



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.65

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОПАРАМЕТРОВ СТУПЕНЕЙ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ

¹Карипова В.Н., Цечоев А.Х.

ФГБОУ ВО «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», Тюмень, Россия (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: ¹Vi.Karip@bk.ru

Вибрация возникает в насосах вследствие плохого качества производства и сборки узлов, неправильной эксплуатации или внешних условий. Вредное воздействие вибрации выражается в снижении надёжности и долговечности насосов, внеплановых ремонтах, создании аварийных ситуаций и нарушении технологического режима. Анализ вибрационных характеристик является важным инструментом для оценки технического состояния и обеспечения надежной работы насосных агрегатов.

Ключевые слова: Исследование, анализ, испытание, погружной центробежный насос, вибрация, испытательный стенд, виброускорение.

INVESTIGATION OF VIBRATION PARAMETERS OF STAGES OF SUBMERSIBLE CENTRIFUGAL ELECTRIC PUMPS

¹Karipova V.N., Tsechoev A.Kh.

TYUMEN INDUSTRIAL UNIVERSITY, Tyumen, Russia (625000, Tyumen, Volodarsky str., 38), e-mail: ¹Vi.Karip@bk.ru

Vibration occurs in pumps due to poor quality of production and assembly of components, improper operation or external conditions. The harmful effects of vibration are expressed in a decrease in the reliability and durability of pumps, unscheduled repairs, the creation of emergency situations and violation of the technological regime. Vibration analysis is an important tool for assessing the technical condition and ensuring reliable operation of pumping units.

Keywords: Research, analysis, testing, submersible centrifugal pump, vibration, test bench, vibration acceleration.

Погружные электроцентробежные насосные системы представляют собой важное оборудование для откачки пластовой жидкости из скважин. Погружные системы, в основе которых лежат электроцентробежные насосы, состоят из ряда ступеней, соединенных последовательно в одном корпусе.

Одним из ключевых факторов, влияющих на работоспособность и долговечность этих систем, является качество производства и сборки их компонентов. Когда узлы УЭЦН изготавливаются и собираются с высоким качеством, создаются надежные условия для эксплуатации оборудования. Это в свою очередь позволяет увеличить межремонтный период и снизить затраты на ремонт. Важную роль также играют технологии производства деталей и используемые материалы. Они должны быть подобраны с учетом особенностей работы насосных систем и обеспечивать высокую надежность и долговечность оборудования. При эксплуатации установок электроприводных центробежных насосов ремонты становятся

неизбежной необходимостью. Поэтому качество ремонта также играет важную роль в эффективности и надежности работы оборудования.

Одним из ключевых инструментов для оценки технического состояния и обеспечения надежной работы насосных агрегатов является анализ вибрационных характеристик.

Для проведения такого анализа используются специальные приборы виброанализаторы, которые собирают данные о вибрации в режиме реального времени. Эти данные затем обрабатываются с помощью передового программного обеспечения, которое позволяет интерпретировать информацию о вибрации и получить ценные выводы о текущем состоянии оборудования. Этот комплексный подход позволяет разработать стратегии обслуживания и предотвратить потенциальные отказы системы.

Целью обширного исследования было оценить сложную взаимосвязь между качеством производства, точностью сборки и условиями эксплуатации, влияющими на вибрационные характеристики насосных агрегатов. Это исследование было проведено на специализированном лабораторном испытательном стенде [1].

На испытательном стенде использовался замкнутый гидравлический контур с пресной водой в качестве рабочей жидкости. Такая установка позволяет проводить испытания на различных режимах работы и контролировать не только гидравлические и энергетические показатели, но и вибрацию.

Лабораторная установка, представленная на рисунке 1, состоит из ёмкости 1. Измерительный бак 3 и задвижка установлены над ёмкостью. Насос 7 связан с напорным трубопроводом 4 через гибкий шланг и дроссельное устройство, которое регулирует расход жидкости. Патрубок 14 – соединяет всасывающий трубопровод с приёмной частью насоса. Полуоси 10 крепят приёмную часть (цилиндрический корпус 8) на вертикальной стойке 11. Входной модуль 13 типа MB5A располагается внутри приемной части. Нижняя часть корпуса закреплена электродвигателем 12. В данном эксперименте использовались осевые ступени погружного центробежного электрического насоса ЭЦН5 – 80 [2]. Использование лабораторной установки позволяет проводить тестирование насосов в различных условиях эксплуатации. Это особенно важно для определения оптимальных режимов работы и повышения эффективности насосов.

