«Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений»
2 | 2013

Р.Т.АКБИЕВ, канд. техн. наук,
Т.В.МОРОЗОВА, аспирант
(ЦНИИП градостроительства РААСН, Москва)

СОВРЕМЕННОЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИЙ, ТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ И МОНИТОРИНГА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В настоящей публикации приводится описание вибрационного оборудования, приведены современные технические решения, которые рекомендуются к использованию при создании нового и модернизации существующего оборудования для проведения динамических испытаний конструкций, моделей, фрагментов зданий и сооружений и их исследований на сейсмостойкость.

Ключевые слова: вибрационное оборудование, сейсмостойкость, конструкции, динамические испытания.

Модернизация действующей системы технического регулирования в соответствии с федеральным законом №184-ФЗ предполагает, в том числе, совершенствование методов оценки сейсмостойкости и подтверждения соответствия зданий и сооружений требованиям технических регламентов [1].

Проведение испытаний и мониторинг могут использоваться как самостоятельный вид исследований, так и в составе научно-технического сопровождения при проектировании, возведении объектов капитального строительства, введении их в действие и при эксплуатации.

Совершенствование экспериментальных исследований в области сейсмостойкости и динамической устойчивости предполагает разработку нового, модернизацию имеющегося вибрационного оборудования, а также современных подходов к проведению технических испытаний узлов соединений, конструкций, моделей, фрагментов зданий и сооружений.

Вопросам разработки новых испытательных стендов, вибрационного и измерительного оборудования за последние три десятилетия не уделялось должного внимания.

Наиболее значительные работы и исследования в этой области были выполнены группой специалистов под руководством автора настоящей статьи, которые в период с 2002 по 2008 гг. по заданию руководства Центра исследований сейсмостойкости и дирекции института ЦНИИСК им.В.А. Кучеренко ГУП «НИЦ Строительство» восстановили и модернизировали существенно обветшавшую экспериментальную базу института.

Имеющееся на тот момент в Центре оборудование и стенды для испытаний безнадежно устарели, могли использоваться в современных условиях только после частичной (до 50-80%) или полной замены агрегатов и механизмов, при условии существенной доработки систем управления проведением испытания (режимом колебаний). Например, за основу описанного ниже и существенно доработанного нами образца вибратора ВИД-12 были приняты первые разработки нашего учителя — профессора Айзенберга Я.М. и его коллег, относящиеся к середине 60-х гг. прошлого века, т.е. более 45 лет назад [2].

Процесс восстановления экспериментальной базы длился более 6 лет, предполагал полную замену или значительную модернизацию имеющегося вибрационного оборудования, разработку и строительство специальных стендов.

За указанный период группой было собрано со всей территории бывшего СССР и приведено в порядок различное оборудование (ВИД-50, ВИД-12 и др.), восстановлена малая вибрационная платформа, расположенная в Центре сейсмостойкости ЦНИИСК.

Существенным вкладом в развитие экспериментальной базы ЦНИИСК стали авторские разработки, содержащие новые технические решения регулируемого управления колебаниями при испытаниях, а также современные стенды для различных типов их выполнения, которые используются институтом по настоящее время [3-5].

В настоящей публикации приводится описание одной из таких разработок — предложения по созданию современного комплекса вибрационного оборудования для испытания конструкций, зданий и сооружений на сейсмостойкость, технические решения по которым защищены патентом на полезную модель RU 98810 U1 [5].

Задачей, на решение которой направлено новое техническое решение является создание управляемого средства (**вибрационной машины инерционного действия** для возбуждения вынужденных колебаний, последующего мониторинга и оценки динамических свойств конструкций, зданий и сооружений), отвечающего современным требованиям сейсмостойкого строительства, технологии выполнения испытаний и мониторинга конструкций.

Техническое решение вибрационной машины поясняется чертежами, приведенными на рис.1, иллюстрирующими частную форму выполнения устройства и никоим образом не ограничивающими другие возможные формы выполнения аналогичного оборудования в пределах представленной формулы полезной модели.

Вибрационная машина инерционного действия, включает основание 1, корпус 2, дебалансы 3, шпиндели 4 дебалансов, электромоторы вращения

дебалансов 5, механизм 6 регулировки эксцентриситета дебалансов 3, электромотор 7 механизма 6 регулировки эксцентриситетов дебалансов, программируемый комплекс 8 управления. Дебалансы насажены на шпиндели и имеют ниши и /или отверстия 9, конфигурация которых обеспечивает возможность поворота дебалансов 3 в вертикальных плоскостях под действием механизма регулировки эксцентриситетов во время вращения шпинделей 4 вибромашины. Программируемый комплекс 8 управления снабжен, по меньшей мере, одним модулем энергонезависимой памяти (условно не показан).

