

УДК 629.113.3-592

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОЙ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ*

SCIENTIFIC AND PRACTICAL ASPECTS OF MODERNIZATION OF THE BELARUSIAN-RUSSIAN MILITARY EQUIPMENT

В. А. Коробкин,

гл. конструктор по спецтехнике — начальник ОКБ РУП «Минский тракторный завод», д-р техн. наук

А. Я. Котлобай,

доцент кафедры БНТУ, канд. техн. наук, доцент

А. А. Котлобай,

ассистент кафедры БНТУ

В. Ф. Тамело,

профессор кафедры БНТУ, канд. воен. наук, доцент

В статье предложены некоторые направления модернизации ходовой части гусеничной машины, гидропневматической подвески опорных катков, методика проведения стендовых испытаний и описание конструкции стендового оборудования для испытаний гидропневматической подвески опорных катков. Приведены результаты испытаний гидропневматической рессоры с системой стабилизации параметров.

Представлено описание ходовой части гусеничной машины с гидропневматической подвеской опорных катков, оснащенной системой стабилизации дорожного просвета, приведены результаты испытаний ее в составе ходового макета.

The article suggests some directions of modernization of the undercarriage of a caterpillar, hydropneumatic suspension of track rollers, methodology bench testing and description of the design of the stand equipment for testing hydropneumatic suspension for rollers. Results of tests for hydro-pneumatic springs with the system of stabilization of the parameters.

Provides a description of the undercarriage of the tracked vehicle with hydropneumatic under-good road wheels, equipped with a system of stabilization of clearance, the results of the tests in the navigation layout.

Вооруженные Силы Республики Беларусь, Российской Федерации и ряда других стран располагают средствами вооружения различного назначения на гусеничном шасси, оснащенном гидромеханической трансмиссией с гидрообъемным механизмом поворота, индивидуальной гидропневматической подвеской опорных катков с изменяемым клиренсом. Примерами таких средств вооружения являются: БМП-3, БМД-1, БРДМ 2Т «Сталкер», ЗРПК 2С6 «Тунгуска», ЗРК «ТОР-М1» и др.

Перспективные технические решения [1], заложенные в конструкцию трансмиссии и подвески опорных катков гусеничных шасси обеспечивают возможность ведения эффективной боевой работы без снижения скорости движения. Гидропневматическая подвеска гусеничных шасси ГМ-352 ЗРПК 2С6 «Тунгуска» и ГМ-355 ЗРК «ТОР-М1» обеспечивает высокие показатели плавности хода при движении машины с высокой скоростью по трассе с неровной опорной поверхностью. Система управления положени-

ем корпуса обеспечивает возможность изменения дорожного просвета на стоянке гусеничной машины, дифферент на нос, корму, ослабление и натяжение гусеничной цепи. Вместе с тем отмечена нестабильность характеристик подвески при изменении теплового состояния жидкости и газа рессор.

В процессе эксплуатации гусеничной машины с гидропневматической подвеской опорных катков выявились некоторые особенности работы подвески, отрицательно сказывающиеся на нагруженности основных элементов ходовой части. Нагруженность элементов ходовой части гусеничной машины при нормальном тепловом состоянии рессор находится в допустимых пределах. Соответственно высоки их надежность и долговечность. При движении гусеничной машины по неровной трассе существенно увеличивается энергия колебаний, превращаемая амортизаторами двух передних и одного заднего по каждому борту опорных катков в тепло, в результате чего рессоры разогреваются. При разогреве и расширении газа и жидкости рессор давление в рабочих полостях

рессор и механизма натяжения увеличивается, что приводит к увеличению нагруженности элементов ходовой части, снижению надежности и их долговечности.

Повышение эксплуатационных качеств гидропневматической подвески опорных катков гусеничной машины достигается поддержанием среднего уровня давления в рабочих полостях гидропневматической рессоры в заданных пределах. Одним из возможных путей стабилизации характеристик гидропневматической подвески опорных катков гусеничной машины является корректирование конструктивного объема рабочей полости гидропневматической рессоры в соответствии с тепловым состоянием жидкости и газа. Технически такое решение реализуется посредством оснащения гидропневматической рессоры компенсационной емкостью, подключаемой к рабочей полости рессоры по сигналу реле давления механизма натяжения гусениц. Предложены два направления технической реализации системы стабилизации параметров гидропневматической подвески гусеничной машины.

