

УДК 623.438

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО АМОРТИЗАТОРА ВГМ

Титова А.В., аспирант

Научный руководитель: Карпов А.И., д.ф.-м.н., гл. науч. сотр.

Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения
Российской Академии Наук

г. Ижевск

Оценка динамической характеристики пневмогидравлических амортизаторов (ПГА), расположенных в системах подпрессоривания ходовой части военных гусеничных машин (ВГМ) транспортно-тягового класса, проводится, как правило, экспериментальным путем. Эти работы являются трудоемкими и дорогостоящими. Поэтому разработка расчетного метода оценки динамической характеристики ПГА в объектах ВГМ обоснована, прежде всего, экономически.

Кроме того, расчетный метод позволяет прогнозировать условия работы системы подпрессоривания ВГМ уже на стадии технического проектирования.

Помимо всего прочего, существующие методики стендовых испытаний на сегодняшний день не могут воссоздать полноту дорожных условий.

В особенности, колебания корпуса ВГМ оказывают отрицательное влияние на самочувствие и утомляемость экипажа, и, как следствие, снижают оперативность и качество выполнения боевых задач. Возрастание амплитуды колебаний до жестких ударов балансиров (до возникновения пробоя амортизатора) негативно отражается на работоспособности аппаратуры, размещенной в ВГМ и приводит к поломкам в узлах системы её подпрессоривания. Стендовыми испытаниями по проверке упругой характеристики ПГА трудно имитировать различные факторы, характерные для реальных дорожных условий, поэтому они не способны в полной мере подтвердить соответствие изделия нормам ГОСТ, СанПиН, СП и другой нормативно-правовой документации, действующей на территории Российской Федерации.

В свою очередь дорожные испытания характеризуются высокой стоимостью и значительной продолжительностью, а также трудностью учета многих совместно действующих факторов.

Альтернативным способом получения необходимой информации является математическое моделирование (ММ) рабочих процессов в ПГА, которое позволяет ускорить процесс проектирования этих устройств, а также открывает возможность оптимизации их конструктивных параметров. К преимуществам ММ по сравнению с экспериментальными методами исследования можно отнести - меньшие сроки на подготовку анализа,

меньшую материалоемкость, возможность оценки влияния одного выделенного параметра на характеристику устройства, возможность выполнения вычислительных экспериментов на критических режимах, которые привели бы к разрушению объекта исследования. В этой связи, актуальной является задача ММ рабочих процессов в ПГА и разработка эффективной методики оценки динамической характеристики ПГА посредством ММ.

Изучению нестационарных процессов, возникающих в пневмогидравлических устройствах, посвящено значительное количество работ [1, 2, 3]. Их анализ показывает, что одни работы базируются на экспериментальных закономерностях изменения физических параметров, другие – на строгом аналитическом исследовании частных случаев классических задач гидравлики.

Физические процессы, происходящие в ограниченном замкнутом пространстве ПГА, изучались авторами на протяжении многих лет. Однако амортизаторы ВГМ не являются замкнутой средой. Процессы, проходящие внутри ПГА, характеризуются сложностью и многообразностью условий и зависят не только от начальных параметров ВГМ, но и от параметров внешней, постоянно меняющейся во времени, дорожной обстановки [4].

Целью настоящей работы являлась разработка методики расчёта динамической характеристики ПГА для практического использования в конструкторских работах проектируемых и существующих изделий.

В качестве отработки методики оценки динамической характеристики ПГА принят вариант конструкции, представленный на рисунке 1.

