

## Л и т е р а т у р а

И. Ш о р и и В.Д. К вопросу о гашении вынужденных колебаний давления в гидравлических системах летательных аппаратов и двигателей. - В сб.: Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов. КуАИ, 1967.

УДК 65I-752.2

А.С.Григанов, О.С.Кочетов, Ю.Г.Сафронов,  
А.В.Синев, В.С.Соловьев

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ В ДВУХКАМЕРНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ВИБРОИЗОЛЯТОРАХ

Использование пассивных виброзащитных систем при широкополосном возбуждении предполагает определенный компромисс между увеличением колебаний в области собственных частот и снижением их в зарезонансной зоне.

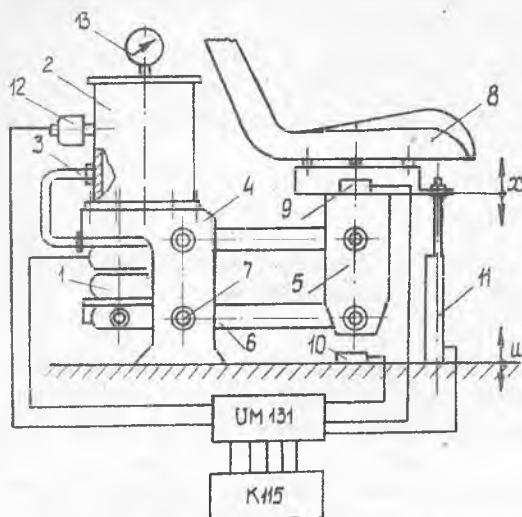
Известны варианты виброизолирующей пассивной подвески сиденья машиниста карьерного экскаватора ЭКГ-4,6Б, виброизолирующей трехплоскостной подвески кресла машиниста экскаваторов ПВ-3 и ЭКГ-8И, разработанные Криворожским горнорудным институтом [1], обеспечивающие коэффициент передачи в октавной полосе 2Гц равный 3 и не менее 0,5 в полосах частот 8,16 и 32 Гц. Конструктивно подвески выполняются как с направляющим механизмом, например, параллелограммного типа, так и без него, т.е. в обычном соосном исполнении.

Низкая эффективность рассматриваемой подвески в зарезонансной области объясняется наличием сухого трения и конструкционного демпфирования в элементах подвески.

С целью оптимального проектирования виброизолирующей пневматической подвески сиденья оператора в ИМАШ создана экспериментальная установка, в которой особое внимание обращалось на снижение сил сухого трения и обеспечение жесткостей конструктивных связей, исключающих возможность появления резонансов в изолируемом частотном диапазоне.

Пневматическая часть подвески представляет собой двухкамерную систему с межкамерным дросселем (рис.1). Рабочая камера I конст-

руктивно выполнена в виде резинокордного баллона И-08 или ОШЗ 100-92, демпферная камера 2 представляет собой дополнительную емкость, а межкамерный дроссель является быстросменным и установлен в штуцере 3. Механическая часть подвески включает подвижную 5 и



неподвижную 4 скобы, соединенные между собой параллелограммными рычагами 6, оси которых помещены в шарикоподшипниковые опоры 7. Резинокордный элемент расположен между удлиненными концами нижних рычагов и неподвижной скобой. Сиденье 8 крепится к подвижной скобе 5.

Система подвергалась моногармоническому вибровозбуждению в частотном диапазоне от

Р и с. 1. Стенд для экспериментального исследования виброизолирующих свойств пневматических подвесок сидений

0 до 10 Гц на специальном вибростенде. Виброускорения входного воздействия и отклик системы на сиденье измерялись тензоакселерометрами 9 и 10 типа ВМ Н-101, фирмы RFT (ГДР), сигналы преобразовывались усилителями типа УМ-131 и записывались на шлейфовом осциллографе К-115. Относительное вибро смещение сиденья оператора измерялось индуктивным датчиком 11 типа ИВ Т-402 из комплекта аппаратуры RFT.

Изменения параметров пневматической части подвески регистрировались тензометрическими датчиками давления 12, установленными в рабочей и демпферной камерах. Воздух подводился из пневмосети через автомобильный золотниковый клапан в демпферную камеру, а начальное давление в камерах регистрировалось манометром 13.