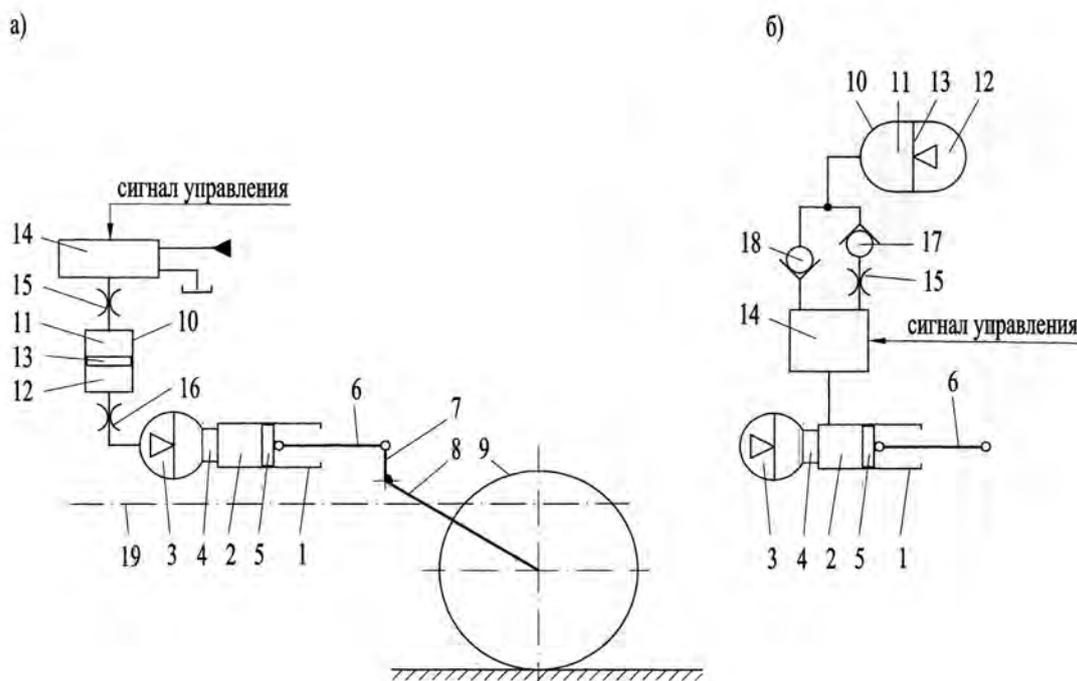


Рис. 1. Блок подвески: а) с гидропневматическим цилиндром компенсации; б) с гидропневматическим аккумулятором компенсации: 1 — гидропневматическая рессора; 2, 3 — гидравлическая и пневматическая полости; 4 — амортизатор; 5 — поршень рессоры; 6 — шток; 7 — рычаг балансира; 8 — балансир; 9 — опорный каток; 10 — цилиндр — аккумулятор компенсации; 11, 12 — гидравлическая и пневматическая полости цилиндра — аккумулятора компенсации; 13 — поршень, диафрагма цилиндра — аккумулятора компенсации; 14 — устройство управления; 15, 16 — дроссели; 17, 18 — обратные клапаны; 19 — корпус машины

Одним из возможных путей повышения эксплуатационных качеств машины является поддержание давления в рабочих полостях рессор в заданных пределах, что может быть достигнуто путем оснащения рессоры дополнительной компенсационной емкостью.

Техническая реализация устройства компенсации предполагает оснащение рессоры гидропневматическим цилиндром компенсации (см. рис. 1, а) с пневматической полостью 12, связанной с пневматической полостью 3 рессоры 1, и гидравлической 11, связываемой с насосом либо баком гидросистемы в соответствии с алгоритмом управления [2].

Второй вариант устройства компенсации предполагает оснащение рессоры гидропневматическим аккумулятором компенсации 10 (см. рис. 1, б) с пневматической 12 и гидравлической 11 полостями [3, 4]. Пневматическая полость 12 заряжена газом с давлением, равным статическому давлению в рессоре 1. Гидравлическая полость 11 связывается с гидравлической полостью 2 гидропневматической рессоры 1 гидролиниями заправки и слива согласно алгоритму управления.

При перемещении катка 9 относительно корпуса машины 19 поршень 5 рессоры 1 перемещается, прокачивая жидкость через калиброванные отверстия амортизатора 4. В результате тепловыделения при дросселировании жидкости объем жидкости и газа увеличивается.

