

ПОДБОР РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ АМОРТИЗАТОРОВ И ДЕМПФИРУЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПОДВЕСКИ Т-72

С.С. Жаров

falloutboy95@rambler.ru

SPIN-код: 5033-2765

В.А. Федосов

fedosov.vitya@gmail.com

SPIN-код: 6839-8404

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Выполнен подбор рационального расположения и значения коэффициентов сопротивления амортизаторов на примере танка Т-72. Проанализированы скоростные характеристики машины при расположении амортизаторов на 1, 2 и 6-м, а также на 1, 5 и 6-м узлах подвески. Выявлено, что расположение амортизаторов на 1, 5 и 6-м узлах подвески и увеличение коэффициента сопротивления амортизаторов в 1,6 раз по сравнению с аналогичным коэффициентом серийного образца приводит к увеличению проходной неровности практически на всем исследуемом диапазоне скоростей движения по сравнению с аналогичной характеристикой серийного образца, при этом требования по тряске выполняются на всем диапазоне исследуемых скоростей движения.

Ключевые слова

Гусеничная машина, быстроходность, плавность хода, амортизатор, система поддресоривания, подвеска, скоростные характеристики, тряска

Поступила в редакцию 29.05.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

Как известно, максимальная скорость движения машины является ограниченной и определяется условиями движения и техническими характеристиками быстроходной гусеничной машины (БГМ). Ограничения, зависящие главным образом от дорожных условий, подразделяют на две группы: ограничения по силе тяги и так называемые прямые ограничения [1, 2]. Увеличение удельной мощности современных машин позволило снять ряд ограничений первой группы. Вторая группа объединяет:

- ограничения скорости, определяемые кинематическими характеристиками трансмиссии;
- ограничения по управляемости, связанные со способностью машины вписываться в реальную кривизну трассы;
- ограничения по опасности возникновения неуправляемого движения;
- ограничения, обусловленные возникновением предельных ускорений корпуса машины при движении по неровностям, которые могут привести к утомляемости, травмам экипажа и выходу из строя установленного оборудования [3, 4].

Плавность хода БГМ, а также средняя скорость при движении по неровностям местности сильно зависят от качества системы поддрессоривания: если ее качество низкое, то водитель при действии на него перегрузок будет вынужден снижать скорость движения. Поскольку средняя скорость движения БГМ является одной из важнейших характеристик машины, подбор параметров системы поддрессоривания играет важную роль.

При подборе параметров подвески (в частности, характеристик демпфирующих элементов) нужно учитывать, что на месте механика-водителя предельные ускорения корпуса не должны превышать значения $(3,0...3,5)g$, где g — ускорение свободного падения. При этом недопустим «пробой» подвески («пробоем» называют жесткий удар балансира в ограничитель хода подвески), а амплитудные значения ускорений тряски (возникают при «зарезонансном» движении машины) должны быть ограничены значением $0,7g$. Также недопустимо «зависание» опорных катков («зависанием» называют ситуацию, при которой из-за большого сопротивления амортизатора каток не успевает вернуться на уровень статического хода подвески до наезда на следующую неровность, что приводит к сокращению динамического хода подвески, вследствие чего вероятность «пробоя» возрастает) [5–9].

В данной работе выполнен подбор рационального расположения амортизаторов, а также значений коэффициентов сопротивления с учетом указанных выше условий на примере танка Т-72. Подбор проводили с помощью программного комплекса Track, который предназначен для проведения поверочного расчета системы поддрессоривания БГМ. Комплекс позволяет моделировать свободные колебания БГМ на ровном горизонтальном основании, а также равномерное движение по трассам периодического и случайного профиля [10]. Характеристики, рассчитываемые программой, соответствуют показателям, по которым реально оценивают транспортные машины в процессе испытаний, а полнота математической модели и применяемый численный метод позволяют получить значения, соответствующие действительности.

На серийном образце исследуемой машины амортизаторы установлены на 1, 2 и 6-м узлах подвески, однако использование программного комплекса Track позволяет исследовать движение машины, на которой амортизаторы установлены на 1, 5 и 6-м узлах подвески, а также подобрать рациональные значения демпфирующих характеристик на прямом и обратном ходе с учетом полученных значений.

