

Герасимов М.Д., канд. техн. наук, проф.,
Герасимов Д.М., инж.,
Степанищев В.А., инж.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИБРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА С АСИММЕТРИЧНОЙ ВЫНУЖДАЮЩЕЙ СИЛОЙ*

mail_mihail@mail.ru

Совершенствование генераторов механических колебаний рабочих органов дорожно-строительных машин является важной технической задачей. Существует большое разнообразие вибрационных устройств, имеющих круговой и эллиптический характер колебаний. В статье описана вибрационная установка для получения асимметричной вынуждающей силы и методика настройки виброизмерительной аппаратуры для измерения параметров вибрации и величины вынуждающей силы.

Ключевые слова: *вибрационное устройство, вынуждающая сила, асимметричные колебания, тензометрическая станция, настройка режима измерения.*

Введение. Асимметричный характер направленных колебаний вибрационных рабочих органов дорожно-строительных машин является наиболее предпочтительным в сравнении с круговым и эллиптическим характером колебаний. Это объясняется тем, что наличие направленной и асимметричной вынуждающей силы позволяет [1] повысить эффективность работы вибрационного устройства, степень управления параметрами вибрации и, как результат, повышение степени управления технологическим процессом, например, уплотнения, сортировки или погружения свай.

Авторами статьи запатентована [2, 3, 4, 5] и изготовлена установка для получения и исследования направленных асимметричных механических колебаний. Теоретические исследования кинематики вибрационного устройства с направленными колебаниями и асимметричной вынуждающей силой [6, 7] показали способность таких механизмов для использования в технологических процессах строительства автодорог и сооружений.

Методика проведения подготовительных работ к исследованиям и испытаниям установки основана на рекомендациях фирмы-производителя аппаратуры - "Электронные технологии и метрологические системы". Так как вибрационная установка – физическая модель вибропогружателя имеет специфические конструктивные особенности, то возникает необходимость разработки и освоения методики проведения всего комплекса подготовительных работ с статической и динамической настройкой и тарировкой приборного комплекса.

Основная часть. Вибрационная установка (рис. 1, а) является физической моделью вибропогружателя. Каркас вибрационной установки состоит из основания прямоугольной формы,

двух цилиндрических стоек и верхней поперечной балки. Вибровозбудитель представляет собой плоский корпус, внутри которого расположены зубчатые передачи, установленные на валах. Шесть пар валов своими консольными частями находятся вне корпуса, на которых посредством клиновых и резьбовых соединений крепятся дебалансы (рис. 1, б). К боковым стенкам корпуса вибровозбудителя закреплены цилиндрические направляющие, с помощью которых он имеет возможность перемещаться вдоль цилиндрических стоек благодаря соединению с зазором. На верхней части корпуса имеется плита, на которой крепится электродвигатель. Электродвигатель приводит посредством ремённой передачи один из валов вибровозбудителя. Каждая горизонтальная пара валов с дебалансами одного типоразмера образует вибрационный модуль с вертикально направленными колебаниями. Каждая пара валов имеет свою частоту вращения: 500, 1000, 1500, 2000, 2500 и 3000 об/мин. Для каждой пары валов предусмотрены свои дебалансы, масса которых рассчитывается предварительно по отдельной методике. В нижней части корпуса закреплен сварной нагрузочный элемент в виде швеллера. Между нагрузочным элементом и основанием каркаса образуется зазор, в котором размещается датчик силы виброизмерительной аппаратуры.

Перед работой рабочая поверхность направляющих и стоек должна быть смазана для обеспечения свободного хода.

Вибрационная установка работает следующим образом. При включении электродвигателя ремённая передача привода приводит во вращение приводной вал вибрационного устройства. Посредством зубчатых передач, расположенных внутри вибрационного устройства, приводятся во вращение все валы вибровозбудителя. Каж-

дая пара горизонтальных валов, с установленными на них дебалансами, вращается навстречу друг другу с соответствующей частотой. При этом, в вертикальной плоскости генерируются вынуждающие силы. При сложении сил от действия нескольких пар валов с дебалансами происходит смещение значения суммарной составляющей вынуждающей силы в верх или вниз. Соотношение значения величины направленной силы вверх и вниз, отличное от единицы, определяет эффект асимметрии вынуждающей силы.



а

Такое соотношение называется коэффициентом асимметрии вынуждающей силы, который может изменяться, например, от 1.0 до 10.0.

Для практической оценки коэффициента асимметрии вынуждающей силы необходимо отработать методику проведения измерений параметров вибрации с помощью виброизмерительной аппаратуры. Для проведения экспериментальных исследований используется оборудование компании Zetlab, рис. 2.



