

УДК 621.81:539.3/5

Роганов М. Л.
Роганов Л. Л.
Абрамова Л. Н.
Грановский А. Е.

СИЛОВОЕ ПЕРЕДАТОЧНОЕ УСТРОЙСТВО УДАРНОГО СТЕНДА

Проблема исследования и разработки ударных стендов является актуальной, т. к. при работе и транспортировке многие приборы и устройства могут подвергаться ударным воздействиям, что в свою очередь приводит как к нарушению механической прочности, так и к функциональной и эксплуатационной характеристик. Вследствие этого над объектом проводят ударные испытания для определения максимально возможного воздействия ударной нагрузки без нарушения свойств объекта.

Ударные испытания проводятся на различных ударных стендах как отечественных, так и зарубежных фирм [1–3]. Но все известные ударные стенды предназначены для проведения испытаний импульсами ударной нагрузки в какой-либо одной плоскости: либо горизонтальной, либо вертикальной. Это ограничение вносит трудности для испытаний объектов в различных плоскостях.

Данную проблему возможно решить при применении специального передаточного устройства, которое является сменным.

Целью работы является разработка конструкции ударного стенда с передаточным устройством для проведения испытаний импульсами ударного ускорения в различных плоскостях.

Передаточное устройство – передает ударный импульс упругой деформации сжатой жидкости в горизонтальной плоскости (либо под другим любым углом) испытываемому изделию через предающее устройство, имеющее заданную жесткость.

Стенд ударный с гидроупругим приводом [4] (рис. 1) состоит из основы 1, платформы 2 для размещения на ней изделия, что испытывается (условно не показано), плунжера 3, тормозных цилиндров (пневмоцилиндры) 4, штоки которых соединены с платформой 2, камеры давления 5. Для подключения к источнику давления соответствующих полостей служат отверстия 6, 7 в стенке и дне камеры давления 5, отверстия 8 и 9 в надпоршневой и подпоршневой частях тормозных цилиндров 4. На плунжере 3 установлено формирователь ударного импульса 10, на который может опускаться платформа 2 с изделием. Рядом с ударным стендом установлена опора 11, на которой на пружинах 12 установлена поворотная плита 13. Поворотная плита 13 контактирует с амортизаторами 14 размещенными на траверсе 15, на плите 13 крепится объект испытаний 16. Над платформой 2 ударного стенда на шпильках 17 размещается корпус 18 передаточного устройства. Передаточное устройство состоит из шпилек 19, которые стягивают корпус 18 и траверсы 15, последовательного набора шариков или роликов 20 с промежуточными опорами 21, которые размещены в изогнутой направляющей 22, которая закреплена в корпусе 18. Шарика 20 опираются на толкатели 23 и 24, которые подпружинены пружинами 25 и 26. Толкатель 24 контактирует с шайбой 27 сменного формирующего устройства, исполненного в виде цилиндрического контейнера 28. В контейнере 28 размещен эластичный элемент 29, который контактирует с ударником 30, подпружиненный пружинами 31. Вся установка размещена на инерционном блоке 32, установленном на виброизоляционных опорах 33.

Стенд с передаточным устройством работает следующим образом.

При испытании объекта ударом в горизонтальной плоскости его устанавливают на поворотную плиту 13 и закрепляют на ней. Над платформой 2 ударного стенда монтируют передаточное устройство, назначение которого – перевести ударный импульс с вертикальной в горизонтальную плоскость (а при смене направляющей – под любым требуемым углом).