Упругая и демпфирующая характеристики подвески, установленной на серийном образце Т-72, приведены на рис. 1 и 2 соответственно.

Измененные относительно характеристик серийного образца демпфирующие характеристики представлены на рис. 3.

В результате исследования были построены следующие характеристики:

– скоростная характеристика для длин неровностей $2L$ (L — длина базы исследуемой машины, равная 4,1 м) по ускорениям на месте механика водителя не

более $3,5g$ при различных расположениях амортизаторов и выборе коэффициентов сопротивления амортизатора (рис. 4);

– характеристика ускорений тряски при длине неровностей $a = 1$ м и высоте неровностей $h = 0,05$ м (рис. 5).

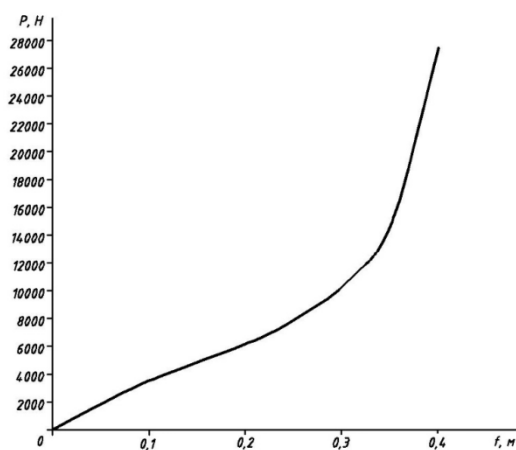


Рис. 1. Упругая характеристика подвески Т-72

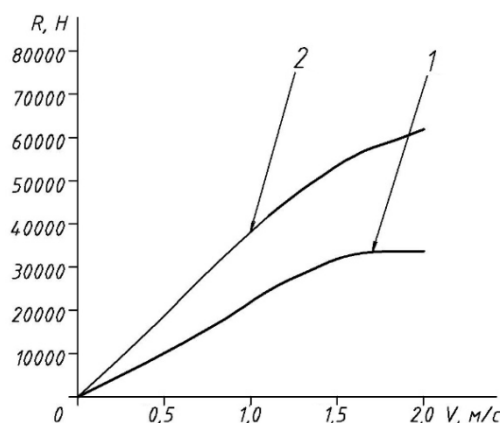


Рис. 2. Демпфирующая характеристика серийного амортизатора Т-72:

1 — демпфирующая характеристика на прямом ходе; 2 — демпфирующая характеристика на обратном ходе

При исходной демпфирующей характеристике (см. рис. 2) расположение амортизаторов на 1, 5, 6-м узлах подвески (вариант 2) относительно серийного образца (вариант 1) снижает проходную неровность по ускорениям на месте механика водителя до значения не более $3,5g$, однако при варианте 2 расположения амортизаторов ускорения тряски не превышают $0,7g$ на всем исследуемом диапазоне в отличие от серийного образца, на котором ускорения тряски значительно превышают $0,7g$ при скоростях выше 10 м/с (36 км/ч). В результате

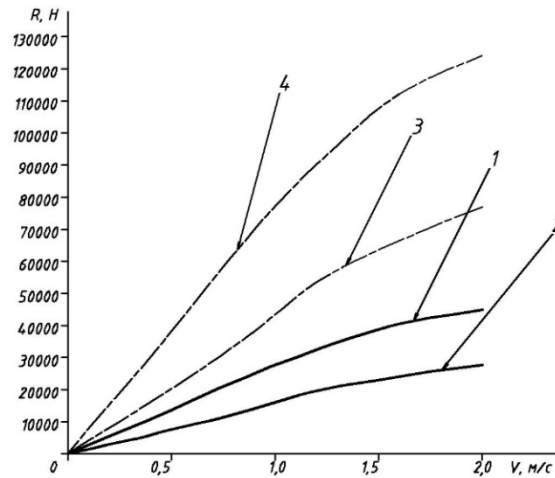


Рис. 3. Демпфирующая характеристика модифицированных амортизаторов Т-72:

