

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНО-ТЯГОВОЙ МАШИНЫ

*Антон ВАВИЛОВ, доктор технических наук, профессор,
Анатолий КОТЛОБАЙ, кандидат технических наук, доцент,
Владимир КИТЧЕНКО, Борис ЛУЦКОВ, инженеры
(Белорусская государственная политехническая академия)*

Транспортно-тяговые машины общего назначения относятся к машинам межотраслевого характера, обеспечивающим потребности многих отраслей народного хозяйства. Их используют в частности в качестве базы для монтажа бульдозерного, землеройного, энергетического оборудования строительных машин, как средство тяги в сочетании с различными навесными или прицепными орудиями и механизмами.

Одно из важнейших требований, предъявляемых к гусеничным транспортно-тяговым машинам, — необходимость обеспечения высоких средних скоростей движения и плавности хода не только по хорошим дорогам, но и по бездорожью.

Перспективным направлением совершенствования подвески гусеничных транспортных средств является использование гидропневматических рессор [1], обеспечивающих рациональные нагрузочные характеристики во всем диапазоне хода опорного катка. В качестве упругого элемента применена пневматическая камера, отделенная от гидравлической полости эластичной диафрагмой. Рессора имеет встроенный амортизатор. Такое компоновочное решение обеспечивает минимальные габариты блока подвески. К недостаткам подвески следует отнести нестабильность характеристики подвески при изменении температуры рабочей жидкости и газа. Повышение температуры обусловлено работой амортизатора, преобразующего энергию колебаний в тепло. Нагреваясь, газ расширяется. Дорожный просвет машины увеличивается, что нежелательно для гусеничной машины, поскольку это приводит к повышению натяжения в гусеничном обводе и нагруженности всего движителя.

Одним из возможных путей решения задачи стабилизации параметров гидропневматической подвески является изменение объема жидкости в рессоре при изменении ее теплового состояния. Следует иметь в виду, что использование бака гидросистемы машины для слива жидкости в него из рессор при нагревании их нерационально, поскольку закачка жидкости в рессоры при охлаждении в процессе движения машины является трудноразрешимой инженерной задачей.

Конструктивная реализация задачи изменения объема жидкости в рессоре при движении машины возможна путем оснащения рессоры гидропневмоцилиндром компенсации с гидравлической и пневматической полостями, разделенными поршнем — разделителем.

Пневматическая полость цилиндра компенсации заправлена газом с зарядным давлением, равным статическому давлению в полости рессоры и гидропневмоцилиндра компенсации связаны гидролиниями через гидрораспределитель, обеспечивающий включение связи гидравлических полостей по сигналу датчика давления (установленного в механизме натяжения гусениц либо в рабочей полости рессоры).

При движении опорного катка по неровной опорной поверхности жидкость, прокачиваемая через калиброванные отверстия амортизатора, нагревается. Недостаточный отвод тепла в окружающую среду через корпус рессоры приводит к существенному ее нагреву. Жидкость и газ нагреваются, увеличивая свой объем, что приводит к увеличению дорожного просвета машины и натяжения гусеничной цепи. При включении системы компенсации гидравлическая полость рессоры соединяется с гидравлической полостью цилиндра компенсации, жидкость из рессоры закачивается в гидравлическую полость цилиндра компенсации за счет динамического повышения давления в гидравлической полости рессоры. После удаления необходимого объема жидкости из полости рессоры дорожный просвет машины и натяжение гусеничной цепи снижается до расчетного, и гидравлическая полость цилиндра компенсации запирается. При охлаждении жидкости и газа их объем уменьшается, уменьшая натяжение гусеничной цепи ниже требуемого. Система включается на слив, и жидкость сливается в гидравлическую полость рессоры, возвращая систему в исходное положение.

Испытания гидропневматической рессоры с системой компенсации проводились на катковом стенде, схема которого представлена на рисунке 1.

