

УДК 534.61

**Лабораторный стенд для исследования параметров вибраций пластинчатых конструктивов**

Тимофеева В.В., Синетов Н.Н., Первушин Р.В.

Разработка и изготовление технической систем с заданными показателями качества и надёжности является актуальнейшей задачей как любого конкурентоспособного предприятия, так и конкурентоспособной экономики целых стран. На стадии эксплуатации надёжность любой технической системы определяет её качество изготовления на предприятии и внешние факторы эксплуатации. К внешним дестабилизирующим факторам прежде всего относят группы климатических и механических воздействий. Анализ влияния механических воздействий может осуществляться с помощью различных видов вибростендов. Описываемый лабораторный стенд позволяет определять такие динамические характеристики пластинчатых конструкций, как собственную частоту колебаний, амплитуду колебаний, виброскорость, виброускорение. Проведённые эксперименты позволяют сделать вывод о работоспособности стенда и совпадении практических результатов с теоретическими расчётами, проведённым по известным методикам.

*Ключевые слова:* вибрация, собственное колебание, резонансная частота, виброскорость, виброускорение, заземление, свободное опирание, магнитное поле, пластинчатая конструкция.

**Введение**

При разработке технологического оборудования различного вида и назначения решается целый блок проблем, связанных с обеспечением надёжности конструкции в реальных условиях эксплуатации. Одним из значительных дестабилизирующих параметров являются механические воздействия.

Практически любую конструкцию станка или прибора можно представить в виде модели, состоящей из большого числа простейших механических элементов - стержневых или пластинчатых конструктивов. При всей условности такого представления, подобный подход позволяет рассмотреть логику поведения элементов конструкции в условиях, приближённых к реальным условиям эксплуатации, что позволяет дать количественную оценку их динамических параметров [1] и выбрать необходимые методы механической защиты.

Интерес к поведению в условиях вибраций именно конструктивов пластинчатого типа объясняется, с одной стороны, тем, что в известной литературе учебного характера, доступной студентам, существенно большее внимание уделяется анализу стержневых элементов, а пластинам уделено значительно меньше внимания. С другой стороны, пластинчатые конструкции в условиях вибраций в гораздо большей степени, чем стержни или

балки являются источником акустических колебаний, вызываемых колебаниями элемента под действием внешних вибрационных воздействий.

В силу этого, при изучении механических вибраций, их воздействий на отдельные элементы системы и систему в целом, а также способов защиты от них важным является изучение поведения пластин в условиях внешних вибраций и изучение методов снижения их собственных колебаний.

Целью статьи является описание стенда, разработанного и изготовленного для изучения влияния способов закрепления пластинчатых конструкций на их динамические характеристики в условиях внешних механических вибраций и организации защиты механической системы плоскостного типа от указанных воздействий путём изменения частоты собственных (резонансных) колебаний.

**Известные типы лабораторных вибростендов**

Вибростенд является исполнительным органом вибрационной установки и обеспечивает воспроизведение и передачу на объект требуемых механических вибраций. В зависимости от конструкции и принципа действия вибростенды подразделяют на электродинамические, гидравлические, механические, электромагнитные, пьезоэлектрические, маг-

нитострикционные, резонансные и др. При испытаниях на вибропрочность и виброустойчивость наиболее часто используют электродинамические, гидравлические и механические вибростенды [2].

Электродинамический вибростенд создает динамическую вынуждающую силу за счет взаимодействия переменного тока в подвижной катушке, которая служит исполнительным устройством вибростенда, и постоянного магнитного поля. Для передачи движения испытуемому объекту катушка может быть соединена с ним механически.

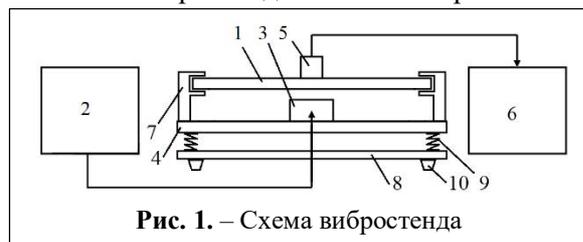
Вибрационную установку, в состав которой входит электродинамический вибростенд, называют электродинамической. Она включает в себя также задающий генератор и систему управления, усилитель мощности, источник питания катушки подмагничивания (при необходимости), средства измерений и вспомогательные средства, обеспечивающие работу установки.

