

Semenova Ekaterina Sergeyevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, the associate professor "Quality management and produc-

tion systems of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail e-mail: esemyonova@rambler.ru).

УДК 621.435.3219.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОЦЕЛЕВОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ УСТАНОВКИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ ПОДВЕСКИ

Д.А. Скрипниченко

Омский автобронетанковый инженерный институт (филиал) федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва» Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Омск.

Аннотация. *Проведены в условиях полигона натурные исследования динамических характеристик многоцелевой гусеничной машины при различных схемах установки гидравлических амортизаторов подвески, в различных условиях передвижения по пересеченной местности как с установленными гидравлическими амортизаторами, так и без них. Определена степень влияния гидравлических амортизаторов на динамические характеристики многоцелевой гусеничной машины. Произведено сравнение результатов кинематического возбуждения ходовой части машины при её движении по пересеченной местности как с амортизаторами, так и без них.*

Ключевые слова: *эксперимент, гидравлические амортизаторы, ходовая часть многоцелевой гусеничной машины, динамические характеристики многоцелевой гусеничной машины.*

Введение

В настоящее время повышение скорости движения гусеничных машин по дорогам и пересеченной местности привело к созданию сложных систем подвесок гусеничных машин военного назначения. На базе этих машин создан целый класс многоцелевых гусеничных машин для нужд народного хозяйства различного назначения: траншейный роторный комплекс, бульдозер, мостоукладчик, эвакуатор, кран, топливозаправщик, вездеход. Машины различаются массогабаритными и инерционными характеристиками, это определяет их мобильность при прямом и косвенном применении, соответственно эксплуатация таких машин в условиях бездорожья или передвижения по полевым дорогам во многом будет определяться возможностями подвески. Предполагается, что при движении по малопересеченной местности гидравлические амортизаторы не оказывают существенного влияния на динамику машины, но при этом совершают работу, обусловленную высокочастотными колебаниями, вызванными характерным профилем обрезиненной беговой дорожки гусеницы и микронеровностями дорожного полотна. В результате этого гидравлические амортизаторы выходят на пре-

дельный температурный режим. Положение усугубляется при движении по загрязнённым участкам, когда корпус амортизатора покрывается значительным слоем грязи и пыли, тем самым ухудшается отвод тепла от корпуса амортизатора в атмосферу. Увеличение температуры гидравлической жидкости приводит к снижению демпфирующих характеристик, а при продолжительной работе к дифракции гидравлической жидкости, её испарению и выхода амортизатора из эксплуатации [6]. Тем самым гидравлический амортизатор является ресурсопределяющим узлом подвески, повышение его ресурса является актуальной задачей.

Определение влияния амортизаторов на динамические характеристики гусеничной машины

Целью проведенных исследований является определение степени влияния гидравлических амортизаторов на динамические характеристики многоцелевой гусеничной машины при её движении по дорогам различного профиля.

Ожидаемые результаты испытаний: подтвердить выполненные ранее теоретические расчеты [1-5] о степени влияния гидравличе-

ских амортизаторов на динамику движения машины в различных дорожных условиях.

Эксперименты были проведены в период с 23 сентября по 30 октября 2013г. на полигоне Омского автобронетанкового инженерного института. Объектом испытаний являлись элементы подвески ходовой части серийного танка Т-80У. Для выполнения экспериментов была определена трасса полигона с участком пересеченной местности, удовлетворяющая требованиям пробеговых испытаний. Для получения среднестатистических данных каждый участок трассы гусеничная машина проходила четыре раза со скоростями движения равными 20, 30 и 40 км/ч (5.6, 8.3, 11.1 м/с, соответственно).

