

Математическая модель перспективного испытательно-измерительного тренажерного стенда для освоения и оценки работоспособности специального оборудования быстроходных машин

09, сентябрь 2012

DOI: 10.7463/0912.0485231

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

УДК.629.3.02

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

sarach@yandex.ru

Освоение и оценки работоспособности специального оборудования быстроходных машин (БМ) является составной частью их эксплуатации.

Обучение экипажей БМ проводится систематически, в любое время года и суток, в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации, и должно обеспечивать наглядность, последовательность обучения, прочное и сознательное усвоение отработанных вопросов, доступность освоения теоретического материала, увязку теоретических положений с практическими занятиями. Практические занятия в свою очередь включают тренировки на тренажерах и занятия в полевых условиях.

Занятия в полевых условиях требуют ресурса техники - расхода моточасов двигателя, износа трансмиссии и ходовой части. Поэтому отработку упражнений на БМ непосредственно в полевых условиях целесообразно вести на завершающем этапе обучения экипажей, а основную часть подготовки проводить на учебно-тренировочных средствах - электронных тренажерах и стационарных стендах. Таким образом, совершенствование тренажерной базы является **актуальной задачей**.

Структура стенда

Перспективные стенды и тренажеры подготовки экипажей и оценки работоспособности специального оборудования БМ должны учитывать колебания корпуса машины, возникающие при движении по неровностям местности. Амплитуды и частоты этих колебаний целесообразно получать из математической модели движения БМ по неровностям местности в виде записей изменения координат корпуса машины от времени.

Математическому моделированию движения БМ по неровностям местности посвящено ряд исследований [1-3], поэтому, в рамках данной работы, этот вопрос рассматриваться не будет.

Также было установлено, что на работоспособности специального оборудования БМ оказывают существенное влияние три вида колебаний корпуса - вертикальные, продольно-угловые и поперечно-угловые [4]. Записи этих видов колебаний и будут взяты из математической модели движения БМ по трассе и переданы в модель стенда.

Таким образом, перспективный испытательно-измерительный тренажерный стенд для освоения и оценки работоспособности специального оборудования БМ должен иметь структуру, представленную на рис. 1.

В качестве исходных данных для математического моделирования режима движения БМ по неровностям местности задаются параметры машины, оказывающие влияние на плавность хода, тип трассы, по которой осуществляется движение, и возможная скорость движения.

В математической модели производится расчет выбранного режима движения и продольно-угловые (φ_1) поперечно-угловые (ψ_1) и вертикальные (z_1) координаты в виде задающего воздействия в реальном времени передаются в систему управления силовым приводом стенда.

Полученные координаты пересчитываются в поступательные вертикальные перемещения силовых приводов стенда. Силовые приводы могут быть как электрические, так и гидравлические. В зависимости от этого

будет выбрана и энергетическая установка силовых приводов с системой управления.

