НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ МГТУ ИМ. Н. Э. БАУМАНА

# НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ

Эл № ФС77 - 48211. Государственная регистрация №0421200025. ISSN 1994-0408

электронный научно-технический журнал

Методика определения потребной мощности приводов перспективного испытательно-измерительного тренажерного стенда для освоения и оценки работоспособности специального оборудования быстроходных машин

# 10, октябрь 2012

DOI: 10.7463/1012.0485253

Шлеев А. Н., Сарач Е. Б., Смирнов И. А.

УДК.629.3.02

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана sarach@yandex.ru

Использование тренажеров при подготовке экипажей быстроходных машин (БМ) является одним из основных путей снижения расходов на эксплуатацию военной техники. При увеличении времени тренажерной подготовки за счет числа полевых занятий, снижаются затраты на горючесмазочные материалы, боеприпасы и ремонт техники, что особенно важно в условиях сокращения финансирования ВС РФ. Таким образом, совершенствование тренажерной базы является актуальной задачей.

Тренажерам и тренажерной подготовки посвящены работы некоторых авторов [1, 2], но в основном они исследуют вопрос методик обучения, а не совершенствования тренажерной базы. В частности, предлагаемые тренажеры не эмитируют влияние на экипаж динамических нагрузок вследствие колебания корпуса БМ при движении по неровностям местности.

В работе [3] представлена математическая модель перспективного испытательно-измерительного тренажерного стенда для освоения и оценки работоспособности специального оборудования БМ. Стенд состоит из колебательной платформы, на которой устанавливается и закрепляется БМ. Платформа приводится в движение силовыми приводами (гидравлическими

или электрическими) и совершает продольно-угловые, поперечно-угловые и вертикальные колебания. Система управления стендом включает в себя ЭВМ, на которой эмитируется движение БМ по трассе. Колебания, совершаемые моделируемой машиной, преобразуются в вертикальные перемещения приводов стенда таким образом, чтобы БМ на стенде повторяла движения моделируемой машины.

**Целью** данной статьи является представление разработанной авторами методики определения мощности приводов стенда для подготовки экипажей БМ, а также, с использованием представленной в [3] математической модели, определение потребной мощности приводов реального стенда для подготовки экипажей боевых машин пехоты БМП-2 (рис. 1.)

Разработанная методика **является новой** и основывается на моделировании движения БМ по типовым трассам с максимальной скоростью по критериям плавности хода и определении характерных амплитуд и скоростей колебания корпуса.



Рис. 1. Боевая машина пехоты БМП-2

**10.7463/1012.0485253** 106

#### Методика определения мощности приводов стенда

- 1) В файле констант математической модели задаются параметры исследуемой БМ, такие как масса корпуса и опорных катков, моменты инерции корпуса, характеристики упругих и демпфирующих элементов подвески, характеристики шины катков и т.д.
- 2) Осуществляются моделирование заездов БМ по типовым трассам со скоростями, вызывающими максимальные амплитуды и скорости колебаний корпуса БМ.
- 3) Записываются и анализируются мощности, необходимые для отработки полученных колебаний корпуса БМ на стенде.

### Определение мощности приводов стенда БМП-2

Для исследования были выбраны три типа трассы, характерные для движения БМ. Трасса первого типа представляет собой дорогу с твердой недеформируемой поверхностью, которая разъезжена равномерно по ширине проезжей части с постоянным поперечным уклоном. Неровности волнообразные, высокие и длинные, расположены с постоянным шагом. БМ характерна для движения колон периодической. Она задается в модели синусоидальным профилем. Наиболее опасная длинна неровностей, вызывающая максимальные амплитуды продольно-угловых колебаний, соответствует двум базам машины. Высоты неровностей - не менее 0,2 м; скорости движения - около 25 км/ч [4].

Трасса второго типа, вызывающая поперечно-угловые колебания корпуса БМ, представляет собой периодические неровности, расставленные в шахматном порядке. Такой режим движения характерен для машины движущейся одной гусеницей по дороге, а другой по обочине. Длины неровностей - 5 – 7 м; высоты неровностей - 0,1 м; скорость - 20 – 25 км/ч.

Трасса третьего типа характерна для леса и бездорожья. Здесь периодические неровности имеют меньшую длину, чем на первой трассе, колея узкая с различной глубиной под левой и правой гусеницей. Такие трассы называются трассами случайного профиля и моделируются с использованием математической статистики по известным методикам [5]. Участок смоделированной трассы такого типа представлен на рис. 2.

Максимальная скорость на трассе третьего типа определяется по критериям плавности хода [4]. В нашем случае это «пробой» подвески – жесткий удар балансира в ограничитель хода.

