

Механизм гидроабразивного износа ступеней нефтяных насосов



УДК

В.Г. ОСТРОВСКИЙ,
инженер-исследователь
ИТЦ ДИР,

М.О. ПЕРЕЛЬМАН,
директор департамента
внешнеэкономической
деятельности,

С.Н. ПЕЩЕРЕНКО,
д.ф.-м.н., начальник
инженерно-технического
центра ДИР
PSN@novomet.ru
ЗАО «Новомет-Пермь»

MECHANISM OF HYDRO-ABRASIVE WEAR OF OIL PUMPS' STAGES

V. OSTROVSKY, M. PERELMAN, S. PESHCHERENKO, «Novomet-Perm» CSC

Hypothesis of vortex influence on wear fastness of stage. There is proposed flow survey method and fastness assessment of hydro-abrasive wear.

Key words: «Novomet-Perm» CSC, oil pumps, mechanism of hydro-abrasive wear.

В настоящее время из-за широкого применения методов интенсификации добычи нефти, одной из наиболее важных проблем является гидроабразивный износ проточных каналов ступеней насоса. Повышенное содержание абразивных примесей при эксплуатации приводит к разрушению ступеней и появлению сквозных отверстий в корпусах насосов. Цифрами на рис. 1 и рис. 3 отмечены 6 основных зон разрушения ступени: 1 – замкнутая полость между нижним диском рабочего колеса и верхним диском направляющего аппарата, 2 – область поворота канала в направляющем аппарате, 3 – поворот канала в рабочем колесе, 4 – зона поворота потока на входе в каналы направляющего аппарата, 5 – область на верхнем диске рабочего колеса, в которой просходит поворот потока утечек, 6 – вогнутая сторона лопатки на-

правляющего аппарата. Нами была разработана методика [1] сравнительных испытаний ступеней погружных насосов, но открытым остается вопрос о механизме износа.

Известна модель гидроабразивного износа поверхности детали вихрями [2] (рис. 2), которые образуются в микронеровностях. Однако данная модель не объясняет расположение зон износа внутри ступеней погружных насосов.

Можно предположить, что причиной разрушения в зонах 2 – 6 на рис. является локальное повышение концентрации абразивных частиц в вихрях, возникающих при повороте потока. В зоне 1 механизм другой – накапливаются механические примеси, выпавшие из основного потока жидкости, где на них одновременно действует центробежная сила, прижимающая их к стенке направляющего аппарата,



Гипотеза о влиянии вихрей на скорость износа ступени. Предложен метод исследования потока и оценки скорости гидроабразивного износа.