Подобные стенды наиболее просто поддаются автоматизации и могут быть упрощены при определённых условиях. Так, если испытуемая пластина выполнена из магнитного материала, например, сталь, катушка, формирующая магнитное поле, может быть выполнена неподвижной, что значительно упрощает конструкцию стенда. Пластина приводится в колебательное движение благодаря её взаимодействию с переменным магнитным полем, которое формируется катушкой.

### Описание принципа построения вибростенда

В основу структуры стенда положен метод увеличения жёсткости конструкции исследуемого элемента.

Схема вибростенда показана на рис.1.



Устройство работает следующим образом. Сигнал с генератора 2 подаётся на электромагнит 3, который формирует переменное электромагнитное поле, в зону действия которого попадает испытуемая пластина 1, выполненная из магнитного материала. Благодаря фиксации испытуемой пластины 1 в опорных узлах 7, установленных на основании 4, переменное электромагнитное поле обеспечивает вынужденные вибрационные колебания испытуемой пластины 1 с частотой работы генератора 2.

Установленный на пластине 1 вибродатчик 5 преобразует вибрационные колебания пластины в электрический сигнал, который поступает на вход вибрметра 6.

### Конструктивные особенности вибростенда

Особенностью конструкции стенда является представленная на рис.2 конструкция опорных узлов, обеспечивающих изменение варианта закрепления пластины.



Изменение варианта закрепления осуществляется независимо по каждой из четырёх сторон испытуемой пластины изменением положения фиксирующих пластин 11, составляющих основу опорного узла 7. Форма пластин 11, входящих в опорные узлы, при повороте пластин на 180° (в горизонтальной плоскости), позволяет изменять вариант жёсткого защемления испытуемой пластины 1 (рис.2а) на вариант свободного опирания (рис.2б). В обоих вариантах пластины 11 устанавливаются на основание 4 с помощью шпильки 12, на которой фиксируют испытуемую пластину 1 в фиксирующих пластинах 11 посредством гайки 13.

Изменение амплитуды и частоты вибрации испытуемой пластины 1 осуществляют изменением амплитуды и частоты выходного сигнала генератора 2.

Оценку изменения параметров вибрации испытуемой пластины 1 при различных вариантах фиксации её в опорных узлах 7 осуществляют по показаниям виброметра 6 [5].

Вся конструкция вибростенда устанавливается на лабораторном столе на опорных виброизоляторах 10. Они, как и виброизоляторы 9, установленные между основаниями 4 и 8, обеспечивают защиту оборудования, установленного на лабораторном столе, от вибраций, формируемых испытуемой пластиной на первое основание 4, а также от вибраций со стороны внешних устройств к испытуемой пластине.

Фотография установки в состав которой входят виброметр, генератор сигналов и описываемый вибростенд представлен на рис.3.



Рис. 3. – Вид вибрационной установки

### Оценка работоспособности вибростенда

Для оценки работоспособности стенда, выбраны следующие варианты закрепления: жесткое защемление по коротким сторонам и свободное опирание по коротким сторонам.

В качестве источника управляющего сигнала использован генератор измерительного комплекса AUDIO COMPLEX GENERATOR: Type TR-0157/K008 фирмы HTSZ [3]. Особенностью прибора является возможность формирования сигналов различной формы (синус/меандр) и необходимой мощности на низкочастотной нагрузке, а также осуществлять измерение амплитуды сигнала на выходе вибродатчика, что позволяет определять амплитудно-частотные механические харак-

теристики исследуемых пластинчатых конструкций.

Измерения виброскорости и виброускорения производились с помощью виброметра ВШВ-003-М3 и в соответствии с методикой проведения измерений [4]. Прибор ВШВ-003-М3 является малогабаритным, портативным измерительным прибором и предназначен для измерения и анализа шума и вибрации в жилых помещениях, производственных и полевых условиях и используется для определения источников и характеристик шума и вибрации в местах нахождения людей, при исследованиях и испытаниях машин и механизмов, при разработке и контроле качества изделий.

Вибродатчик устанавливается в центр пластины и закрепляется с помощью мягкого пластичного материала, исключающего демпфирование. В данной работе использовался размягченный пластилин.