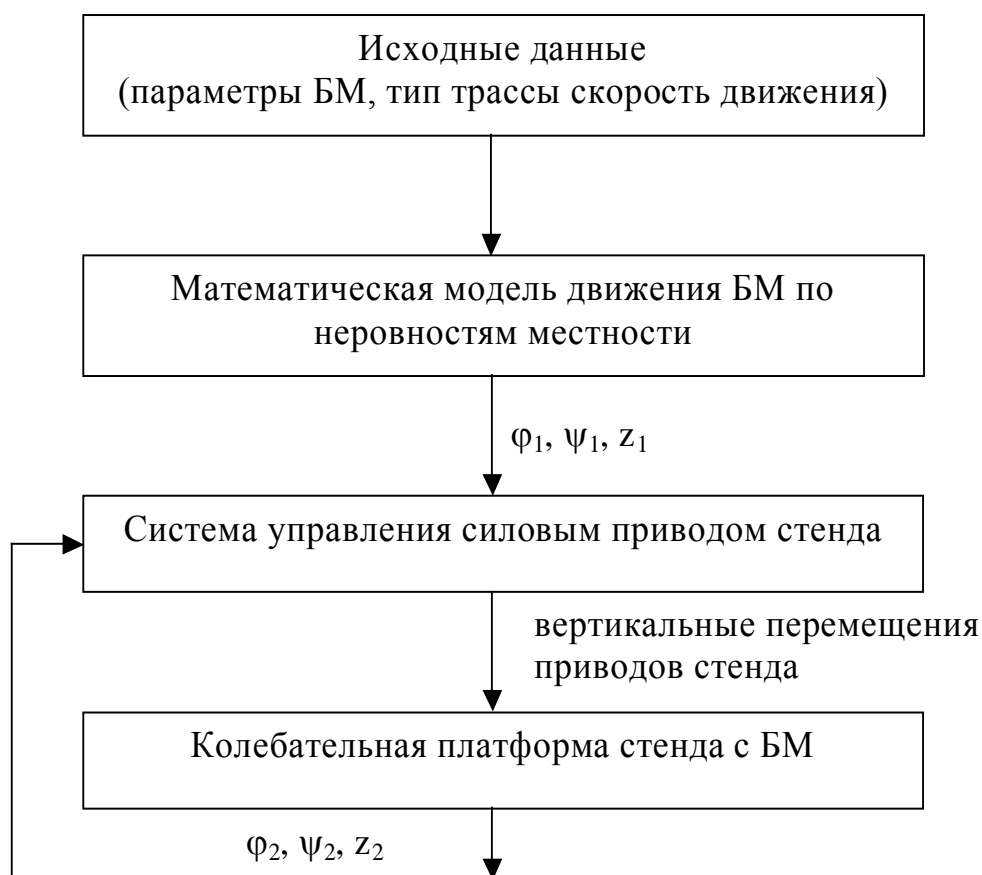


Рис.1. Структурная схема перспективного испытательно-измерительного тренажерного стенда для освоения и оценки работоспособности специального оборудования БМ: φ_1, φ_2 , - продольно-угловые координаты ψ_1, ψ_2 , - поперечно-угловые координаты z_1, z_2 - вертикальные координаты

С помощью силовых приводов осуществляется перемещение БМ, закрепленной на колебательной платформе, с заданными амплитудами и частотами по трем координатам - вертикальным, продольно-угловым и поперечно-угловым.

Точность отработки задающего воздействия определяется с помощью обратной связи по угловым и линейным координатам (φ_2, ψ_2, z_2).

Система управления стендом включает в себя ЭВМ для моделирования движения БМ по выбранной трассе и задания воздействий на систему управления приводами, а также систему включения (выключения) стенда.

Математическая модель стенда

Математическая модель стенда для освоения и оценки работоспособности специального оборудования БМ разработана в программном комплексе Matlab Simulink и представлена на рис. 2. Модель состоит из двух основных блоков «ГМ на трассе» и «ГМ на стенде», блока «стенд» и устройств записи сигналов «координаты» и «мощность».