Механизм регулировки эксцентриситетов дебалансов 6 включает опорно-силовой каркас, в виде рамы 10, на которой шарнирно закреплены связующие элементы 11, соединенные с дебалансами 3, при этом рама 10 выполнена с возможностью перемещения по вертикали под действием электромотора 7 механизма 6 регулировки эксцентриситетов дебалансов.

Шпиндели дебалансов имеют полости 12, внутри которых размещены связующие элементы 11, взаимодействующие с дебалансами 3, а сами шпиндели 4 шарнирно закреплены на основании 1 машины.

Дебалансы выполнены съемными, имеют, по меньшей мере, одну степень свободы и шарнирно закреплены на шпинделях.

Связующие элементы 11 выполнены в виде жестких штанг 13 и /или гибких тяг 14. Корпус 2 вибромашины установлен на основании 1, которое выполнено по большей части плоским и с внутренней стороны имеет опоры 15, в которые с возможностью вращения установлены шпиндели 3, внутри шпинделей выполнены полости 12, в которых вертикально размещены связующие элементы 11 — жесткие штанги 13, к которым прикреплены гибкие тяги 14, причем концы жестких штанг шарнирно закреплены на раме 10 механизма регулировки эксцентриситетов дебалансов, а концы гибких тяг 14, выведены в отверстия 16 выполненные в шпинделях, сообщенных с упомянутыми полостями 12, прикреплены к дебалансам 3 и размещены, предпочтительно, внутри ниш или отверстий 9 в дебалансах 3.

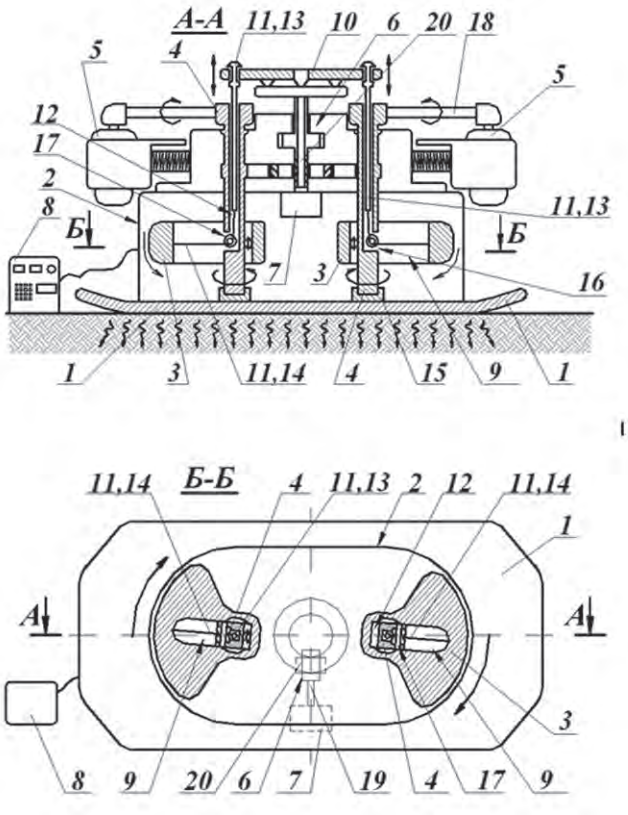

Рис.1. Технические решения вибратора в составе оборудования согласно полезной модели

Гибкие тяги 14 выполнены в виде стальных канатов и пропущены под блоки 17 или под цилиндрические валки, которые закреплены внутри полостей дебалансов.

Основные новации технических решений вибромашины, описанные в полезной модели, касаются следующего.

Существенно переработана, по сравнению с аналогами, система энергообеспечения и теплозащиты оборудования.

Для обеспечения теплоотвода и бесперебойной работы вибрационной машины ее электромоторы и /или программируемый комплекс управления оснащены активной системой охлаждения, например, в виде системы вентиляторов и воздуховодов (условно не показаны).

Программируемый комплекс испытательного оборудования 8 включает электрическую и электронную части. Электрическая часть включает в качестве электромоторов электродвигатели с мощностью не менее 10 кВт, скоростью вращения вала не менее 5000 об /мин и, предпочтительно, трехфазным питанием от источника переменного тока с напряжением 380 В, а также преобразователи «MICROMASTER 440», оснащенные микропроцессорной системой управления и транзисторами в виде IGBT модулей. Электронная часть включает программируемый комплекс управления, выполненный на базе микроконтроллера LOGO! 12/24RC и /или EEPROM.

