

**ВЫБОР СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЗАДАННОЕ
ПОЛОЖЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ ШАССИ**
SELECTING A SYSTEM THAT PROVIDES THE PRESENT
POSITION OF THE CHASSIS PLATFORM

В.П. Бойков, д-р. техн. наук, проф.,
Ч.И. Жданович, канд. техн. наук, доц., **М.И. Мамонов**, преп.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь
V. Boykov, Doctor of technical Sciences, Professor,
Ch. Zhdanovich, PhD in Engineering, Associate Professor,
M. Mamonov, Lecturer
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Проведен анализ работы систем обеспечивающих заданное положение платформы шасси. Рекомендована система обеспечивающая минимальные затраты энергии двигателя, построенная по комбинированной схеме, с аккумулярованием энергии отводимой рабочей жидкости с гидрорессоры и рекуперацией гидравлической энергии между рессорами.

The analysis of the operation of systems providing a given position of the chassis platform. A system is recommended that ensures the minimum energy consumption of the engine, built according to a combined scheme, with the accumulation of energy of the discharged working fluid from the hydraulic springs and the recovery of hydraulic energy between the springs.

Ключевые слова: стабилизация платформы, гидропневматическая подвеска, гидрорессоры, рабочая жидкость.

Key words: platform stabilization, hydropneumatic suspension, hydraulic springs, working fluid.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время многие производители автотранспортных средств ищут пути создания эффективных и недорогостоящих способов создания управляемых подвесок. Все многообразие предполагаемых систем подразделяются на два основных класса: активные подвески и регулируемые подвески [1].

Особенно интенсивно развиваются концепции активных систем управления. Наилучшими с точки зрения плавности хода являются активные подвески без упругодемпфирующих элементов [2]. В этом случае подвеска выполняет функцию перемещения корпуса колесной машины по оптимальной траектории, вычисляемой по заложенному алгоритму.

Наиболее перспективной является подвеска, позволяющая поднимать корпус машины на виртуальный уровень и, сохраняя его горизонтальное положение, осуществлять подъем или опускание колес, обеспечивая их контакт с поверхностью по которой происходит движение [2]. Высота подъема должна обеспечивать заданный клиренс машины, а максимальный ход подвески должен обеспечивать горизонтальное положение платформы на максимальном угле уклона местности. Однако колоссальные затраты энергии при реализации такой подвески не позволяют добиться идеального результата.

Целью настоящей работы является выбор системы, обеспечивающей заданное положение платформы шасси при минимальных затратах энергии двигателя.

РАБОТА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛАТФОРМЫ

В процессе движения машины по пресеченной местности для стабилизации платформы рабочая жидкость (РЖ) подается в гидрорессоры при движении колеса по впадине либо отводится из гидрорессоры при переезде колеса через препятствие. Величина подачи РЖ зависит от величины хода колеса и скорости его перемещения в вертикальной плоскости. Величина подачи РЖ в гидрорессору плунжерного типа или отвод РЖ из гидрорессоры определяется по формуле:

$$Q_p = S_{шт} v_{шт}, (м^3/с),$$

где $S_{шт}$ – площадь штока ($м^2$); $v_{шт}$ – скорость штока ($м/с$).

Для стабилизации платформы, усилие, воздействующее со стороны колеса на платформу машины в процессе движения его через препятствие должно оставаться постоянным, а соответственно, и постоянное давление в гидрорессоре. Следовательно, при симметричном препятствии мощность потока подводимого в гидрорессору и

мощность потока отводимого из гидрорессоры будут равны. Мощности, подводимая в гидрорессору $P_{\text{п}}$ и отводимая из гидрорессоры P_0 , определяются по формулам:

$$P_{\text{п}} = Q_{\text{р(п)}} p_{\text{п}},$$

где $Q_{\text{р(п)}}$ - подача РЖ в гидрорессору; $p_{\text{п}}$ – давление в гидрорессоре при подводе РЖ.

$$P_0 = Q_{\text{р(о)}} p_0,$$

где $Q_{\text{р(о)}}$ - подача РЖ отводимая с гидрорессоры; p_0 – давление в гидрорессоре при отводе РЖ.

