

# До обговорення

УДК 629.1.032.531.3

*Воронцов С.Н., канд. техн. наук; Ярмак Н.С., канд. техн. наук*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЕДИНИЧНОЙ ВОЗМУЩАЮЩЕЙ СИЛЫ НА КОЛЕБАНИЯ ПОДРЕССОРЕННОЙ ЧАСТИ КОРПУСА ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

**Введение.** При выборе параметров подвески военных гусеничных машин, как правило, исходят из требуемой по техническому заданию плавности хода, а также обеспечения минимального нагрева демпфирующих устройств. Однако, в случае применения ствольного вооружения крупного калибра, необходимо быстро гасить колебания корпуса, возникающие в результате выстрела. Это связано с тактикой боевого применения и наличием системы разрешения выстрела, используемых на таких машинах [1, 2].

**Постановка задачи.** Единичная возмущающая сила – это кратковременный процесс, когда нарастание силы осуществляется за сотые доли секунды, а время приложения силы не превышает десятых долей секунды.

Поскольку аналитически описать данную функцию для различных видов вооружений невозможно, то для расчета такую характеристику целесообразно аппроксимировать в виде кусочно-линейной функции.

При построении модели колебаний корпуса машины при воздействии единичной возмущающей силы учтем следующие факторы [3, 4, 5]:

- гусеничная машина неподвижна;
- машина находится на гладкой горизонтальной поверхности (высота неровности под  $i$ -м катком  $q_i=0$ );
- рабочее натяжение гусеницы отсутствует, учитывается только предварительное натяжение передней и задней ветвей.

Рассмотрим действие единичной возмущающей силы на характер колебаний подрессоренного корпуса. Наибольшее влияние данная сила оказывает при ее приложении в продольной плоскости машины, т.к. демпфирующими силами в этом случае являются, в основном, силы сопротивления амортизаторов подвески (вязкое трение). При приложении единичной силы в поперечной плоскости машины к ним добавляются силы трения, возникающие при поперечной деформации резиновой ошиновки опорного катка, поперечном перемещении катков по беговой дорожке гусениц до соприкосновения с гребнями траков и поперечном перемещении опорной поверхности гусениц по грунту. Величина указанных сил к тому же не зависит от скорости и амплитуды колебаний (сухое трение). Таким образом, поперечно-угловые колебания корпуса изделия будут затухать намного быстрее, чем продольно-угловые, которые в дальнейшем, как наиболее неблагоприятные, и будут рассматриваться.

© С.Н. Воронцов, 2017

*До обговорення*

Кроме изменения направления в горизонтальной плоскости орудие может изменять угол возвышения в вертикальной плоскости. Изменение угла возвышения приводит к изменению характера колебаний корпуса гусеничной машины. На вертикальные колебания подрессоренного корпуса наибольшее влияние оказывает сила, направленная под углом максимального возвышения, в то время как максимальные продольно-угловые колебания будут возникать при ее горизонтальном направлении.

На рис.1 представлена расчетная схема воздействия единичной возмущающей силы  $P_{имп}$  для трех ее направлений:

- под углом максимального возвышения орудия;
- направление, когда момент силы  $P_{имп}$  относительно центра тяжести принимает максимальное значение;
- горизонтальное направление.

Данные направления достаточно полно характеризуют поведение подрессоренного корпуса, позволяя оценить максимальные вертикальные и продольно-угловые колебания. В качестве промежуточного угла возвышения орудия выбран угол максимального момента силы  $P_{имп}$  относительно центра тяжести гусеничной машины.