Блок подвески, включающий гидропневматическую рессору 4 с опорным катком 2, закреплен неподвижно на раме 5 стенда. Каток 2 взаимодействует с барабаном 1, на опорной поверхности которого установлена неровность. Гидравлическая полость 6, разделенная с пневматической 8 диафрагмой, оснащена амортизатором 7. Она заперта гидрозамком 3. Устройство компенсации включает гидропневматический цилиндр компенсации 20, гидравлическая полость 19 которого соединена гидролиниями с обратными клапанами 18, 17 и дросселем 16 через трехпозиционный гидрораспределитель 15 с полостью 6 рессоры 4. Система компен-

сацией включается по сигналу датчика давления 11, фиксирующего среднее давление гидравлической полости 6. Для исключений ложных срабатываний датчика давления 11 от динамического изменения давления в по-

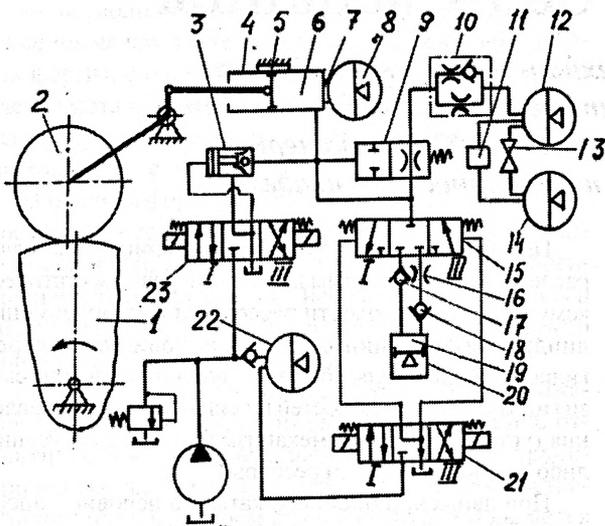


Рис. 1. Схема стенда

лости 6 предусмотрены гидропневматические аккумуляторы 12, 14, дроссель-корректор 10, гидростопор 9. Рабочие полости гидропневмоаккумуляторов 12, 14 разделены при работе стенда вентилем 13. Управление гидрораспределителем 15 осуществляется посредством трехпозиционного гидрораспределителя с электромагнитным управлением 21 по сигналу датчика давления 11. Гидропневмоаккумулятор 22 обеспечивает работу системы управления при выключенном насосе стенда. Для заправки полости 6 рессоры 4, гидравлических полостей гидропневмоаккумуляторов 12, 14 при подготовке стенда к работе используется трехпозиционный гидрораспределитель 23 с электромагнитным управлением.

В процессе подготовки стенда к работе пневматические полости гидропневмоаккумуляторов 12, 14, 22... гидропневматического цилиндра компенсации 20, пневматической полости 8 рессоры 4 заправляются газом до расчетного зарядного давления. Для заправки жидкостью полости 6 рессоры 4 и гидравлических полостей гидроаккумуляторов 12, 14, 22, цилиндра компенсации 20 открывается вентиль 13, золотник гидрораспределителя 23 переводится в первую позицию и включается насос стенда. Гидрозамок 3 открывается и давление в указанных полостях поднимается до расчетного статического значения. Далее насос стенда выключается, золотник гидрораспределителя 23 возвращается во вторую позицию, вентиль 13 закрывается, разъединяя рабочие полости реле давления 11. При выполнении операций по подготовке стенда к работе барабан 1 устанавливается в положение, при котором опорный каток 2 находится на средней линии высоты неровности.