В реальной системе при подводе и отводе мощности в гидрорессору будут иметь место потери обусловленные трением, дросселированием РЖ, объемными потерями на утечку [3]. Кроме того для работы системы необходим перепад давления РЖ. Следовательно, для создания необходимого перепада давления гидросистема должна подпитываться энергией от внешнего источника. Величина подпитываемой энергии будет зависеть от характеристик и качества выполняемых процессов, обеспечивающих стабилизацию положений платформы изделия.

В первом приближении среднее значение величины подачи РЖ $Q_{\text{р(ср)}}$ [$\text{м}^3/\text{с}$] в гидрорессору может быть определено по формуле:

$$Q_{\text{р(ср)}} = \frac{2S_{\text{шт}} h_{\text{пр}} v_{\text{м}}}{l_{\text{пр}} i},$$

где $h_{\text{пр}}$ - высота препятствия (м); $v_{\text{м}}$ - скорость движения машины (м/с); $l_{\text{пр}}$ - длина препятствия (м); i – передаточное число подвески.

РАБОТА ПОДВЕСКИ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛАТФОРМЫ

Рассмотрим работу независимой гидропневматической подвески двухосной машины. Параметры гидроцилиндра рессоры: ход поршня $L = 270$ мм; диаметр поршня $D_{\text{п}} = 160$ мм; диаметр штока $d_{\text{шт}} = 140$ мм; поршневая полость соединена со штоковой дросселирующими отверстиями. Полный ход колеса от верхнего положения

до нижнего положения 400 мм. Объем рабочей жидкости, подаваемой в гидроцилиндр, составляет 4154 см³. РЖ, находящаяся в штоковой полости перетекает в поршневую. Объем РЖ, находящейся в штоковой полости 1272 см³.

При движении машины по пересеченной местности или при преодолении единичного симметричного препятствия колесо совершает возвратно-поступательное движение относительно изделия. Скорость перемещения колеса зависит от высоты и длины препятствия, а также скорости движения изделия. Так, при скорости движения изделия 3,3 м/с, высоте препятствия 0,1 м и длине 1 м, скорость перемещения штока гидрорессоры составит 0,44 м/с. При этом величина подачи РЖ отводимой из гидрорессоры и подача рабочей жидкости в гидрорессору составят 400 л/мин. При уменьшении длины препятствия в два раза обратно пропорционально увеличится подача РЖ и составит 800 л/мин. Следовательно, для стабилизации положения платформы система регулирования должна обеспечить сброс РЖ из гидрорессоры при наезде на препятствие и последующую подачу РЖ в гидрорессору при съезде с препятствия, сохранив опорное давление в гидрорессоре, т.е. обеспечить поддержание постоянного усилия, воздействующего со стороны рессоры на корпус. Либо увеличить усилие, если корпус стремится опуститься или уменьшить усилие, если корпус стремится подняться.

Усилие, воздействующее на корпус изделия со стороны рессоры прямо пропорционально весу машины, приходящемуся на колесо, но противоположно по направлению. Величина усилия соответствует давлению РЖ в гидрорессорах соответственно p_1 и p_2 передней оси и p_3 и p_4 задней оси.

При наезде колеса на препятствие наряду с силой веса, приходящегося на колесо, возникает дополнительная сила, обусловленная силой инерции. Величина, которой зависит от ускорения, с которым стремится подняться корпус изделия. С увеличением скорости движения машины величина ускорения возрастает и соответственно возрастает и величина силы инерции, действующей на шток гидроцилиндра. Проведенные предварительные расчеты показывают, что при переезде препятствия высотой 0,1 м при скорости движения 12 км/ч давление РЖ в гидрорессоре увеличивается с 73 атм до

110 атм при этом происходит подъем корпуса изделия. Для исключения подъема корпуса давление в гидрорессоре должно увеличиваться незначительно или оставаться неизменным.

Поддержание заданного давления РЖ в гидрорессоре в процессе движения колеса через препятствие может быть осуществлено двумя способами [4]:

1 способ – сбросом РЖ из поршневой полости гидрорессоры при наезде колеса на препятствие и подачей РЖ в гидрорессору при съезде колеса с препятствия при постоянном объеме газа.

2 способ – поддержанием постоянного давления газа в пневмоаккумуляторе путем изменения его объема.

При переезде единичного препятствия на горизонтальном участке или на постоянном уклоне, отводимый поток РЖ с гидрорессоры при наезде на препятствие равен подводимому потоку РЖ в гидрорессору при съезде с препятствия. Поэтому необходимо аккумулировать энергию отводимого потока и последующую отдачу этой энергии при закачке РЖ в гидрорессору.