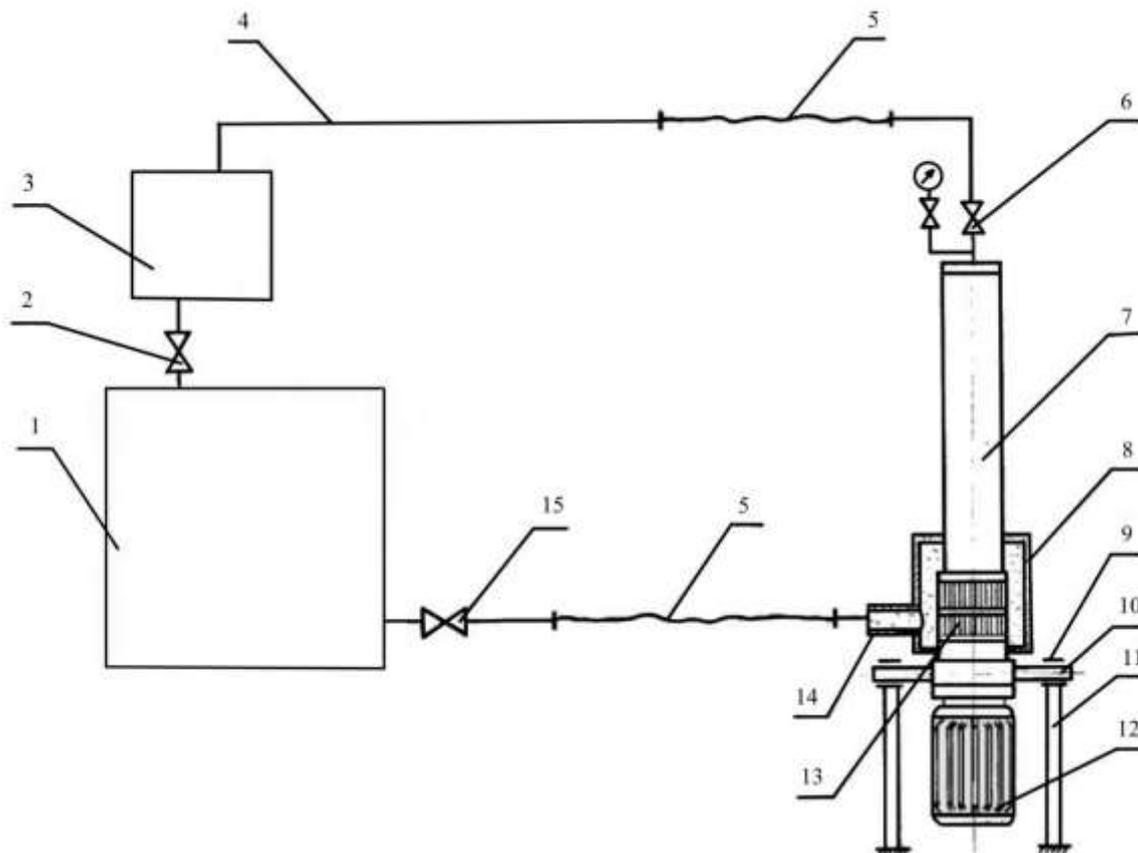


Рисунок 1 – Схема испытательного стенда

В рамках данного исследования были использованы различные измерительные приборы для измерения различных параметров насосного агрегата. Кроме измерения напряжения сети, тока и мощности электродвигателя, а также подачи насоса, частоты вращения вала насоса и температуры жидкости в системе, особое внимание уделялось измерению вибрации. Для измерения вибрации использовался специальный измерительный прибор ВШВ-003, оснащенный широкополосными вибропреобразователями типа ДН-4. Эти преобразователи обеспечивают точные показания вибрации. Результаты измерений записывались с помощью высокоскоростного автоматического записывающего аппарата модели Н338, который выводил данные на бумажную ленту.