б

Рис. 1. Вибрационная установка с направленными колебаниями и асимметричной вынуждающей силой
а – общий вид, б – дебалансы



а



б

Рис. 2. Восьмиканальная тензометрическая станция ZET 017-T8 (а), с S – образным датчиком силы (500 кгс или 2000кгс)

В комплект поставки тензометрической станции входит программное обеспечение ZETLAB TENZO.

Данное оборудование обеспечивает широкие возможности визуализации и анализа сигналов и позволяет одновременно запускать не-

сколько программ анализа и отображения сигналов. Комплекс позволяет получить отображение преобразованных сигналов входных каналов в зависимости от времени: параметрическое отображение сигналов в виде фигур Лиссажу; преобразование сигналов от тензодатчика по тарифовочным таблицам; выполнить узкополосную спектральную обработку сигналов, поступающих на входные каналы тензостанции.

Это дает возможность создавать различные комплексы для проведения испытаний, систем контроля и мониторинга технологических процессов. Совместное применение нескольких программ позволяет проводить испытания на нестационарных режимах.

Связь с компьютером осуществляется по шине HighSpeed USB 2.0 или интерфейсу Ethernet. Таким образом, наличие анализатора спектра ZET 017-U8 и ноутбука позволяет обслуживать до восьми измерительных точек.

Настройка и тарирование измерительного комплекса. При использовании любых измерительных средств является достоверность показаний прибора. Она обеспечивается настройкой и калибровкой. Калибровка прибора – это контрольная проверка и под-

стройка показаний в какой-либо, обычно одной опорной, точке диапазона измерений.

Прежде чем проводить испытания необходимо убедиться, что показания прибора (измерительного комплекса) соответствуют действительности. Более этого, при измерении динамических характеристик, в частности вынуждающей силы вибрационной установки, нужно предварительно убедиться в адекватном измерении статических характеристик.

Прежде всего, после подключения датчиков силы, необходимо задать их характеристики. В частности, такие как чувствительность и предел измерений.

Также следует указать время сглаживания.

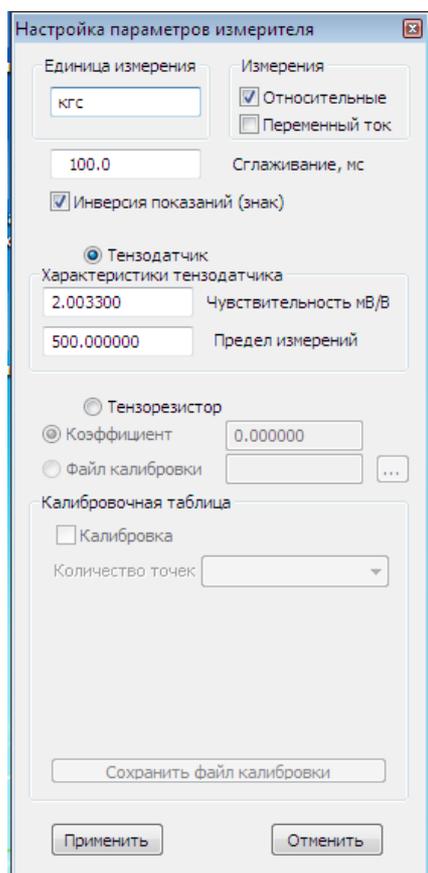
Основные этапы настройки прибора отражены на рисунках 3, 4, 5.

После ввода характеристик датчика, нужно включить соответствующий измерительный канал.

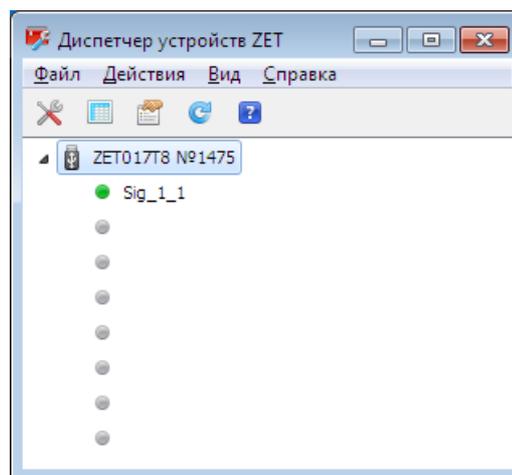
Далее включается генератор сигналов, рис. 5.

В качестве калибровочных грузов, используются грузы с заведомо известным весом, рис. 6.

Далее определяется вес тарированного груза с помощью тензодатчика, рис. 7.