Для регистрации амплитудно-частотных колебаний использовался прибор «Диана - 2М» [7], представляющий собой двухканальный анализатор вибраций. Прибор «Диана - 2М» был выбран исходя из условий проведения эксперимента, возможности регистрировать амплитудно-частотные колебания в нижнем диапазоне низкочастотного спектра, возможности использования в качестве цифрового магнитофона с длительностью регистрации до 1 часа, возможности регистрировать и анализировать вибрационные процессы при помощи частотных спектров с очень высоким разрешением (до 51200 линий в спектре). Задачей приборного комплекса являлась фиксация сигналов, поступающих с вибрационного датчика, установленного в районе места расположения механика-водителя и вертикальных ускорений движущегося по пересеченной местности объекта исследования.

Подготовка трассы включала несколько этапов. Первый этап заключался в выборе участка дорожного полотна на местности, соответствующей грунтовой дороге с волнообразной формой, с тем, чтобы исследуемый объект мог двигаться со скоростями до 40 км/ч с отключенными телескопическими амортизаторами. Второй этап заключался в разметке трассы с выделением и измерением таких параметров профиля дорожного полотна, как расстояние между вершинами неровностей и глубина впадин. Для проведения эксперимента был выбран прямолинейный участок дороги, соответствующий условиям проведения эксперимента протяженностью 170 метров. Длина участка была промерена с помощью лазерного дальномера фирмы BOSCH (рис. 1 б), установленного на штативе (рис. 1 а).



а)



б)

Рис.1. Измерение длины участка:
а – дальномер на штативе;
б – значение измеренной дальности

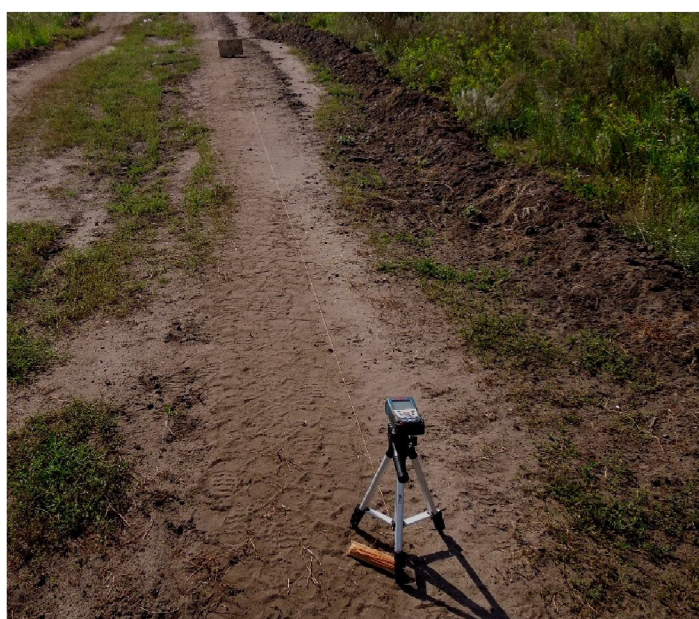
После выбора и замера протяженности участка для проведения пробеговых испытаний, были определены параметры профиля полотна дороги. Измерение параметров профиля дороги проводилось при помощи шпагата, лазерного дальномера, мерной линейки (рис. 2). Шпагат натягивался между вершинами неровностей, затем на одну вершину устанавливался небольшой щит, необходимый для отражения луча лазера лазерного дальномера, установленного на другой вершине неровности (рис. 2).

Лазерным дальномером измерялась длина между вершинами неровностями рисунок 2, б и в, глубина неровностей измерялась при помощи мерной линейки рисунок 4.2, а. По выше приведенной методике был измерен профиль дорожного полотна всего участка. Измерение профиля дорожного полотна показало, что средняя протяженность неровностей равна 12,1 м, высота неровностей 0,14 м. Схематично выбранный участок показан на рисунке 3.



