

УДК 621.001.2:531.66

СТЕНДЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ УДАРНЫХ НАГРУЗОК

Шишлаков П.В.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Повышение надежности, долговечности и качества строительных конструкций, специализированных строительных и дорожных машин связаны с проведением испытаний на воздействие ударных нагрузок. Особого внимания с этой точки зрения заслуживают отдельные узлы, работающие в режиме вибрационных, виброударных и ударных нагрузок. Ударные воздействия имеют место в процессе эксплуатации многих сложных технических систем, использующихся в качестве строительного инструмента. Большинство строительных материалов подвергаются действию ударных нагрузок в процессе транспортировки, погрузки и разгрузки. Дорогостоящие натурные испытания целесообразно заменять лабораторными испытаниями на специальных ударных стендах.

Разработкой стендов для ударных испытаний занимаются специализированные фирмы ряда ведущих промышленных стран мира. В основном это стенды, реализующие принцип торможения. Эти стенды имеют сравнительно простую конструкцию. Для предварительного разгона испытуемого изделия в них чаще всего используется свободное падение платформы. Для формирования импульса ударного ускорения требуемой формы применяются специальные тормозные устройства. Известные стенды, работающие на принципе разгона, отличаются сложностью конструкции и дороговизной.

На кафедре сопротивления материалов и теории упругости БНТУ разрабатываются ударные стенды на базе регулируемого гидроупругого привода. Они применяются для испытания изделий массой от нескольких граммов (резисторы) до нескольких тонн (ракеты и автомобили) на воздействие ударного импульса с пиковым значением ускорения до 4000 м/с^2 . При работе стенда реализуется принцип разгона. В качестве источника энергии при формировании импульса разгонным устройством используется предварительно сжатая рабочая жидкость – минеральное масло. Стенды с регулируемым гидроупругим приводом могут работать в режиме одиночных и многократных ударов и использоваться для испытаний на ударную прочность и ударную устойчивость. Гидроупругий привод обеспечивает стабильность рабочих ха-

рактических и универсальность стенов, заключающуюся в возможности регулирования параметров импульса ударного ускорения: пикового значения, длительности и формы.

Процесс создания и совершенствования новой испытательной техники, использующейся при сертификационных испытаниях изделий на воздействие ударных нагрузок, не отделим от системного подхода при проектировании, и носит сложный итеративный характер.

Первоначально идея создания ударного стенов на основе гидроупругого привода была реализована в схеме клапанного типа для одиночных ударов. Стенды этого типа отличаются исключительной простотой конструкции благодаря конструктивному объединению рабочей камеры с аккумулятором. Срабатывание стенов (разгон плунжера с платформой и закрепленным на ней испытуемым изделием) осуществляется после подвода давления в управляющую подплунжерную полость. Недостаток этой конструкции, заключающийся в значительных потерях энергии, запасенной аккумулятором, определил рабочие диапазоны ее применения. Стенды клапанного типа целесообразно использовать при испытаниях изделий больших габаритов и массы (500 кг и более) с рабочими камерами больших объемов при малых объемах подплунжерных управляющих полостей и давлениях зарядки порядка 100 МПа. Давление в рабочей камере и подплунжерной полости такого стенов обеспечивается насосной станцией высокого давления, а управление работой стенов осуществляется посредством системы гирораспределителей.

На основании анализа математических моделей ударных стенов с гидроупругим приводом были выявлены параметры регулирования ударного импульса. Установлено, что основным параметром гидроупругого привода, позволяющим управлять пиковым значением ударного ускорения, является давление жидкости в рабочей камере. С целью обеспечения возможности регулирования в широких пределах длительности ударного импульса за счет изменения объема рабочей камеры, активной площади плунжера, посредством параллельного и последовательного соединения гидроупругих были разработаны соответствующие конструкции ударных стенов клапанного типа.

Дальнейшее развитие процесса проектирования стенов с регулируемым гидроупругим приводом было связано с созданием конструкций, в которых давление рабочей жидкости в момент срабатывания привода действовало бы на всю активную площадь плунжера, удерживающегося в процессе зарядки. Освобождение от удерживающих связей в идеальном случае должно быть мгновенным. В этом случае исключаются потери энергии, имеющие место в стенов клапанного типа и связанные с процессом раскрытия кольцевого за-

зора между рабочей камерой и управляющей подплунжерной полостью до выравнивания в них давлений.