Микроконтроллер выполнен с возможностью программирования режимов работы машины и сохранения результатов программирования. В качестве информационного накопителя для сохранения результатов программирования микроконтроллер оснащен модулями энергонезависимой памяти.

Установка современной энергонезависимой памяти позволяет оборудованию работать в условиях повышенной вибрации, т.к. модули памяти, в отличие от таких накопителей как жесткие диски, не имеют в своем составе движущихся частей. Кроме того энергонезависимая память позволяет сохранять результаты работы в случае внезапного отключения подачи электроэнергии или скачков напряжения, обеспечивая при этом достаточную скорость обмена данными.

Программируемый комплекс управления оснащен современной приборной панелью (условно не показана), оснащенной жидкокристаллическими led дисплеями отражающими параметры работы вибромашины.

Питание электродвигателей и/или программируемого комплекса выполнено от импульсного блока питания LOGO! Power 24VDC/2,5A, имеющего встроенную систему защиты от короткого замыкания и связанных с этим, возможных перегрузок.

Программируемый комплекс управления оснащен приборами регистрации параметров работы машины, в том числе частот вращения дебалансов. Приборы регистрации параметров работы машины выполнены с возможностью непосредственного измерения частоты вынужденных колебаний испытуемых конструкций, зданий и сооружений, подвергаемых воздействию колебаний, генерируемых машиной.

Программируемый комплекс управления оснащен и /или соединен с датчиками для установки на испытуемые объекты.

Вибрационное оборудование работает следующим образом.

Оператор, осуществляющий управление вибрационной машины, взаимодействуя с панелью управления программируемого комплекса, загружает в микропроцессор из интегрированной в машину энергонезависимой памяти один из требуемых режимов работы, после чего с панели управления программируемого комплекса подает питание на электромоторы дебалансов, роторы которых сообщают через редукторы 18 вращательное движения шпинделям, вращающимся вместе с дебалансами, насаженными на шпиндели.

Для изменения эксцентриситетов и частот колебаний, создаваемых вибрационной машиной, программа исполняемая микропроцессором, либо оператор вручную посредством панели управления подает питание на механизм регулировки эксцентриситетов дебалансов, который начинает поворачивать дебалансы в вертикальных плоскостях, меняя положение их центров тяжести, таким образом, обеспечивая различные частоты вынужденных колебаний, изменяя инерционные нагрузки при испытаниях.

В случае, когда механизм регулировки эксцентриситетов дебалансов состоит из рамы и закрепленных на ней связующие элементы, выполненных в виде жестких штанг к которым закреплены гибкие тяги, последние размещены в полостях, выполненных в шпинделях и по команде оператора и /или микропроцессора могут перемещаться внутри полостей под действием электромотора через редуктор 19 и передачу 20 поднимающую или опускающую раму 10. Гибкие тяги 11 действуют на дебалансы 3, которые поворачиваются в вертикальных плоскостях во время вращения шпинделей 4, смещая центры тяжестей дебалансов относительно осей вращения шпинделей и тем самым изменяя частоты колебаний, генерируемых вибромашиной.

Дебалансы могут быть выполнены съемными, с возможностью их замены и /или изменения веса. Изменение веса дебалансов также позволяет изменять инерционные нагрузки при испытаниях.

Предложенные технические решения оборудования для испытаний согласно полезной модели (RU 98810 U1) были реализованы при выполнении модернизации вибромашины ВИД-12/08М, которая успешно применялась при испытаниях на стендах, моделях и натурных объектах — крупных фрагментах (перекрытий, фрагментов и пр.), проведенных в городах Москве, Перми, Горно-Алтайске, Нальчике.

Фрагменты таких испытаний приведены на рис.2-6.

Рис.2. Испытания 2-этажного фрагмента здания системы «КУБ-2.5». Москва, 2008

Предложенные решения при усовершенствовании оборудования (в частности ВИД-12/08М) в части устройства системы контролируемого управления вынужденными колебаниями при нагружении испытуемых объектов подтвердили их надежность и универсальность.

В сочетании с относительно небольшими габаритами создаваемого и существующего оборудования (как например, ВИД-12/08М) описанные выше достоинства технических решений делают их вместе уникальным средством для проведения испытаний на сейсмостойкость и мониторинга конструкций зданий и сооружений.