При движении машины с изменяющимся уклоном местности для горизонтирования платформы необходимо отводить РЖ с гидрорессор оси движущейся под уклон и подавать РЖ в гидрорессоры оси находящихся внизу по уклону. При движении машины под уклон 6° при скорости движения машины 3,3 м/с (12 км/ч) скорость перемещения штока гидрорессоры составляет $v_{шт} = 0,23$ м/с. При этом величина отвода РЖ с гидрорессоры передней оси и подача РЖ в гидрорессору задней оси составит 212 л/мин. Процесс отвода РЖ с гидрорессор одной оси и подача РЖ в гидрорессоры второй оси происходит одновременно. Поэтому целесообразно осуществить перекачку РЖ с гидрорессоры одной оси в гидрорессоры второй оси, а также между рессорами левого и правого бортов машины. Это позволит снизить затраты мощности на подачу РЖ в гидрорессору осуществляющую подъем корпуса машины.

При функционировании системы, в процессе движения машины, для осуществления процесса управления должно происходить непрерывное сканирование рельефа местности по ходу движения колес, определение параметров препятствия и уклона местности. Определение сил, действующих со стороны машины на опорную поверхность и давления РЖ в гидрорессорах.

В зависимости от скорости движения машины прогнозируется время нахождения колес в заданной точке. Оценивается текущее положение колеса. Выбирается способ перехода колеса в новое состояние путем рекуперации энергии или аккумуляирования энергии в процессе стравливания РЖ и возврат в процесс подачи РЖ в гидрорессору. Процесс управления осуществляется с помощью гидрораспределителей с пропорциональным электрическим управлением. Быстродействие системы должно составлять менее 0,01 с.

Анализ зависимости расхода РЖ от скорости движения машины при переезде единичного препятствия показал, что при рекуперации энергии расход РЖ меньше, однако, происходит подъем машины при преодолении препятствия.

Анализ зависимости расхода РЖ от скорости движения машины при движении под уклон 6° с линейной характеристикой показал, что при аккумуляировании энергии величина расхода значительно возрастает по сравнению с рекуперацией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система стабилизации платформы машины должна быть построена по комбинированной схеме, с аккумуляированием энергии РЖ отводимой с гидрорессоры и рекуперацией гидравлической энергии между рессорами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. Изд. 3-е, переработ. и доп. М., «Машиностроение», 1972. – 392 с.
2. Балагула В.Я., Гайцгори М.М. Выбор структуры управления и параметров активной подвески землеройно-транспортных машин / Труды ВНИИСтройдормаша. – 1977. Вып. 75. – с. 39-48.
3. Шарапов В.Д. Активные подвески транспортных средств. – Рига: РВВПКУ, 1980. – 261 с.
4. Бойков В.П., Жданович Ч.И., Мамонов М.И. Управление гидропневматической подвеской, обеспечивающей заданное положение платформы шасси // 7-я Международная научная конференция по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения (Минск, 20–22 мая

2017 г.): сборник научных статей. В 3 ч. Ч. 1 /Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь. – Минск: Четыре четверти, 2017. – С. 228 – 229.

Представлено 15.05.2020

УДК 629.113

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА МЕТРОБУСА

CHOICE AND JUSTIFICATION OF METROBUS ROLLING STOCK

А.А. Корпач, канд. техн. наук, профессор,

А.А. Корпач, канд. техн. наук, доц.,

Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

A. Korpach, Ph.D in Engineering, Professor,

Korpach O.A., Ph.D in Engineering, Associate Professor,

National Transport university, Kyiv, Ukraine

Проанализировано подвижный состав который может эксплуатироваться в системе метробуса. Определено, что наиболее целесообразно использование серийных двухзвенных автобусов длиной 18-19м с последующей перспективой использования трехзвенных.

Metrobus rolling stock has been analyzed. Determined that the most appropriate use of serial two-link buses 18-19m long with the subsequent prospect of using three-link.

Ключевые слова: метробус, скоростной автобус, подвижный состав.

Key words: metrobus, bus rapid transit, rolling stock.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных проблем современного большого города является перенасыщение дорожно-уличной сети транспортными потоками вследствие значительного роста уровня автомобилизации, что приводит к резкому снижению скорости общественного транспорта и несоблюдение графика его движения.