

УДК 621.652.001.24

В.И. МИСЮРА¹, Н.М. КУЛЕШИН²¹Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск, Украина²Запорожский индустриальный институт, Запорожье, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ДИСКОВЫХ НАСОСОВ

Выполнено экспериментальное исследование влияния различных параметров на износ дисковых насосов. Установлено, что при работе на гидроабразивной смеси они изнашиваются меньше, чем лопастные насосы.

колесо, диски, гидроабразивная смесь

Введение

Вопрос изнашивания проточной части гидравлических нагнетателей (насосов, вентиляторов, компрессоров) при их работе на абразивосодержащих средах постоянно занимает умы инженеров-эксплуатационников, так как износ снижает КПД и требует значительных затрат труда и материалов на

В технике под гидроабразивным износом понимают изменение формы и размеров проточной части в результате механического воздействия твердых частиц находящихся в жидкости. Обычно износ характеризуют уменьшением объема и веса конструкции или глубиной и площадью поврежденной поверхности.

При соударении твердых частей с поверхностью прочной части происходит преобразование кинетической энергии движущейся частицы в работу деформации материала обтекаемой поверхности, в результате чего частицы поверхностного слоя могут отделяться от основной массы детали. Кроме того, разупрочняющее действие оказывает также среда, особенно если она является агрессивной по отношению к материалу поверхности. Особенно на износ влияет угол соударения α абразивных частей с поверхностью материала. Отмечается, что касательная составляющая ударного импульса вызывает разрушение материала путем среза лишь при значениях $\operatorname{ctg} \alpha$ больших, чем коэффициент трения абразивной

частицы по поверхности. При $\alpha = 90^\circ$ происходит хрупкое, усталостное и полидеформационное разрушение микрообъемов поверхностного слоя [1]. Уменьшить износ за счет применения металлов с большей твердостью экономически нецелесообразно. Так, экспериментальные исследования износа рабочих колес центробежных компрессоров, изготовленных из наиболее применяемых сталей (ст.3, ст.45, 30ХГСА, 34ХНЗМ, 14ХГМР, 12Х18Н10Т) показали, что при различных абразивных материалах их износостойкость отличается всего на 20 – 30%.

Для уменьшения износа часто поверхности защищают путем нанесения покрытия из нейлона, резины, пластмассы. Однако, применение их при ремонтных работах затруднено из-за сложной технологии нанесения. Методы изготовления резинометаллических деталей требуют дорогостоящего оборудования, применения которого целесообразно только при серийном производстве.

Исходя из сказанного, представляет интерес разработка такого конструктивного исполнения рабочих колес гидромашин, чтобы угол соударения абразивных частей с поверхностью проточной части был минимален. Такими качествами обладают дисковые гидромашинные трения.

Для исследования износа дисковых насосов нами использовалась та же промышленная технологиче-

ская линия, что и при исследовании лопастных насосов [5].

1. Результаты экспериментальных исследований

Испытания дисковых насосов в течении того же промежутка времени, что и лопастных показали, что поверхность дисков изнашивается равномерно по всему диаметру колеса, но очень незначительно – до 0,1 мм. Лишь у периферии дисков износ интенсивнее, что объясняется более высокими скоростями движения твердых частиц в этой зоне. Наибольшему износу подверглись дистанционные цилиндрические втулки, установленные между дисками для обеспечения необходимого меж дискового зазора (рис. 1, б). Износ их массы достигал 30% при общей массовой доле износа дискового колеса в 1%.

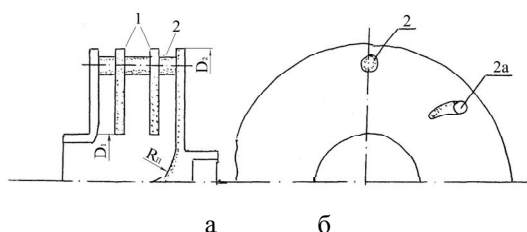


Рис. 1. Характер износа дискового колеса:
(1 – диски, 2 – дистанционная втулка,
2а – профилированная дистанционная втулка)

Для уменьшения износа втулок в ряде испытанных моделей дискового колеса они были выполнены профилированными с кривизной, соответствующей направлению относительной скорости частиц в зазоре – это уменьшило их износ до 10...15%, а общую массовую долю износа насоса до 0,5%. Лопастные насосы за тот же промежуток времени (850 часов) и при тех же оборотах изнашивались на $\approx 2,7\%$ и стали непригодными для дальнейшей эксплуатации. Дисковые же насосы проработали еще 2000 часов. Экспериментальные исследования серии опытных дисковых колес с различными радиусами поворота потока в меридиональном сечении (рис. 1, а) подтвердили влияние радиуса поворота на характер и

интенсивность изнашивания. Из рис. 2 видно, что относительный износ $\Delta m/M_k$ (где Δm – величина износа в кг, M_k – первоначальная масса колеса) с увеличением радиуса поворота заметно снижается до $R_n/D_1 \approx 0,5$, в дальнейшем оставаясь практически неизменным.

