УДК 621.313

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПОРОШКОВЫЙ ДЕМПФЕР ПОВТОРНЫХ УДАРОВ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО СЕЙСМОИСТОЧНИКА

В.П. Певчее

Тольяттинский государственный университет
445667, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

E-mail: pe@tltsu.ru

Описано демпфирующее устройство с сыпучим ферромагнитным наполнителем и электромагнитным управлением, предназначенное для ослабления шумов импульсного сейсмоисточника. Приведены результаты экспериментальных исследований, которые могут быть использованы при его проектировании.

Ключевые слова: *сейсмоисточник, пригруз, демпфер, сыпучий ферромагнитный наполнитель.*

При сейсморазведке полезных ископаемых для создания сейсмических волн используются источники механических воздействий на поверхность грунта (сейсмоисточники) разнообразных конструктивных схем. Конструктивные схемы сейсмоисточников построены либо на основе удара по грунту падающим грузом, либо на основе различных линейных двигателей 3 (рис. 1) [1], отталкивающих пригруз 1 от грунта (от размещённой на грунте жёсткой плиты 2).

Одно из требований, предъявляемых к сейсмоисточникам, заключается в отсутствии механических воздействий на грунт в течение 2-3 с после основного воздействия, так как в это время регистрируются отражённые сейсмические сигналы, а указанные воздействия приводят к уменьшению соотношения «полезный сигнал - шум». Поэтому необходимо ослаблять удары пригруза 1 по излучателю, возникающие при его возврате в исходное положение после срабатывания импульсного двигателя 3. Для этого в конструкции сейсмоисточников применяются специальные демпфирующие устройства 4. Наиболее часто используются гидравлические демпферы, подобные автомобильным амортизаторам. Однако изменение вязкости рабочей жидкости при изменении температуры и сложность регулирования тормозного усилия осложняют применение таких демпферов в сейсмоисточниках. Необходимость регулирования тормозных характеристик демпфера обусловлена тем, что при изменении жёсткости грунта меняются высота подлёта пригруза и запасаемая в нём механическая энергия, которая должна быть погашена в демпфере.

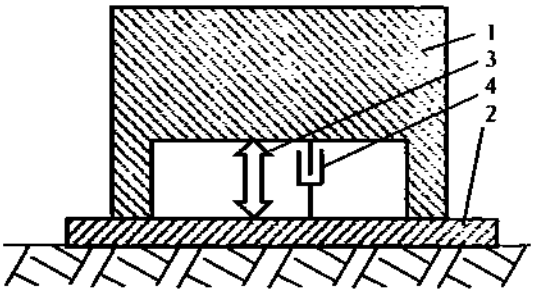
Избежать указанных недостатков можно при использовании в демпфере рабочего вещества (наполнителя), свойства которого мало зависят от температуры и которыми можно управлять дистанционно, например, с помощью электрического тока или магнитного поля.

Перспективным представляется демпфер с сыпучим наполнителем из ферромагнитного порошка или шариков [2]. Демпфер (рис. 2) содержит магнитопровод в виде стакана, частично заполненный сыпучим ферромагнитным материалом 1. Сверху в отверстии магнитопровода размещён подвижный в вертикальном направлении ферромагнитный шток 2, отделённый от внутренней поверхности стакана зазором *д*.

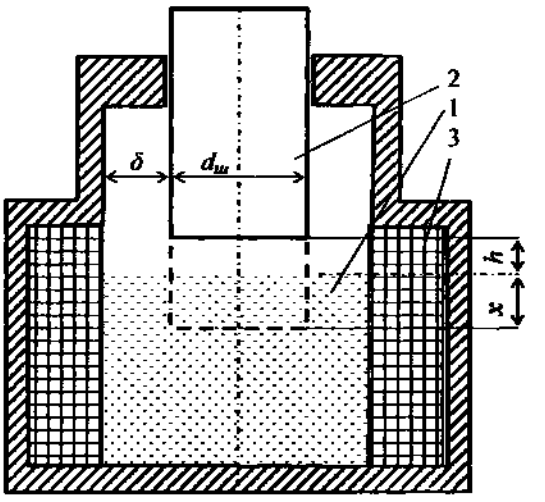
Певчее Владимир Павлович - к.т.н., доцент.

При опускании штока и погружении его в сыпучий наполнитель последний вытесняется в зазор, а шток испытывает силу торможения.

В демпфере такой конструкции имеется возможность регулирования силы торможения с помощью магнитного поля, создаваемого обмоткой 3. Высота сброса груза на демпфер и механическая энергия, которая в нём может быть погашена, тем больше, чем выше напряженность магнитного поля в сыпучем ферромагнитном материале и больше трение между частицами материала.



Р и с. 1. Схема наземного сейсмоисточника



Р и с. 2. Схема конструкции демпфера

Автором не найдено теории расчёта таких демпферов. Имеются сведения об электромагнитных порошковых муфтах вращательного движения [3], в которых используется указанный тип наполнителя. Силовые характеристики порошковых муфт определяются с помощью эмпирических коэффициентов для квазистационарного режима работы с постоянной скоростью вращения ротора муфты, и такой расчёт неприменим для импульсных устройств с возвратно-поступательным перемещением рабочего органа.

