УДК 67

О ПРОБЛЕМАХ ГИДРОАБРАЗИВНОГО ИЗНОСА РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ И ОСЬЕВЫХ НАСОСОВ

Б.Р. Уралов[1], Г. Хакимова[2], Ж.С. Каюмов[3], С.Х. Нишанова[4], Д.Б. Арзиева[5], А. Дурманов[6]
[1] профессор, [2, 3] доцент, [4] старший преподаватель, [5] ассистент,
[6] доцент кафедры «Корпоративная экономика и менеджмент»
[1]Национальный исследовательский университет
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Узбекистан
[2-5]Ташкентский химико- технологический институт, Узбекистан
[6] Ташкентский Государственный Экономический университет, Узбекистан

Аннотация. *Результаты опытов по изучению характера изменений концентрации и дисперсности твердых взвешенных частиц показали, что наибольшая среднемесячная концентрация наносов составляет 2,5..3,8 кг/м^3, а иногда при дождливой погоде максимальная мутность воды достигает 7 кг/м^3. В составе твердых механических примесей значительное количество составляют частицы размером зерна 0,1-0,05 мм. Наблюдениями установлено, что частицы размером больше 0,01 мм при незначительной скорости течения в подводящем канале и водоприемной камере насосной станции легко осаждались в них. Объемы заиления на различных станциях составили от 20 до 60 %. В результате этого увеличилось гидравлическое сопротивление, что привело к уменьшению напора насосов. Изучено также изнашивание деталей центробежных насосов в натурных условиях, приводятся зависимости износа от характерных размеров и продолжительности их работы. Результаты микро метража рабочих деталей насосов показали, что лопасти рабочих колес по длине и по ширине изнашиваются неравномерно как по величине, так и по форме. Это объясняется тем, что при движении гидроабразивного потока в межлопастном пространстве увеличивается кинетическая энергия твердых частиц и их местная концентрация вследствие возрастания величин центробежной и Кориолисовой силы по радиусу рабочего колеса.*

Ключевые слова: *гидравлические процессы, центробежные насосы, гидроабразивный поток, гидроабразивный износ, твердые частицы, рабочие колеса*.

Введение. Методические исследования влияния концентрации и крупности твердых частиц, а также длительности воздействия гидроабразивного потока на интенсивность износа элементов проточной части центробежного насоса подтверждают правомерность физической модели. Для выявления степени влияния режима работы центробежного насоса на интенсивность гидроабразивного износа были проведены специальные исследования при постоянных значениях концентрации наносов Р=20 кг/м^3, диаметре частиц d=0,25…0,5 мм, длительности испытания Т=2 часа и частоте вращения вала n_0=2900 об/мин. Опыты ставились на подачах насоса от 0,5 $Q_{опт}$ до 1,25$Q_{опт}$ с различными материалами и полимерными покрытиями, которые наносились на поверхности лопастей изготовленные из стали – Ст.№3 [2, 3]. Методика нанесения полимерного покрытия на металлические поверхности заключалась в следующем: эпоксидная смола ЭД-6 наносилась на поверхность лопастей с различными наполнителями. Чтобы получить полимерные покрытия, нужно 100 весовых частей смолы, 15-растворителья (дибутилфтолата), 10-отвердителя (полиэтилен полиамина) и 120-наполнителя (карбид кремния, т.е. песок) с диаметром частиц d=0,2 мм, монокорунд (песок) – d=0,2мм и ферромарганец – d менее 0,1 мм.

Методика исследований. Аналитический метод определения износа металлов, методика нанесения полимерного покрытия на металлические поверхности, общепринятые методики лабораторных и натурных испытаний центробежных насосов.

Результаты исследования и обсуждения. Установлено, что наилучшая адгезия полимерного покрытия получается при температуре металла 21^{o}С.

