

**Рис. 3. Результаты испытания молекулярного накопителя на режиме пуска дизеля КамАЗ 740.13-260 с использованием БНРД № 8.**

Из анализа рисунка 2 видно, что было выполнено 10 пусков. После каждого выполненного пуска происходила кратковременная зарядка накопителя. Исследования позволяют оценить длительность времени накопления электроэнергии после пуска двигателя при работе генератора автомобиля, а также способности генератора обеспечить должный заряд МНЭ.

Одновременно с пусками, как отмечалось выше, с применением БНРД фиксировались частоты вращения коленчатого вала двигателя (см. кривые на рисунке 3). Визуально просматривается явная корреляция между изменениями напряжения МНЭ и частотой вращения коленчатого вала двигателя. Дальнейшие исследования позволяют, на наш взгляд, определить количественно взаимосвязь между изменением частоты вращения коленчатого вала двигателя и напряжением на зажимах накопителя. Также при испытаниях при различных температурах можно установить зависимость, связывающую температуру окружающей среды с минимально допустимым напряжением накопителя для надежного пуска двигателя, характеризуемого пусковой частотой коленчатого вала.

Таким образом, использование блока непрерывной регистрации данных позволяет определить возможности молекулярного накопителя для применения в различных температурных условиях, построить имитационную модель и провести оптимизацию его режимов работы при использовании для надежного обеспечения пуска двигателей.

По мере накопления данных методами теории идентификации можно построить математическую модель работы комбинированной системы электроснабжения автомобиля и установить области вариаций параметров системы, обеспечивающих оптимальный режим работы двигателя.

### **Исследование плавности хода гусеничной машины со связанной системой подрессоривания**

Головашкин Ф.П.  
МГТУ «МАМИ»

Движение гусеничной машины (ГМ) сопровождается колебательными процессами ее корпуса.

Колебания корпуса гусеничной машины оказывают отрицательное влияние на самочувствие и утомляемость экипажа и, как следствие, снижают качество и оперативность работ, выполняемых экипажем. Вынужденное снижение скорости движения машины ниже той величины, которая допускается сопротивлением движению, приводит к снижению показателя подвижности ГМ – средней скорости движения.

Кроме этого, возрастание амплитуд колебаний до жестких ударов балансиров в ограни-

чители хода (пробой подвески) негативно отражается на работоспособности аппаратуры, размещенной в гусеничной машине, что приводит к поломкам в узлах и агрегатах шасси.

Наиболее перспективными для быстроходных гусеничных машин являются подвески с нелинейной характеристикой упругого элемента и гидравлической передачей усилия – пневмогидравлические подвески, которые позволяют обеспечить оптимальные показатели поддрессоривания и демпфирования корпуса ГМ. Конструктивно они компактны и сочетают в одном узле свойства упругого и демпфирующего элементов.

Высокую плавность хода быстроходных гусеничных машин можно реализовать с помощью связанной системы поддрессоривания (ССП) на базе пневмогидравлической подвески.

Установка на ГМ связанной системы поддрессоривания, в которой хотя бы одна из сил, действующая от катка на корпус гусеничной машины, зависит от величины или скорости перемещения не только данного катка, но и других катков, позволяет получить требуемую оптимальную характеристику упругих элементов подвески и амортизаторов.

Использование различных вариантов связей в ССП позволяет получить оптимальную плавность хода ГМ по всей совокупности дорожных условий. Учитывая конструктивные особенности такой подвески, возможно наложение различных видов гидравлических связей как на упругие элементы подвески, так и на амортизаторы:

- параллельной (связь узлов подвески по бортам ГМ);
- накрест (связь между бортами ГМ);
- комбинированной (связь, сочетающая первые два типа).

Проведенный анализ [1], [2] выявил определенную зависимость между видом наложенной связи и показателями плавности хода ГМ.

Однако для оценки эффективности видов связи в подвеске конкретных образцов ГМ необходима методика, позволяющая рассчитывать показатели плавности хода таких ГМ со связанной системой поддрессоривания. Для составления методики расчета описываются процессы, происходящие в связанной системе поддрессоривания, выявляются закономерности перераспределения нагрузок в подвеске.

В качестве примера на рис. 1 представлена принципиальная кинематическая схема ССП, объединенная с системой регулирования положения корпуса (СРПК) [3].

Математическая модель, состоящая из двух подсистем – подсистемы первого в связи катка с подвеской (рис. 2) и подсистемы второго в связи катка с подвеской (рис. 3) – позволяет определить взаимосвязь упругого звена и рабочей жидкости пневмогидравлических подвесок при наложении гидравлических связей.