Задача исследований, описанных в данной статье, заключалась в экспериментальном определении тормозных характеристик демпфера с сыпучим ферромагнитным наполнителем, а также величины механической энергии падающего груза, при которой амплитуда силы торможения, развиваемой демпфером, минимальна (форма импульса силы торможения прямоугольная во времени, а длительность максимальна).

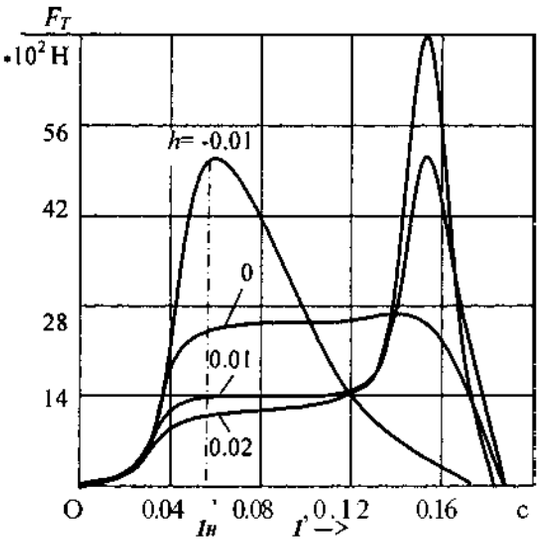
При близкой к нулевой скорости опускания груза 4 (в статике) и нулевой величине тока J в обмотке отсняты зависимости глубины x погружения нижнего среза штока в сыпучий материал от величины веса груза P для различных сыпучих материалов, отличающихся поперечным размером частиц и их формой.

Из графиков, приведенных на рис. 3, следует, что зависимость x от P нелинейна. При усилии P меньше 1500 Н крутизна графика (Ax/AP) больше, чем при больших значениях веса, причём для демпфера с заданной величиной зазора $(S = 10^{"}$ м) при весе груза более 1500 Н отмечены приблизительно одинаковые значения крутизны характеристики - 1.Ы0'^{6}м/Н для сыпучих материалов с различающимися по разме-

ру частицами. Отмечено, что при увеличении скорости заглубления штока в сыпучий материал или при осцилляции штока глубина погружения его торца в сыпучий материал увеличивается. Это объясняется тем, что трение покоя частиц сыпучего материала друг о друга больше трения при их движении.

Р и с. 3. Статические характеристики демпфера, *J=0*

В динамике отсняты приведённые на рис. 4 осциллограммы силы торможения *FT,* развиваемой устройством при падении груза с массой, сопоставимой с массой пригруза распространённых импульсных сейсмоисточников, с различной высоты //, то есть в режиме, соответствующем работе демпфера на сейсмоисточнике.



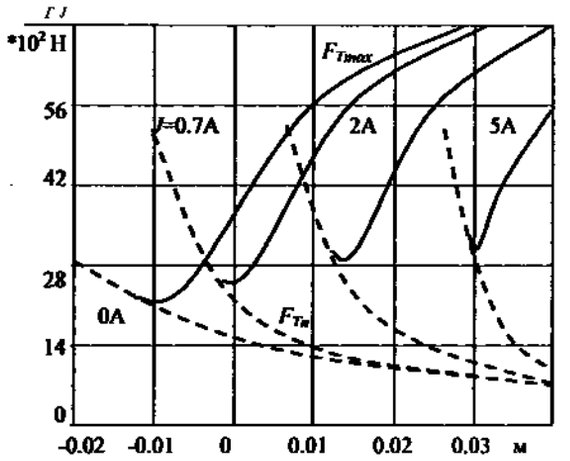
Р и с. 4. Осциллограммы усилия демпфера, ./=0.7 А

Отметим, что импульс силы торможения, оставаясь практически неизменным по длительности, существенно изменяется по форме в зависимости от высоты сброса груза *h* и, соответственно, от величины скорости движения штока в начале погружения в сыпучий материал. При малой высоте (фактически при начальном заглублении штока в сыпучий материал) амплитудное значение тормозной силы наблюдается в начале периода торможения груза (из-за того, что трение покоя больше трения при движении). При большой высоте *h* амплитуда тормозной силы наблюдается в конечной части интервала времени торможения груза. Величина механической энергии падающего с большой высоты *h* груза велика и не может быть погашена при малых

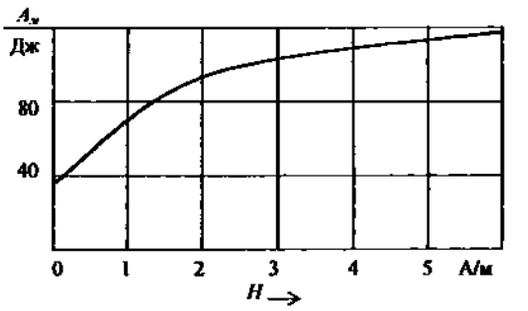
заглублениях торца штока в сыпучий материал, поэтому шток глубоко погружается в него, а в этом случае (в соответствии со статической характеристикой демпфера) сила сопротивления заглублению штока резко возрастает. Кроме того, при большой высоте сброса груза его скорость в момент начала погружения в сыпучий материал имеет большую величину, а сила торможения в начале периода торможения - меньшую. Соответственно, в начале периода торможения гасится меньше механической энергии падающего груза, и большая ее часть вынужденно гасится в конце периода торможения, дополнительно увеличивая амплитуду силы торможения.

