

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИИ СУДОВОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО СЕПАРАТОРА С ШАРИКОВЫМ АВТОБАЛАНСИРОМ

А.Н. Горбенко, канд. техн. наук,

О.П. Радченко, инженер,

Керченский Морской Технологический Институт,

г. Керчь, Украина

Целью ряда практических экспериментов, представленных в настоящей работе, являлось подтверждение возможности снижения дисбаланса ротора судового сепаратора нефтепродуктов свободно движущимися в полости сепаратора шарами [1-4].

Принципиально каждый эксперимент заключался в измерении уровня виброактивности агрегата во время его непосредственной работы. Замеры сигнала осуществлялись при работе центробежного сепаратора, снабженного автобаланси́ром и без него. Дальнейший сравнительный анализ виброактивности агрегата, зафиксированной при различных параметрах механической системы, позволял сделать вывод об эффективности действия шаров, призванных автоматически балансировать ротор.

В качестве исследуемого агрегата в работе использовались судовые сепараторы нефтепродуктов: Alfa Laval MAB 204S, СЦ-1,5 (несаморазгружающиеся) и Alfa-Laval MAPX 204 TGT (саморазгружающийся).

Для освещения в настоящей работе выбрана серия экспериментов на сепараторе топлива Alfa-Laval MAPX 204 TGT. Предварительно подготовленный сепаратор после запуска и выведения на рабочий режим сепарации дизельного топлива (плотностью 0,853 г/л при температуре 17⁰С) имел некоторую относительно стабильную вибрацию. Принципиальная схема получения сигнала, характеризующего степень виброактивности, заключается в следующем. Датчик генерировал электрический аналоговый сигнал эквивалентный колебаниям агрегата. Этот сигнал принимался аналого-цифровым преобразователем, входящим в состав персонального компьютера. Снятый

сигнал сохранялся в электронном виде. В дальнейшем после замеров проводилась обработка полученного сигнала. Спектральный анализ показывал уровень сигнала в спектре частот от 10 до 1000 Гц. Затем вычислялся средний уровень сигнала во всем частотном диапазоне и проводился сравнительный анализ с аналогичным результатом опыта с сепаратором без шаров.

В качестве датчика вибрации использовался преобразователь пьезоэлектрический виброизмерительный ДН-3-М1, предназначенный для преобразования механических колебаний в электрические сигналы, пропорциональные скорости колеблющегося объекта. Пьезодатчик крепился посредством стальной шпильки к корпусу в районе барабана в положении перпендикулярном оси ротора.

Частота дискретизации сигнала в преобразователе составляла 48 кГц. С началом записи в реальном времени (длительностью до 20 с) проводилась оцифровка, в результате которой в памяти компьютера фиксировалась последовательность чисел, соответствующих величине сигнала с заданной частотой дискретизации.

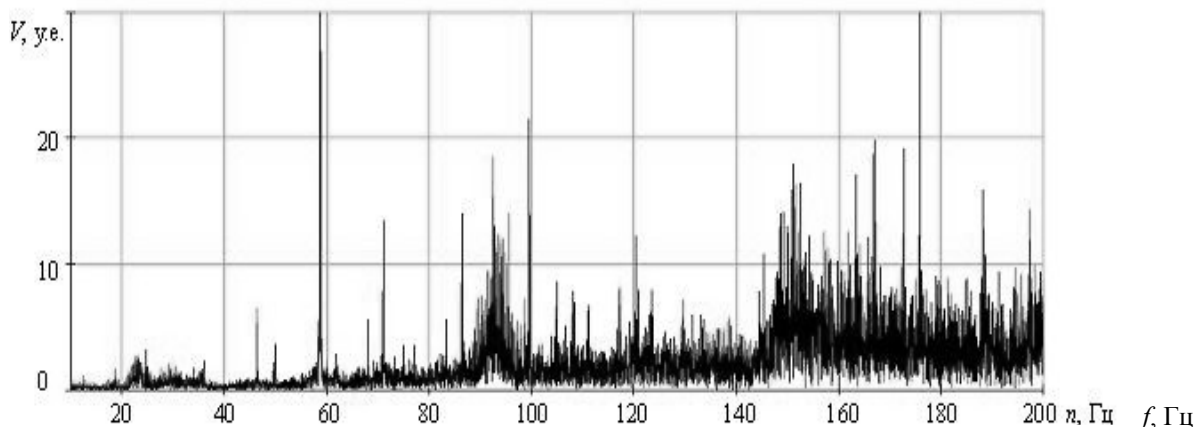
Перед каждым очередным замером сепаратор снабжался автобаланси́рующим устройством путем непосредственного помещения шаров во внутреннюю полость барабана. В сепараторе использовались наборы стальных шаров диаметром 8,0 мм в количестве 7, 11, 15, 19, 23 шт. (общей массой 14,6; 23,0; 31,4; 39,7; 48,1 г соответственно).

Таким образом, после ряда запусков можно было получить образцы сигналов, характеризующих вибрацию агрегата при различных параметрах механиче-

ской системы центробежного сепаратора, снабженного свободно движущимися шарами.