а)

б)



в)

Рис. 2. Измерение длины и глубины неровностей: а – измерение глубины неровностей; б – значение измеренной длины неровности; в – лазерный дальномер и щит, установленные на вершинах неровности

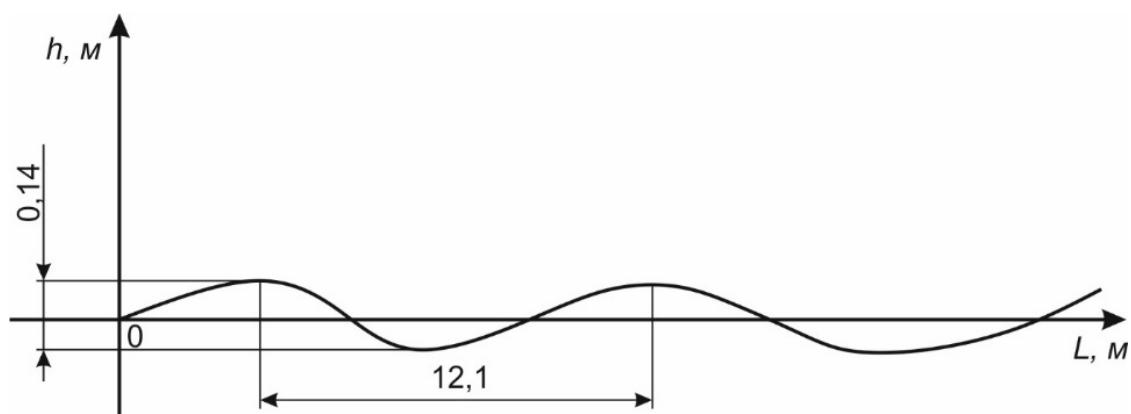


Рис. 3. Схема участка местности с усредненными значениями периода и амплитуды колебаний

Исходя из условий, указанных в [8], выбранный участок грунтовой дороги по геометрическим размерам неровностей соответствует третьему типу дорожного полотна с неровностями длиной (6 – 12) м и средней высотой 1(0 – 15) см между вершиной и впадиной. Такой микропрофиль имеют грунтовые дороги, интенсивно используемые автомобильным транспортом, и эпизодически используемые для движения гусеничных машин.

Первый датчик приборного комплекса устанавливался перед люком механика-водителя (рис. 4 а). Он производил измерение ускорений корпуса машины в вертикальной плоскости. Место установки датчика выбиралось исходя из требований, которые предъявляются к условиям работы механика-водителя. При движении машины по пересеченной местности воздействию вертикальных колебаний наиболее подвержен именно механик, рабочее место которого смещено вперед от центра масс машины.

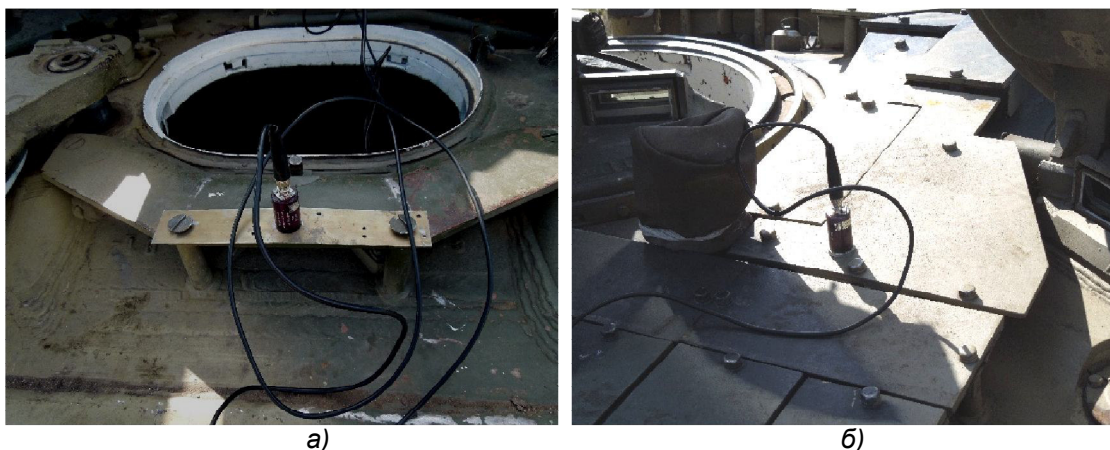


Рис. 4. Установка датчиков на корпусе машины: а – датчик, закрепленный перед люком механика-водителя; б – датчик, установленный на крыше боевого отделения

Второй датчик устанавливался на крыше боевого отделения. Он производил измерение вертикальных ускорений корпуса машины. Фиксация сигналов, поступающих с датчиков, осуществлялась оператором, находившимся на машине во все время проведения экспериментов.