В настоящее время на основе технических решений, описанных в полезной модели RU 98810 U1, разрабатываются чертежи испытательного оборудования нового поколения.

Заключение

В статье приведены современные технические решения, которые рекомендуются к использованию при создании нового и модернизации существующего оборудования для проведения динамических испытаний конструкций, моделей, фрагментов зданий и сооружений и их исследований на сейсмостойкость.

Приведены примеры конкретные примеры внедрения предложенных решений и их использования в процессе оценки и подтверждения соответствия.

Рис.3. Испытания 3-этажного фрагмента здания системе «КБК». Пермь, 2008

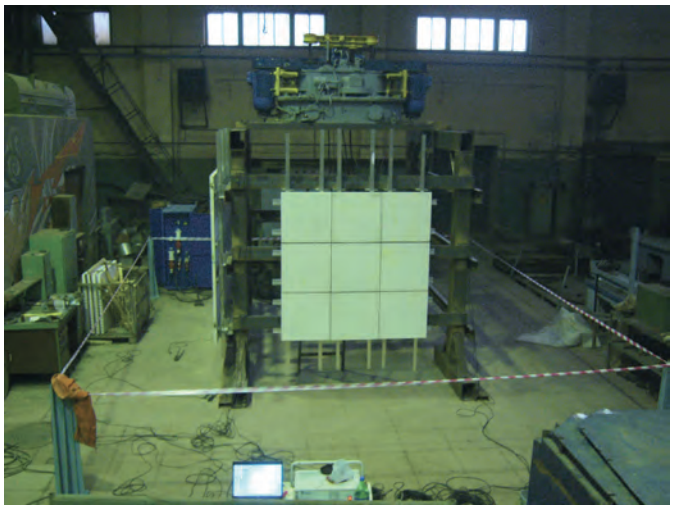

Рис.4. Испытания фрагмента фасадной системы «БВМ-Фасаденбау», Москва, 2009

Рис.5. Испытания плит перекрытий безопалубочного формования. РА, Горно-Алтайск, 2010

Новое и усовершенствованное оборудование предполагает разработку соответствующих методик и требований (стандартов) проведения динамических испытаний, являющихся предметом отдельных исследований, результаты которых будут опубликованы в очередных номерах журнала.

Рис.6. Мониторинг усиливаемого здания. КБР, Нальчик, 2012

Литература

1. О техническом регулировании. Федеральный закон от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ.

2. Стенд для испытания сооружения на сейсмостойкость./Айзенберг Я. М., Брусов В. И., Быховский В. А., Макаров П. А., Энграф В. Э., Яковлев С. И. — Авторское свидетельство. № 215573; Заявлено 31.11.1967 г. // Опубликовано 03.04.1968 г. Бюллетень № 13.

3. RU 100925 U1. Вибростенд для испытаний зданий и сооружений, их фрагментов, моделей-макетов, конструкций и оборудования на динамическую устойчивость и сейсмостойкость./Акбиев Р. Т. — № 2010138994/28; Заявлено 22.09.2010 г. // Изобретения (Заявки и патенты). 2011. № 1.

4. Акбиев Р. Т., Чубаков М. Ж. Основные подходы и требования по экспериментальной оценке сейсмобезопасности навесных фасадных систем. // Проектирование и строительство в Сибири. 2011. № 4. С.31-37.

5. RU 98810 U1. Вибромашина инерционного действия для возбуждения колебаний, последующего мониторинга и оценки динамических свойств конструкций, зданий и сооружений./Акбиев Р. Т. — № 2010127970/28; Заявлено 07.07.2010 г. // Изобретения (Заявки и патенты). 2010. № 30.

Контактная информация: Москва, ул.Душинская, 9.
Тел.: +7 (926) 075-11-11. E-mail: akbi.rust@gmail.com

eng

Akbiyev R.T., Morozova T.V.

UP-TO-DATE TESTING EQUIPMENT TO ASSESS DYNAMIC PROPERTIES OF STRUCTURES, TO CONDUCT ENGINEERING TESTS AND EARTHQUAKE RESISTANCE MONITORING OF BUILDINGS AND STRUCTURES

The present publication describes vibration equipment, provides up-to-date technical solutions to be used in making new and updating the existing equipment to conduct dynamic tests of components, models, fragments of buildings and structures as well as for earthquake resistance research.

Key words: testing equipment, dynamic properties of structures, earthquake resistance, dynamic tests