© Уралов Б.Р., Хакимова Г., Каюмов Ж.С., Нишанова С.Х., Арзиева Д.Б., Дурманов А. /
Uralov B.R., Khakimova G., Kayumov Zh.S., Nishanova S.H., Arzieva D.B., Durmanov A., 2024

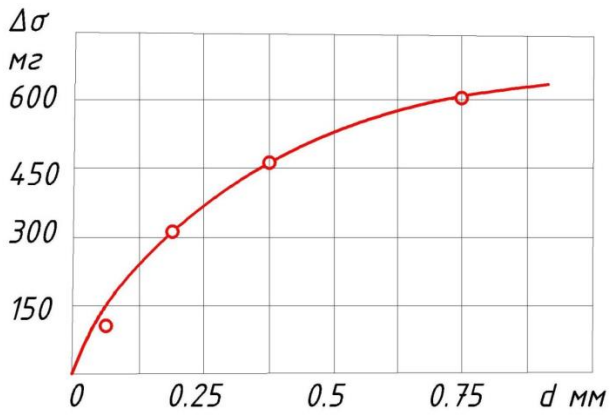


Рис. 1. Влияние крупности наносов на величину гидроабразивного износа лопастей рабочего колеса центробежного насоса.

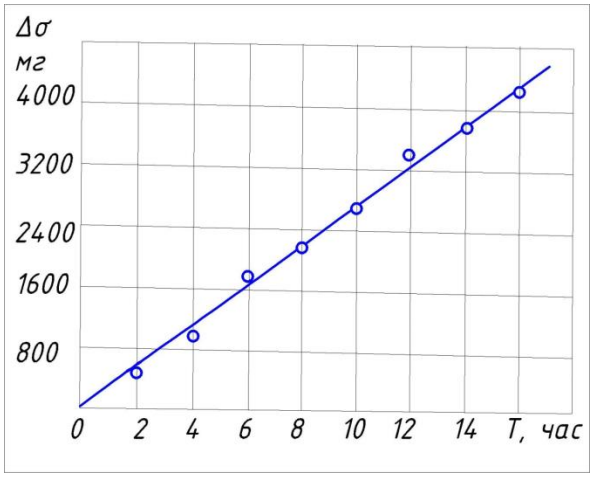


Рис. 2. Зависимость интенсивности износа лопастей рабочего колеса от продолжительности работы центробежного насоса

На рис. 3 представлены интенсивности изнашивания лопастей рабочего колеса, изготовленные с различными полимерными покрытиями в зависимости от режима работы насоса. Как видно на рисунке, форма и характер зависимостей для различных материалов при изменении подачи насоса сохраняются подобными, но в количественном отношение имеются существенные отличия.

Наибольшую износостойкость имеют полимерные материалы на основе эпоксидной смолы с карбидом кремния, низкую износостойкость показывает силумин. При испытании грунтовых насосов [2-5] установлено, что детали из электрокорунда на эпоксиднофенолоформальдегидной связке по сравнению с деталями из износостойкого чугуна повышают срок службы насосов 3-8 раз. Но применение износостойких полимерных материалов для изготовления и покрытия деталей насосов в практике не нашли широкого применения из-за следующих причин [5-7]:

1) полимерные композиции не обеспечивают удовлетворительную износостойкость при больших скоростях потока;

2) шероховатая поверхность полимерных покрытий создает дополнительные гидравлические сопротивления и ухудшает гидравлический КПД;

3) качество полимерных покрытий сильно зависит от строгого соблюдения технологии нанесения.

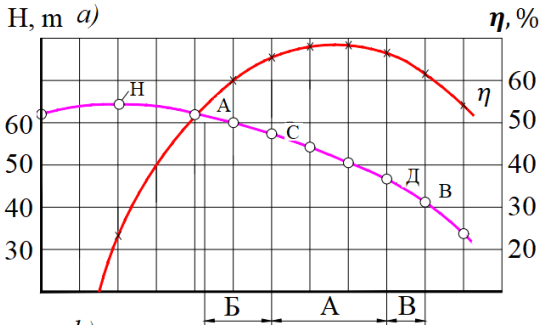
Если сопоставить величины износа с напорной характеристикой насоса, (см. рис. 3), то можно заметить три характерные зоны:

– зона А – с минимальной интенсивностью износа соответствующей режиму $0{,}75 < Q/Q_{опт} < 1{,}15$ (где, Q - водоподача насоса по каталогу; $Q_{опт}$- опытная водоподача насоса);

– зоны Б и В с резким увеличением величины износа соответствующие режимам $Q<0{,}75Q_{опт}$ и $Q>1{,}15\ Q_{опт}$.