Испытания были проведены в следующей последовательности:

- I. Этап – проведение пробеговых испытаний с амортизаторами;
- II. Этап – демонтаж амортизаторов;
- III. Этап – проведение пробеговых испытаний без амортизаторов;
- IV. Этап – приведение машины в исходное состояние.

Из полученного анализа частотного спектра (рисунок 5), выполненного в программной среде «Атлант», выделяется траковая частота. Поскольку расстояние между стыками траков составляет 0,163 м, то исходя из скорости движения машины эту частоту легко определить и найти на графике в окрестностях, полученных по результатам вычисления. При скорости движения машины 30 км/ч

(8,3 м/с) траковая частота равна 50,9 Гц. На графиках (рис. 5) траковую частоту можно наблюдать в пределах 48 Гц. Нижние графики отображают спектр частот пробеговых испытаний машины с установленными амортизаторами, причем правый график получен от датчика, расположенного в передней части машины (далее по тексту датчик №1), левый график получен от датчика, расположенного по центру масс машины (далее по тексту датчик №2). Анализируя данные виброскорости, полученные от датчика №2 при пробеге машины с амортизаторами и без них (верхний и нижний левые графики) можно заметить, что эти данные совпадают по величине до второго знака после запятой. Это доказывает о правильном определении в спектре траковой частоты, которая оказывает высокочастотную вибрацию, передаваемую на корпус машины, вызывая вертикальные колебания, фиксируемые датчиком №2. Данные зафиксированные датчиком № 1, показали, что величины скоростей при движении машины с амортизаторами и без совпадают,