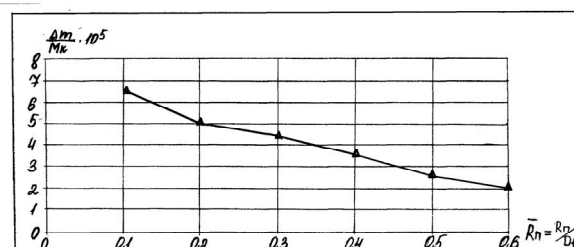


Рис. 2. Влияние радиуса поворота
на износ дискового колеса

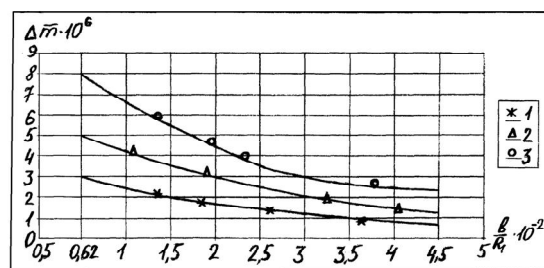


Рис. 3. Зависимость износа
от величины дискового зазора:
1 – $\omega = 180$ 1/с; 2 – $\omega = 270$ 1/с; 3 – $\omega = 350$ 1/с

На рис. 3 показано, как влияет величина меж дискового зазора на относительный массовый износ рабочего дискового колеса $\bar{\Delta m} = \frac{\Delta m}{M}$, где M – суммарный расход гидросмеси. Насос имел диаметр входа $D_1 = 0,18$ м, выхода – $D_2 = 0,5$ м при неизменной ширине колеса B_0 . Расход жидкости был постоянен и равен $Q = 100$ м³/ч, частота вращения была переменной. Массовая концентрация равнялась $C = 0,4$, плотность гидросмеси $\rho_r = 1530$ кг/м³, плотность твердых включений $\rho_p = 4600$ кг/м³, крупность частиц $d_p \leq 0,5$ мм. Видно, что увеличение ширины междискового зазора (аналогично уменьшению толщины дисков) ведет к снижению износа – это объясняется уменьшением относительной скорости в зазоре. Износ тем больше, чем выше частота вращения колес. Причем, зависимость изно-

са от ω является квадратичной: увеличение ω в N раз ведет к росту износа в N^2 раз. Это явление также объяснимо увеличением скорости частиц в зазоре при повышении ω .

Наши опыты проводились при изменении концентрации гидросмеси в пределах $C = 0,1 \dots 0,7$. Обработка результатов показала, что износ растет медленнее, чем увеличивается концентрация. (рис. 4). Это объяснимо эффектом экранирования поверхности дисков слоем частиц, прилегающих к поверхности.

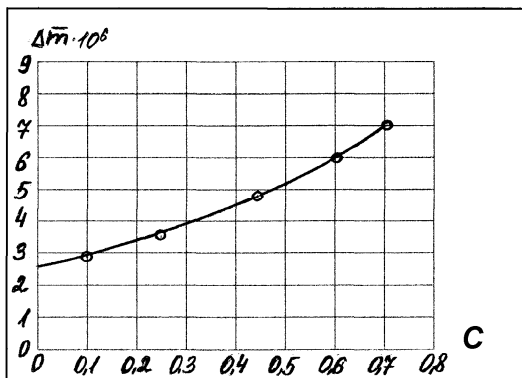


Рис. 4. Влияние концентрации частиц на износ:
 $Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$; $\omega = 270 \text{ 1/с}$

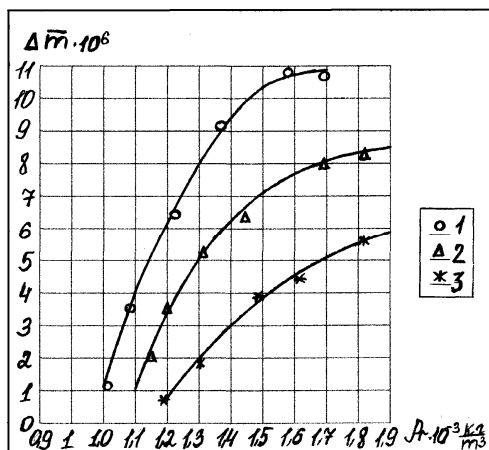


Рис. 5. Влияние плотности гидросмеси на износ:
 $C = 0,4$; 1 – $\omega = 300 \text{ 1/с}$; 3 – $\omega = 100 \text{ 1/с}$; $d_p < 0,5 \text{ мм}$

На рис. 5 показано, как влияет плотность абразивной гидросмеси ρ_2 на износ дисков изготовленных из сплава И4Х28Н2Л. Видно, что с увеличением

ем ρ_2 износ растет при любой частоте вращения рабочего колеса насоса. Причем, этот рост наиболее интенсивен до значений $\rho_2 \leq 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Объяснить это можно тем, что рост плотности гидросмеси обусловлен увеличением плотности твердых частиц, а тяжелые частицы в большей мере отстают от потока и их скорость относительно поверхности дисков уменьшается.