В первом варианте исполнения (см. рис. 1, а) при достижении порогового значения на устройство управления 14 подается сигнал управления, и полость 11 соединяется со сливом в бак. Поршень 13 перемещается, объем полости 11 уменьшается, а полости 12 — увеличивается. Газ из полости 3 поступает в полость 12. Дорожный просвет корпуса машины 19 остается постоянным. При охлаждении жидкости и газа рессор полость 11 соединяется с источником давления, объем полости 12 уменьшается. Рессора 1 возвращается в исходное положение. Дроссели 15, 16 снижают динамичность расходов по гидравлическим и пневматическим линиям.

Создана модернизированная гидропневматическая рессора, оснащенная гидропневматическим цилиндром компенсации (рис. 2). В рессоре [1] применена крышка 2 с гидропневматическим цилиндром компенсации 4. Пневматическая полость 5 соединяется через дроссель 8 с пневматической полостью рессоры 3.

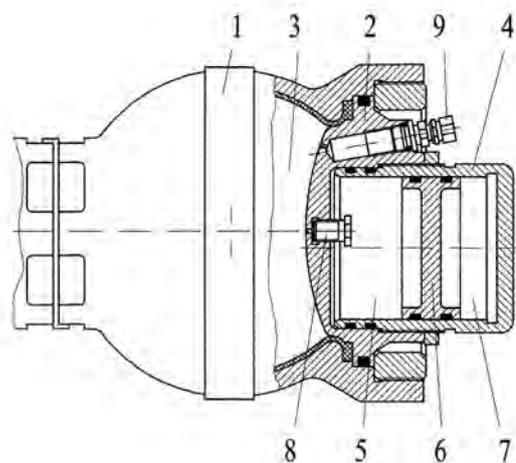


Рис. 2. Рессора с гидропневматическим цилиндром компенсации: 1 — корпус пневматического баллона рессоры; 2 — крышка; 3 — пневматическая полость рессоры; 4 — гидропневматический цилиндр компенсации; 5 — пневматическая полость цилиндра компенсации; 6 — поршень; 7 — гидравлическая полость цилиндра компенсации; 8 — дроссель; 9 — зарядный клапан

Для испытаний гидропневматической рессоры с гидропневматическим цилиндром компенсации (см. рис. 2) разработан стенд (рис. 3), состоящий из подвижной рамы 1 и закрепленной на ней рессорой 2 с опорным катком 3, взаимодействующим с барабаном 4, на опорной поверхности которого выкладывается неровность. Рама 1 связана через гидроцилиндр 5 с рамой стенда. Штоковая и поршневая полости гидроцилиндра 5 связаны с насосом 6 и баком 7 гидросистемы. Штоковая полость гидроцилиндра 5 оснащена реле давления 8. При испытаниях барабан 4 выводится на заданный скоростной режим, опорный каток 3 получает вертикальное перемещение.

При увеличении температуры жидкости и газа рессоры 2 жидкость из штоковой полости гидроцилиндра 5 вытесняется в полость реле давления 8, срабатывающего при достижении давления настройки. Гидрораспределитель 9 механизма компенсации переводится в первую позицию, гидрозамок 10 открывается. Газ из пневматической полости рессоры 2 поступает в пневматическую полость 11 цилиндра компенсации 12. Жидкость из гидравлической полости 13 цилиндра компенсации 12 поступает на слив в бак 7 (или мерный бачок 14). Средний уровень давления в полостях рессоры 2 и гидропневма-

тического цилиндра компенсации 12 уменьшается, реле давления 8 прекращает подачу сигнала. Гидрораспределитель 9 занимает вторую позицию, гидрозамок 10 закрывается.

Работа стенда продолжается до полного слива жидкости из полости 13. Барабан 4 стенда останавливается. Гидрораспределитель 9 переводится в третью позицию, жидкость поступает в полость 13, а газ из полости 11 — в пневматическую полость рессоры 2. По показаниям реле давления 8 определяется перепад давлений разогретой рессоры при нулевом объеме полости 11 и максимальном его значении.

Определяются осредненные за цикл колебаний давления в полостях рессоры и гидропневматического цилиндра компенсации. Давление рабочей жидкости контролируется посредством манометров 15 и тензометрических датчиков. Параллельно фиксируются температура в районе амортизатора и крышки пневмобаллона рессоры (рис. 4).