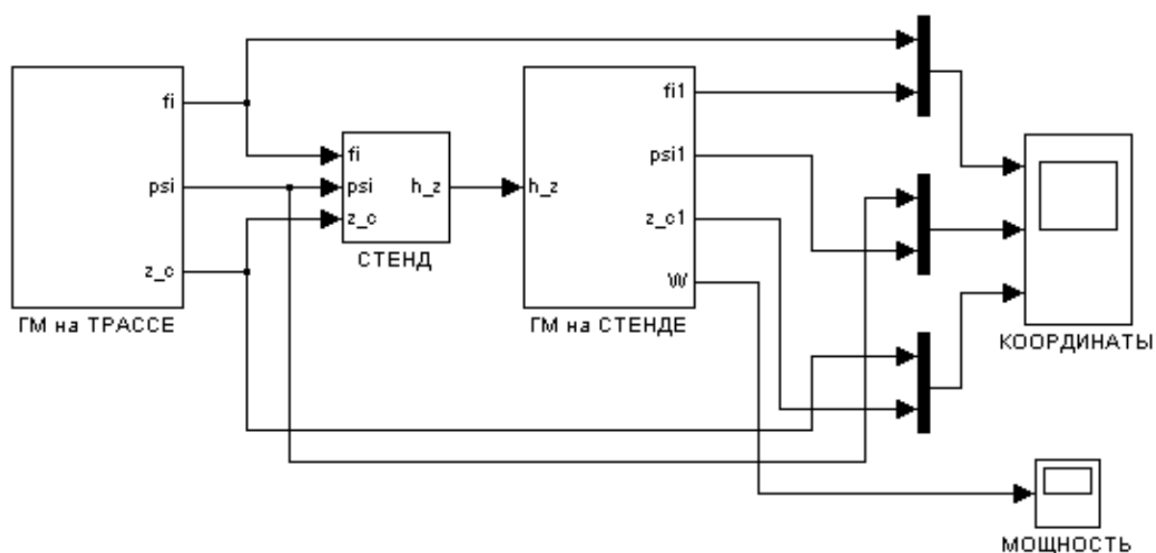


Рис. 2. Блок-схема модели стенда

Структура блоков «ГМ на трассе» и «ГМ на стенде» аналогична структуре модели движения быстроходной гусеничной машины, представленной на рис. 3. и подробно описанной в [1-3]. Структура блока «стенд» представлена на рисунке 4.

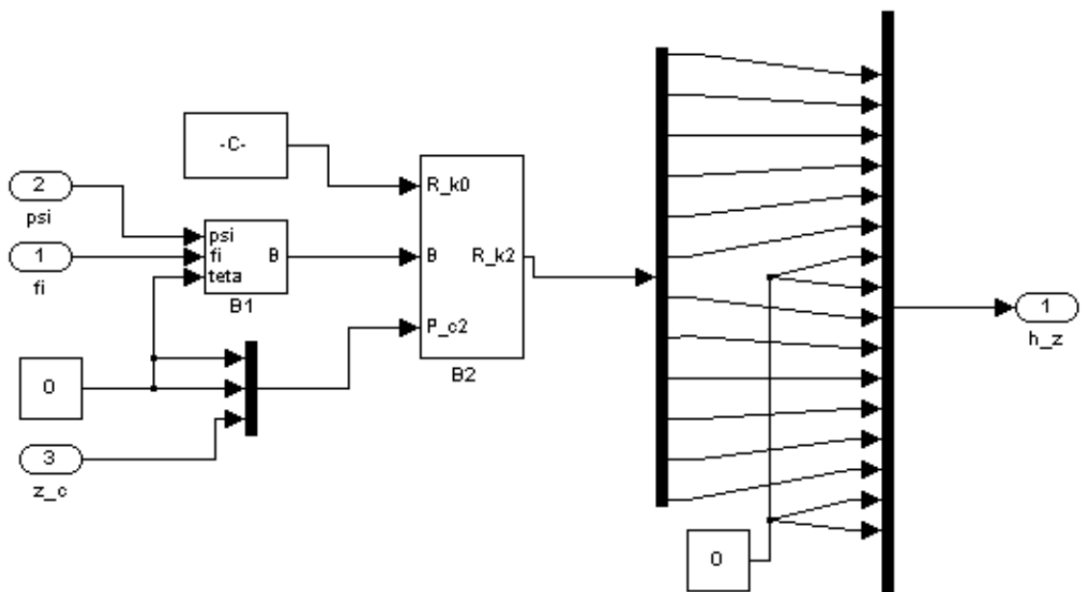


Рис. 4. Блок «стенд»

Выходными данными блока «ГМ на трассе» являются продольно-угловая (φ), поперечно-угловая (ψ) и вертикальная (z_c) координаты корпуса БМ, получаемые в процессе моделирования движения БМ по трассе. Эти данные в реальном времени расчета модели передаются на вход блока «стенд», где преобразуются в перемещение вертикальных координат точек контакта опорных катков БМ, расположенной на стенде, с колебательной платформой (h_z). Преобразования производится в двух вспомогательных блоках «B1» и «B2» (рис. 4) содержащих систему уравнений

$$\begin{cases} x = x' + z' \cdot \varphi, \\ y = y' - z' \cdot \psi, \\ z = -x' \cdot \varphi + y' \cdot \psi + z' + z_k, \end{cases}$$

где x , y и z – координаты точек в неподвижной системе координат;
 x' , y' и z' – координаты точек в системе координат, связанной с корпусом БМ;
 φ и ψ - продольно-угловые и поперечно-угловые перемещения корпуса БМ;
 z_k – вертикальная координата центра масс корпуса БМ.

