

УДК 62-31(088.86)

С.В. Автух (5 курс, каф. ГМ), Ю.М. Исаев, к.т.н., проф.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ

Исследование комбинированных колебательных систем и разработка мощных вибромеханизмов и машин с широким изменением параметров, создаваемых вибрацией, является одной из проблем вибротехники, требующих решения в ближайшие годы. К таким системам относятся гидравлические и электрогидравлические вибраторы и созданные на их основе вибромашины. Целенаправленное использование вибраций является важным направлением технического прогресса. Направленные колебания в значительной мере ускоряют техпроцессы, связанные с обработкой и транспортированием различных материалов. Зарекомендовали себя в промышленности вибрационная отделка деталей сложной формы, вибрационная промывка мелких деталей, литье в вибрирующие формы, виброиспытания различной аппаратуры и механизмов. Все шире внедряются методы вибрационной обработки резанием. Достоинствами гидравлических вибраторов являются: повышенная долговечность, высокая удельная мощность, широкий диапазон регулирования частоты и амплитуды вибраций, плавная и безударная работа, стабильность частотных характеристик при изменении нагрузки, наибольшая удельная вибротяговая сила, высокое быстродействие. Также у ГВ существуют следующие недостатки: сложность конструкции, утечки, зависимость частотных характеристик от температуры рабочей жидкости, ограниченность частотного диапазона, связанная с динамическими свойствами рабочей жидкости.

Гидравлический вибратор — это гидропривод, колебательные движения исполнительного органа которого создается за счет энергии постоянного потока рабочей жидкости. ГВ применяются для виброиспытаний, вибрационного резания, в литейном производстве и для механизации вспомогательных операций. ГВ делятся на: автоколебательные, самоуправляющиеся, пульсаторные, следящие, электрогидравлические ГВ.

Автоколебательный ГВ — вибратор, имеющий ГИМ, золотник и исполнительный орган которого охвачены гибкой положительной ОС, осуществляемой нелинейными элементами (зазором, жестким ограничителем хода золотника, зоной нечувствительности и т.д.) в цепи ОС. Автоколебательные ГВ делятся на 2 группы: АГВ с механической ОС: (с зазором, с упругим звеном); АГВ с гидравлической ОС: (осуществляемой перепадом давления на поршне (с мультипликатором, комбинированного переключения); осуществляемой перепадом давления на вибраторе (комбинированного переключения)). Основными элементами в АГВ являются: ГЦ, золотник, рычаг ОС, редукционный клапан.

Самоуправляющийся ГВ — вибратор, состоящий из ГИМ с гибкой положительной ОС между управляющим золотником и исполнительным органом, осуществляемой посредством вспомогательных механизмов в цепи ОС. Самоуправляющийся ГВ представляет собой СГИМ и состоит из: поршня с нагрузкой, золотника, дросселей, пружины, корпуса СГИМ, сливных трубок, нагрузки.

Пульсаторный ГВ — вибратор, в котором колебания упругого элемента, выполненного обычно в виде подпружиненного исполнительного органа, возбуждаются пульсирующим потоком рабочей жидкости, получаемым преобразованием постоянного потока посредством гидрораспределителя, в качестве последнего применяются вращающийся или совершающий возвратно-поступательное движение золотник с приводом от электро- или гидродвигателя.

Следящий ГВ — вибратор, исполнительным органом которого является ГИМ с жесткой отрицательной ОС по перемещению между золотником и исполнительным органом. В зависимости от вида вибропривода золотника следящие ГВ можно разделить на 2 группы: гидромеханические и электрогидравлические вибраторы. Следящий ГВ состоит из следующих основных узлов: СГИМ, генератора колебаний золотника, регуляторов амплитуды и частоты.

Электрогидравлическая виброустановка со СГИМ или ГИМ применяются для испытаний на вибропрочность и виброустойчивость, для снятия частотных характеристик металлорежущих станков, в качестве активных вибродемпферов. Электрогидравлическая виброустановка для исследования на виброустойчивость состоит из следующих основных частей: генератора синусоидальных колебаний, ЭМП электромагнитного типа, двухкаскадного усилителя, ГЦ, тензодатчика ОС по положению поршня, усилителя ОС, маслонасосной станции. Гидравлическая часть вибратора (рис.1) включает в себя ГЦ 1, тензодатчик 2 ОС, золотник 3 и поршень 4.