а



б

Рис. 3. Настройка параметров измерителя (а) и включение измерительного канала (б)

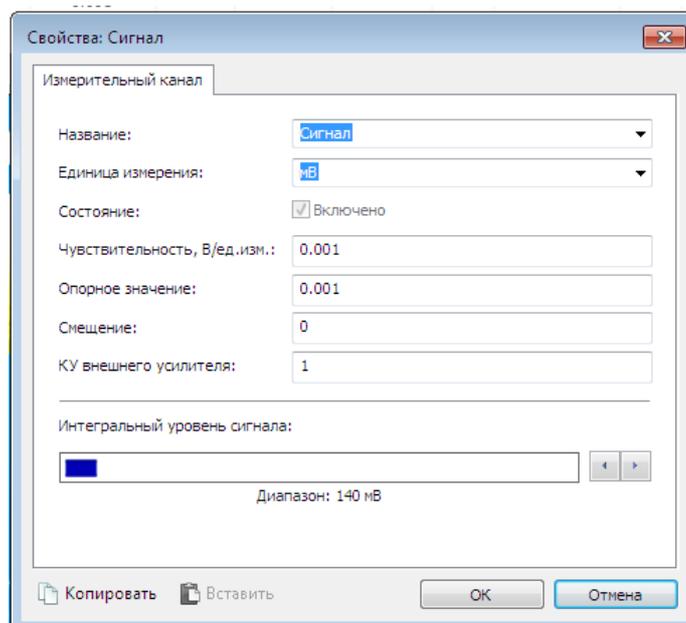


Рис. 4. Окно задания свойств сигнала

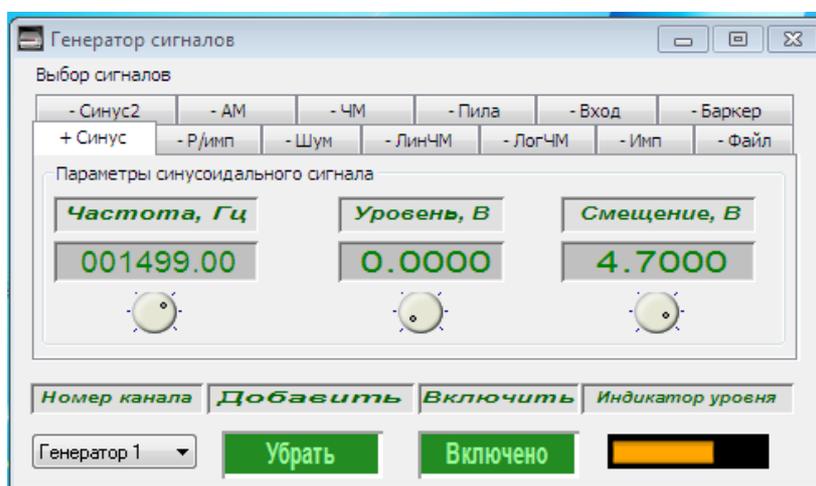


Рис. 5. Окно генератора сигналов



Рис. 6. Взвешивание тарированного груза для статических испытаний

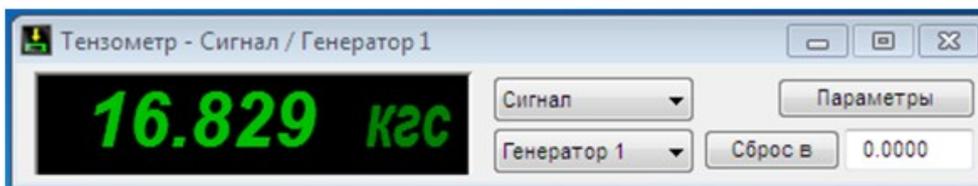


Рис. 7. Результат статического определения веса груза

В результате калибровки отклонение веса при статическом взвешивании не превышало 5 %. После того, как получили достаточную сходимость результатов взвешивания различных грузов, приступают к калибровке прибора при измерении динамических нагрузок.

Для этого, в частности, проводили фиксацию нагрузки при опускании на датчик лабораторной установки вибропогружателя в различных режимах. (Вес установки без дебалансов 198 кг).

Результатом калибровки датчика служат графики, рис. 9.

В первом случае (а) вибрационную установку «уронили» на датчик, что отразилось на первом всплеске графика. Во втором случае (б), было выполнено «не полное опускание», что также отразилось на графике. И в третьем случае (в) установку спокойно опустили, выдержали некоторое время в опущенном состоянии и снова подняли. Во всех трех случаях значения нагрузок отражают характер нагружения и графики адекватны условиям нагружения.

Таким образом, исходя из полученных результатов, можно считать настройку и калибровку прибора выполненной, после чего можно перейти к экспериментальным исследованиям силовых характеристик при вибрационных процессах.