В процессе экспериментов также установлено, что с увеличением размеров частиц износ возрастает. Причем, с увеличением частоты вращения колеса интенсивность износа больше (рис. 6). Из графика можно заметить, что износ быстро растет до определенного диаметра частиц, а затем изнашивание замедляется. Это объяснимо тем, что крупные частицы имеют большее лобовое сопротивление, и их скорость относительно поверхности дисков уменьшается.

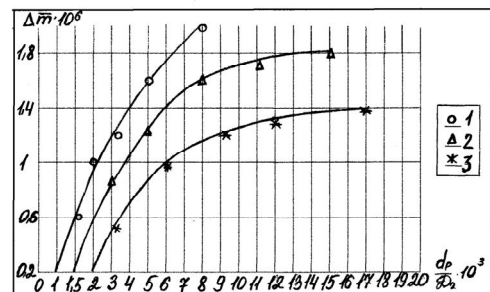


Рис. 6. Влияние размеров частиц на износ дисков:
 $C = 0,4$; 1 – $\omega = 250 \text{ 1/с}$; 2 – $\omega = 150 \text{ 1/с}$;
3 – $\omega = 100 \text{ 1/с}$; $\rho_T = 4600 \text{ кг/м}^3$

Зависимость износа от материала поверхности исследовалась путем испытания трех насосов: в первом насосе диски были изготовлены из стали ст.3, во втором – из сплава И4Х28Н2Л, в третьем насосе стальные диски были вулканизированы резиной.

Все колеса испытывались в одном и том же корпусе. Наибольше изнашивались диски из ст. 3: через 50 часов работы наиболее изношенным оказался

ведущий диск; за дистанционными втулками на выходе отмечен сквозной износ – каверна имела полукольцевой вид.

Сами втулки были изношены на 10% по объему каждая. Колесо из сплава повышенной твердости И4Х28Н2Л проработало ~ 800 часов – следов износа практически не было. Износились только дистанционные втулки – на те же 10%.

У дисков с вулканизированной поверхностью после 800 часов работы износ выглядел в виде кольцевой полосы на выходе, занимающей $\approx 13\%$ радиуса. Это можно объяснить более высокой скоростью двухфазного потока у периферии дисков, а также сепарацией мелких и твердых частиц к выходу из колеса – резина подвергалась большему воздействию мелкой фракции смеси (более крупные частицы отскакивали).

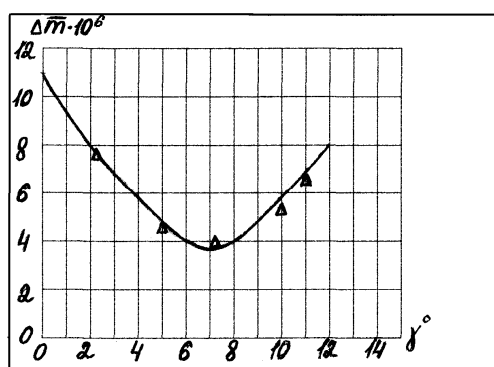


Рис. 7. Влияние конусности дисков на износ:
 $D_1 = 0,18$ м; $D_2 = 0,5$ м; $i = 18$;
 $\epsilon = \delta = 2 \cdot 10^3$ м; $\omega = 300$ 1/с

Интересный результат был обнаружен при испытании насосов в течении 1150 часов с дисками конусообразной формы с углами конусности $\gamma = 0...15^\circ$ (рис. 7). Установлено существование оптимальной по изнашиванию формы дисков – при конусности $\gamma = 5...8^\circ$ износ был минимален, для колес с плоскими дисками – максимален. Такое явление можно объяснить следующим. При плоских дисках поток на входе резко делает поворот на 90° – при этом частицы по инерции движутся прямолинейно и подвер-

гают износу передние поверхности дисков и, особенно, задний диск. При конусных дисках поворот получается на меньший угол и частицы сталкиваются с поверхностью дисков под более острыми углами, что уменьшает износ. Но при дальнейшем увеличении конусности дисков частицы под действием центробежных сил прижимаются к внутренней поверхности конусов и износ увеличивается.

Выводы

На основании проведенных экспериментальных исследований влияния различных параметров на износ дисковых насосов установлено, что при работе на абразивной гидросмеси они изнашиваются значительно медленнее, чем традиционные центробежные лопастные.

Литература

1. Карелин В.Я. Износ лопастных гидравлических машин от кавитации насосов. – М.: Машиностроение, 1970. – 184 с.
2. Орахелашвили М.М. Износостойкость реактивных турбин. – М.: Госэнергоиздат, 1960. – 171 с.
3. Таненбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин. – М.: Машиностроение, 1966. – 135 с.
4. Рис В.Ф., Евдокимов В.Е., Сомов В.В. Основные результаты исследовательских работ и задач по изучению газоабразивного износа ЦКМ // Труды ЦКТИ. – 1987. – Вып. 7 – С. 5 – 13.
5. Мисюра В.И., Кулешин Н.М. Исследование влияния гидроабразивного износа проточной части на характеристики грунтовых центробежных насосов // Проблемы высокотемпературной техники. – Днепропетровск: ДГУ. – 1997. – С. 27 – 35.

Поступила в редакцию 20.05.2005

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Габринец, Днепропетровский региональный институт государственного управления, Днепропетровск.