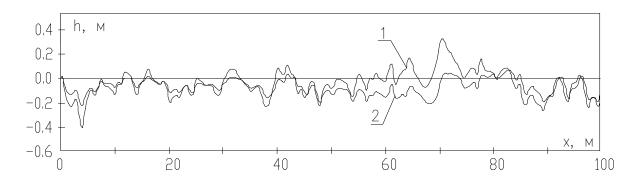


Рис. 2. Участок трассы третьего типа: 1, 2 – профиль грунта под гусеницами левого и правого борта

Используя полученную методику, определим потребную мощность приводов тренажерного стенда для освоения и оценки работоспособности специального оборудования БМП-2.

Будим считать, что силовых приводов качания колебательной платформы четыре. И нагрузка на приводы в статическом положении распределяется равномерно. Любой другой вариант распределения нагрузки между приводами также может быть рассчитан в данной модели.

На рисунках 3-11 представлены результаты математического моделирования движения БМП-2 по трассам и колебания на стенде. Рисунки 3-5 относятся к движению по трассе первого типа, 6-8 – второго типа, 9-11 – третьего типа. На рисунках 3, 6 и 9 изображены хода подвесок опорных

катков и вертикальные ускорения на месте механика-водителя при движении по разным типам трассы. На рисунках 4, 7 и 10 изображены продольно-угловые, поперечно-угловые и вертикальные колебания корпуса БМ полученные при движении по трассе и на стенде. На рисунках 5, 8 и 11 представлены мощности, затрачиваемые приводами для колебания БМ на стенде.

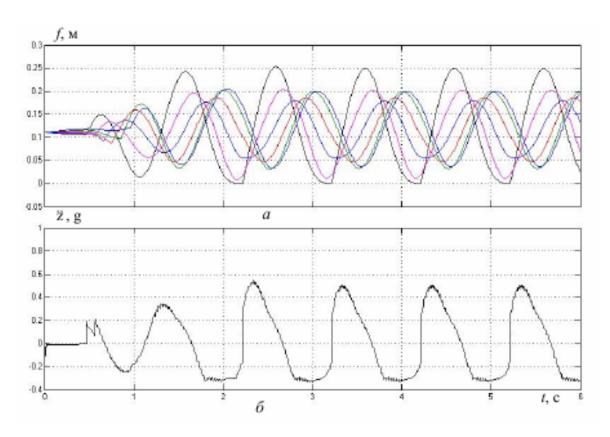


Рис. 3. Хода подвески (a) и вертикальные ускорения на месте механикаводителя ( $\delta$ ) при движении БМП-2 по трассе первого типа

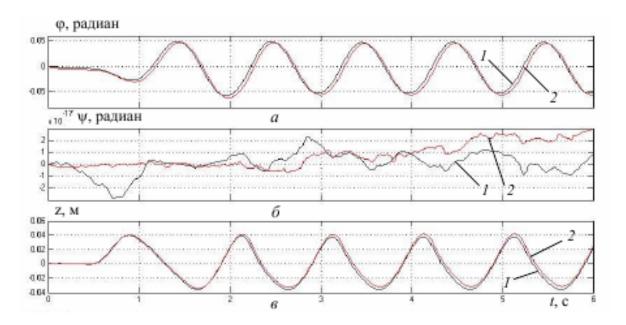


Рис. 4. Продольно-угловые (a), поперечно-угловые ( $\delta$ ) и вертикальные (a) колебания корпуса БМП-2 при движении по трассе первого типа (1) и на стенде (2)

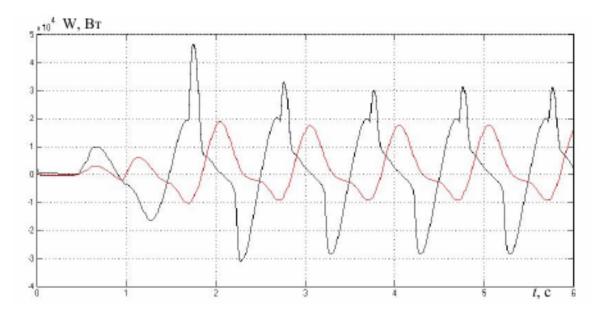


Рис. 5. Мощность, затрачиваемая приводами стенда при имитации движения БМП-2 по трассе первого типа