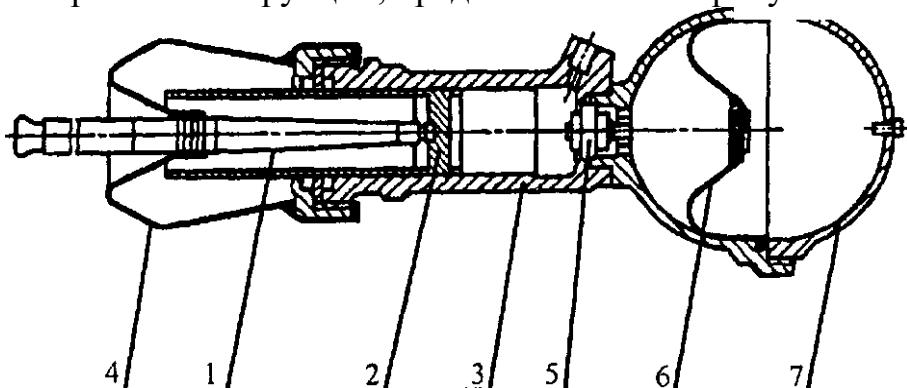


Рисунок 1 – Общий вид ПГА [5]: 1 - толкатель; 2 - поршень; 3 - цилиндр; 4 - уплотнительный чехол; 5 - дросселирующая система амортизатора; 6 - эластичная диафрагма; 7 - пневматический баллон

Внутренняя полость баллона заполнена газом (азотом), который является упругим элементом. При перемещении опорного катка ВГМ вверх, жидкость из поршневой области через дросселирующую систему вытесняется в область пневмобаллона, перемещая диафрагму и сжимая газ. После прекращения движения катка вверх, газ, расширяясь, вытесняет рабочую жидкость обратно через дросселирующую систему в поршневую область.

Расчетная схема ПГА представлена на рисунке 2.

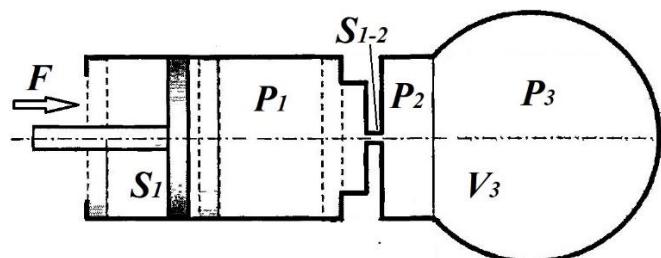


Рисунок 2 – Расчетная схема ПГА

В соответствии с рисунком 2 ниже представлена ММ ПГА, где m – масса системы поршень-толкатель, U – скорость поршня, P_1 – давление в поршневой области, Q – расход, V_3 – объем в области пневмобаллона, P_3 – давление в области пневмобаллона, k – показатель политропы, P_2 – давление в дроссельной области, x – перемещение поршня.

$$\begin{aligned} m * \frac{\partial U}{\partial t} &= F(t) - P_1 * S_1; \\ U^{n+1} &= U^n + \frac{\Delta t}{m} * (F(t)^n - P_1^n * S_1); \\ Q^{n+1} &= U^{n+1} * S_1; \\ \frac{dV_3}{dt} &= -Q; \\ V_3^{n+1} &= V_3^n - \Delta t * Q; \\ \frac{dP_3}{dt} &= -\frac{P_3}{V_3^k} * \frac{dV_3^k}{dt}; \\ P_3^{n+1} &= P_3^n * \left(\frac{V_3^n}{V_3^{n+1}} \right)^k; \\ P_2^{n+1} &= P_3^{n+1}; \\ P_1^{n+1} &= P_2^{n+1} + \frac{Q^2 * \rho}{2 * A^2 * S_{1-2}^2}; \\ x^{n+1} &= x^n + \Delta t * U^{n+1}. \end{aligned}$$

Результаты проведения математического моделирования ПГА представлены на рисунках 3-5.