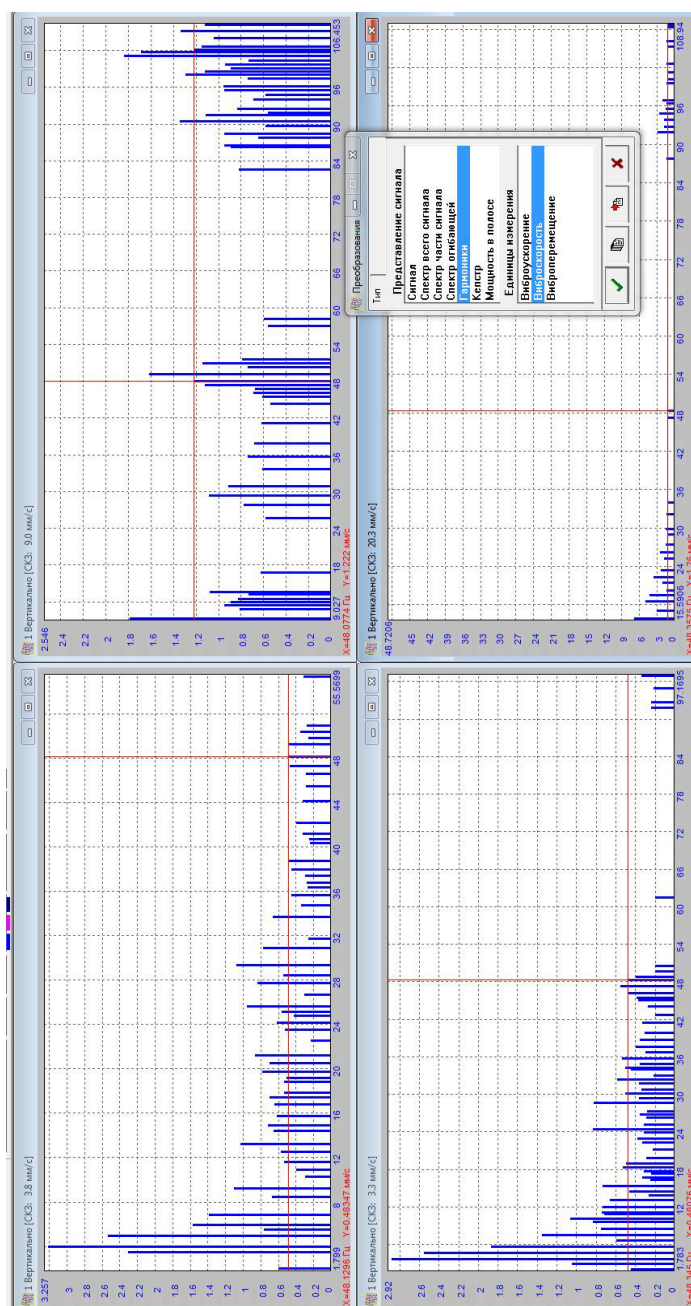


Рис. 5. Графики спектра средних частот угловой скорости вынужденных колебаний машины (датчики №1, №2) при пробеге с амортизаторами и без на скорости 30 км/ч

(верхний и нижний графики справа). Показания совпадают до первого знака после запятой, а значения показаний с датчика №2 ввиду наложения на вертикальные колебания составляющей продольных угловых колебаний. В целом результаты пробеговых испытаний подтвердили выполненные ранее теоретические расчеты [1-5]. Из анализа графиков можно сделать вывод, что при движении машины по малопересеченной местности гидравлические амортизаторы не оказывают существенного влияния на её динамику.

Соответственно работа, совершаемая гидравлическими амортизаторами, обуслов-

лена высокочастотными колебаниями, вызванными характерным профилем обрезиненной беговой дорожки гусеницы и микронеровностями дорожного полотна оказывающая негативное влияние на температурный режим работы амортизатора, что как правило приводит к снижению демпфирующих характеристик амортизатора, а при продолжительной работе к дифракции гидравлической жидкости, и как следствие снижения основных показателей качества боевой машины.

Заключение

Исследования показали, что необходима разработка и внедрение в конструкцию мно-

гоцелевых гусеничных машин гидравлических амортизаторов, которые можно отключать и включать по мере необходимости; при отключении амортизатор будет работать в «холодном режиме», то есть гидравлическая жидкость будет свободно перетекать из одной полости амортизатора в другую.

Библиографический список

1. Балакин, П.Д. Обобщенная кинематическая модель механизма подвески / П.Д. Балакин, М.А. Голчанский, Н.Е. Рахимжанов, Д.А. Скрипниченко // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (с международным участием) 26-27 апреля 2012 г. – С. 102 – 106.
2. Балакин, П.Д. Динамическая модель поперечно-угловых колебаний корпуса многоцелевой гусеничной машины при регулярном кинематическом возбуждении движителя дорожным полотном / П.Д. Балакин, В.В. Сыркин, Н.Е. Рахимжанов, Д.А. Скрипниченко, Э.А. Кузнецов // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (с международным участием) 26-27 апреля 2012 г. – С. 111 – 120.
3. Рахимжанов, Н.Е. Анализ линейной модели поперечно-угловых колебаний корпуса гусеничной транспортной машины в условиях регулярного кинематического возбуждения / Н.Е. Рахимжанов, Д.А. Скрипниченко // Сб. научных трудов по итогам международной научно-технической конференции «Новые материалы и технологии в машиностроении». Выпуск 15. – Брянск: БГИТА, 2012. – С.239 – 246.
4. Балакин, П.Д. Обоснование количества обобщенных координат при моделировании движения многоцелевой гусеничной машины в условиях естественных трасс / П.Д. Балакин, Н.Е. Рахимжанов, Д.А. Скрипниченко, Э.А. Кузнецов // Справка о депонировании рукописной работы № 17797. Реферат опубликован в Сборнике рефератов депонированных рукописей. Серия Б. Выпуск № 99 – М.: ЦВНИ МО РФ, 2012.
5. Балакин, П.Д. Математическое моделирование динамики движения многоцелевых гусеничных машин / П.Д. Балакин, Н.Е. Рахимжанов, Д.А. Скрипниченко, Э.А. Кузнецов // Омский научный вестник. Приборы, машины и технологии. – 2012. – №3 (113). – С. 40 – 44.
6. Алферов, С.В. Обоснование необходимости автоматизации режимов работы гидравлических амортизаторов многоцелевых гусеничных машин / С.В. Алферов, Э.А. Кузнецов, Я.В. Сухоруков, Д.А. Скрипниченко // Вестник Сибирского отделения академии военных наук. – 2013. – № 23. – С. 181-191.
7. Анализатор вибраций двухканальный «Диана - 2М». Руководство по эксплуатации. ИЛФМ.402213.005.РЭ.
8. Теория и конструкция танка. – Т. 8. Параметры внешней среды, используемые в расчетах танков. – М.: Машиностроение, 1987. – 196 с.