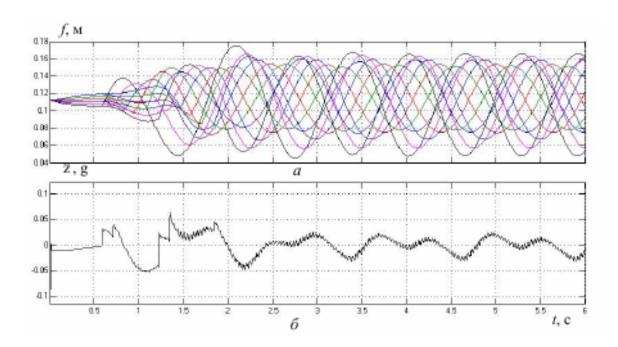


Рис. 6. Хода подвески (a) и вертикальные ускорения на месте механикаводителя ( $\delta$ ) при движении БМП-2 по трассе второго типа

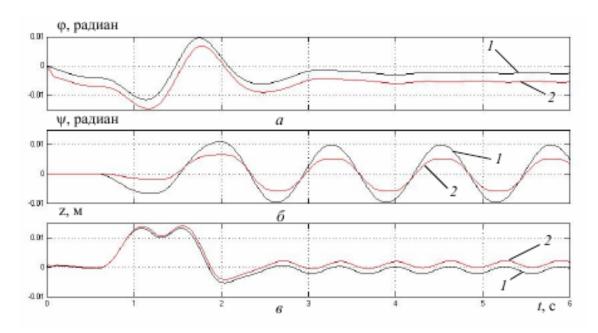


Рис. 7. Продольно-угловые (a), поперечно-угловые ( $\delta$ ) и вертикальные (a) колебания корпуса БМП-2 при движении по трассе второго типа (1) и на стенде (2)

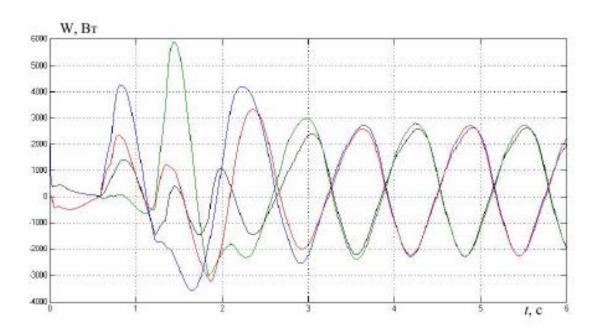


Рис. 8. Мощность, затрачиваемая приводами стенда при имитации движения БМП-2 по трассе второго типа

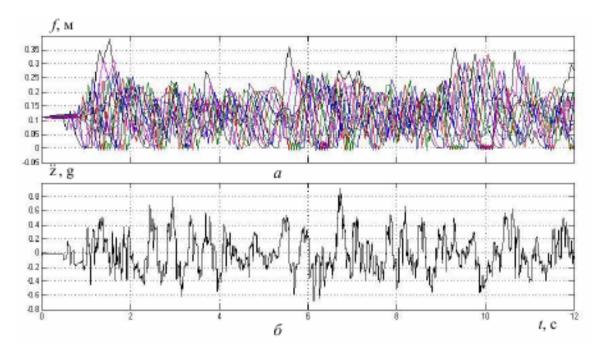


Рис. 9. Хода подвески (a) и вертикальные ускорения на месте механикаводителя ( $\delta$ ) при движении БМП-2 по трассе третьего типа

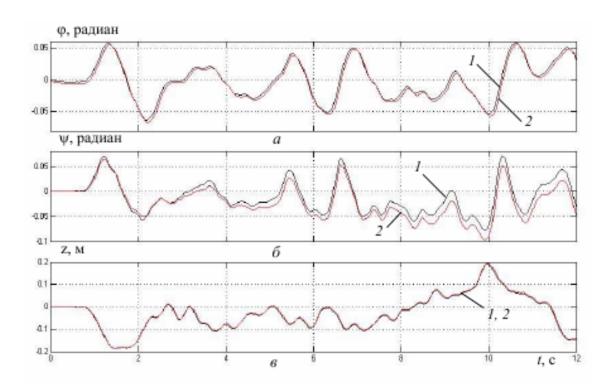


Рис. 10. Продольно-угловые (a), поперечно-угловые ( $\delta$ ) и вертикальные (a) колебания корпуса БМП-2 при движении по трассе третьего типа (1) и на стенде (2)

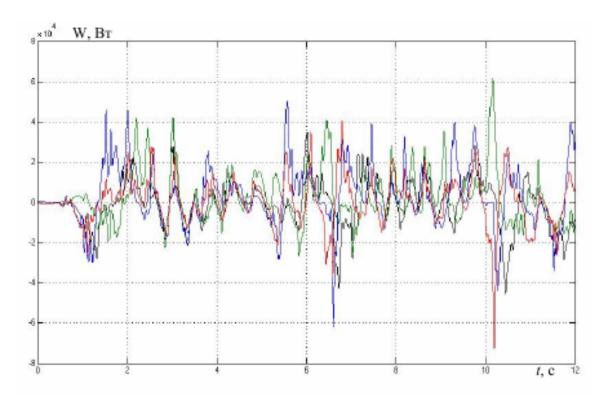


Рис. 11. Мощность, затрачиваемая приводами стенда при имитации движения БМП-2 по трассе третьего типа