1 — демпфирующая характеристика на обратном ходе с пониженным в 1,4 раза уровнем демпфирования; 2 — демпфирующая характеристика на прямом ходе с пониженным в 1,4 раза уровнем демпфирования; 3 — демпфирующая характеристика на прямом ходе с повышенным в 1,6 раз уровнем демпфирования; 4 — демпфирующая характеристика на обратном ходе с повышенным в 1,6 раз уровнем демпфирования

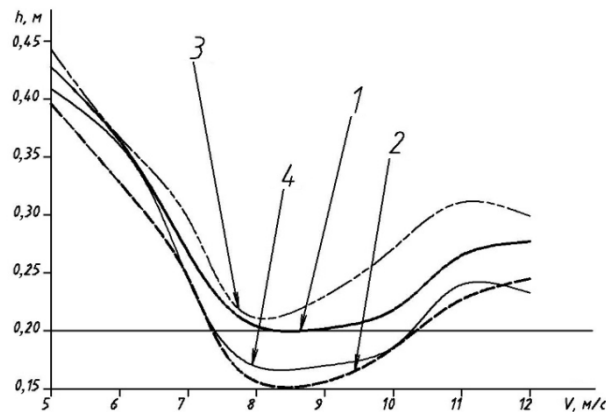


Рис. 4. Скоростные характеристики по ускорениям на месте механика-водителя не более $3,5g$:

1 — расположение амортизаторов и демпфирующие характеристики соответствуют серийному образцу (амортизаторы на 1, 2, 6-м узлах); 2 — амортизаторы на 1, 5, 6-м узлах, демпфирующие характеристики соответствуют серийному образцу; 3 — амортизаторы на 1, 5, 6-м узлах, значения демпфирующей характеристики увеличены в 1,6 раз по сравнению с серийным образцом; 4 — амортизаторы на 1, 2, 6-м узлах, значения демпфирующей характеристики уменьшены в 1,4 раза по сравнению с характеристиками серийного образца

можно повысить коэффициент сопротивления амортизатора при варианте его расположения на 1, 5, 6-м узлах подвески, поскольку ускорения тряски при этом варианте не превышают допустимых во всем исследуемом диапазоне. Как вид-

но по скоростным характеристикам, повышение коэффициента сопротивления амортизатора в 1,6 раз (вариант 3) позволило увеличить проходную неровность от значения $h_1 = 0,199$ м, соответствующего серийному образцу, до $h_2 = 0,211$ м. Отметим, что по сравнению с серийным образцом проходная неровность увеличилась практически на всем исследуемом диапазоне скоростей движения. При этом ускорения тряски почти не превышают $0,7g$.

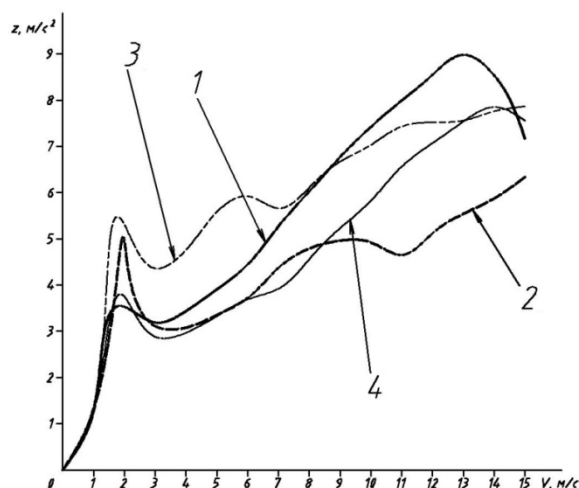


Рис. 5. Характеристика ускорений тряски при длине неровностей $a = 1$ м и высоте неровностей $h = 0,05$ м:

1 — расположение амортизаторов и демпфирующие характеристики соответствуют серийному образцу (амортизаторы на 1, 2, 6-м узлах); 2 — амортизаторы на 1, 5, 6-м узлах, демпфирующие характеристики соответствуют серийному образцу; 3 — амортизаторы на 1, 5, 6-м узлах, значения демпфирующей характеристики увеличены в 1,6 раз по сравнению с серийным образцом; 4 — амортизаторы на 1, 2, 6-м узлах, значения демпфирующей характеристики уменьшены в 1,4 раза по сравнению с характеристиками серийного образца

Поскольку на серийном образце ускорения тряски превышают допустимые, то следует понизить уровень демпфирования в 1,4 раза (вариант 4), в результате при равных предельных ускорениях тряски проходная неровность значительно снижается (до $0,167$ м) по сравнению со вторым вариантом расположения амортизаторов с повышенным уровнем демпфирования.

