DOI: 10.17117/na.2016.02.02.357

Поступила (Received): 27.02.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.02.02.357.pdf>

Кочетов О.С.
Исследование нелинейных дроссельных
устройств для систем виброизоляции

Kochetov O.S.
Research of nonlinear throttle devices
for systems of vibration insulation

Рассматривается вопрос повышения эффективности пневматических систем виброзащиты человека-оператора в условиях нелинейности входного воздействия, с учетом несимметричной характеристики неупругого сопротивления, приводятся результаты исследований на стенде для определения пропускной способности нелинейного дроссельного устройства с несимметричной характеристикой на сжатие и отбой

Ключевые слова: пневматическая система виброзащиты, нелинейное дроссельное устройство

Кочетов Олег Савельевич

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Московский технологический университет

г. Москва, ул. Стромынка, 20

The question of increase of efficiency of pneumatic systems of vibroprotection of the person operator in the conditions of nonlinearity of entrance influence, taking into account the asymmetrical characteristic of inelastic resistance is considered, results of researches at the stand for determination of capacity of the nonlinear throttle device with the asymmetrical characteristic on compression and a release are given

Key words: pneumatic system of vibroprotection, nonlinear throttle device

Kochetov Oleg Savelyevich

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department

Moscow technological university

Moscow, Stromynk st., 20

Вопросам повышения эффективности пневматических систем виброзащиты человека-оператора в условиях нелинейности входного воздействия посвящено ряд работ [1, с.88; 2, с.97; 3, с.80; 4, с.105; 5, с.94; 6, с.97; 7, с.99; 8, с.97; 9, с.33].

В качестве реального устройства, имеющего несимметричную характеристику неупругого сопротивления, рассмотрим устройство, работающее на принципе газовой эжекции (рис.1 и 2). На рис. 3 а дана принципиальная схема эжектора, а на рис. 3 б – схема соединений его пневмосопротивлений. Индекс 1 будем относить к параметрам эжектирующего потока в начальном сечении, индекс 2 к начальным параметрам эжектируемого потока, индекс 3 – к параметрам потока в конечном сечении смесительной камеры, где предполагается полное выравнивание всех параметров по сечению потока.

Рабочий процесс эжектора сводится к следующему. Высоконапорный (эжектирующий) газ, имеющий полное давление p'_1 , вытекает из сопла в смесительную камеру, при этом

$$p'_1 = p_1 \left(1 + \frac{\chi - 1}{2} M^2 \right)^{\frac{\chi}{\chi - 1}}, \quad (1)$$

где $M = v/a$ – число Маха, χ – показатель адиабаты, p_1 – статическое давление, v – скорость потока, a – скорость звука в потоке.

При стационарном режиме работы эжектора во входном сечении смесительной камеры устанавливается статическое давление p_2 , которое всегда ниже полного давления низконапорного (эжектируемого) газа p'_2 .

Под действием разности давлений низконапорный газ устремляется в камеру. Относительный расход этого газа, называемый коэффициентом эжекции $n = G_2/G_1$, зависит от площадей сопел, от плотности газа и их начальных давлений. В начальном участке камеры частицы эжектируемого газа непрерывно захватываются высоконапорной струей и увлекаются ею в зону смешения. Благодаря этому и поддерживается разрежение на входе в смесительную камеру, которое обеспечивает втекание низконапорного газа в эжектор.

Рис. 1. Общий вид нелинейной пневмосистемы с полым обтекаемым дроссельным устройством: 1-резинокордный баллон, 2-демпферная емкость, 3-соединительный канал, 4-полое обтекаемое тело-дроссель

Рис. 2. Схемы движения газовых потоков пневмосистемы с полым обтекаемым дроссельным устройством: а) при ходе сжатия; б) при ходе отдачи

В конечном сечении камеры, отстоящем в среднем на расстоянии $8 \div 12$ диаметров камеры от начального сечения, получается достаточно однородная смесь газов, полное давление которой p'_3 тем больше превышает полное давление эжектируемого газа p'_2 , чем меньше коэффициент эжекции n [10, с.332].

В качестве экспериментального метода был выбран метод косвенного определения пропускной способности пневмосопротивлений: метод, основанный на наполнении и опоражнении полости через исследуемый объект.