Анализируя полученные графики можно сделать вывод, что модель стенда отрабатывает задающее воздействие по всем трем координатам с приемлемой точностью. Мощности, необходимые для имитации динамического воздействия на экипаж при движении БМП-2 по трассам трех типов составляют 30 кВт, 3 кВт и 40 кВт в каждом из четырех приводов соответственно. Таким образом, суммарная максимальная мощность приводов стенда составит 160 кВт.

### Литература

- 1. Касьянов Н.П. Методические рекомендации по применению тракторного тренажерного класса при подготовке трактористов-машинистов широкого профиля. М., 1984, 122c.
- 2. Курочкин С.А. Основы тренажеростроения: Монография. Тула, 2007, 215с.
- 3. Шлеев А.Н., Сарач Е.Б., Смирнов И.А. Математическая модель перспективного испытательно-измерительного тренажерного стенда для освоения и оценки работоспособности специального оборудования быстроходных машин [Электронный ресурс] // Электрон. журн. «Наука и образование: электронное научно-техническое издание», 2012 выпуск 3 №0420900025\0006 Режим доступа: <a href="http://technomag.edu.ru/doc/113356.html">http://technomag.edu.ru/doc/113356.html</a>, свободный.
- 4. Дмитриев А. А., Чобиток В. А., Тельминов А. В. Теория и расчет нелинейных систем подрессоривания гусеничных машин. М.: Машиностроение, 1976. 207 с.
- 5. Котиев Г.О., Сарач Е.Б. Комплексное подрессоривание высокоподвижных двухзвенных гусеничных машин. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 184с.

## SCIENCE and EDUCATION

EL Nº FS77 - 48211. Nº0421200025. ISSN 1994-0408

electronic scientific and technical journa

Methodology for determination of drive power of promising test-bed for measuring exercise development and evaluation of performance of special equipment in fast cars

# 10, October 2012

DOI: 10.7463/1012.0485253

Shleev A.N., Sarach E.B., Smirnov I. A.

Russia, Bauman Moscow State Technical University <a href="mailto:sarach@yandex.ru">sarach@yandex.ru</a>

The article describes a method of determining power requirement for drives of prospective test and measurement exercise bench in order to develop and evaluate performance of special equipment in fast cars. The method is based on mathematical modeling of machine dynamics when driving on uneven terrain and simulation of body movements obtained in the model of vibrational stand platform. With the proposed method it was possible to determine the capacity of drives to simulate the dynamics of the housing for a high-speed track-type vehicle.

**Publications with keywords:**<u>training simulator</u>, <u>mathematical modeling</u>, <u>workbench</u>, <u>high-speed</u> off-road vehicles

Publications with words: training simulator, mathematical modeling, workbench, high-speed off-road vehicles

#### References

- 1. Kas'ianov N.P. *Metodicheskie rekomendatsii po primeneniiu traktornogo trenazhernogo klassa pri podgotovke traktoristov-mashinistov shirokogo profilia* [Guidance on the application of the tractor gym class when the training of tractor-driver generalists]. Moscow, VNMTs Gosprofobra SSSR Publ., 1984. 122 p.
- 2. Kurochkin S.A. *Osnovy trenazherostroeniia* [Basis of the production of simulators]. Tula, TulGU Publ., 2007. 215 p.
- 3. Shleev A.N., Sarach E.B., Smirnov I.A. Matematicheskaia model' perspektivnogo ispytatel'no-izmeritel'nogo trenazhernogo stenda dlia osvoeniia i otsenki rabotosposobnosti spetsial'nogo oborudovaniia bystrokhodnykh mashin [Method of determining the required power for the perspective experimental measuring training machine for developing and estimating the operability of the special equipment of high-speed off-road vehicles]. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education of the Bauman MSTU], 2012, no. 9. DOI: 10.7463/0912.0485231

- 4. Dmitriev A.A., Chobitok V.A., Tel'minov A.V. *Teoriia i raschet nelineinykh sistem podresso-rivaniia gusenichnykh mashin* [Theory and calculation of nonlinear systems of cushioning of tracked vehicles]. Moscow, Mashinostroenie, 1976. 207 p.
- 5. Kotiev G.O., Sarach E.B. *Kompleksnoe podressorivanie vysokopodvizhnykh dvukhzvennykh gusenichnykh mashin* [Integrated cushioning of high-mobility double-link tracked vehicles]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2010. 184 p.