Таким образом, на основе данного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Танк Т-72 с серийной подвеской не удовлетворяет требованиям к плавности хода по тряске. Ускорения тряски превышают допустимые на скоростях более 36 км/ч (10 м/с), что приводит к утомляемости экипажа.

2. Снижение коэффициента сопротивления амортизатора в 1,4 раза на серийном образце приводит к снижению проходной неровности, однако требования по тряске выполняются во всем диапазоне исследуемых скоростей движения.

3. Перестановка амортизаторов со 2-го на 5-й узел подвески приводит к снижению ускорений тряски, однако проходная неровность снижается по сравнению с ее значениями для серийного образца.

4. При увеличении коэффициента сопротивления амортизатора в 1,6 раз по сравнению с серийным образцом при расположении амортизаторов 1, 5 и 6-м узлах приводит к увеличению проходной неровности практически на всем исследуемом диапазоне скоростей движения по сравнению с ее значениями для серийного образца, при этом требования по тряске выполняются во всем диапазоне исследуемых скоростей движения.

Литература

- [1] Дмитриев А.А., Чобиток В.А., Тельминов А.В. *Теория и расчет нелинейных систем поддрессирования гусеничных машин*. Москва, Машиностроение, 1976, 207 с.
- [2] Савочкин В.А., Дмитриев А.А. *Статистическая динамика транспортных и тяговых гусеничных машин*. Москва, Машиностроение, 1993. 320 с.
- [3] Сарач Е.Б., Котиев Г.О., Смирнов И.А. Перспективы развития системы поддрессирования быстроходных гусеничных машин. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, № 10. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/transport/976.html>.
- [4] Котиев Г.О., Сарач Е.Б. *Комплексное поддрессирование высокоподвижных двухзвенных гусеничных машин*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, 184 с.
- [5] Дядченко М.Г., Сарач Е.Б., Котиев Г.О. *Конструкция и расчет подвесок быстроходных гусеничных машин*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007, 40 с.
- [6] Сарач Е.Б., Ципилев А.А. Методика аналитического подбора конструктивных параметров пневмогидравлических рессор. *Машиностроение и компьютерные технологии*, 2014, № 11. URL: <http://technomag.neicon.ru/doc/733738.html>.
- [7] Жилейкин М.М., Котиев Г.О., Сарач Е.Б. Экспериментальное исследование нагрузочных характеристик двухкамерной пневмогидравлической рессоры подвески автомобильных платформ нового поколения средней и большой грузоподъемности. *Машиностроение и компьютерные технологии*, 2011, № 12. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/346642.html>.
- [8] Жилейкин М.М., Котиев Г.О., Сарач Е.Б. Методика расчета характеристик пневмогидравлической управляемой подвески с двухуровневым демпфированием многоосных колесных машин. *Машиностроение и компьютерные технологии*, 2012, № 1. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/346660.html>.
- [9] Жилейкин М.М., Котиев Г.О., Сарач Е.Б. Методика подбора характеристик управляемой подвески с двумя уровнями демпфирования многоосных колесных машин. *Машиностроение и компьютерные технологии*, 2012, № 2. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/293578.html>.
- [10] Дядченко М.Г., Котиев Г.О., Наумов В.Н. *Основы расчета систем поддрессирования гусеничных машин на ЭВМ*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002, 52 с.

Жаров Савелий Сергеевич — студент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильный роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Подбор рационального расположения амортизаторов и демпфирующих характеристик ...