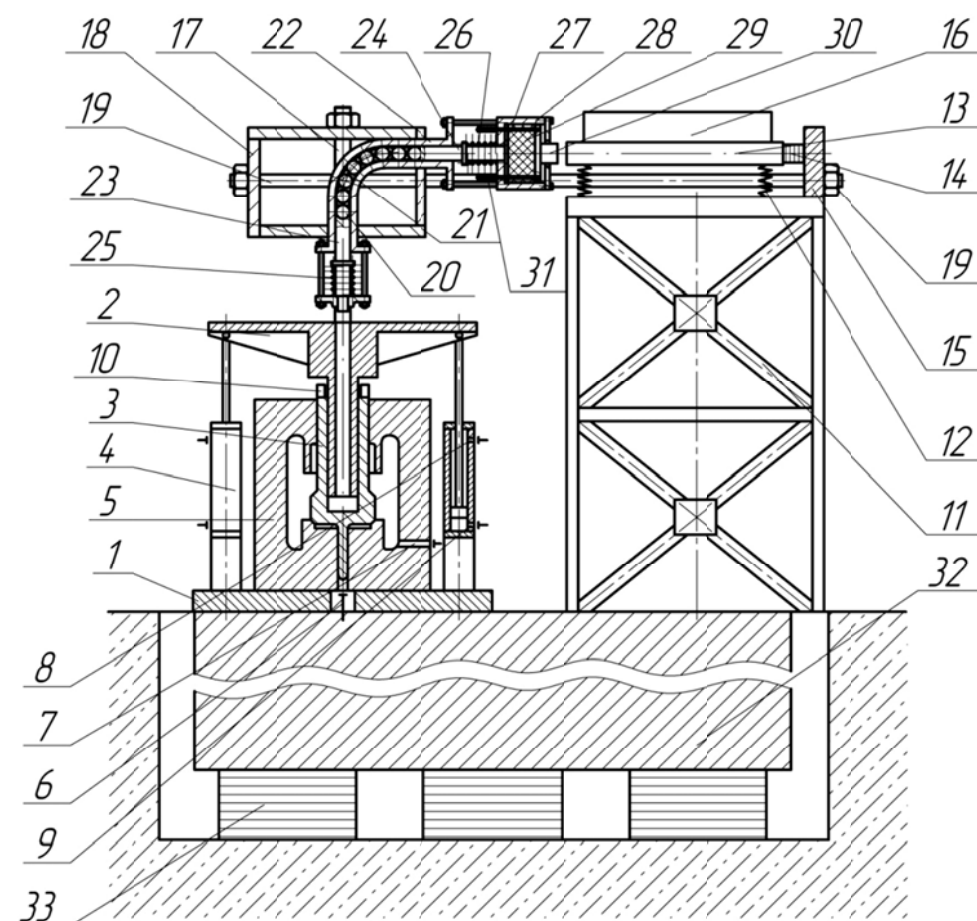


Рис. 1. Стенд ударный с передаточным устройством:

1 – основа; 2 – платформа; 3 – плунжер; 4 – тормозные цилиндры; 5 – камера давления; 6 – отверстие для подвода управляющего давления; 7 – отверстие для подвода рабочего давления; 8 – отверстие в надпоршневой части пневмоцилиндра; 9 – отверстие в подпоршневой части пневмоцилиндра; 10 – формирователь ударного импульса; 11 – опора; 12, 25, 26 – пружина; 13 – поворотная плита; 14 – амортизатор; 15 – траверса; 16 – объект испытаний; 17, 19 – шпилька; 18 – корпус; 20 – шарик; 21 – промежуточная опора; 22 – изогнутая направляющая; 23, 24 – толкатель; 27 – шайба; 28 – цилиндрический контейнер; 29 – эластичный элемент; 30 – ударник; 31 – пружина; 32 – инерционный блок; 33 – виброизоляционная опора

Рабочая жидкость под давлением через отверстие 7 подается в ударный стенд, в нем накапливается потенциальная энергия сжатой жидкости и потом обеспечивается действие ударного стенда. Плунжер 3 с платформой 2 ускоряется на определенном ходу и ударно воздействует на толкатель 23 и ударный импульс передается при помощи гибкой связи (шарики или ролики 20 с промежуточными опорами 21) толкателю 24 передаточного устройства. Изменяется направление действия ударного импульса, и через эластичный элемент 29 он действует на плиту 13, на которой установлено объект 16. Плита смещается в горизонтальной плоскости на пружинах 12 и упирается в амортизаторы 14 на траверсе 15. Пружины 25 и 26 возвращают передаточное устройство в начальное положение, пневмоцилиндры 4 возвращают в начальное положение платформу 2 ударного стенда. Установка готова к следующему циклу. При этом направляющая 3 и корпус 6 являются сменными деталями, что позволяет проводить испытания под любым углом на одном ударном стенде.

Приведем основные параметры, которые необходимо рассчитать при использовании передаточного устройства. К этим параметрам относится: усилие для создания ускорения, ход деформации, объем и жесткость полиуретановой вставки, время действия ударного импульса.

Усилие, необходимое для создания ускорения (без учета сил сопротивления) (1):

$$F_{y\delta} = ma, \quad (1)$$

где m – масса подвижных частей ударного стенда;

a – ускорение подвижных частей, создаваемое ударным стендом.

Если допустить, что энергия, развиваемая ударным стендом, затрачивается на создание ударной силы на пути Δh деформации эластичного элемента и принять прямолинейный закон изменения усилий, то ход деформации определяется следующей зависимостью (2):

$$\Delta h = \frac{2W}{F_{y\delta}}, \quad (2)$$

где W – энергия, развиваемая ударным стендом.

В качестве эластичного элемента принимаем полиуретан, который в замкнутом объеме при динамическом нагружении имеет модуль упругости $E_n = 3125$ МПа. Считаем, что объем полиуретана поглотит всю энергию ударного стенда и затем передаст ее столу с испытываемым объектом.

Задаемся давлением в полиуретане, тогда требуемый объем полиуретана составит (3):

$$Q_n = \frac{2E_n W}{p_n^2}, \quad (3)$$

где p_n – давление в полиуретане.