При вращении барабана 1 опорный каток 2, взаимодействуя с неровностью, перемещается, изменяя периодически объем пневматической полости 8 и прска-

чивая жидкость через амортизатор 7. Тепловыделение в амортизаторе 7 приводит к расширению газа полости 8, и поскольку рессоры 4 жестко установлена на раме 5 стенда, к повышению среднего уровня давления в рессоре 4, а также в полости гидропневмоаккумуляторов 12, 14. При достижении разности давлений в полостях гидропневмоаккумуляторов 12, 14 установочного значения датчик давления 11 срабатывает. Золотники гидрораспределителей 21 и 15 переводятся в первую позицию. Полости 6 и 19 соединяются. При динамическом увеличении давления в полости 6 (на ходе сжатия), превышающем давление полости 19, обратный клапан 17 открывается, и жидкость поступает в полость 19, повышая давление в ней. Циклы закачки продолжаются до тех пор, пока объем жидкости, удаленный из полости 6 окажется достаточным для снижения среднего уровня давления в ней до номинального значения. Давление в полостях гидропневмоаккумуляторов 12, 14 выравниваются, датчик давления 11 прекращает подачу сигнала. Золотники гидрораспределителей 21 и 15 возвращаются во вторую позицию. При дальнейшем нагревании и расширении жидкости и газа рессоры 4 жидкость периодически закачивается в полость 19 до стабилизации теплового режима, либо до достижения в полости 19 максимального давления, меньшего на величину потерь в гидрочерте связи максимально-го давления в полости 6.

Охлаждение жидкости и газа рессоры 4 приводит к уменьшению давления в полостях 6 рессоры 4 и гидропневмоаккумулятора 12. При снижении давления ниже номинального статического срабатывает датчик давления 11. По его сигналу золотники гидрораспределителей 21 и 15 переводятся в третью позицию. Полости 6, 19 соединяются посредством магистрали с обратным клапаном 18 и дросселем 16. Жидкость из полости 19 перетекает в полость 6 рессоры 4. Расход жидкости ограничивается дросселем 16. При достижении среднего уровня давления в полости 6 номинального значения датчик давления 11 прекращает подачу сигнала, золотники гидрораспределителей 21, 15 возвращаются во вторую позицию. При дальнейшем охлаждении жидкости и газа рессоры 4 процесс слива жидкости из полости 19 в полость 6 продолжается, как описано выше, до полного слива.

После окончания опытов жидкость из полости 6 рессоры 4, полостей гидропневмоаккумуляторов 12, 14 сливается в бак гидросистемы при открытом вентиле 13 и золотнике гидрораспределителя 23 в третьей позиции. Для слива жидкости из полости гидропневмоаккумулятора 22 золотник гидрораспределителя 21 переводится последовательно в первую и третью позиции до полного ее слива.

В процессе испытаний измерялись: температура рессоры в районе амортизатора (температура жидкости) и крышки пневмобаллона рессоры (температура газа), давление в полостях рессоры и гидропневмоцилиндра компенсации, время опыта. Фиксировались моменты включения и выключения датчика давления. При

движении опорного катка по поверхности барабана температура жидкости, газа, средний уровень давления в рессоре увеличивались (рис.2).

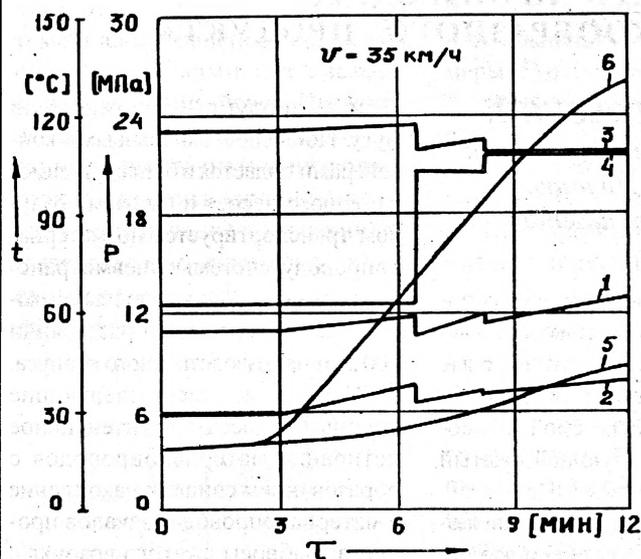


Рис. 2. Изменение параметров рессоры по времени опыта

1, 2, 3 — среднее, минимальное и максимальное амплитудное давление в рессоре; 4 — давление в полости цилиндра компенсации; 5, 6 — температура газа, жидкости; p — давление; t — температура; τ — время опыта