Теоретическое исследование и расчет систем поддрессоривания основывается на результатах исследования дифференциальных уравнений колебаний поддрессоренного корпуса ГМ.

$$\left. \begin{aligned} m_0 \cdot \ddot{z} &= \sum_{j=1}^{j=2n} P_j - G_0; \\ J_{\Pi} \cdot \ddot{\phi} &= \sum_{j=1}^{j=2n} P_j l_j. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Уравнения (2) и (3) являются решением дифференциального уравнения колебаний поддрессоренного корпуса ГМ (1).

$$\ddot{z} = \frac{1}{m_z} \cdot \left[ 2 \cdot \sum_{j=1}^n (P_{Kj} + P_{Aj}) - 2 \cdot T_0 - G_{\Pi} \right]; \quad (2)$$

$$\ddot{\phi} = \frac{2}{J_{\phi}} \cdot \left[ \sum_{j=1}^n (P_{Kj} + P_{Aj}) \cdot l_j \right], \quad (3)$$

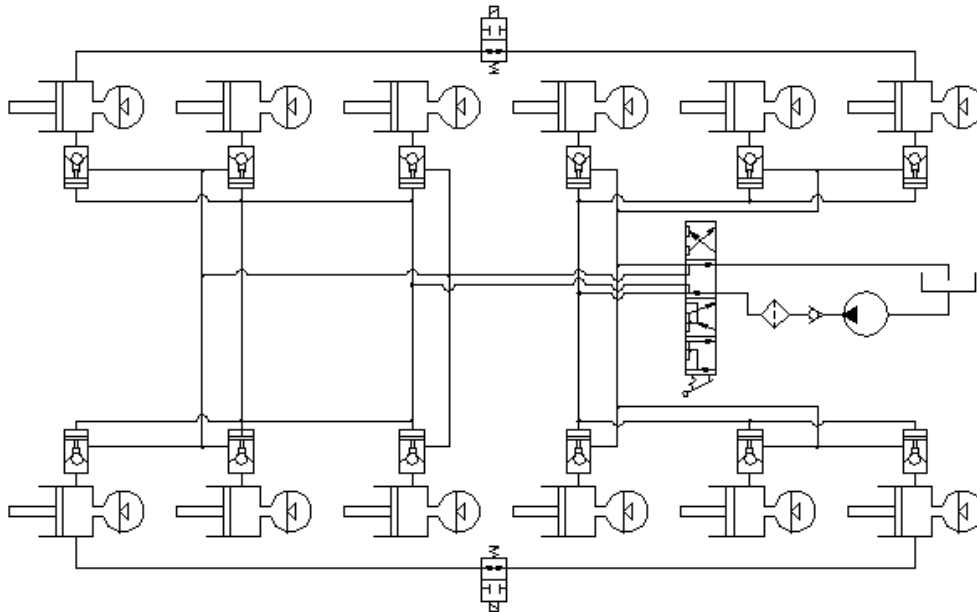


Рис. 1.

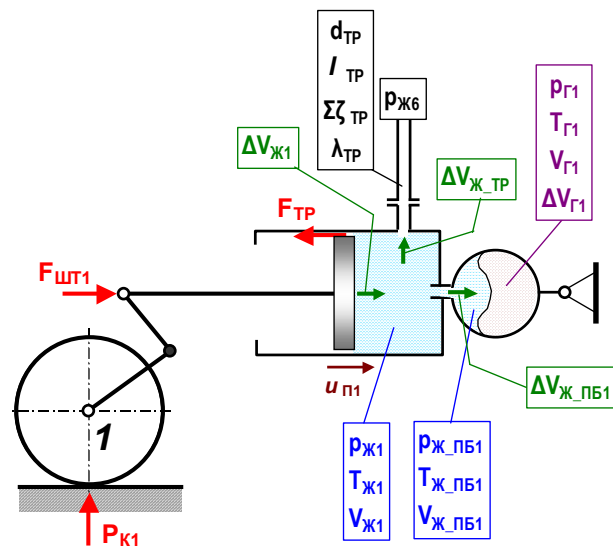


Рис. 2.