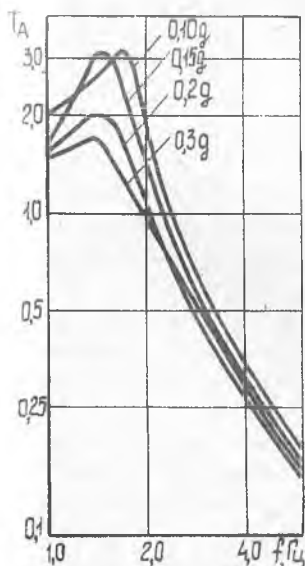
Экспериментально были определены характеристики упругого элемента подвески при различном начальном давлении в камерах. Нагру-

жение от 5 до 80 кгс производилось при снятом сиденьи 8. Абсолютное перемещение сиденья регистрировалось индуктивным датчиком II, а начальное давление в камерах - манометром I3. Аналитическое выражение зависимости эффективной площади поршневого действия  $F'$  пневматического упругого элемента от хода поршня  $x$  было получено с помощью интерполяционной формулы Лагранжа

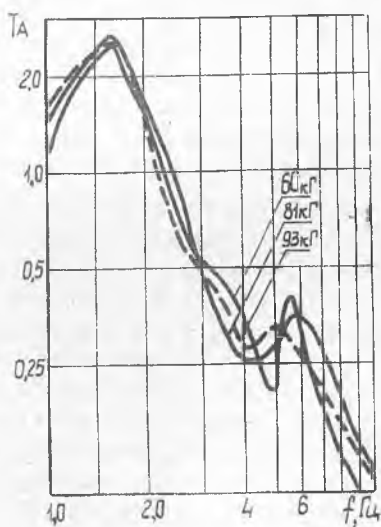
$$F'(x) = 0,013x^3 - 0,138x^2 + 3,471x + 18,083.$$

Исследования амплитудно-частотных характеристик виброзащитной пневматической системы проводились с нелинейными пневмоспротивлениями типа жиклер с отношением длины к диаметру  $l/d$ , изменившимся в пределах от 0,3 до 2,0 [2]. Была найдена характеристика системы с оптимальным демпфированием, размеры жиклера у которой находились в отношении  $l/d = 0,6$  (при  $l = 0,9$  мм,  $d = 1,5$  мм).

Подвеска испытывалась с абсолютно жесткой массой 50 кг при вибровозбуждении от 0,1g до 0,3g (рис. 2). Анализ кривых пока-



Р и с. 2. Амплитудно-частотные характеристики нелинейной пневматической системы с массой 50 кг



Р и с. 3. Амплитудно-частотные характеристики системы с человеком оператором

зывает, что пневматическая подвеска обладает нелинейными свойствами, причем от уровня возбуждения зависят как коэффициент передачи на резонансе  $T_{\text{в}}$ , так и собственная частота подвески, изменяющаяся в диапазоне от 1,4 до 1,7 Гц. При этом коэффициент передачи на резонансе тем меньше, чем больше уровень входного возбуждения, воздействующего на систему. Так, например, при уровне виброускорения  $0,1 g$  коэффициент передачи  $T_{\text{в}} = 3,1$ , а при уровне виброускорения  $0,3 g$ , при прочих равных условиях, он снижается до 1,6, что является неоспоримым преимуществом нелинейной пневматической подвески.

На стенде также снимались амплитудно-частотные характеристики нелинейной пневматической виброзащитной подвески сиденья непосредственно с человеком-оператором (рис. 3). Выявлено, что тело человека-оператора ведет себя как динамический гаситель колебаний с собственной частотой, зависящей от веса оператора и колеблющейся в пределах 4-6 Гц. Значения коэффициентов передач на резонансе для различных весовых категорий операторов при одном и том же уровне вибровозбуждения отличаются всего лишь на 8%.

Таким образом, нелинейная пневматическая подвеска является высокоэффективным средством виброзащиты человека-оператора и может применяться в качестве подвески сиденья водителей наземных транспортных средств.

## Л и т е р а т у р а

1. Т р е г у б о в В.А., Л и т о в к о Б.М. Виброизолирующая подвеска сиденья оператора. - В сб.: Виброзащита человека-оператора и колебания в машинах. - М.: Наука, 1977.

2. Д м и т р и е в В.Н., Г р а д е ц к и й В.Г. Основы пневмоавтоматики. - М.: Машиностроение, 1973.