Рис. 3. Схема стенда для определения пропускной способности нелинейного дроссельного устройства по методу опоражнения демпферной полости:
 1-основание, 2-пневмоподвеска, 3-рабочая камера, 4-демпферная камера,
 5- нелинейное дроссельное устройство, 6-виброизолируемый объект,
 7-датчик давления, 8-тензоусилитель, 9-осциллограф,
 10-двухкоординатный самописец марки "Endim 620.01"

На рис. 3 приведена схема стенда при определении пропускной способности дроссельного устройства по методу опоражнения полости, в которую входит полость объемом V и прибор для записи зависимости давления p в полости от времени. В качестве прибора применялся тензометрический датчик давления с записью его показаний на координатном самописце марки "Endim 620.01". При определении мгновенного значения f_3 на осциллограмме $p(t)$ проводят касательную к кривой в рассматриваемой точке, находят ее угол наклона и вычисляют $\operatorname{tg} \beta$, который равен dp_0/dt_0 , где p_0 и t_0 – масштабные отрезки на осциллограмме в мм. После этого определяют f_3 по формуле:

$$f_3 = \frac{V \sigma_a \operatorname{tg} \beta \mu_p}{k K' \varphi_b(\sigma) p_o \sigma^2 \mu_t}, \quad (2)$$

где $\sigma_a = p_a/p_o$, $\sigma = p/p_o$, p_o – начальное давление в полости, μ_p в $(\text{кг}/\text{м}^2)/\text{мм}$ и μ_t в $\text{сек}/\text{мм}$ – масштабы по осям осциллограммы, $\varphi_b(\sigma)$ – некоторая функция σ , изображенная на номограмме в работе, зависящая от безразмерного коэффициента λ , характеризующего интенсивность протекания процесса теплообмена, причем величиной λ вначале задаются ориентировочно и уточняют в конце расчета по формуле:

$$\lambda = 2,73 \frac{F^* \alpha \sqrt{T_o}}{f_3 p_a}, \quad (3)$$

где F^* – поверхность теплообмена, α – общий коэффициент теплообмена между воздухом в полости и окружающей средой, T_o – начальная температура воздуха в полости опораживания. Обработка экспериментальных данных проводилась при следующих значениях величин, входящих в формулу (3)

$\alpha = 0,00167$ ккал/м²сек·град., $T_o = 293$ град, $\sigma = 0,75$, $\sigma_a = 0,25$,

$\mu_p = 3 \cdot 10^{-6}$ (кГс/м²)/мм $\mu_t = 0,05$ сек/мм, $V = 1,4 \cdot 10^{-3}$ м³, $k = 1,4$; $K' = 755$ м/сек, $p_o = 4 \cdot 10^{-4}$ кГ/м². Зазор "δ" между соединительной трубкой 3 и полым обтекаемым телом 4 составлял 0,1 мм; – диаметр "d" калиброванных отверстий 5 составлял 0,5 мм; диаметр "d₁" соединительного канала 7 равнялся 3 мм.

Рис. 4. Экспериментальные характеристики нелинейного дроссельного устройства

Список используемых источников:

1. Синев А.В., Кочетов О.С., Сажин Б.С. Динамические свойства систем виброизоляции. М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2002. 278 с.
2. Синев А.В., Кочетов О.С., Сажин Б.С. Виброзащитные системы технологического оборудования. М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2003. 277 с.
3. Сажин Б.С., Синев А.В., Кочетов О.С., Соловьев В.С. Расчет на ПЭВМ пневматических виброизоляторов с отрицательной жесткостью для текстильного оборудования // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2002. № 4,5. С. 77-82.

4. Сажин Б.С., Синев А.В., Кочетов О.С., Соловьев В.С. Расчет на ПЭВМ систем виброизоляции для ткацких станков, установленных на нежестком основании // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2002. № 6. С. 100-107.
5. Кочетов О.С., Щербаков В.И., Филимонов А.Б., Терешкина В.И. Двухмассовая механическая модель вибро-изолирующего помоста основовязальных машин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 1995. № 5. С. 92-95.
6. Сажин Б.С., Кочетов О.С., Пирогова Н.В., Петухова И.В. Расчет динамических характеристик подвески сиденья для текстильных машин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2000. № 1. С. 95-100.
7. Сажин Б.С., Кочетов О.С., Шестернинов А.В., Ходакова Т.Д. Расчет на ПЭВМ динамических характеристик пневматических систем виброизоляции для технологического оборудования // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2005. № 5. С.96-100.
8. Сажин Б.С., Кочетов О.С., Шестернинов А.В., Ходакова Т.Д. Экспериментальные исследования динамических характеристик пневмовиброизоляторов для текстильных машин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2005. № 6. С.96-100.
9. Кочетов О.С. Расчет виброзащитного сиденья оператора // Безопасность труда в промышленности. 2009. № 11. С. 32-35.
10. Ходакова Т.Д. Методика расчета нелинейного дроссельного устройства пневматической подвески // Интеграция мировых научных процессов как основа общественного прогресса. Казань, 2015. С. 327-334.

© 2016, Кочетов О.С.

Исследование нелинейных дроссельных устройств
для систем виброизоляции

© 2016, Kochetov O.S.

Research of nonlinear throttle devices for systems of
vibration insulation