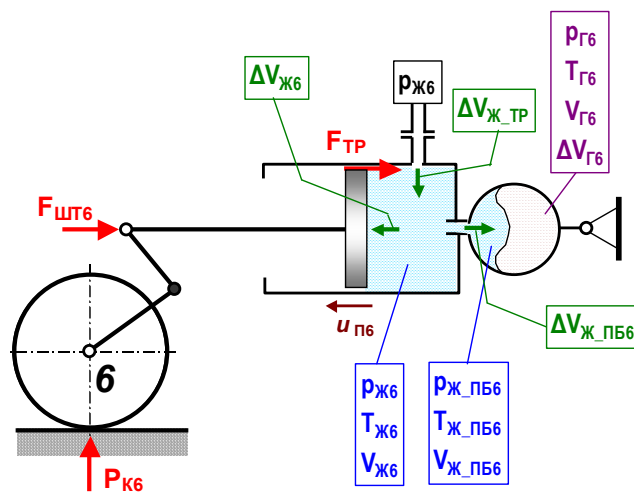


Рис. 3.

где:  $\ddot{Z}$  - вертикальное ускорение центра масс подрессоренного корпуса ГМ;

$\ddot{\phi}$  - угловое ускорение подрессоренного корпуса ГМ вокруг центра масс;

$m_Z = m_K + m_\Psi$  - подрессоренная масса ГМ;

при этом:  $m_K$  - масса корпуса ГМ;

$m_\Psi$  - масса деталей МТУ и гусеничного движителя, участвующих в относительном движении ГМ;

$T_0$  - сила предварительного натяжения гусеницы;

$P_{Kj}$  - вертикальная упругая нагрузка на ось  $j$ -го опорного катка от пневмогидравлической рессоры (ПГР);

$P_{Aj}$  - вертикальная демпфирующая нагрузка на ось  $j$ -го опорного катка от амортизатора;

$l_j$  - расстояние по горизонтали от центра масс ГМ до оси  $j$ -го опорного катка;

$$J_\phi = J_K + m_\Psi L_{BK}^2,$$

где:  $J_K$  - момент инерции подрессоренной массы корпуса ГМ относительно её центра масс;

$L_{BK}$  - расстояние по горизонтали от центра масс ГМ до оси ведущего колеса.

Вывод решения в работе не приводится, т.к. он описан в работах [1], [4].

Получение значений  $P_{Kj}$  и  $P_{Aj}$  с учетом наложенных связей в ССП является целью этой методики. Подставляя значения  $P_{Kj}$  и  $P_{Aj}$  в формулы (2) и (3), вычисляем одни из основных показателей плавности хода ГМ – вертикальные и угловые ускорения корпуса ГМ при движении машины с заданной скоростью.

Полученные данные сравниваются с аналогичными значениями для индивидуальной системы подрессоривания и делается вывод о целесообразности применения связанной системы для конкретного образца ГМ.

Методику можно использовать для расчета плавности хода как вновь проектируемой, так и для модернизации существующей гусеничной техники.

На рис. 4 и 5 приведены экспериментальные значения максимальных вертикальных ускорений точек на корпусе реальной ГМ с индивидуальной системой подрессоривания и расчетные значения тех же показателей для аналогичной ГМ со связанной системой подрессоривания. Экспериментальные и расчетные данные получены для условия движения ГМ по участку дороги с синусоидальным профилем, на рис. 4 - с длиной волны 5 м и амплитудой 0,08 м, а на рис. 5 – с длиной волны 8 м и амплитудой 0,15 м.

Сплошные кривые на рис 4 и 5 соответствуют значениям расчетных максимальных вертикальных ускорений в центре масс ГМ (кривая 1), на месте механика-водителя (кривая 2), на корме ГМ (кривая 3). Пунктирные кривые (4, 5, 6) соответствуют аналогичным расчетным данным для ГМ с ССП. Линия 7 показывает максимально допустимые вертикальные ускорения для реальной ГМ (0,7 g).

Из рис. 4 и 5 видно, что применение представленной связанной системы подрессоривания позволяет существенно снизить значения максимальных вертикальных ускорений на месте механика-водителя и на корме ГМ. Уменьшаются также величины максимальных вертикальных ускорений и в центре масс гусеничной машины, особенно при движении со скоростью более 35 км/ч.

Сравнительный анализ показал, что применение ССП на ГМ с пневмогидравлической подвеской при движении машины по совокупности дорожных условий позволит снизить значения максимальных вертикальных ускорений на месте механика-водителя, на корме и в центре масс ГМ в пределах 11 - 65 %.