Наименьшая величина износа ΔG/Q, отнесенная к подачи насоса, соответствует режиму $0{,}9<Q/Q_{опт}<1{,}15$. Увеличение и уменьшение подачи от вышеуказанных пределов приводит к вихреобразованию на рабочей или тыльной поверхности лопастей, что способствуют усилению их износа.

На рис. 4 приведена представленная в работе [2, 4] зависимость интенсивности изнашивания лопастей рабочего колеса центробежного насоса 4К-8 (n_0=2900 об/мин). Сопоставляя кривые на рис. 3 и рис. 4 для насосов 3К-6 и 4К-8 следует отметить, что форма и характер зависимостей приблизительно соответствует друг-другу, но режим работы с минимальной интенсивностью износа для насоса 4К-8 соответствует $0{,}7<Q/Q_{опт}<1{,}15$, а для насоса 3К-6 - $0{,}8<Q/Q_{опт}<1{,}10$. Значит, центробежные насосы с меньшей быстроходностью (n_s=60<80) имеют более узкий режим ограничения с точки зрения минимальной интенсивности износа рабочего колеса.



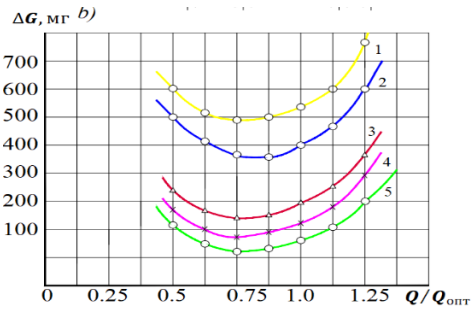


Рис. 3. Интенсивность изнашивания лопастей рабочего колеса от режима работы центробежного насоса 3К-6 (n_o=2900 об/мин): а - характеристика насоса, б – износ лопастей из различных материалов; 1-силумин, 2-ферромарганец с эпоксидной смолой, 3-сталь (Ст.№3) 4-монокорунд с эпоксидной смолой, 5-карбид кремний с эпоксидной смолой

Анализ изношенных поверхностей показывает, что на длине ℓ/3 концевой части рабочей поверхности лопасти наблюдаются заметные следы износа, которые увеличиваются по толщине к выходной кромке ее за счет повышения местной концентрации наносов вследствие сепарации и сближения твердых частиц к поверхности лопасти в межлопастном канале рабочего колеса.