В стенде для многократных ударов с кулачковым устройством зарядки аккумулятора энергии, совмещенным с управляющим устройством за счет исполнения силового кулачка профилированным, появилась возможность отказаться от насосной станции. В качестве недостатка следует отметить необходимость демпфирования удара управляющего плунжера в конце обратного хода при сбросе давления в управляющей полости гидроцилиндра. Возникла задача, связанная с необходимостью избавиться от боковых ударов, вносящих искажения в формируемый ударный импульс.

Конструкция ударного стенда с гидрозажимом для удержания плунжера в процессе зарядки посредством сил трения позволяет частично решить поставленную задачу. Недостаток в работе стенда этой конструкции заключается в невозможности достаточно быстрого освобождения плунжера от удерживающей связи. Имеют место потери энергии, связанные с трением в гидрозажипе на этапе его раскрьтия.

Очередным этапом в итеративном процессе проектирования ударных стендов с гидроупругим приводом стало создание новой конструкции с кривошипным механизмом зарядки и управлением посредством использования односторонней связи для кривошипа с внешним приводом вращательного движения. Освобождение от связи, выполненной, например, в виде штифта на маховике, соответствует моменту перехода механизмом мертвой точки (с учетом трения в шарнирах и подшипниках). Подробный анализ модели ударного стенда показал, что для минимального искажения ударного импульса кривошип и шатун должны иметь наименьшую массу. Кроме того, шток плунжера, соединенный с шатуном может испытывать значительные изгибающие нагрузки. Последний недостаток устраняется за счет введения в конструкцию стенда специальных направляющих для штока плунжера.

Следующая конструкция бесклапанного стенда для многократных ударных нагрузок также не требует для своей работы насосной станции. Зарядка аккумулятора энергии осуществляется от профилированного силового кулачка, приводимого в движение от внешнего источника. Механизм управления включает поворотный диск с диаметрально расположенным направляющим пазом для ползуна, шарнирно соединенного со штоком рабочего плунжера. Вращение управляющего поворотного диска обеспечивается с помощью шариковой муфты. Незначительное по сравнению с предыдущей конструкцией усложнение позволяет практически полностью исключить боковые изгибающие нагрузки на шток.

Прослеживая многоэтапный процесс проектирования при переходе от одной конструкции к другой, улучшающей или расширяющей ее эксплуатационные возможности, можно выделить основные показатели для классификации существующих и создаваемых конструкций с новыми свойствами.

Разработанные ранее и разрабатываемые новые конструкции можно систематизировать и классифицировать по следующим основным признакам: тип привода (клапанный, бесклапанный); тип внешнего источника энергии (насосная станция, мотор-редуктор); количество камер давления и способ их соединения (параллельный, последовательный); система зарядки аккумулятора энергии; система управления работой станда; технологические и конструктивные параметры регулирования (давление в рабочей камере, объем рабочей камеры, активная площадь плунжера, модуль объемной упругости рабочей жидкости); рабочие параметры регулирования (форма импульса ударного ускорения, пиковое значение ударного ускорения, длительность импульса).

Проведенный анализ процесса создания новых конструкций ударных стандов на основе регулируемого гидрорезонансного привода позволил выявить основные классификационные признаки рассматриваемых сложных технических систем, знание которых дает возможность прогнозировать их развитие и планировать дальнейшие исследования с целью создания современной конкурентоспособной испытательной техники.

УДК 625.71.8:338

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ МАШИН ДЛЯ ДОРОЖНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Вавилов А.В., Маров Д.В., Котлобай А.Я.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Любая сфера материального производства требует проведения исследований в области повышения эффективности работы машин и их систем. Экономический расчет наилучшего использования основных фондов, в том числе их активной части – комплексов технических средств – особенно важен для эксплуатационных предприятий. Заинтересованность в повышении фондоотдачи, снижении текущих эксплуатационных затрат, является достаточ-