THE DYNAMICAL CHARACTERISTICS OF A MULTI-PURPOSE TRACKED VEHICLES UNDER VARIOUS SCHEMES OF HYDRAULIC SHOCK ABSORBERS SUSPENSION

D.A. Skripnichenko

Abstract. Held on the training ground and experimental studies of dynamic characteristics of multi-purpose tracked vehicles under various schemes of hydraulic shock absorbers suspension in different conditions of movement in the terrain is defined as hydraulic shock absorbers and without them. The levels of influence of hydraulic shock absorbers on the dynamic characteristics of multi-purpose tracked vehicles. A comparison of the results of the kinematic excitation of the undercarriage when driving on rough terrain with absorbers and without them.

Keywords: experiment, hydraulic shock absorbers, suspension multi-purpose tracked vehicle, dynamic characteristics of multi-purpose tracked vehicles.

References

1. Balakin P.D., Golchanskij M.A., Rakimzhanov N.E., Skripnichenko D.A. Obobshhennaja kinematicheskaja model' mehanizma podveski [A generalized kinematic model of the suspension mechanism]. *Materialy VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii FGBOU VPO «SibADI» (s mezhdunarodnym uchastiem)* 26-27 aprelya 2012. pp. 102 – 106.
2. Balakin P.D., Syркин V.V., Rakimzhanov N.E., Skripnichenko D.A., Kuznecov Je.A. Dinamicheskaja model' poperechno-uglovyh kolebanij korpusa mnogocелеvoj gusenichnoj mashiny pri reguljarnom kinematicheskom возбуждении dvizhitelja dorozhnym polotnom [A dynamic model of cross-angular fluctuations in the housing multi-purpose tracked vehicles under regular kinematical excitation of the mover of the road]. *Materialy VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii FGBOU VPO «SibADI» (s mezhdunarodnym uchastiem)* pp. 111 – 120.
3. Rakimzhanov N.E., Skripnichenko D.A. Analiz linejnoy modeli poperechno-uglovyh kolebanij korpusa gusenichnoj transportnoj mashiny v uslovijah reguljarnogo kinematicheskogo возбуждения [Linear model transverse-angular oscillations of the body of the caterpillar transport machine in regular kinematic excitation]. *Sb. nauchnyh trudov po itogam mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Novye materialy i tehnologii v mashinostroenii»*. Vypusk 15. Brjansk: BGITA, 2012. pp. 239 – 246.
4. Balakin P.D., Rakimzhanov N.E., D.A. Skripnichenko, Je.A. Kuznecov Obosnovanie kolichestva obobshhennyh koordinat pri modelirovanii dvizhenija mnogocелеvoj gusenichnoj mashiny v uslovijah estestvennyh trass [The rationale for the number of generalized coordinates in the simulation of motion of multipurpose tracked vehicles in terms of natural trails]. *Spravka o deponirovanii rukopisnoj raboty № 17797. Referat opublikovan v Sbornike referatov deponirovannyh rukopisej*. Seriya B. Vypusk № 99. Moscow, CVNI MO RF, 2012.