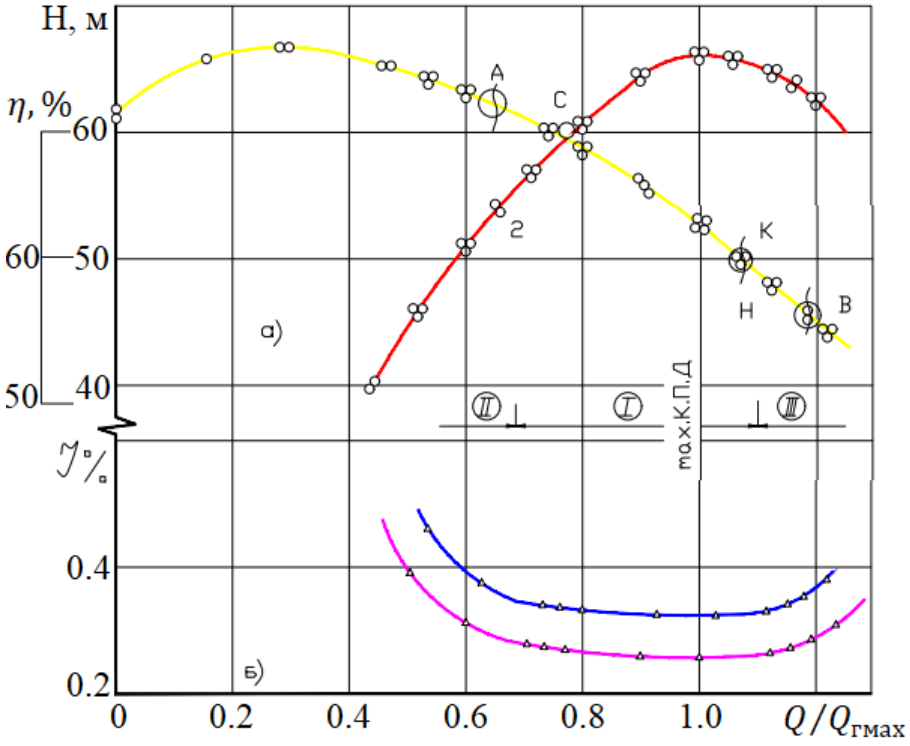


Рис. 4. Влияние режима работы на интенсивность гидроабразивного износа рабочего колеса центробежного насоса 4К-8 (n_o=2900 об/мин): а - характеристика насоса, б – износ лопастей.

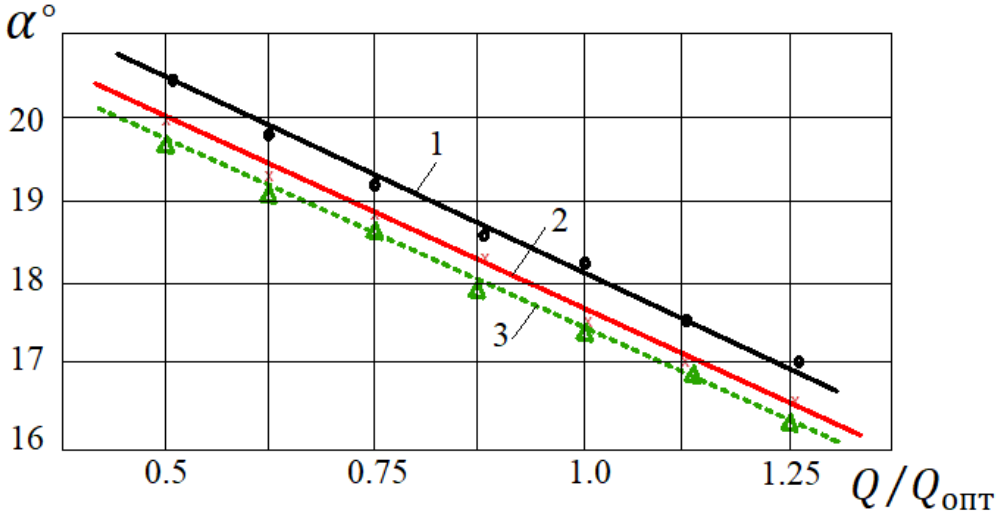


Рис. 5. Влияние режима работы центробежного насоса на взаимодействия α твердой частицы с поверхностью лопасти: 1-3 соответственно для средней и концевой части лопасти, 2-для радиуса $R = 0{,}75 \cdot R2$

Для определения угла взаимодействия твердых частиц α с поверхностью лопасти проводились специальные опыты с установкой алюминиевых шариков диаметром 6 мм на рабочей поверхности лопасти. Опыты, проведенные при различных режимах работы, показали (рис. 5), что угол, α взаимодействия твердых частиц с поверхностью лопасти центробежного насоса находится в пределах α=16˚…21˚, который близко к соответствующему углу α для осевых насосов (где α - угол взаимодействия твердых частиц с поверхностью детали насосов) [3, 12].

Выводы и рекомендации

1. Проведенные исследования центробежного насоса позволили выявить режим работы с минимальной интенсивностью износа деталей.

2. Испытания центробежного насоса показали, что уменьшение кавитационного запаса до некоторой величины способствует снижению интенсивности кавитационно-абразивного износа по сравнению с гидроабразивным износом.

3. Экспериментальные исследования дают возможность разработать конструктивные мероприятия по защите и рекомендации по методике расчета элементов уплотняющих и щелевых зазоров рабочих колес центробежного насоса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базаров, Д.Р., Уралов, Б.Р., Хидиров, С. Влияние шероховатости и формы живого сечения машинных и деривационных каналов на потери напора при безнапорном движении жидкости. Монография, НИУ «ТИИИМСХ», Ташкент, 2022. – с. 187.

2. Мамажонов, М., Уралов, Б., Турсунов, Х. Изменение водоподачи насосов // Сельское хозяйство Узбекистана. – 2005. – № 1. – С. 28-29.