Рис. 8. Вибрационная установка в рабочем состоянии с тензометрическим датчиком силы

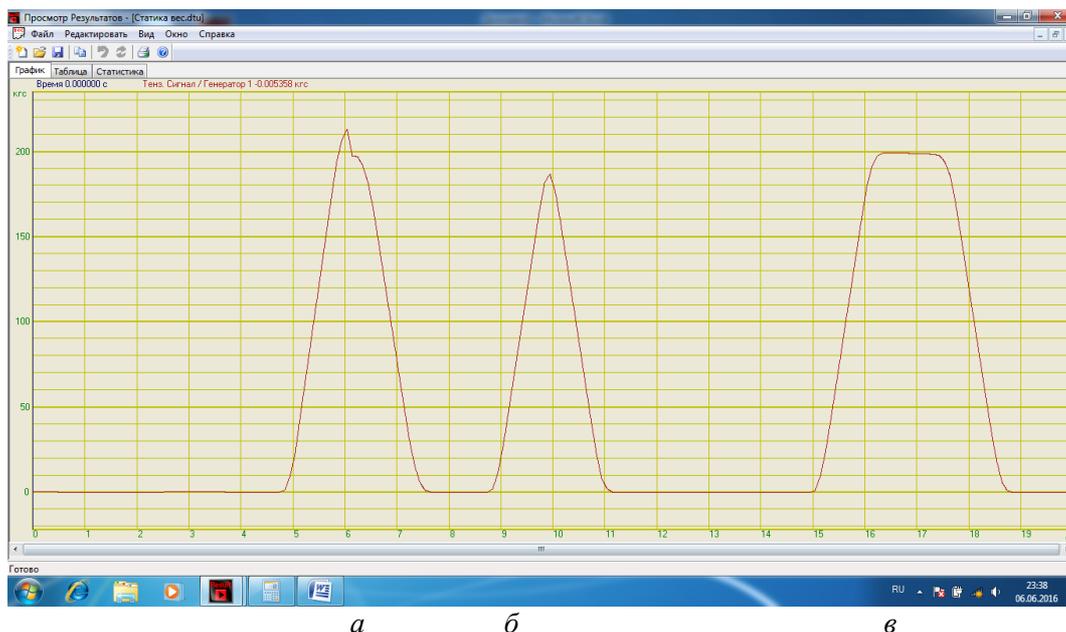


Рис. 9. Результат калибровки датчика при различных условиях нагружения

**Статья выполнена при поддержке гранта БГТУ им. В.Г. Шухова № А-12/15*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент РФ № 2007140665/11, 01.11.2007. Ермоленко В.Н., Насонов И.Н., Нестеренко П.Н. Зубчатый инерционный самобалансный механизм // Патент России № 2350806. 27.03.2009. Бюлл. №9.

2. Патент РФ № 2013101101. 09.01.2013. Герасимов М.Д., Исаев И.К., Степанищев В.А., Герасимов Д.М. Способ направленного инерционного вибровозбуждения и дебалансный вибровозбудитель направленного действия для его осуществления. Патент России № 2523045.2014.22.05.2014. №26.

3. Патент РФ № 2013114775/03. 02.04.1013. Герасимов М.Д., Исаев И.К., Степанищев В.А., Герасимов Д.М. Способ направленного инерционного вибровозбуждения и

дебалансный вибровозбудитель направленного действия для его осуществления. Патент России № 2528715. 20.09.2014. №26

4. Патент РФ № 2012133129/28. 01.08.2012. Герасимов М.Д., Герасимов Д.М., Исаев И.К., Шарапов Р.Р. Одновальный планетарный вибратор направленных колебаний. Патент РФ № 2515336. 10.02.2014. №4.

5. Патент РФ на ПМ № 2014114690. 14.04.2014. Герасимов М.Д., Степанищев В.А., Апанасов А.А. Зубчато-планетарный вибровозбудитель. Патент России на ПМ №145754. 20.08.2014.

6. Герасимов М.Д. Сложение колебаний в вибровозбудителях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. № 3. С. 183–186.

7. Герасимов М.Д. Инновационные вибрационные технологии, машины и оборудование. Опыт НИОКР. Журнал «Мир дорог». 2015. Июль. С. 50–51.

Gerasimov M.D., Gerasimov D.M., Stepanishev V.A.

TECHNIQUE OF CARRYING RESEARCH OF VIBRATING DEVICE WITH ASIMMETRICAL DRIVING FORCE

The article describes a vibrating apparatus for producing an asymmetric driving force and how to configure vibration measurement equipment for measuring of vibration parameters and the magnitude of the driving force.

Key words: *vibration device, the driving force, asymmetric oscillations, the tensometric station, setting the measurement mode.*

Герасимов Михаил Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: mail_mihail@mail.ru

Герасимов Дмитрий Михайлович, магистрант кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: bratg@yandex.ru

Степанищев Виктор Анатольевич, магистрант кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: PTDM-BGTU@yandex.ru