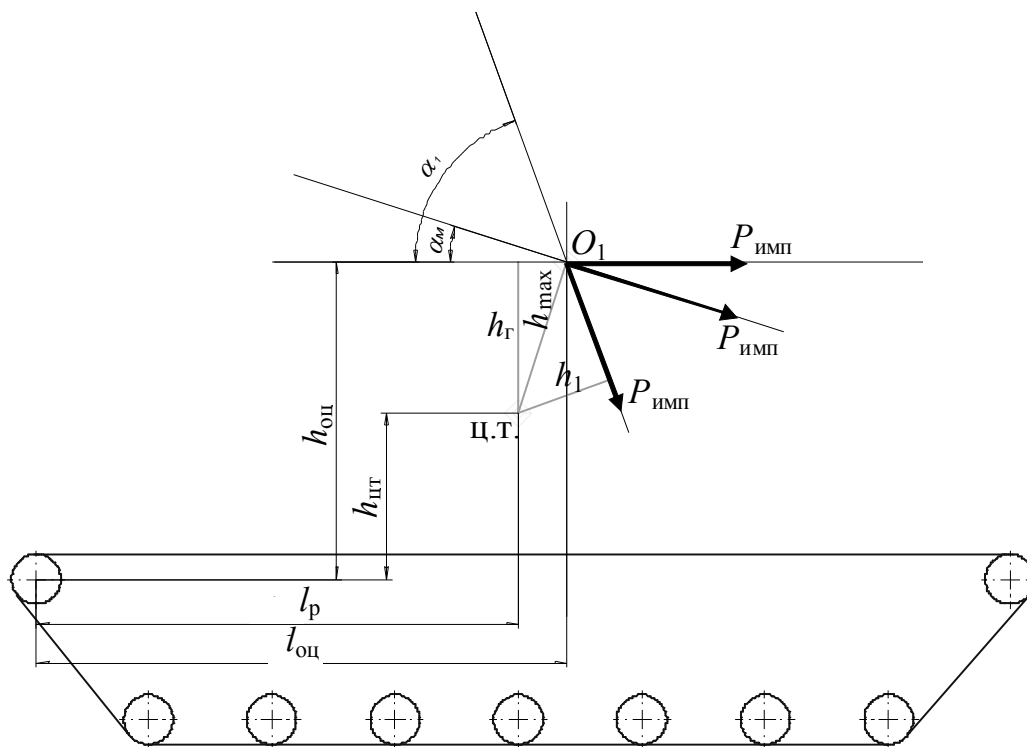


Рис.1. Расчетная схема воздействия единичной возмущающей силы

Вычислим плечи действия силы  $P_{имп}$  относительно центра тяжести машины для каждого угла возвышения орудия:

- а) сила  $P_{имп}$  направлена горизонтально

До обговорення

$$h_{\Gamma} = h_{\text{оц}} - h_{\text{цт}}, \quad (1)$$

где  $h_{\text{оц}}$  – высота от оси направляющего колеса до оси цапф орудия;  $h_{\text{цт}}$  – высота от оси направляющего колеса до оси центра тяжести машины.

б) направление силы  $P_{\text{имп}}$  соответствует максимальному значению момента этой силы

$$h_{\text{max}} = \sqrt{(l_{\text{оц}} - l_p)^2 + (h_{\text{оц}} - h_{\text{цт}})^2}, \quad (2)$$

где  $l_{\text{оц}}$  – расстояние от оси направляющего колеса до оси цапф орудия;  $l_p$  – расстояние от оси направляющего колеса до оси центра тяжести машины.

в) сила  $P_{\text{имп}}$  направлена под углом максимального возвышения орудия

$$h_1 = h_{\text{max}} \sin[(90^\circ - \alpha_1) + \alpha_m], \quad (3)$$

где  $\alpha_1$  – угол максимального возвышения орудия;  $\alpha_m$  – угол максимального момента силы  $P_{\text{имп}}$ .

Учитывая перечисленные выше факторы, а также выражения (1), (2) и (3) запишем систему дифференциальных уравнений для расчета колебаний корпуса машины при воздействии единичного импульса:

$$\begin{aligned} \frac{m\ddot{Z}}{2} &= \sum_{i=1}^{NK} N_{zpi} + N_{rz} + N_{zz} - \frac{G}{2} - P_{\text{зимп}}; \\ \frac{I\ddot{\varphi}}{2} &= \sum_{i=1}^{NK} \{N_{zpi} [l_{\sigma i} - R \cos \beta_i - \Delta X_i]\} - \\ &\quad - l_p N_{rz} + l_z N_{zz} + N_{rx} (H_2 + Z) + N_{zx} (H_2 + Z) - M_{\text{имп}}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $P_{\text{зимп}}$  – проекция силы  $P_{\text{имп}}$  на вертикальную ось;  $M_{\text{имп}}$  – момент силы  $P_{\text{имп}}$  относительно центра тяжести машины.

Необходимо также иметь в виду, что кратковременность действия импульса накладывает определенные требования к численным методам решения. Если задача интегрирования системы дифференциальных уравнений (4) решается методом Рунге-Кутты, необходимо использовать достаточно мелкий шаг интегрирования.

