

вого состояния турбины и других высокотемпературных элементов непрерывно в режиме реального времени.

Мировая новизна и работоспособность метода подтверждена Патентом на Изобретение №2573551 «Способ охлаждения лопаток турбины газотурбинной установки» [2], патентом на изобретение №2578387 «Устройство охлаждения лопаток турбин газотурбинных установок» [3], патентом на полезную модель № 151082 [4].

В США, хоть и с отставанием в 1.5-2 года, также уже начались работы в направлении обоснования применения явления термоэлектронной эмиссии на объектах газотурбинных технологий [7].

Библиографический список

1. Трянов А.Е. Особенности конструкции узлов и систем авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. пособие / - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. 202 с.

2. Колычев А.В., Керножицкий В.А. Патент №2573551 «Способ охлаждения лопаток турбины газотурбинной установки» / Пат. 2573551 Рос. Федерация: МПК F02C 7/12 (2006.1) ; Заявитель и правообладатель БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Колычев А.В., Керножицкий В.А. - №2014121444/06; заявл. 27.05.2016; опубл. 20.01.2016. Бюл. №2. 7 с.

3. Колычев А.В., Керножицкий В.А. Патент №2578387 «Устройство охлаждения лопаток турбин газотурбинных установок» / пат. 2578387 Рос. Федерация: МПК F02C 7/12 (2006.1) / Колычев А.В. и Керножицкий В.А.; Заявитель и правообладатель БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Колычев А.В., Керножицкий В.А. - № 2014121449/06; заявл. 27.05.2014; опубл. 27.03.2016. Бюл. № 9.

4. Колычев А.В., Керножицкий В.А., Охочинский М.Н.: пат. На полезную модель №151082 Рос. Федерация: Колычев А.В., Керножицкий В.А., Охочинский М.Н. заявители и патентообладатели: Колычев А.В., Керножицкий В.А., Охочинский М.Н.; - №2014122224/06; заявл. 30.05.2014; опубл. 20.03.2015, Бюл. №8.

5. Б.А. Ушаков, В.Д. Никитин, И.Я. Емельянов «Основы Термоэмиссионного преобразования энергии». Москва.: Атомиздат, 1974. 288 с.

6. Квасников Л.А., Кайбышев В.З., Каландаришвили А.Г. Рабочие процессы в термоэмиссионных преобразователях ядерных энергетических установок. - М.: МАИ. 2001.

7. Luke Uribarri and Edward H. Allen. "Electron Transpiration Cooling for Hot Aerospace Surfaces", 20th AIAA International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conference, (AIAA 2015-3674), 2015.

УДК 62-522.7

РАЗРАБОТКА РЕГУЛЯТОРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА

©2016 П.В. Косенков, С.В. Кондрашов, Г.М. Макарьянц

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEM VARIATOR FOR PNEUMATIC VIBRATION ABSORBER

Kosenkov P.V., Kondrashov S.V., Makarjantz G.M. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The study covers the research on the effective controlled pneumatic vibration absorbing system in regards of various applied control equipment, design parameters and software settings. Has been obtained following test results.

Разработка управляемой системы виброизоляции является одной из актуальных задач проектирования технических объектов. Как показали Maciejewski [1] и Абакумов [2],

предлагаемые методы гашения передаваемой вибрации могут радикально отличаться по принципу работы, что обуславливает разно-

образе управляющих алгоритмов для подобных систем.

При анализе работ [2,3] было выявлено, что метод управления системой с использованием эталонной модели надёжно зарекомендовал себя на практике. Для пневматических систем был предложен золотниковый распределитель с управлением по давлению в пневматическом элементе.

Для решения поставленной задачи был проведён предварительный численный расчёт режимов работы системы с помощью математической модели в среде Matlab Simulink. Это позволило подобрать необходимые параметры управляющих клапанов и выявить рабочий диапазон частот.

Далее был собран испытательный стенд (рис. 1). В роли актуатора в данной системе виброизоляции выступает пневматический сильфон 2, внешнее воздействие на который задаётся шейкером 1. Схема предусматривает соединительные трубки 3 между сильфоном, блоком датчиков 6 и блоком управляющих клапанов 5, позволяющие погасить резкие колебания давления, вызванные работой клапана. Соединительная трубка 4 выбрана достаточной длины, чтобы исключить участие дополнительного объёма ресивера компрессора 7.

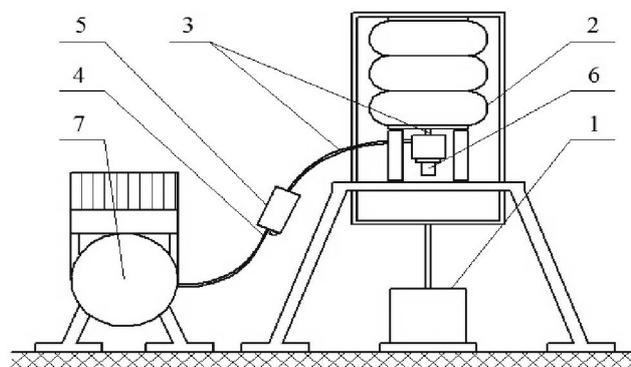


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки

Первые опыты на данной установке были проведены с целью идентификации объекта управления – пневматического сильфона, где управляемым параметром было давление в камере 2, регулирующим параметром – расход через блок клапанов 5. Объект был представлен в виде комбинации колебательного и интегрирующего звеньев, в качестве регулятора было решено использовать ПИД-алгоритм.

Далее была проведена настройка регулятора. Эксперименты показали, что при увеличении коэффициента пропорциональности K_p возрастает чувствительность системы и точность обработки управляющего алгоритма. При большом значении коэффициента система переходит в режим автоколебаний без какого-либо внешнего воздействия (рис. 2). Был зафиксирован максимально допустимый коэффициент пропорциональности K_p .