Система ЭГВ (рис. 2) имеет массу m , кг, подвижных частей, приведенную к штоку ГЦ, и жесткость C , Н/м. В системе имеется вязкое трение с коэффициентом вязкости h . Перемещение поршня ГЦ обозначим через y , а золотника — через x . Введем некоторые допущения: жидкость несжимаема; утечки и перетечки малы; давление, температура и вязкость рабочей жидкости постоянны; золотник и исполнительный орган ГЦ симметричны; волновые процессы отсутствуют; режим течения жидкости в зазоре золотника турбулентный.

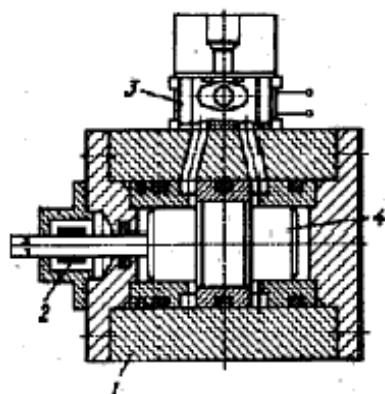


Рис. 1. Гидравлическая часть вибратора

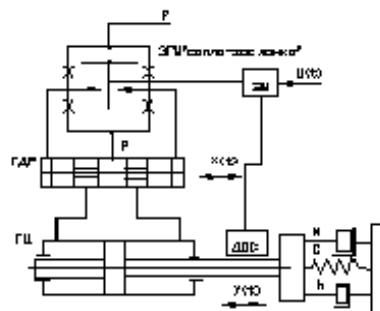


Рис.2. Принципиальная схема ЭГВ

По принципиальной схеме ЭГВ (рис. 2) составим математическую модель силовой части ЭГВ (по закону постоянства расхода и II-ому закону Ньютона):

$$A \cdot y = \mu \cdot \pi \cdot d \cdot x \cdot \sqrt{(P_0 - P_n) / \rho}, \quad (1)$$

$$P_n \cdot A = m \cdot y + h \cdot y + c \cdot y, \quad (2)$$

где A — площадь поршня, m^2 ; μ — коэффициент расхода; P_0 — давление питания, Па; P_n — давление нагрузки, Па; d — диаметр золотника, м; ρ — плотность рабочей жидкости, $кг/м^3$; y , \dot{y} — соответственно скорость (м/с) и ускорение поршня ($м/с^2$). Подставляя уравнение(1) в уравнение (2) и преобразуя результат, получим дифференциальное уравнение движения исполнительного органа вибратора:

$$x^2 \cdot (a_2 \cdot \ddot{y} + a_1 \cdot \dot{y} + a_0 \cdot y - 1) + b^2 \cdot y^2 = 0, \quad (3)$$

где $a_2 = m / A \cdot P_0$; $a_1 = h / A \cdot P_0$; $a_0 = c / A \cdot P_0$; $b^2 = A^2 \cdot \rho / P_0 \cdot \mu^2 \cdot \pi^2 \cdot d^2$.

Мы получили однородное, нелинейное ДУ второго порядка, решение которого является главной задачей для инженеров. Данное уравнение невозможно решить аналитическим методом, но его можно линеаризовать в окрестности конкретной выбранной точки для получения значения $y(t)$. Данный метод имеет большую погрешность при удалении от выбранной точки, что не позволяет оценить характер поведения поршня на всем пути его

движения. И чтобы построить зависимость движения поршня от времени необходимо линеаризовать уравнение каждый раз для конкретного времени, что весьма трудоемко. Поэтому уравнение (3) лучше решать численным методом. Например, методом Рунге-Кутты 4-го порядка, который, хотя и трудоемок, но позволяет решить данное уравнение достаточно точно. А при наличии программ современных ЭВМ результат получается в считанные секунды, а по построенному там же графику $y=f(t)$, можно оценить характер движения поршня.