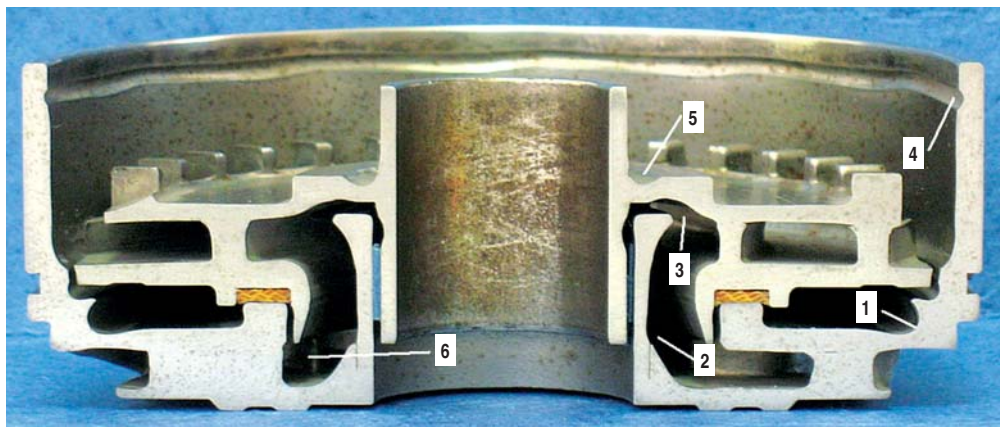


Рис. 1. Разрушение ступени ВНН5А-100 после абразивных испытаний

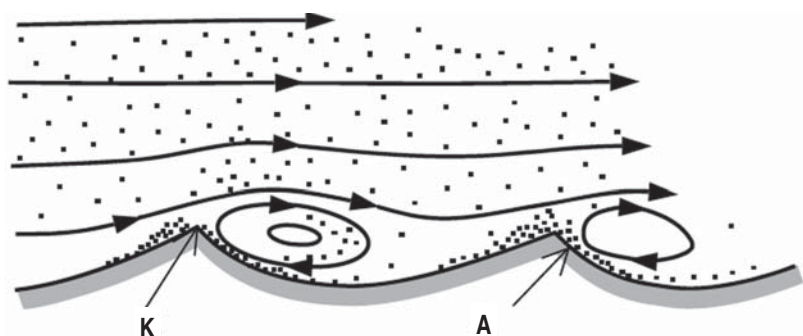


Рис. 2. Разрушение поверхности детали вихрями - основной износ в области А

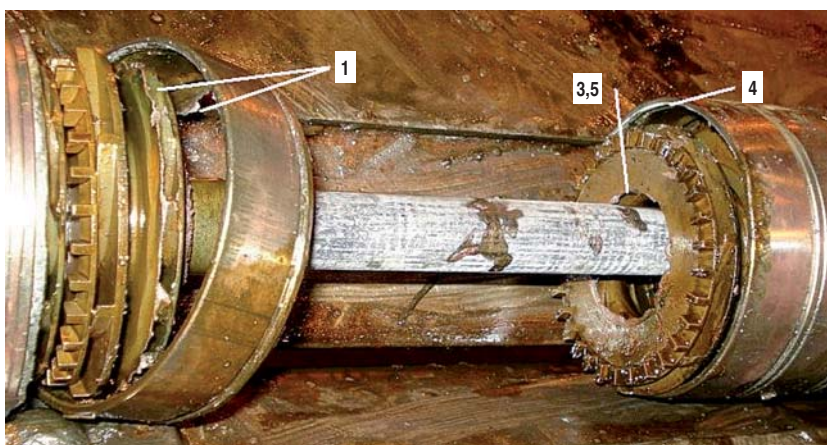


Рис. 3. Слева – разрушенный направляющий аппарат после эксплуатации в скважине, справа – разрушенное рабочее колесо

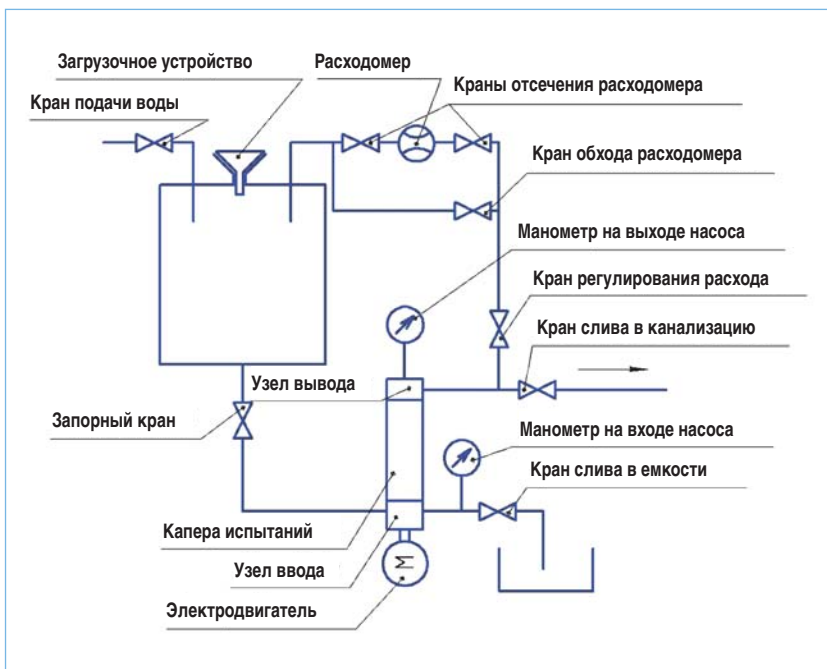


Рис. 4. Схема стенда для моделирования вихреобразования в проточной полости насоса

поток утечек через межступенчатое уплотнение, направленный к центру ступени, и движение жидкости, вызванное дисковым трением о нижний диск рабочего колеса.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающих сформулированную выше гипотезу о механизме разрушения

ступени. Также предлагается методика выявления таких зон на стадии проектирования ступени. Исследовались только зоны разрушения направляющего аппарата ступени (1, 2, 4, 6), так как отказы погружного насоса обусловлены преимущественно разрушением направляющих аппаратов.