При некоторой высоте сброса груза форма импульса торможения имеет плоскую вершину (кривая *h=0* на рис. 4). В этом случае амплитуда силы торможения меньше, чем при сбросе груза как с большей высоты, когда механическая энергия груза велика, так и с меньшей высоты, когда механическая энергия груза мала.

По осциллограммам F_T, полученным при различных значениях h и тока J в обмотке демпфера, построены зависимости F_{T} (силы торможения в момент времени /„) и *Ffmax* (амплитуды силы торможения) от /?, приведённые на рис. 5, которые подтверждают, что при заданной массе падающего груза для демпфера существует значение высоты сброса этого груза, при котором амплитуда силы торможения минимальна. При пропускании тока J по обмотке 4 демпфера в объёме сыпучего материала возникает магнитное поле, частицы намагничиваются, и силы их сцепления друг с другом увеличиваются. При этом возрастает тормозное усилие демпфера. Характеристики *FT* ОТ *h,* полученные для различных значений напряжённости магнитного поля в объеме сыпучего материала (тока У, определяющего величину напряженности), свидетельствуют о том, что физическая картина процессов в демпфере при различных величинах напряжённости магнитного поля в объеме сыпучего материала не изменяется: при определенной величине высоты сброса груза отмечается минимум силы торможения. Указанная высота тем больше, чем больше напряжённость магнитного поля, следовательно, тем большую механическую энергию падающего груза можно погасить в демпфере наиболее плавно.



Р и с. 5. Зависимости амплитудного и начального значений тормозного усилия от высоты сброса груза и тока в обмотке



Р и с. 6. Зависимость механической энергии, которая может быть плавно погашена, от напряжённости магнитного поля

На рис. 6 приведена зависимость величины плавно погашенной в демпфере с диаметром штока $c/_{ш}$, равным $5*10^{-2}$м, механической энергии $A_{м}$ падающего груза

массой 140 кг от напряжённости H магнитного поля в сыпучем материале. График $A_м$ от h нелинейный, при H больше $2*10^4$ А/м начинается насыщение. Дальнейшее увеличение напряжённости магнитного поля не вызывает столь же значительного увеличения энергии $A_м$, которая может быть плавно погашена, как при величине напряжённости Я, меньшей $2*10^4$ А/м.

В ходе экспериментальных исследований демпфера с сыпучим ферромагнитным наполнителем было установлено, что он работает стабильно и его тормозное усилие плавно изменяется при изменении глубины погружения штока в сыпучий материал только в том случае, когда зазор $б$ достаточно широк для одновременного прохода не менее двух частиц сыпучего материала в ряд. С учетом этого можно рекомендовать конструкцию демпфера, в которой зазор для выхода сыпучего материала из-под штока имеет не кольцевое сечение, как на рис. 2, а круглое, например, в виде осевого отверстия в торце штока, или расширяющееся вверх от дна стакана 1, как в [2]. Более стабильно работает демпфер, частицы наполнителя которого имеют правильную шарообразную форму.

Заключение

1. Полученные экспериментально характеристики подтверждают возможность применения электромагнитного демпфера с наполнителем из ферромагнитных шариков в импульсных сейсмоисточниках.

2. Экспериментально полученные зависимости могут быть использованы при расчёте демпферов для сейсмоисточников с массой пригруза до нескольких сотен килограммов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шнеерсон М.Б.* Теория и практика наземной сейсморазведки / Под ред. М.Б. Шнеерсона. - М: ОАО «Издательство Недра», 1998. - 527 с.
2. А.с. № 1687961 СССР МКИ F16F 9/30 Электромагнитный тормоз / В.В. Ивашин, В.П. Певчев; приоритет 14.10.88; опубл. 30.10.91. Бюл. №40.
3. *Александров М.П.* Тормозные устройства / М.П. Александров. - М.: Транспорт, 1980. - С. 36.

Статья поступила в редакцию 10 апреля 2009 г.

UDC 621.313

THE ELECTROMAGNETIC POWDER SNUBBER OF REPEATED BLOWS FOR A PULSE SEISMOSOURCE

V.P. Pevchev

The brake arrangement with a loose ferromagnetic filling agent and the electromagnetic steering, intended for slackening of a seismosource impulse noise is described in the article. Results of experimental researches which can be used at its designing are given.

Keywords: seismosource, falling weight, snubber, loose ferromagnetic filling agent.