

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ

Поветкин В.В., Керимжанова М.Ф., Бектибай Б.Ж., Татыбаев М.К., Лем В.П.

(Казахский национальный исследовательский технический университет

им. К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан)

Тел./8 (727) 292-69-19; E-mail: vv1940_povetkin@mail.ru

Abstract: *The article presents the results of analytical and experimental studies of vibration characteristics of the groundwater pumps. Pump vibration tests performed on a specially constructed laboratory test rig comprising a motor, pump and measuring system, consisting of instrumentation sensors.*

Key words: *soil pump, hydrowear, methods of vibration diagnostics, vibration impact tests.*

Грунтовые насосы, в которыми оснащены обогатительные фабрики, не удовлетворяет современным требованиям по показателям надежности, энергоемкости, возможности регулирования рабочих параметров. Ресурс работы отдельных деталей насоса - броневое диска, рабочего колеса, не превышает 20-25 суток работы, следовательно, исследования процессов механического и кавитационного износа, а также явления динамической вибрации изношенных деталей рабочего колеса, и, на их основе, разработка новой конструкции грунтовых насосов является актуальной задачей.

Грунтовые насосы для перекачивания абразивной гидросмеси применяются в напорных гидротранспортных системах для транспортирования руды, угля и шламов от забоя в руднике или шахте до обогатительной фабрики, руды от дробильно-сортировочной установки фабрики до флотационной установки; подачи руды, угля, шламов и хвостов в технологическом цикле обогатительной фабрики, хвостов от обогатительной фабрики до хвостохранилища для складирования, намыва дамб и плотин, и на гидрозакладку с подачей в выработанное пространство.

В процессе эксплуатации насоса происходит постепенное изнашивание деталей, в результате чего изменяются и эксплуатационные характеристики. Износ элементов проточной части насоса приводит к изменению характеристик насоса.

Имеется ряд научных исследований, посвященных вопросам эксплуатационной надежности центробежных грунтовых насосов, в которых проанализировано состояние систем гидротранспорта многих обогатительных фабрик на территории стран СНГ. Отмечается, что главной причиной отказов в работе гидротранспорта хвостов является недостаточная механическая надежность устройств, по причинам которой происходит до 79% отказов оборудования.

Наибольшему износу подвержены детали, имеющие соприкосновение с пульпой. Быстроизнашиваемые детали можно разделить на две группы: а) детали, износ которых влияет на характеристики насоса, рабочее колесо, детали уплотнения со стороны входа в колесо; б) детали, износ которых не влияет на характеристики: отвод, всасывающий патрубок, бронедиск со стороны ведущего диска колеса.

Наиболее интенсивному изнашиванию, при работе на гидросмесях с крупными твердыми включениями подвергаются входные участки лопасти, при практическом отсутствии изнашивания остальных участков рабочего колеса и уплотнений. Износ входных элементов лопасти сказывается на ухудшении всасывающей способности и снижения напора и мало влияет на мощность. При изнашивании входных участков лопасти входная кромка смещается на большие диаметры, что приводит к снижению допустимой высоты всасывания. Одновременно ухудшаются условия обтекания лопастей, в результате чего, кроме ухудшения кавитационных качеств, возникают дополнительные гидравлические потери в каналах, что приводит к снижению напора [1].

С износом насоса увеличиваются и механические потери. Вследствие увеличения протечек изменяется режим течения в области между колесом машины и корпусом, что может стать причиной значительного возрастания потерь на дисковое трение. Кроме того, неизбежная неравномерность износа колеса может вызвать нарушение баланса, что, в свою очередь, приводит к разрушению подшипников, одностороннему износу вала и вызывает интенсивные вибрации, снижающие механический к.п.д. насоса.

Гидроабразивная смесь является технологической средой при выполнении бурения скважин, при транспортировке минералов в горной, металлургической промышленности, при добыче полезных ископаемых.

Анализ исследований в области транспортировки гидроабразивных смесей позволяет сделать следующие выводы:

1) транспортировка гидроабразивных смесей вызывает интенсивный износ транспортирующих устройств (насосов) и трубопроводов;

2) для трубопроводов используются износостойкие покрытия рабочих органов и корпусов транспортирующих устройств, композиционные материалы, полиэтиленовые и пластиковые трубы и арматура, гуммированная износостойкая резина;

3) повышение ресурса транспортирующих устройств может быть достигнуто путем введения в состав смеси дополнительного количества воды, добавления минерального масла, добавления сжатого воздуха с помощью эжектора. Введение в состав гидроабразивной смеси дополнительного количества воды приводит к снижению производительности транспортировки. Добавление минерального масла удорожает процесс транспортировки. Добавление воздуха также существенно снижает производительность;

4) все перечисленные способы снижения износа являются низкоэффективными.

Для существенного снижения износа транспортирующих устройств гидроабразивных смесей предлагается применять принципиально новые подходы:

- создавать вибрационное воздействие на транспортирующее устройство;

- создавать вибрационное воздействие непосредственно на перемещаемую смесь.

Вибрационное воздействие на смесь вызывает существенное снижение вязкости смеси, нарушает связи между частицами смеси и резко снижает контактное взаимодействие частиц смеси с рабочими органами и корпусами транспортирующих устройств. В результате абразивный износ транспортирующих устройств снижается во много раз. Соответственно увеличивается ресурс транспортирующих устройств (насосов) [2].

Помимо вибрационного воздействия на перемещаемую смесь, следует снижать вибрационное воздействие массы самого насоса, вызываемое дисбалансом ротора (рабочего корпуса насоса), что приводит к интенсивному износу подшипников опор вала. Заслуживают внимания конструкции насосов, подвешенных на пружинных подвесках, что существенным образом снизит ударное воздействие твердых частиц на лопасть в момент выхода гидросмеси с лопаток колеса.

Проанализированы показатели надежности грунтовых насосов в период нормальной эксплуатации по данным горно-обогачительных комбинатов и установлен характер проявления дефектов, которые были систематизированы и сведены к трем основным видам неисправностей: дефекты крепления насосного агрегата; дефекты механической природы; дефекты гидродинамического происхождения.

Указанные дефекты сопровождаются увеличением вибрации насосных агрегатов, параметры которой характеризуют общее техническое состояние механической системы в соответствии с международным стандартом ISO 10816:1998(E). Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. За обобщающий параметр вибрации в стандарте принимается среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости.

С наработкой грунтового насоса, в системе гидротранспорта с заданными кинематическими характеристиками перекачиваемой пульпы, изменяется спектр вибраци-

онных параметров и постепенно возрастает амплитуда колебаний в радиальном и осевом направлениях и каждому моменту времени рабочего процесса грунтового насоса соответствуют свои значения вибрационных характеристик, т.е.

$$T = k_6 \bar{V}^n, \quad (1)$$

где k_6 - коэффициент пропорциональности, \bar{V} - среднеквадратическое значение виброскорости, мм/с.

Вибрация насосных агрегатов существенно возрастает с увеличением гидроабразивного износа, причем максимальные виброперемещения имеют место на опорных подшипниках в полосе частот от 8 – 12 Гц. Развитие вибрационных процессов непосредственно связано с потерей массы рабочего колеса грунтового насоса вследствие гидроабразивного износа.



а)



б)

Рис. 1. Лабораторный образец испытательной установки (а) и измерительная (б) система установки

Таким образом, для оценки общего технического состояния по средне- квадратическому значению виброскорости, проведения углубленного анализа технического состояния оборудования, определения причин роста вибрации, установления дефектов насосных агрегатов и их устранения необходимо применять методы вибродиагностики, что позволит повысить надежность эксплуатации насосных агрегатов.

Собран лабораторный образец испытательной установки, на котором проводятся испытания виброхарактеристик работы грунтового насоса в лабораторных условиях. Стенд состоит из двигателя 2, центробежного грунтового насоса 1, подводного и отводного патрубков 4,5 и бака 3 (рис. 1а).

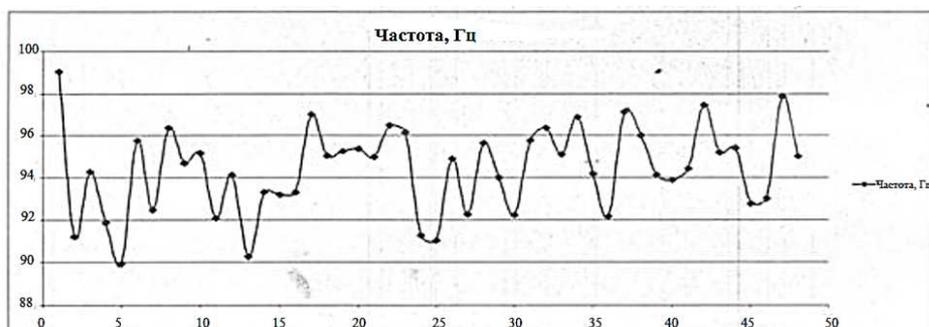
Вибрация насосных агрегатов существенно возрастает с увеличением гидроабразивного износа, причем максимальные виброперемещения имеют место на опорных подшипниках в полосе частот от 8 – 12 Гц. Развитие вибрационных процессов непосредственно связано с потерей массы рабочего колеса грунтового насоса вследствие гидроабразивного износа.

Установка с измерительной системой, представленная на рисунке 1б, включает систему датчиков, измерительные средства.

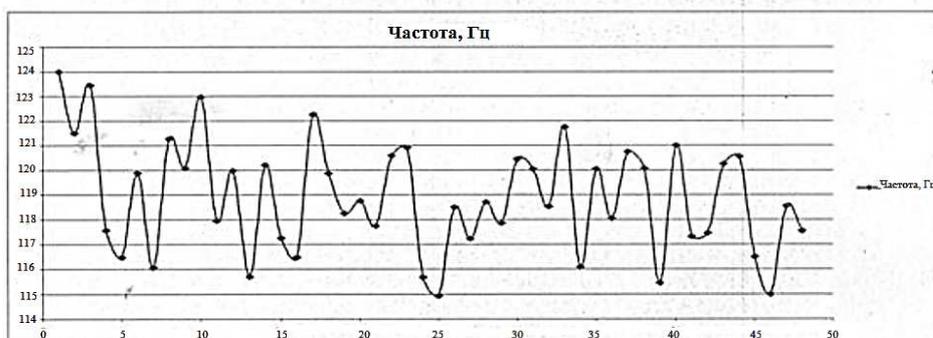
При испытаниях лабораторного образца грунтового насоса придерживались следующих принципов:

Совокупность вибрационных процессов всей конструкции насоса оценива-

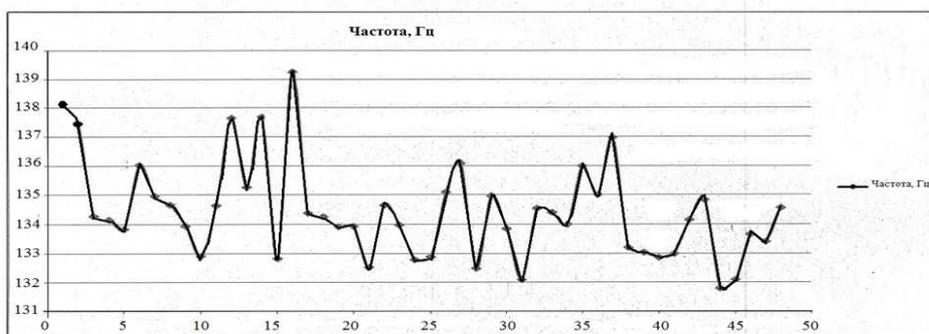
ют при размещении преобразователя (например, преобразователя виброперемещения, виброскорости или виброускорения) в определённой точке насоса, или на механической части измерительного стенда, который механически соединён с деталями насоса. Накопленные данные анализируют для нахождения одного или более параметров, которые используют для характеристики вибрации. По этим данным можно судить о качестве изготовления насоса и о его состоянии.



а) при частоте 16 Гц



б) при частоте 125 Гц



в) при частоте 1000 Гц

Рис. 2. Вибрации насосной установки при различных частотах

Результаты измерения вибрации на одном из режимов работы грунтового насоса приведены на рисунке 2.

По полученным результатам графиков изменения виброскорости по осям X, Y, Z четко видны тенденции роста виброскорости по каждой оси, что показывает возможность применения вибрации для перемешивания пульпы в процессе перекачивания для изменения направления угла соударения твердых частиц пульпы о рабочую поверхность колеса и защитного диска.

Список литературы. 1. Лем В.П. Механизм кавитационной эрозии в центробежных насосах //Международная конференция. Форсированное индустриально-инновационное развитие в металлургии. – Алматы: КазНТУ, 2010. – С. 185-189. **2.** Иванов К.С. Адаптивные вибрационные приводы в авиационной технике // Гражданская авиация: XXI век: сборник материалов I Международной молодежной научной конференции. – Ульяновск: УВАУ, 2009. – С. 35-37.