Исследование началось с изучения влияния различных узлов на параметры вибрации при вертикальном расположении насосного агрегата и его компонентов. Главной целью было определить общий уровень и спектральный состав вибраций. Виброускорение насосного агрегата рассматривалось в качестве основного параметра измерения. Для получения точных данных о вибрации, датчики были размещены на электродвигателе в определенном порядке. Местоположения датчиков были выбраны на основе областей, где наблюдались наибольшие значения виброускорения. Во время эксперимента датчики были надежно прикреплены к объекту с помощью резьбы, что обеспечивает максимальную чувствительность на всех частотах.

Исследование насосного агрегата включало несколько этапов, чтобы более полно изучить его характеристики. Вначале были оценены вибрационные характеристики агрегата в условиях без нагрузки, а затем при работе с водой.

Испытание электродвигателя на холостом ходу и в вертикальном положении. Таким образом, данное исследование позволило получить информацию о влиянии различных узлов на вибрационные характеристики насосного агрегата. Эти испытания предоставили информацию об общем уровне вибрации (Рисунок 2), а также о приблизительном спектральном составе виброускорений в разных направлениях на стандартных частотах октавных фильтров (Рисунок 3 и 4).

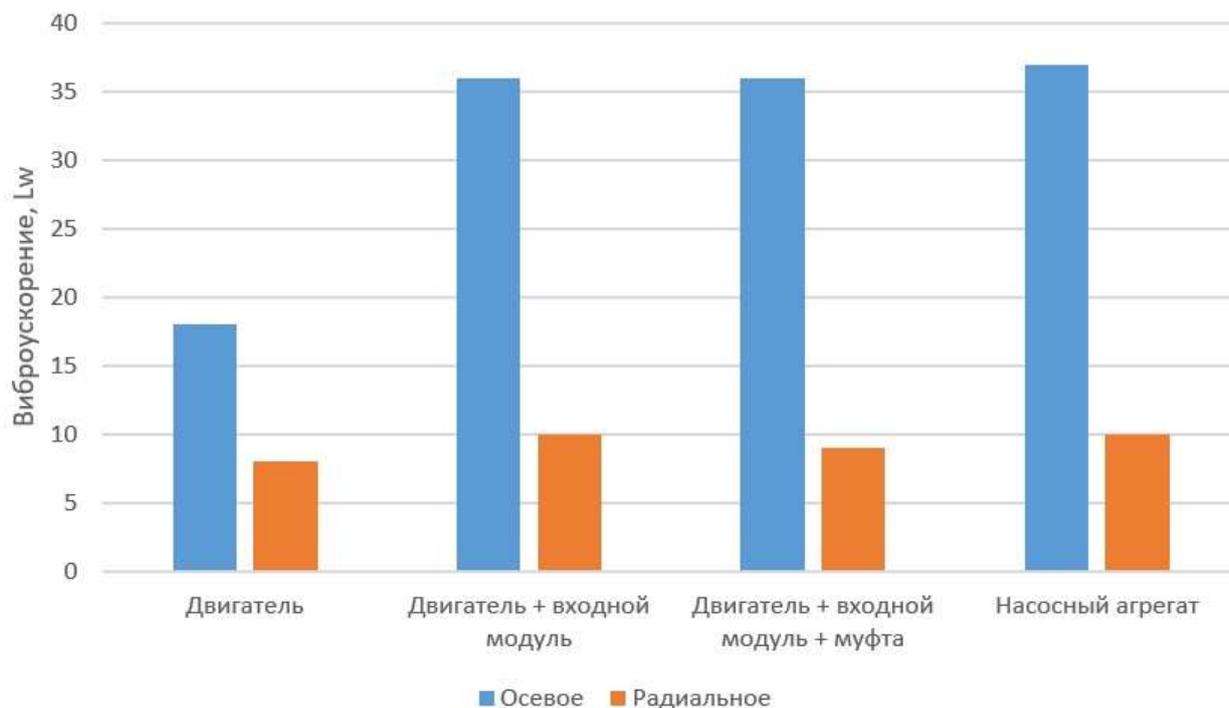


Рисунок 2 – Радиальное виброускорение насосного агрегата по общему уровню

Для оценки работы насосного агрегата в различных условиях проведены испытания электродвигателя в совместной работе с входным модулем насоса и испытания узла, включающего электродвигатель, входной модуль и муфту насоса. Кроме того, насосный агрегат был протестирован без жидкости (на воздухе). Для проведения этих испытаний была собрана насосная секция, используя новые серийные детали и узлы, которые не подвергались износу.