Измерения виброскорости и виброускорения осуществлялись в октавных полосах. По полученным данным были построены гистограммы, отображающие зависимость виброускорения и виброскорости от частоты колебаний. На рис. 4 представлен график виброскорости, а на рис. 5 представлен график виброускорения для двух вариантов закрепления пластины.

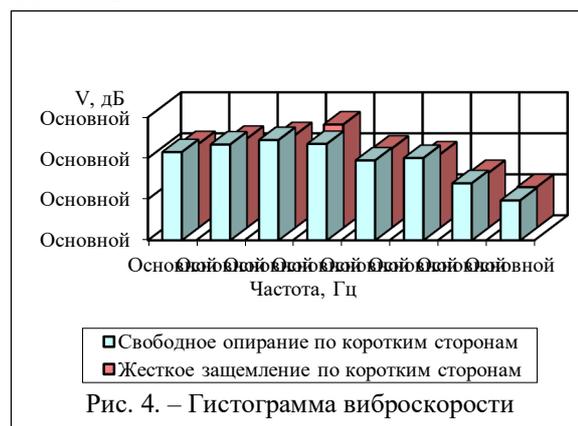
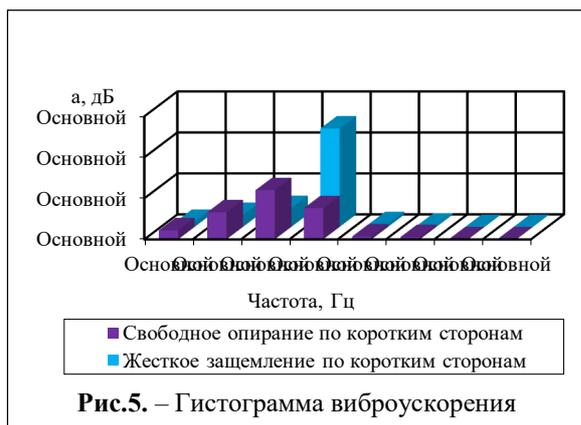


Рис. 4. – Гистограмма виброскорости



Анализ приведённых результатов показывает их хорошую совместимость с теоретическими данными, которые приведены в [1].

### Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что значение виброскорости и виброускорения при смене варианта закрепления меняются.

Поступила 11 сентября 2019 г.

The development and manufacture of technical systems with specified indicators of quality and reliability is an urgent task of any competitive enterprise, as well as the competitive economy of entire countries. At the operation stage, the reliability of any technical system determines its manufacturing quality at the enterprise and external operating factors. External destabilizing factors primarily include groups of climatic and mechanical influences. Analysis of the influence of mechanical stresses can be carried out using various types of vibration stands. The described laboratory bench allows you to determine such dynamic characteristics of plate structures as the natural frequency of vibrations, amplitude of vibrations, vibration velocity, vibration acceleration. The experiments conducted allow us to conclude that the stand is operable and the practical results coincide with theoretical calculations carried out by known methods.

*Key words:* vibration, natural vibration, resonant frequency, vibration velocity, vibration acceleration, pinching, free support, magnetic field, plate design.

*Тимофеева Виктория Валерьевна* – студент кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

*E-mail:* timofeeva-v99@mail.ru

*Синетов Николай Николаевич* - студент кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

*E-mail:* bmw\_x3\_bmw@mail.ru

*Первушин Радислав Валентинович* - кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

*E-mail:* prv55@qip.ru/

*Адрес:* 602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

Из этого следует, что вибростенд работоспособен и готов к использованию.

### Литература

1. Конструкторские расчёты элементов РЭС в условиях механических и акустических воздействий: Учеб. пособие / В.В. Булкин, В.Е. Беляев, В.Н. Сергеев; Под ред. В.В. Булкина. – Муром: Изд.-полигр. Центр МИ ВлГУ, 2001. – 131с.
2. ГОСТ Р ИСО 10813-1-2011. Вибрация. Руководство по выбору вибростендов. Часть 1. Оборудование для испытаний на воздействие вибрации" [Электронный ресурс]. – Справочно-правовая система «Консультант плюс».
3. ООО «Западприбор», TR-0157/K008 генератор звуковой комплексный. Технические характеристики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zapadpribor.com/tr-0157-k008>.
4. ВШВ-003 МЗ - измеритель шума, вибрации, инфразвука и ультразвука (виброшумомер, виброметр, шумомер). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.priborelektro.ru/product/catalog/shumomery-vibrometry-44/768.html>.