Координаты x' и y' точек контакта опорных катков БМ с колебательной платформой задаются в блоке констант «С».

Таким образом, на вход блока «ГМ на стенде» в реальном времени подаются вертикальные координаты точек контакта катков с опорной поверхностью h_z , которые с помощью блока дифференцирования преобразуются в скорости перемещения точек и вместе с координатами подаются на вход блока «шина катков» (в виде координат z_{gr_k} скоростей dz_{gr_k}), минуя блоки «скорость» и «трасса» (рис. 3).

Также в блоке «ГМ на стенде» определяется мощность, затрачиваемая на колебание машины. Мощность распределяется между силовыми приводами колебательной платформы и выдается в виде выходного сигнала «W» на устройство записи «мощность».

Выходными сигналами блока «ГМ на стенде», помимо мощности, являются продольно-угловая ($fi1$), поперечно-угловая ($psi1$) и вертикальная (z_{c1}) координаты корпуса БМ, расположенной на стенде, которые в устройстве записи «координаты» сравниваются с задающим воздействием – координатами БМ на трассе.

С использованием данной математической модели стенда, авторами была определена мощность приводов стенда для освоения и оценки работоспособности специального оборудования современных БМ.

References

1. 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.
2. Diadchenko M.G., Kotiev G.O., Naumov V.N. *Osnovy rascheta sistem podressorivaniia gusenichnykh mashin na EVM* [Basis of calculating of systems

of cushioning of tracked vehicles on computer]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2002. 52 p.

3. Kotiev G.O. *Prognozirovanie ekspluatatsionnykh svoistv sistem podressorivaniia voennykh gusenichnykh mashin. Dokt. diss.* [Prediction of performance properties of systems of cushioning of military tracked vehicles. Dr. diss.]. Moscow, Bauman MSTU, 2000. 265 p.

4. Diadchenko M.G. *Issledovanie vliianiia sistemy podressorivaniia boevykh gusenichnykh mashin na rabotosposobnost' spetsial'nogo oborudovaniia. Kand. diss.* [Investigation of the influence of systems of cushioning of military tracked vehicles on the performance of specific equipment. Cand. diss.]. Moscow, Bauman MSTU, 1997. 118 p.

Mathematical model of prospective test and measurement exercise bench for development and evaluation of performance of special equipment fast cars

09, September 2012

DOI: 10.7463/0912.0485231

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

Russia, Bauman Moscow State Technical University
sarach@yandex.ru

The paper presents the structure and mathematical model of a prospective test and measurement exercise bench for development and evaluation of performance of special equipment of fast cars. The mathematical model of the stand includes a car dynamic model when driving on uneven terrain, and a model of the vibrational platform of the stand. The use of the model allows to adequately identify the driving power of a real stand.

Publications with keywords: [training simulator](#), [mathematical modeling](#), [workbench](#), [high-speed off-road vehicles](#)

Publications with words: [training simulator](#), [mathematical modeling](#), [workbench](#), [high-speed off-road vehicles](#)

References

1. 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.
2. Diadchenko M.G., Kotiev G.O., Naumov V.N. *Osnovy rascheta sistem podressorivaniia gusenichnykh mashin na EVM* [Basis of calculating of systems of cushioning of tracked vehicles on computer]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2002. 52 p.

3. Kotiev G.O. *Prognozirovaniye ekspluatatsionnykh svoystv sistem podressorivaniia voennykh gusenichnykh mashin. Dokt. diss.* [Prediction of performance properties of systems of cushioning of military tracked vehicles. Dr. diss.]. Moscow, Bauman MSTU, 2000. 265 p.

4. Diadchenko M.G. *Issledovaniye vliianiia sistemy podressorivaniia boevykh gusenichnykh mashin na rabotosposobnost' spetsial'nogo oborudovaniia. Kand. diss.* [Investigation of the influence of systems of cushioning of military tracked vehicles on the performance of specific equipment. Cand. diss.]. Moscow, Bauman MSTU, 1997. 118 p.