Принимаем размеры полиуретановой вставки: диаметр d_n и высоту h_n желательно подбирать кратную пяти для удобства изготовления.

Далее вычисляем среднюю жесткость полиуретановой вставки (4) и выбираем тип полиуретана:

$$k = \frac{F_{y\delta, cp}}{\Delta h}. \quad (4)$$

После этого определяем время действия ударного импульса (5):

$$t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (5)$$

Полученное время должно соответствовать рассчитанному ранее диапазону для ударного стенда.

Предложенная конструкция передаточного устройства обеспечивает расширение технологических и эксплуатационных возможностей за счет проведения испытаний в разных плоскостях, регулирование импульса выполняется подбором параметров эластичного элемента.

Рассмотрим второй вариант передаточного устройства, в котором для передачи ударного импульса в горизонтальную плоскость используется клиновидная пара. Способ крепления передаточного устройства и объекта испытаний аналогичны первому варианту.

Над платформой ударного стенда на шпильках размещается корпус 1 передаточного устройства (рис. 2), которое имеет шпильки, которые стягивают корпус 1 и траверсу. В середине корпуса 1 размещена клиновидная пара, которая состоит со сменных клиньев 2 и 3, толкателя 4, ударника 5 и пружины 6. Ударник 5 крепится к корпусу 1 посредством шайбы 7 и шпилек 8.

Принцип действия аналогичен первому варианту: плунжер с платформой ускоряется на определенном ходе и ударно воздействует на клинья 2 и 3 передаточного устройства, изменяется направление действия ударного импульса, затем посредством толкателя 4 импульс передается ударнику 5, который воздействует на плиту с объектом испытаний (либо на объект).

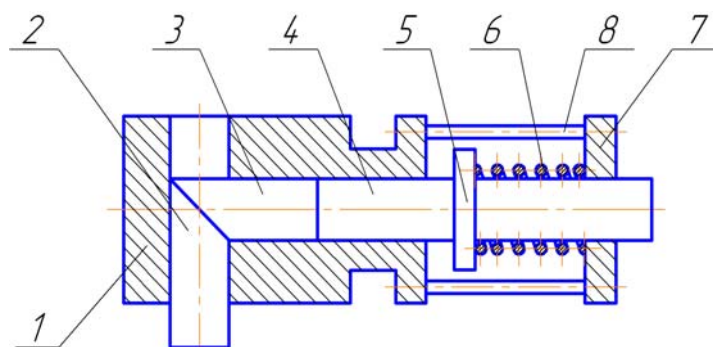


Рис. 2. Передаточное устройство с клиновой парой:

1 – корпус; 2, 3 – сменные клинья; 4 – толкатель; 5 – ударник; 6 – пружина; 7 – шайба; 8 – шпильки

Конструкция передаточного устройства с клиновой парой гораздо проще, чем конструкция передаточного устройства с гибкой связью, применение металлического передаточного механизма позволяет повысить жесткость удара и получать ударный импульс с короткой длительностью и большим по амплитуде значением, но при этом имеется один недостаток, который ограничивает его использование – невозможность регулирования ударного импульса.

ВЫВОДЫ

Применение передаточного устройства позволяет расширить технологические и эксплуатационные возможности ударных стендов за счет проведения испытаний в горизонтальной плоскости, а при необходимости и под другим любым углом, применение металлического передаточного механизма позволяет повысить жесткость удара и получать ударный импульс с короткой длительностью и большим по амплитуде значением, а регулирование импульса производится подбором параметров эластичного элемента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назилин С. В. Ударные стенды многократного действия производства фирмы Elstar [Электронный ресурс] / С. В. Назилин // *Технологии в электронной промышленности*. – 2008. – № 5. – Режим доступа: http://www.tech-e.ru/2008_5_74.php.
2. Ударные стенды производства США и Японии : каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://assemrus.ru/oborudovanie/isydatelnoe-oborudovanie/udarnye-stendy>.
3. Ударные стенды компании STI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sovtest.ru/ru/type_eq/isydataniya/mekhanicheskie-isydataniya/uda-0.
4. А. с. 1087797 СССР. Стенд для ударных испытаний / Л. Л. Роганов, Л. Н. Соколов, А. Д. Надирадзе, В. И. Гоголев, О. В. Кузнецов, А. Н. Кулаков (СССР). – № 3556135 ; заявл. 25.11.1982 ; опубл. 23.04.84, Бюл. № 15.

Роганов М. Л. – канд. техн. наук, доц., дир. ИПКПК;
 Роганов Л. Л. – д-р техн. наук, проф. каф. АММ ДГМА;
 Абрамова Л. Н. – канд. техн. наук, доц. каф. ОПМ ДГМА;
 Грановский А. Е. – магистр ДГМА.

ИПКПК – Институт повышения квалификации и переподготовки кадров, г. Краматорск.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: lev.roganov@dgma.donetsk.ua