

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИБРОПРИВОДОВ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ВИБРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В СТЕНДАХ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А.В. Кононистов, В.Н. Лутков

Научный руководитель: профессор, к.т.н. С.В. Сергеев  
Акционерное общество «Златоустовский машиностроительный завод»,  
Россия, г. Златоуст, Парковый проезд, 1, 456208  
E-mail: [kononistovav@gmail.com](mailto:kononistovav@gmail.com)

Современные летательные аппараты работают в условиях интенсивных динамических нагрузок. Одним из наиболее опасных видов внешних воздействий, для летального аппарата, являются вибрационные нагрузки. Вибрационное воздействие на узлы летательного аппарата происходит на протяжении всего времени эксплуатации, начиная с момента его транспортирования с завода-изготовителя. Интенсивность вибрационных воздействий на узлы летательного аппарата будет максимальной в момент старта и при отделении ступеней, поскольку при этом возникает высокий уровень перегрузок и вибраций с широким спектром частот. Основным источником вибраций, при воздействиях такого рода являются аэродинамические эффекты и динамические воздействия двигательных установок [1].

Вибрационное нагружение является причиной усталостных разрушений элементов конструкции летательного аппарата. В результате воздействий вибрационных колебаний на систему, образуются локальные зоны текучести, что в свою очередь приводит к микротрещинам. Объединение таких микротрещин способствует появлению основных трещин, и разгерметизации летательного аппарата. Для оценки состояния и технических характеристик, а также, проверки и обеспечения надежности работы спроектированных летательных аппаратов возникает потребность в проведении вибрационных испытаний.

В свою очередь, современные устройства, подвергающие вибрационным испытаниям узлы летательных аппаратов, имеют низкие технологические возможности, являются весьма сложными, а, следовательно, дорогостоящими. Это связано с тем, что при управлении процессом виброиспытаний необходимо перенастраивать собственные формы колебаний и создавать зоны пучности в контрольных точках испытуемого изделия, а также обеспечить точность воспроизведения и поддержания заданных спектральных характеристик на протяжении всей продолжительности испытаний, ограничивающейся испытательным ресурсом изделия. Однако многие современные испытательные системы не всегда могут обеспечить идентичность и динамичность подобия процессов эксплуатации, стабильность частотных параметров, а также удобство и возможность проведения испытаний в короткие сроки при минимальных затратах. Во многих случаях, тому причиной служат морально устаревшие конструкции современных виброприводов, управление которыми вызывает ряд трудностей при разработке испытательных стендов.

Таким образом, целью работы являлась разработка принципиально новых виброприводов, применяемых в вибрационных системах для наземных испытаний летательных аппаратов.

Главной проблемой современных систем, применяемых для вибрационных испытаний является отсутствие возможностей создания колебаний сложной формы, их изменение по заданному алгоритму и поддержание на протяжении всего периода испытаний. Так же, явными недостатками таких систем является высокая энергозатратность, малый диапазон регулирования частот и ограниченность вынуждающей силы, создаваемой виброприводом.

Для решения выявленных проблем, разработан новый способ возбуждения синхронных колебаний в виброприводах [2]. В основе разработанного способа лежит принцип самосинхронизации роторных механических систем. Данный принцип широко применяется в современных вибрационных машинах для улучшения их технологических возможностей.

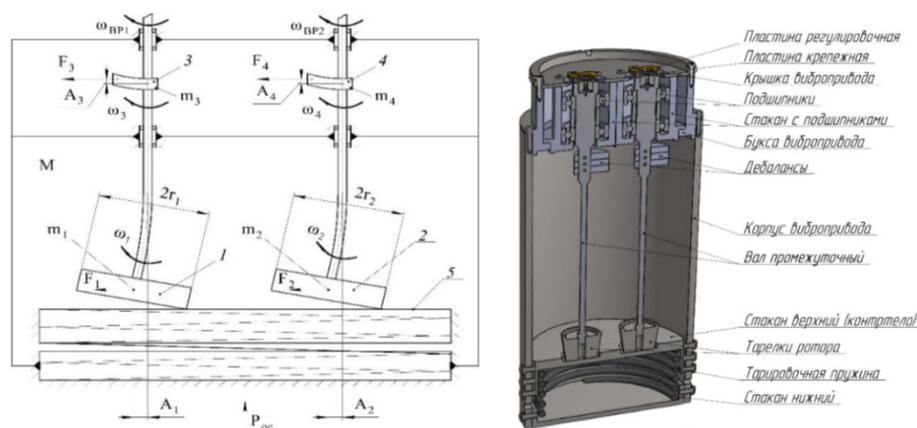


Рис.1. Схема и устройство для возбуждения синхронных колебаний

На рисунке 1 представлен способ, а на его основе устройство возбуждения колебаний в виброприводах. Разработанный способ основывается на получении суммарных высокочастотных и низкочастотных колебаний механической системы. Тела 1 и 2 через гибкие стержни вращают вокруг их поворотных осей симметрии с частотами  $\omega_{BP1} = \omega_3$  и  $\omega_{BP2} = \omega_4$ , и одновременно с этим сопрягают с контртелом 5 осевой силой прижатия  $P_{OC}$ . В результате чего, тела 1 и 2 начинают обкатывать контртело 3 периферией торцов по их собственным замкнутым траекториям, и образовывать мгновенные центры качения, что приводит к совершению круговых высокочастотных колебаний  $\omega_1$  и  $\omega_2$ . Совместно с этим, на данные тела воздействуют неуравновешенными радиальными силами  $F_3$  и  $F_4$ , постоянно меняя их направления с частотами вращения  $\omega_3$  и  $\omega_4$ .

Таким образом, новый способ возбуждения колебаний позволяет более полно, в отличие от аналогов, использовать энергию колебаний, за счет работы системы в резонансном режиме, а также управлять процессом вибрационных испытаний, посредством изменения собственных форм колебаний. На базе разработанного способа был спроектирован вибропривод, который отличается от аналогов низкой энергозатратностью, обусловленной постоянной работой системы в резонансном режиме, возможностью управления формой колебаний и универсальностью. Данный вибропривод может применяться как в стационарных стендах, так и в качестве переносного вибростенда для нормальных и специфических условий эксплуатации. Для длительного поддержания системы в околорезонансном режиме была разработана автоматизированная система управления процессом вибрационных испытаний.

Научная новизна проекта и его техническая значимость заключаются в создании нового подхода к процессу вибрационных испытаний летательных аппаратов посредством разработки новых виброприводов, с целью получения сложных форм резонансных колебаний, их мониторинга и контроля.

**Южно-Уральский государственный университет выражает благодарность за финансовую поддержку Министерству образования и науки Российской Федерации (грант No 9.7960.2017/БЧ).**

**South Ural State University is grateful for financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (grant No 9.7960.2017/BP).**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парафесь, С.Г. Методы и средства динамических испытаний конструкций летательных аппаратов / С.Г. Парафесь, И.К. Туркин. – М.: Изд-во МАИ, 2002 – 132 с.
2. Пат. 2533743 РФ: МПК7 В 06 В 1/00, G 03 G 9/08. Способ возбуждения колебаний / Ю.С. Сергеев, С.В. Сергеев, Б.А. Решетников, Е.Н. Гордеев, Р.Г. Закиров, В.П. Гоголев, А.А. Микрюков, А.В. Иршин; заявитель и патентообладатель ООО «Гранулятор». – 2013121307/28; заявл. 07.05.13; опубл. 20.11.14, Бюл. №32. – 11 с.