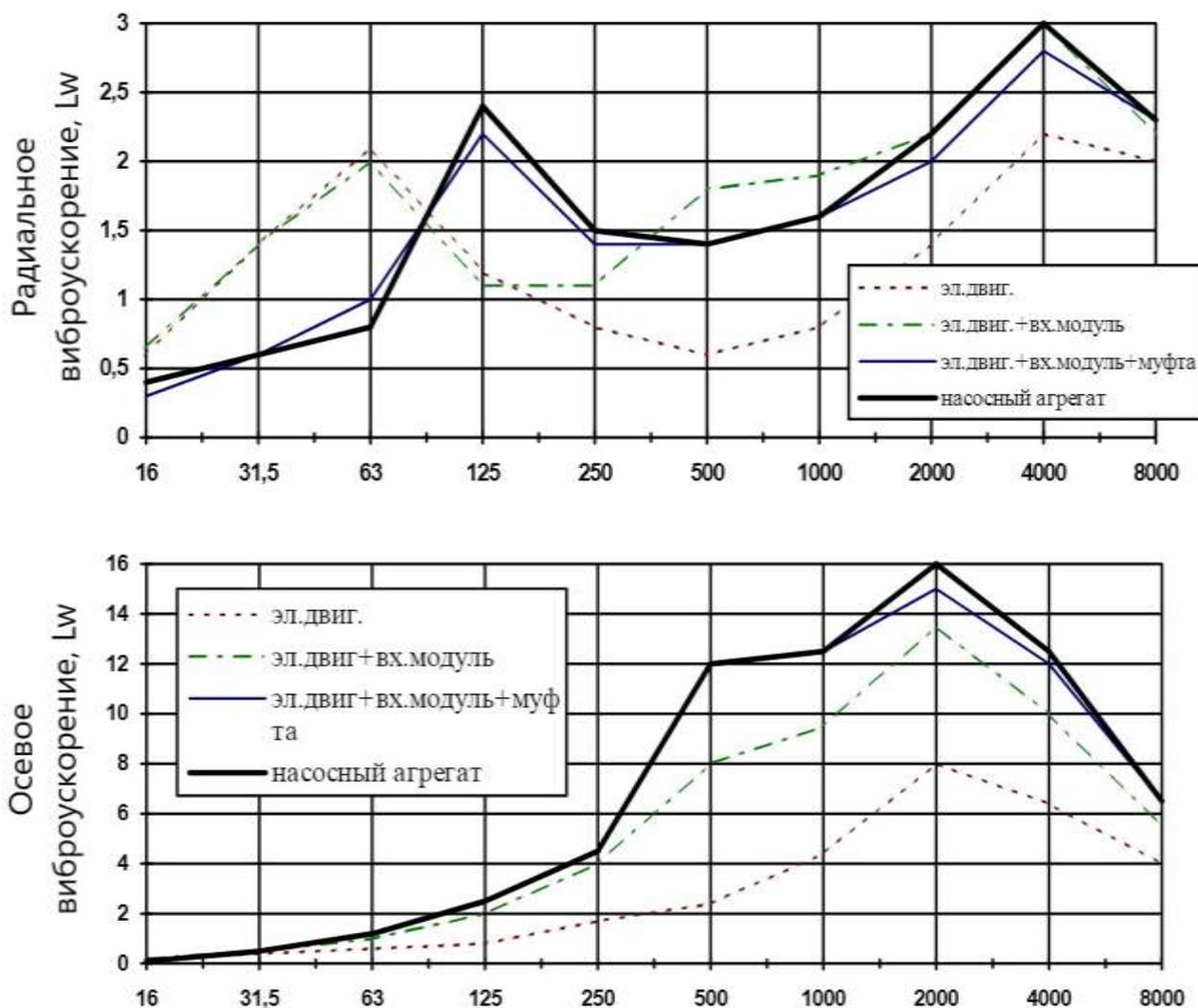


Рисунок 3 – Радиальное и осевое виброускорение насосного агрегата на частотах октавных фильтров

В ходе заключительных испытаний были измерены гидравлические характеристики, энергетические и вибропараметры. Эти данные позволили определить рабочую характеристику агрегата и его вибрационные характеристики.

Выводы. В ходе эксперимента были получены интересные результаты, которые подчеркивают важность селективной сборки для снижения радиального виброускорения. Испытания показали, что при установке серийного входного модуля радиальное виброускорение насосного агрегата увеличилось на 23%. Это говорит о том, что стандартные модули могут не обеспечивать оптимальные условия работы. Однако, установка серийной соединительной муфты валов входного модуля и насосной секции привела к снижению радиального виброускорения на 6,25%. Таким образом, селективная сборка насосных агрегатов оказалась эффективным способом снижения вибрационных нагрузок.

Дополнительные исследования показали, что осевое виброускорение осталось неизменным при использовании серийных модулей и соединительных муфт. Это может объясняться тем, что осевые нагрузки насосного агрегата не зависят от конкретной сборки и

требуют более глубокого анализа. Важно отметить, что результаты эксперимента подтверждают необходимость селективной сборки насосных агрегатов.

При испытании на воде и нулевой подаче насоса наблюдается уменьшение общего уровня виброускорения (в радиальном направлении – на 23,3, в осевом направлении – на 52,8 %).

В заключение отметим, что исследование, проведенное на испытательном стенде, включало в себя серию измерений для оценки его вибрационных характеристик. Результаты экспериментальных данных показали влияние различных компонентов сборки, таких как входной модуль и муфта, на уровень вибрации агрегата. Радиальное виброускорение