3. Улугходжаев, К.Х. Изнашивание осевых насосов. – Ташкент: Мехнат. 1989. – с. 136.

4. Karelin V.Y., Novoderezkin R.A., Coj V., Mamajonov M. Cavitation Erosion in Centrifugal Pumps // Conference Hydro-Turbo -76. Brno 1976. Pp. 1-12.

5. Животовский, Л.С.,Самойловская, Л.А. Техническая механика гидросмесей и грунтовые насосы. – М.: Машиностроение. 1986. – 283 с.

6. Леонидов, Л.Д. Предварительные результаты промышленных испытаний грунтовых насосов в абразивном исполнении. // Цветные металлы. – 1987. – № 6. – С. 26-28.

7. Богачев, И.Н. и др. Гидроабразивная стойкость хромомарганцевых сталей. // Энергомашиностроение. – 1987. – № 7. – С. 75-79.

8. Стрелец, И.В. Исследование пульсации гидродинамического давления в блоках насосной станции с вертикальными агрегатами: Автореферат диссертации канд. техн. наук. – Л.: ЛПИ. – 1982. – 23 с.

9. Цой, В.А. Режимы работы центробежных насосов гидроэнергетических установок при кавитационно-абразивном износе: Автореферат диссертации канд. техн. наук. – М.: МИСИ. 1977. – 18 с.

10. Shaazizov F., Uralov B., Shukurov E., Nasrulin A. Development of the computerized decision-making support system for the prevention and revealing of dangerous zones of flooding. E3S Web of Conferences 97, 05040 (2019), FORM-2019, doi.org/10.1051/e3sconf/20199705038.

11. Mamajonov M., Bazarov D.R., Uralov B.R., Djumabaeva G.U., Rahmatov N. The impact of hydro-wear parts of pumps for operational efficiency of the pumping station. Journal of Physics: Conference Sereis. J.Phys.: Conf.ser. 1425 (2020) 012123. doi:10.1088/1742-6596/1425/1/012123.

12. Mamajanov M., Uralov B., Marina Li, Qalqonov E., Nurmatov P., and Gayur A. Irrigation pumping stations according to the hydraulic and operational indicators of pumping units. E3S Web of Conferences, open access proceedings in environment, energy and earth sciences 264, 03074 (2021) doi.org/10.1051/e3sconf/202126403074.

Материал поступил в редакцию 25.12.23

ABOUT HYDRAULIC ABRASION PROBLEMS IMPELLER OF CENTRIFUGAL AND AXIAL PUMPS

B.R. Uralov[1], G. Khakimova[2], Zh.S. Kayumov[3], S.H. Nishanova[4], D.B. Arzieva[5], A. Durmanov[6]

[1] Professor, [2, 3] Associate Professor, [4] Senior Instructor, [5] Assistants,

[6] Associate Professor of Corporate Economics and Management

[1-5] National Research University

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Uzbekistan

[6] Tashkent State University of Economics, Uzbekistan

Abstract. *The results of experiments to study the nature of changes in the concentration and dispersion of suspended solids showed that the highest average monthly sediment concentration is 2.5.. 3.8 kg/m^3, and sometimes in rainy weather the maximum turbidity of water reaches 7 kg/m^3. In the composition of solid mechanical impurities, particles with a grain size of 0.1-0.05 mm are a significant amount. Observations have found that particles larger than 0.01 mm in size with a slight flow rate in the supply channel and the water intake chamber of the pump station were easily deposited in them. Siltation volumes at various stations ranged from 20 to 60%. As a result, the hydraulic resistance increased, which led to a decrease in the head of the pumps. The wear of parts of centrifugal pumps in full-scale conditions was also studied, the dependence of wear on the characteristic dimensions and the duration of their operation is given. The micro-meter results of the pump parts showed that the impeller blades wear unevenly in length and width, both in size and shape. This is due to the fact that when the hydroabrasive flow moves in the interblade space, the kinetic energy of the solid particles and their local concentration increase due to the increase in the values of the centrifugal and Coriolis forces along the radius of the impeller.*

Keywords: *hydraulic processes, centrifugal pumps, hydraulic abrasive flow, hydraulic abrasive wear, solid particles, impellers.*