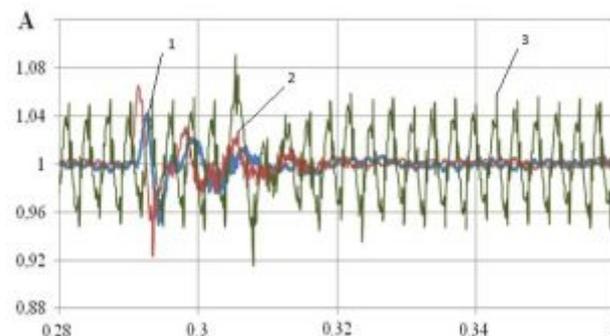


Рис. 2. Реакция системы на единичное воздействие при различных значениях K_p
 A – амплитуда колебаний давления, t – время,
 1 – $K_p=0.2$, 2 – $K_p=0.25$, 3 – $K_p=0.3$

После этого были проведены серии сравнительных экспериментов. “Управляемый” режим работы поддерживался регулятором, реализованным в среде LabView на контроллере серии NI RIO, “пассивный” режим заключался в выведении давления в камере 2 на уровень уставки и последующим запираем клапанов. Параметр E рассчитывался, как отношение амплитуд колебаний давления в камере на пассивном и активном режимах (рис. 3).

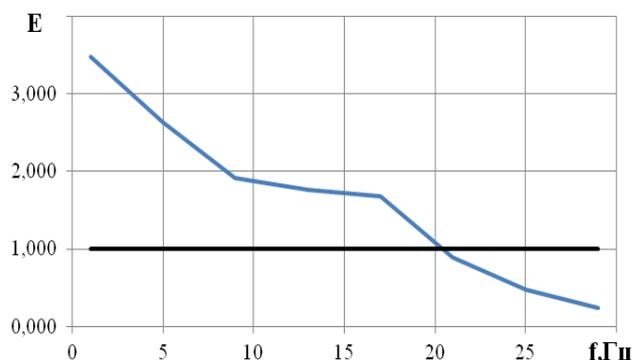


Рис. 3. График эффективности системы в зависимости от частоты возмущающего воздействия

В результате исследования была получена рабочая модель системы виброизоляции, позволяющая эффективно гасить воз-

мушающее воздействие в диапазоне от 1 до 20 Гц. Дальнейшее исследование будет направлено на поиск новых алгоритмов управления с перспективой расширения рабочего диапазона частот.

Библиографический список

1. Maciejewski I., Glowinski S., Krzyzynski T. Active control of a seat suspension with the system adaptation to varying load mass // *Mechatronics* 24, 2014. P. 1242–1253.

2. Abakumov A.M., Miatov G.N. Control algorithms for active vibration isolation systems subject to random disturbances // *Journal of Sound and Vibration* 28, 2006. P.889–907.

3. Tomonori K., Kawashima K., Sawamoto K., Kagawa T. Active control of a pneumatic isolation table using model following control and a pressure differentiator // *Precision Engineering* 31, 2007. P.269–275.

УДК 004.942

РАСЧЁТ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ В ДИФFUЗОРЕ ГАСИТЕЛЯ КОЛЕБАНИЙ

©2016 К.А. Романов, Г.М. Макарьянц

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE CALCULATION OF INITIAL CONDITIONS FOR THE FLOW SIMULATION INSIDE SHOCK ABSORBER DIFFUSOR

Romanov K.A., Makarjants G.M. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

In case of the vortex flow numerical calculation there should be given a consideration for the boundary conditions setting. RANS calculation of fluid flow has been carried out with the purpose of obtaining the distribution fields of flow turbulence scales. Have been obtained following results of calculated appropriate boundary conditions for further LES analysis.

Численное моделирование вихревых течений в диффузорах трубопровода является одной из важных задач гидродинамики. Как показали в свое время Лайтхилл [1] и Керль [2], пульсации давления жидкости в гасителях колебаний, вызванные крупными вихрями, являются источником акустического шума.

При анализе работы [3], в которой исследуются турбулентные течения в каналах, можно понять, что одной из возможных причин внутреннего шума являются вихревые структуры. Для расчёта предлагается использовать численные методы моделирования гидродинамических процессов. Анализ работы [4] показал, что для расчёта вихревого течения необходимо уделить повышенное внимание выбору начальных условий.

Для решения поставленной задачи был проведён предварительный стационарный расчёт течения рабочей жидкости в диффузоре гасителя колебаний с помощью RANS модели (Reynolds Averaged Navier-Stokes), чтобы впоследствии в качестве начальных

условий использовать полученные параметры течения.

Численный расчёт проводился на 3D-модели центрального канала гасителя колебаний (рис. 1). Длина выходной части составила 18 калибров или 2700 мм.

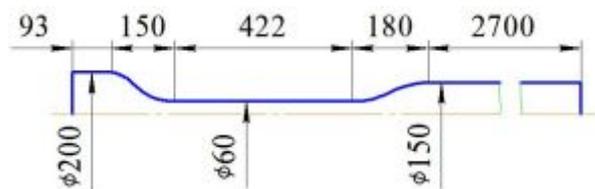


Рис. 1. Геометрическая модель канала гасителя колебаний

Генерация сетки производилась в программе Ansys Workbench. В «ядре» потока размеры ячеек варьировались в диапазоне 1,5–6,0 мм. Общая толщина пристеночного слоя составила 10 мм. Высота пристеночного слоя, составила $1,3 \cdot 10^{-3}$ мм и рассчитывалась по формуле: