электроэнергии насосных станций мелиоративных систем, что очень актуально в современных условиях.

Комплексное использование новых методик расчета гидравлических параметров насосов, входных и напорных участков систем с использованием представленной конструкции струйного аппарата позволяет проводить теоретический анализ с целью разработки предложений для проведения реконструкций и модернизации системы мелиорации при переходе на капельное орошение, которое является более эффективным и экономичным.

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.

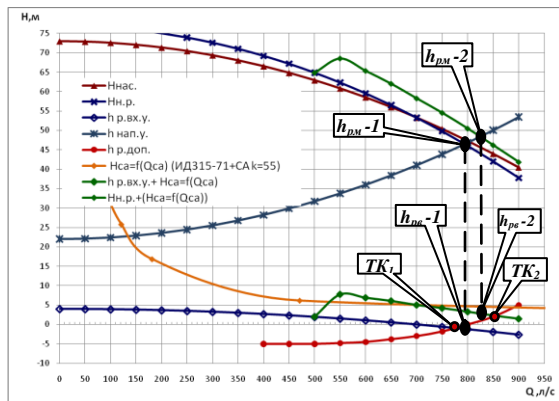


Рис. 8. Характеристика совместной работы насоса АД2500-62 и струйного аппарата во всасывающем трубопроводе

$H_{нас.}$ – характеристика насоса полученная расчетом; $H_{н.р.}$ – характеристика насоса полученная расчетом с учетом затрат энергии на входной участок; $h_{р.вх.у.}$ – характеристика входного участка; $h_{нап.у.}$ – характеристика напорного участка; $h_{р.вх.у.}$ – характеристика допустимого понижения давления; $H_{сА}$ – напорная характеристика струйного аппарата работающего от насоса ИД 315-71; $h_{р.вх.у.} + H_{сА} = f(Q)$ – характеристика входного участка с установленным СА; $H_{н.р.} + (H_{сА} = f(Q))$ – характеристика насоса полученная расчетом с учетом затрат энергии на входной участок с установленным СА

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. Клапачук // 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. Арсирый // Наукові праці. ОГАСА – 2006. - №28. – С. 186-190.

10. Метод и информационная технология визуализации структур гидродинамических потоков / В.А.Арсирый, Е.А.Арсирый, В.А. Влащенко // 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