менее восприимчиво к изменению режима работы (разница между полученными значениями менее 10 %). Что сложно сказать о осевом виброускорении. Для него расхождение значений составило более 20 %. Это исследование дает важную информацию для оптимизации процесса сборки насосных агрегатов и повышения их общей производительности и надежности.

Оценка вибрационных характеристик насосных агрегатов необходима для мониторинга состояния и диагностического анализа. Анализируя характеристики вибрации, можно снизить отказы оборудования, ведь раннее обнаружение повышенного уровня вибрации позволяет своевременно принимать меры, сводя к минимуму риск катастрофических отказов оборудования и незапланированных простоев. Придерживаясь высоких стандартов производства и точности сборки, производители могут свести к минимуму уровень вибрации, что продлевает срок службы оборудования и повышает его эффективность.

Список литературы

1. В.В.Петрухин, В.Ф.Бочарников Стенд для испытания ступеней ЭЦН. Проблемы разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири. Межвузовский сборник научных трудов. – Тюмень: ТюмИИ,1994 – 120 с.:ил.
2. Петрухин С.В., Михалочкин А.И., Гасанли Э.Р. Установка для испытания ступеней погружных центробежных насосов. Материалы Международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д. И. Менделеева. сборник статей. 2017. С. 78-81.

References

1. V.V.Petrukhin, V.F.Bocharnikov Stand for testing the stages of the ECP. Problems of development and operation of oil and gas fields in Western Siberia. Interuniversity collection of scientific papers. Tyumen: Tyumii, 1994 – p.120
 2. Petrukhin S.V., Mikhalkin A.I., Hasanli E.R. Installation for testing stages of submersible centrifugal pumps. Materials of the D. I. Mendeleev International Scientific and Practical Conference of Young Researchers. collection of articles. 2017. pp. 78-81.
-