Методика испытаний состояла в нанесении на поверхность проточных каналов тонкого слоя парафина, который сравнительно легко меняет форму под действием потока жидкости с абразивными частицами и принимает форму, отражающую движение жидкости в соответствующей зоне.

В качестве экспериментальных образцов были взяты ступени нефтяного центробежного погружного насоса ВНН5-79, изготовленные из полиамида методом лазерного синтеза. Полиамидные детали после изготовления соответствующим методом получают достаточно пористыми, что позволяет пропитывать их парафином при температурах 100 – 120°C. После пропитки на поверхности деталей остается тонкий слой парафина. Из полиамидных деталей собирается насос и устанавливается на испытательный стенд [1] (рис. 4).

В начальный период времени производится приработка насоса при работе на чистой воде. Подача насоса устанавливалась в точке максимума КПД. На данном этапе изменений в поверхностном слое деталей не происходит.

После приработки производится постепенная загрузка частиц кварцевого песка размером 0,5 – 1 мм и твердостью 7,5 баллов по Моосу. Концентрация песка в растворе – 1% масс. Время работы насоса в абразивном растворе – не более 10 минут, после чего насос останавливается и разбирается.

Вихри с частицами примесей, воздействуя на слой парафина, образуют на его поверхности рельеф. На рис. 5 показаны зоны 1, 2 и 4 износа, в которых на поверхности детали сформировался устойчивый рельеф. По расположению и геометрии рельефа можно оценить размер вихрей. В зоне 1 (рис. 5) по окружности радиусом 32 мм расположены 87 гребней на

поверхности детали, расстояние между гребнями равно 2,3 мм.

В зонах поворота потока (2, 4, 6) расстояние между гребнями меньше, порядка 1 – 1,5 мм. Износ в зонах 2, 4, 6 протекает медленнее, чем в зоне 1, что косвенно свидетельствует о том, что увеличение размера вихрей ускоряет износ (рис. 5, 6).

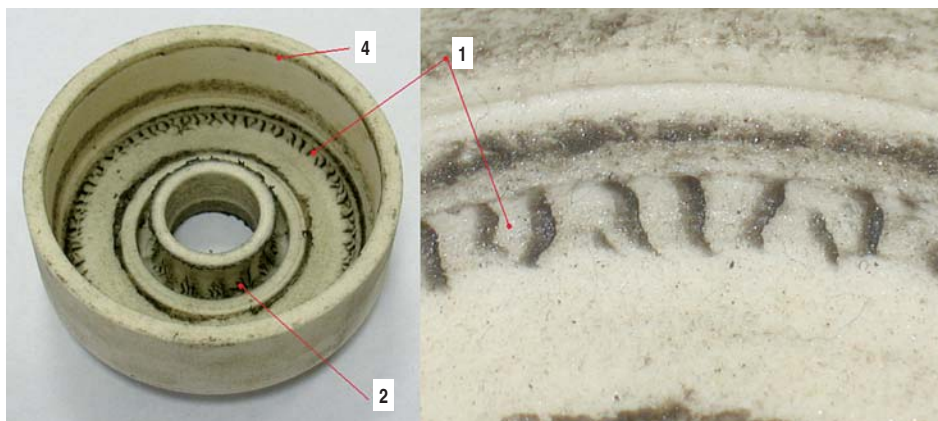


Рис. 5. Слева – общий вид направляющего аппарата после испытания, справа – крупный вид зоны интенсивного вихреобразования

Во всех зонах разрушения ступени в экспериментах наблюдали формирование вихрей, что подтверждает гипотезу о влиянии вихрей на скорость износа ступени. Предложенный метод исследования потока позволяет оценить количество и размер вихрей в проточных каналах насоса, и косвенно оценить скорость гидроабразивного износа отдельных зон ступени. Также можно экспериментально определить наличие зон отрыва потока в межлопастных каналах при работе насоса.

Литература

1. Островский В.Г., Пещеренко С.Н., Каплан А.Л. Методика моделирования гидроабразивного износа ступеней нефтяных насосов. // Горное оборудование и электромеханика. 2011. №12. С. 38 – 42.

2. Gulich J.F. Centrifugal Pumps, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, 964 с.

Ключевые слова: ЗАО «Новомет-Пермь», нефтяные насосы, механизм гидроабразивного износа



Рис. 6. Внутренние поверхности проточных каналов направляющего аппарата