Федосов Виктор Алексеевич — студент кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильный роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Сарач Евгений Борисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильный роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

SELECTING THE RATIONAL LOCATION OF SHOCK ABSORBERS AND DAMPING CHARACTERISTICS FOR THE TANK T-72 SUSPENSION

S.S. Zharov

falloutboy95@rambler.ru

SPIN-code: 5033-2765

V.A. Fedosov

fedosov.vitya@gmail.com

SPIN-code: 6839-8404

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article selects the rational location and the values of the shock absorbers resistance coefficients by the example of tank T-72. The authors analyze the vehicle's speed characteristics when placing the shock absorbers on the 1, 2 and 6th as well as 1, 5 and 6th suspension nodes. We have found out that the shock absorbers arrangement on the 1, 5 and 6th suspension nodes and the increase of the shock absorbers resistance coefficient by 1,6 times compared to the similar coefficient of the production sample result in the increase of passing unevenness practically in all the examined range of travel speeds compared to the similar characteristic of the production sample, whereby the jolting demands are met in all range of the examined travel speeds.

Keywords

Tracked vehicle, high speed, traveling comfort, shock absorber, cushion system, suspension, speed characteristics, jolting

Received 29.05.2018

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

References

- [1] Dmitriev A.A., Chobitok V.A., Tel'minov A.V. Teoriya i raschet nelineynykh sistem podressorivaniya gusenichnykh mashin [Theory and calculation of non-linear suspension systems for tracked vehicle]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1976, 207 p.
- [2] Savochkin V.A., Dmitriev A.A. Statisticheskaya dinamika transportnykh i tyagovykh gusenichnykh mashin [Statistic dynamics of transport and traction tracked vehicles]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1993. 320 p.
- [3] Sarach E.B., Kotiev G.O., Smirnov I.A. Development prospects of the suspension system for high-speed tracked vehicles. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Science and Innovation], 2013, no. 10. Available at: <http://engjournal.ru/catalog/machin/transport/976.html>.
- [4] Kotiev G.O., Sarach E.B. Kompleksnoe podressorivanie vysokopodvizhnykh dvukhzvennykh gusenichnykh mashin [Complex suspension of high-mobile double-section tracked vehicle]. Moscow, Bauman Press, 2010, 184 p.
- [5] Dyadchenko M.G., Sarach E.B., Kotiev G.O. Konstruktsiya i raschet podvesok bystrokhodnykh gusenichnykh mashin [Construction and calculation of suspension bracket for high-speed tracked vehicle]. Moscow, Bauman Press, 2007, 40 p.
- [6] Sarach E.B., Tsipilev A.A. Technique for analytical selection of design parameters of pneumatic-hydraulic springs. *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii* [Mechanical Engineering and Computer Science], 2014, no. 11. Available at: <http://technomag.neicon.ru/doc/733738.html>.

- [7] Zhileykin M.M., Kotiev G.O., Sarach E.B. Experimental research of loading characteristics of a two-chamber pneumo-hydraulic spring of a suspension bracket of new generation automobile platforms of average and big load-carrying capacities. *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii* [Mechanical Engineering and Computer Science], 2011, no. 12. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/346642.html>.
- [8] Zhileykin M.M., Kotiev G.O., Sarach E.B. Design procedure of characteristics of a pneumo-hydraulic operated suspension bracket with a two-level damping of multi-wheeled vehicles. *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii* [Mechanical Engineering and Computer Science], 2012, no. 1. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/346660.html>.
- [9] Zhileykin M.M., Kotiev G.O., Sarach E.B. Technique of selection of characteristics of controlled suspension bracket with two levels of damping multi-wheeled vehicles. *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii* [Mechanical Engineering and Computer Science], 2012, no. 2. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/293578.html>.
- [10] Dyadchenko M.G., Kotiev G.O., Naumov V.N. *Osnovy rascheta sistem podressorivaniya gusenichnykh mashin na EVM* [Basis of computer-based analysis of tracked vehicle suspension system]. Moscow, Bauman Press, 2002, 52 p.

Zharov S.S. — student, Department of Multi-purpose Caterpillar Machines and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Fedosov V.A. — student, Department of Multi-purpose Caterpillar Machines and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — E.B. Sarach, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Multi-purpose Caterpillar Machines and Mobile Robots, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.