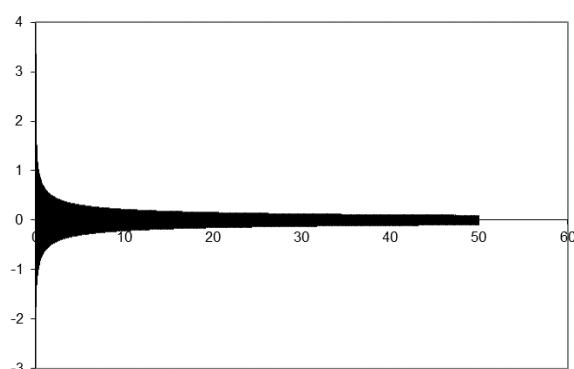


Рисунок 3 – Скорость поршня, м/с

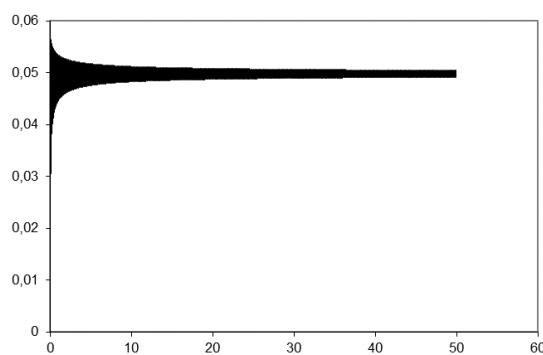


Рисунок 4 – Перемещения поршня, мм

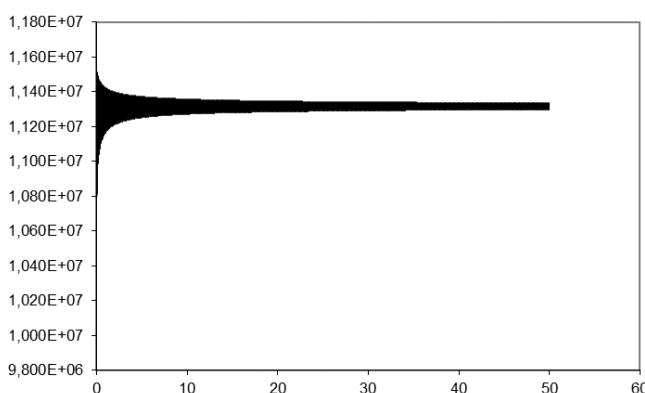


Рисунок 5 – Давление в области дросселя, Па

Корректность разработанного расчетного метода оценивалась путем сопоставления с эмпирическими данными, полученными при натурных исследованиях в рамках договорных работ (рисунок 6).

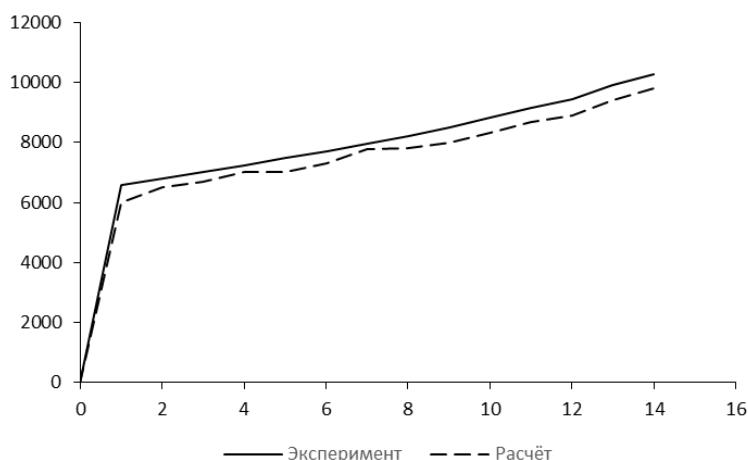


Рисунок 6 – Сравнение результатов расчета с результатами эксперимента,
 $F(x)$, кгс(см)

Список литературы:

1. Теория и конструкция танка / Под ред. П. П. Исакова. - М.: Машиностроение, 1985. - Т.6. Вопросы проектирования ходовой части военных гусеничных машин. - 244 с.
2. Соколов А. В. Повышение плавности хода многоосного автомобиля с управляемой подвеской: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - М.: МГТУ, 1992. - 215 с.
3. Военные гусеничные машины: Учебник, в 4-х т. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1990. - Т. 1, кн. 2. Устройство. - 336 с.
4. Запрягаев М. М., Крылов Л. К., Магидович Е. И. Ходовая часть и органы управления. - М.: Военное издательство МО СССР, 1970. - 480 с. (Армейские автомобили. Конструкция и расчет / Под ред. А. С. Антонова, ч. 2.
5. Михайлин А. А., Маринкин А. П. Расчет гидропневматической подвески // Автомобильная промышленность. 1999. - №2, С. 17-19.