**Выводы.** Использование данной математической модели колебаний гусеничной машины позволяет учитывать особенности воздействия единичной возмущающей силы на корпус транспортного средства и оценивать ее влияние на колебания поддрессоренного корпуса. Это дает возможность проводить комплексные исследования колебаний военных гусеничных машин и выбирать параметры элементов и узлов ходовой части с учетом требований технического задания на проектирование.

### До обговорення

**Литература:** 1. Обзоров В.С. Развитие систем поддресоривания танков. / В.С. Обзоров, А.С. Стамбровский, Б.Н. Шадов // *Зарубежное военное обозрение*. –1984. –№5. –С.54-62. 2. Западнoгерманский танк «Леопард-2». // *Зарубежная военная техника. Обзоры. Бронетанковая техника и вооружение*. –1983. –Вып.14(14). –С.14-36. 3. Колебания в транспортных машинах: Монография / Е.Е.Александров, Я.В.Грита и др. –Харьков: ХГПУ, 1996. –256 с. 4. Певзнер Я.М. Исследование на ЭВМ влияния характеристик амортизаторов на колебания автомобиля / Я.М. Певзнер, А.Д. Конев // *Автомобильная промышленность*. –1969. –№11. –С.8-11. 5. Дуценко В.В. Постановка задачи оптимизации параметров системы поддресоривания транспортной гусеничной машины / В.В. Дуценко, С.М. Воронцов // *Вестник НТУ „ХПИ”*. Сб. науч. трудов. Сер:»Транспортное машиностроение. – Х. : НТУ «ХПИ». – 2000. – Вып. 101. – С. 37–41.

**Bibliography (transliterated):** 1. Obzorov V.S. Razvitie sistem podressorivaniya tankov. / V.S. Obzorov, A.S. Stambrovskij, B.N. SHadov // *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*. –1984. –№5. –S.54-62. 2. Zapadnogermanskij tank «Leopard-2». // *Zarubezhnaya voennaya tekhnika. Obzory. Bronetan-kovaya tekhnika i vooruzhenie*. –1983. –Vyp.14(14). –S.14-36. 3. Kolebaniya v transportnyh ma-shinah: Monografiya / E.E.Aleksandrov, YA.V.Grita i dr. –Har'kov: HGPU, 1996. –256 s. 4. Pevz-ner YA.M. Issledovanie na EHVM vliyaniya harakteristik amortizatorov na kolebaniya avtomo-bilya / YA.M. Pevzner, A.D. Konev // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. –1969. –№11. –S.8-11. 5. Dushchenko V.V. Postanovka zadachi optimizacii parametrov sistemy podressorivaniya transportnoj gusenichnoj mashiny / V.V. Dushchenko, S.M. Voroncov // *Vestnik NTU „HPI”*. Sb. nauch. trudov. Ser:»Transportnoe mashinostroenie. –H. : NTU «HPI». – 2000. – Vyp. 101. – S. 37–41.

Воронцов С.М., Ярмач М.С.

#### МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ОДИНИЧНОЇ СИЛИ НА КОЛИВАННЯ ПІДРЕСОРЕНОЇ ЧАСТИНИ КОРПУСУ ГУСЕНИЧНОЇ МАШИНИ

Для вирішення задач вибору раціональних параметрів системи підресорювання та комплексного дослідження коливань військових гусеничних машин розроблена математична модель, яка дозволяє враховувати особливості впливу одиничної сили на корпус транспортного засобу та оцінити її вплив на коливання підресорного корпусу.

Воронцов С.Н., Ярмач Н.С.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЕДИНИЧНОЙ ВОЗМУЩАЮЩЕЙ СИЛЫ НА КОЛЕБАНИЯ ПОДРЕСОРЕННОЙ ЧАСТИ КОРПУСА ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

Для решения задачи выбора рациональных параметров системы поддресоривания и комплексного исследования колебаний военных гусеничных машин разработана математическая модель, которая позволяет учитывать особенности воздействия единичной возмущающей силы на корпус транспортного средства и оценивать ее влияние на колебания поддресоренного корпуса.

S. Vorontsov, N. Yarmak

#### MODELING THE IMPACT OF THE SINGLE PERTURBING FORCE ON VIBRATION OF THE SUBSCRIPTION PART CASE OF THE TRACK MACHINE

To solve the problem of choosing rational parameters of the cushioning system and a comprehensive study of the vibrations of military caterpillars, a mathematical model has been developed that allows one to take into account the specific effects of a single perturbing force on the vehicle body and to evaluate its effect on the oscillations of the sprung body.