Дальнейшая обработка экспериментальных данных имела целью получение значений амплитуд сигнала в спектре частот от 10 до 1000 Гц. Такая обработка проводилась посредством разложения сигнала в ряд Фурье при помощи процедур математического

процессора Mathcad®. Величина сигнала, зафиксированного после оцифровки, эквивалентна виброскорости v агрегата в контрольной точке. Величины условной амплитуды этого сигнала в исследуемом диапазоне спектра частот f для опыта с 15 шарами показаны на диаграмме, изображенной на рисунке.



Спектр виброскорости корпуса сепаратора с шарами (черная кривая) и без шаров (серая кривая)

Соответствующие зависимости для виброускорения w были получены путем умножения величины виброскорости на несущую частоту.

На диаграммах можно увидеть, что в спектре ярко выражены характерные для механической системы частоты: рабочая частота вращения ротора – 148,0 Гц; частота собственных колебаний ротора – 58,3 Гц и частота вращения приводного вала – 24,2 Гц. В области этих частот зависимости имеют значительные всплески значения виброскорости.

Визуально благодаря имеющимся диаграммам сложно анализировать, как и насколько различны общие уровни виброактивности агрегата в проведенных опытах. Для такой оценки в работе подсчитывались суммарные уровни виброскорости V_{Σ} и виброускорения W_{Σ} :

$$V_{\Sigma} = \frac{1}{\Delta f} \sum_{f=10}^{1000} v_f; \quad W_{\Sigma} = \frac{1}{\Delta f} \sum_{f=10}^{1000} w_f.$$

Общая погрешность в описанных экспериментах не превышала 10 %.

Величины V_{Σ} , W_{Σ} , определенные для каждого замера, позволили сравнить уровни виброскорости и виброускорения для опытов с шарами и без них. Во всех описанных в работе опытах расчеты показали снижение уровней параметров виброактивности после помещения шаров в полость барабана. Исключение составил лишь опыт с наибольшим количеством шаров, его результаты не подтверждают эффективности действия шаров, так как виброактивность агрегата несколько увеличилась.

Однако в целом сепаратор, снабженный автобалансиром, при всех указанных выше параметрах последнего имел меньшую вибрацию, чем до применения шаров, исключение составил лишь случай с 23 шарами. Причиной отрицательного результата, по мнению авторов, стала избыточная величина корректирующей массы – суммарной массы шаров.

Результаты расчетов относительного снижения уровня вибрации в описанном эксперименте показаны в таблице.

Результаты снижения виброскорости и виброускорения
при применении свободно движущихся шаров
для автобалансировки ротора сепаратора

Параметр вибрации	Относительное снижение параметра вибрации при количестве шаров в эксперименте, шт.				
	7	11	15	19	23
Виброскорости	11,02%	19,27%	19,47%	10,47%	-3,94%
Виброускорения	16,71%	24,49%	25,67%	14,50%	-8,97

Как видно из таблицы, наиболее благоприятное для автобалансировки исследуемого сепаратора количество шаров лежит в диапазоне между 11 и 15. То есть, параметры механической системы при таком количестве являются оптимальными для автобалансировки данного сепаратора стальными шарами данного диаметра.

Необходимо также отметить, что аналогичные серии экспериментов на сепараторах Alfa Laval MAB 204 и СЦ-1,5 также имели опыты, подтвердившие эффективное действие шаров. При оптимальном подборе параметров шаров было достигнуто снижение: виброскорости на 19%, виброускорения на 36%, времени разгона до 11% (в Alfa Laval MAB 204); виброскорости на 8%, виброускорения на 17% (в СЦ-1,5).

В условиях центробежного сепаратора помещенные в полость барабана свободно перемещающиеся шары могут не только выполнять функцию автобалансера, но и положительно воздействовать на некоторые свойства сепарируемой жидкости.

Таким образом, эксперименты показали способность свободно движущихся в полости центробежного сепаратора шаров снижать дисбаланс ротора агрегата, то есть выполнять роль автобалансера. Для достижения положительного результата при решении подобных задач необходимо осуществлять подбор оптимальных параметров механической системы.

Литература

1. Нестеренко В.П. Автоматическая балансировка роторов приборов и машин со многими степенями свободы.— Томск: Томский ун-т, 1985.— 84 с.
2. Левит М.Е., Агафонов Ю.А., Вайнгортин Л.Д. Справочник по балансировке / Под ред. М.Е. Левита - М.: Машиностроение, 1992.— 464 с.
3. Горбенко А.Н., Радченко О.П. Математическая модель ротора центробежного сепаратора с шариковым автобаланси́ром // Механизация производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий. Сб. науч. тр.— Керчь: КМТИ.— 2001.— Вып. 1.— С. 49-52.
4. Горбенко А.Н., Радченко О.П. Результаты экспериментального исследования автобалансировки ротора судового центробежного сепаратора шариковым автобаланси́рующим устройством // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. науч. тр.— Харьков: ХАИ, 2002.— Вып. 31. Двигатели и энергоустановки.— С. 109-110.

Поступила в редакцию 23.05.03

Рецензенты: канд. техн. наук, доцент Н.А. Креслинг, Морской торговый порт, г. Керчь; канд. техн. наук, доцент В.С. Чигрин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.