Момент срабатывания датчика давления и включения системы компенсации определялся регулировкой датчика давления. Перед проведением опытов датчик давления был настроен на диапазон: плюс 0,71 МПа — минус 0,31 МПа при статическом давлении 11 МПа. В процессе испытаний жидкость выкачивалась из гидравлической полости рессоры в полость гидропневматического цилиндра компенсации периодически, по мере нагревания рессоры. При вращении барабана с частотой, эквивалентной скоростям машины 25, 35, 45 км/ч зафиксировано 1-2 срабатывания датчика давления до полной закачки жидкости в полость цилиндра компенсации.

Цилиндр компенсации с датчиком давления обеспечивали диапазон поддержания давления в рессоре в пределах (10,8-12,6 МПа) при изменении температуры газа и жидкости с 19° С до 44° С и 130° соответственно. При проведении опытов давление в гидравлической полости цилиндра компенсации и объем сливаемой жидкости не являлся стабильным, а зависел от максимального динамического давления в гидравлической полости рессоры, которое



Лучи и свет —
самое темное место
в физике

увеличивалось пропорционально скорости вращения барабана стенда. Так, при изменении скорости с 20 км/ч до 35 км/ч максимальное давление в полости рессоры увеличивалось с 16,7 МПа до 23,6 МПа. При этом давление в полости цилиндра компенсации увеличилось с 15,6 МПа до 21,4 МПа.

Анализ результатов испытаний показал, что основной объем жидкости закачивался в цилиндр компенсации при первом срабатывании датчика давления, что привело к существенному увеличению давления в полости цилиндра компенсации. Так, при скорости 25 км/ч повышение давления в полости цилиндра компенсации при первом срабатывании составило 5,4 - 5,5 МПа, при скорости 35 км/ч — 8,0 МПа, при скорости 45 км/ч (11,3 - 12,6) МПа. Повышение давления в полости цилиндра компенсации при втором срабатывании датчика давления существенно ниже и составило (1,1-1,7) МПа вне пропорциональной зависимости от скорости движения.

После проведения серий опытов по разогреву рессоры и закачке жидкости из рабочей полости рессоры в полость цилиндра компенсации были проведены опыты по проверке работы системы компенсации при сливе рабочей жидкости в рессору.

Рессора блока подвески, нагретая в процессе работы на стенде со скоростью 45 км/ч, охлаждалась. Средний уровень давления в рессоре уменьшался из-за недостаточного объема жидкости в рабочей полости рессоры, и система включалась на слив жидкости из цилиндра компенсации в рессору. В процессе слива давление в рессоре увеличилось на 8,21 МПа, а в полости гидропневмоцилиндра компенсации уменьшилось с 23,9 МПа до 11,8 МПа.

Анализ полученных результатов показывает, что наличие системы компенсации, реализованной на основе использования энергии колебаний подрессоренных масс для закачки жидкости из полости рессоры в полость гидропневмоаккумулятора при нагревании, и возврата ее обратно за счет перепада давлений при охлаждении рессоры позволяет стабилизировать параметры рессоры при изменении ее теплового режима в широких пределах.

Удачная попытка аккумуляирования энергии колебаний подрессоренных масс позволит в последующем реализовать алгоритмы утилизации и использования энергетических ресурсов на транспортно-тяговых машинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Платонов В. Ф., Леиашвили Г. Р. Гусеничные и колесные транспортно-тяговые машины. — М: Машиностроение, 1986. — 296 с.