5. Balakin P.D., Rakimzhanov N.E., D.A. Skripnichenko, Je.A. Kuznecov Matematicheskoe modelirovanie dinamiki dvizheniya mnogocelovyh gusenichnyh mashin [Mathematical modelling of dynamics of motion multipurpose tracked vehicle]. *Omskij nauchnyj vestnik. Pribory, mashiny i tehnologii*, 2012, no 3 (113). pp. 40 – 44.

6. Alferov S.V., Kuznecov Je.A., Suhorukov Ja.V., D.A. Skripnichenko Obosnovanie neobходимости avtomatizacii rezhimov raboty gidravlicheskih amortizatorov mnogocelovyh gusenichnyh mashin [The rationale for automation of modes of operation of hydraulic shock absorbers multi-purpose tracked machines]. *Vestnik Sibirskogo otdeleniya akademii voennyh nauk*, № 23, 2013. pp. 181-191.

7. Analizator vibracij dvuhkanal'noj «Diana - 2M». *Rukovodstvo po jekspluatacii. ILM.402213.005.RJe* [The dual channel vibration analyzer "Diana - 2M". Manual. ILM.402213.005.Re].

8. *Teorija i konstrukcija tanka* [Theory and design of the tank]. Parametry vneshnej sredy, ispol'zuemye

v raschetah tankov. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 196 p.

Скрипниченко Дмитрий Александрович (Россия г. Омск) – преподаватель кафедры Омского автобронетанкового инженерного института (филиала) федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва» Министерства обороны Российской Федерации. (644098, г Омск, городок Военный 14-й).

Skripnichenko Dmitry, (Russian Federation, Omsk) – lecturer of Omsk armored engineering Institute (branch) Federal state military educational institution of higher professional education "Military Academy of logistics behalf of the army General A.V. Khruleva" of the Ministry of defense of the Russian Federatio (644098, Omsk, 14th Military camp).

УДК 621.86

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАЯТНИКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА, ПЕРЕМЕЩАЕМОГО МОСТОВЫМ КРАНОМ С РЕЛЕЙНЫМ ПРИВОДОМ

В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Е.О. Шершнева
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В результате проведенных исследований получены зависимости угла отклонения грузового каната мостового крана от вертикали и скорости изменения данного угла от ускорения и времени ускоренного движения точки подвеса груза. Полученные зависимости могут быть использованы для гашения маятниковых колебаний груза, перемещаемого мостовым краном, при торможении в конечный момент перемещения груза.

Ключевые слова: мостовой кран, привод, управление релейного типа, ускорение, груз, гашение колебаний.

Введение

Необходимым условием повышения производительности мостового крана (МК) является уменьшение остаточных маятниковых колебаний груза после его перемещения в целевую конечную позицию. Время завершения колебаний груза при отсутствии их гашения может составлять до 20 % от времени цикла МК [1,2,3].

Для приводов релейного типа, которыми оснащены большинство используемых в настоящее время МК, целесообразно при сохранении минимального числа включений и выключений обеспечить наиболее полное гашение остаточных колебаний груза, поскольку дополнительные пуски электродвигателей привода приводят к появлению больших пусковых токов, уменьшают срок службы электродвигателя [4].

Задача определения ускорения точки подвеса груза и времени его ускоренного движения для гашения остаточных колебаний груза

В связи с этим актуальной является задача оперативного определения таких значений ускорения точки подвеса груза $a_{\text{торм}}$ и времени его ускоренного движения $T_{\text{торм}}$, которые позволят минимизировать остаточные маятниковые колебания груза для определенных текущих значений угла отклонения грузового каната от вертикали θ и его производной $\dot{\theta}$.

Рассматривается процесс колебаний груза в плоскости, т.е. отдельная координата маятниковой системы МК. Пространственные колебания груза могут быть при малой амплитуде представлены как суперпозиция колебаний груза в двух взаимно перпендикулярных плоскостях [1,2,3].