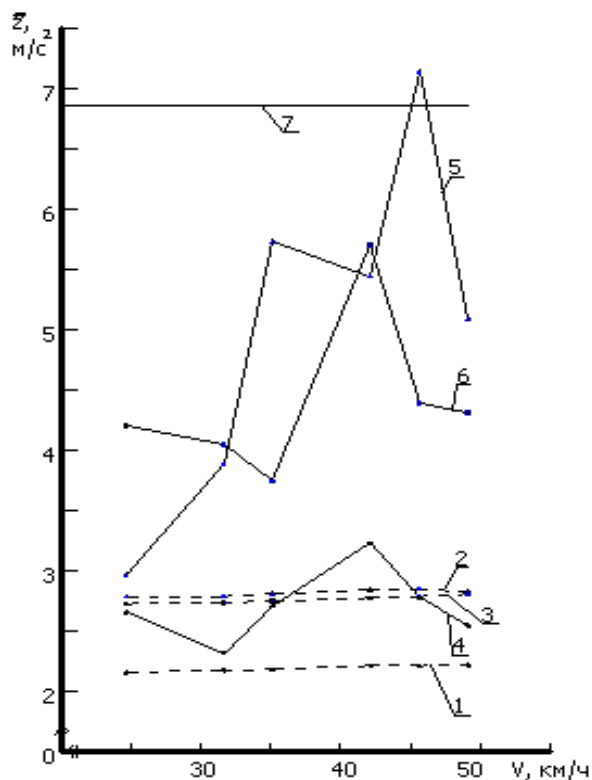


Рис. 4.

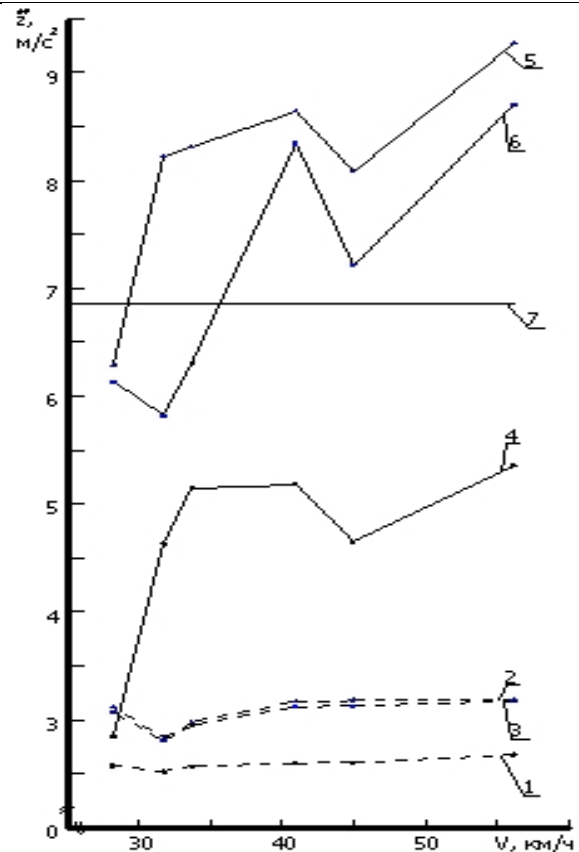


Рис. 5.

Анализ схемы ССП (рис. 1) позволяет сделать вывод о незначительном конструктивном усложнении системы поддрессоривания. Управление связанной системой поддрессоривания не представляет трудностей для механиков-водителей.

В связи с этим является актуальным создание рациональной ССП на базе пневмогидравлической подвески, позволяющей уменьшить негативное влияние колебательных процессов на экипаж и оборудование быстроходной гусеничной машины и повысить эффективность применения ГМ.

#### Литература.

1. Ладур А.Д. Исследование малых колебаний корпуса танка со связанными системами поддрессоривания. Информационный выпуск. - М.: Издание академии БТВ, 1966.
2. Теоретическое исследование плавности хода машин со связанными амортизаторами. Отчет по НИР. - М.: Академия БТВ, 1968.
3. Головашкин Ф.П. Система поддрессоривания со связанными гидропневматическими рессорами. Патент на полезную модель RU № 64142 от 27.06.2007 г., приоритет от 23.09.2005 г.
4. Дмитриев А.А., Чобиток В.А., Тельминов А.В. Теория и расчет нелинейных систем поддрессоривания гусеничных машин. - М.: «Машиностроение», 1976. – 207 с.

#### Алгоритм и результаты расчета электромагнитной форсунки бензинового двигателя

д.т.н., проф. Ерохов В.И., Макарова М.П.  
МГТУ «МАМИ»

Электромагнитная форсунка представляет собой быстродействующий клапан, обеспечивающий дозированную подачу топлива в цилиндры двигателя. Электрическое поле, создаваемое в обмотке электромагнита ЭМФ под воздействием электрических импульсов, посы-