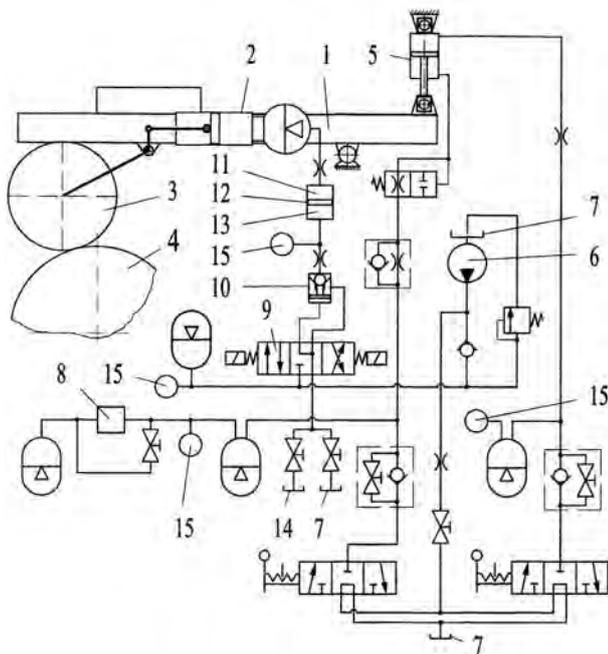


Рис. 3. Стенд для испытаний гидропневматической рессоры с гидропневматическим цилиндром компенсации: 1 — рама; 2 — рессора; 3 — опорный каток; 4 — барабан; 5 — гидроцилиндр; 6 — насос; 7 — бак; 8 — реле давления; 9 — гидрораспределитель; 10 — гидрозамок; 11 — пневматическая полость; 12 — гидропневматический цилиндр компенсации; 13 — гидравлическая полость; 14 — мерный бачок; 15 — манометр

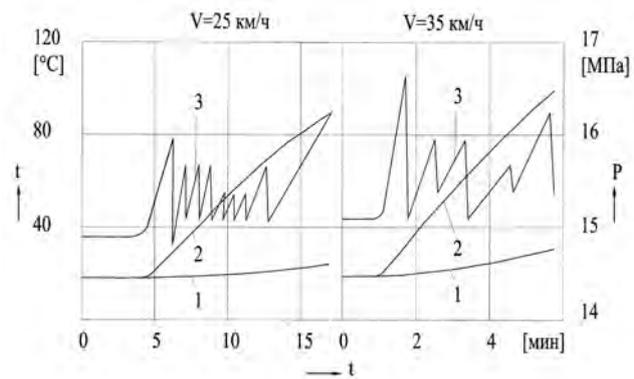


Рис. 4. Параметры гидропневматической рессоры с гидропневматическим цилиндром компенсации при движении катка по неровной опорной поверхности: 1 — температура крышки пневмобаллона; 2 — температура корпуса в районе амортизатора; 3 — P_p — давление в рессоре; t — температура; τ — время опыта

При увеличении скорости вращения барабана (скорости движения опорного катка) интенсивность нагревания жидкости и газа увеличивается. В процессе испытаний жидкость сливалась из гидравлической полости гидропневматического цилиндра компенсации периодически, по мере нагревания и срабатывания реле давления. При работе на скоростях 25, 35 км/ч зафиксировано от 5 до 9 срабатываний реле давления до слива жидкости из гидравлической полости гидропневматического цилиндра компенсации. Полный объем сливаемой жидкости составил 325 см³. Частота срабатывания реле давления определяется параметрами его настройки. Реле отрегулировано на разность давления между замыканием и размыканием контактов 0,02–0,03 МПа.

Амплитуда изменения давления в полости рессоры при вертикальном перемещении опорного катка существенно выше амплитуды изменения давления в полости гидропневматического цилиндра компенсации, что объясняется сжимаемостью газа и наличием сопротивлений в амортизаторе и между пневматическими полостями пневмобаллона и цилиндра компенсации.

При увеличении скорости опорного катка амплитуда изменения давления в полости рессоры существенно увеличивается, а в полости гидропневматического цилиндра компенсации незначительно уменьшается. По мере слива жидкости из полости гидропневматического

цилиндра компенсации амплитуда изменения давления в нем несколько уменьшается, что объясняется увеличением объема газа при его расширении.

После проведения каждого опыта жидкость полностью закачивалась в гидравлическую полость гидропневматического цилиндра компенсации разогретой рессоры и затем сливалась при остановленном барабане стенда. Фиксировались значения давлений в полости рессоры до и после слива жидкости из гидравлической полости гидропневматического цилиндра компенсации.

Наличие гидропневматического цилиндра компенсации позволяет стабилизировать давление в рессоре при нагревании рабочей жидкости и газа. Испытания гидропневматической рессоры с гидропневматическим цилиндром компенсации, проведенные на стенде, показали высокую эффективность предложенного технического решения.

Во втором варианте исполнения (см. рис. 1, б) при подаче сигнала на устройство управления 14, полости 2 и 12 сообщаются через гидролинию заправки. При ходе катка 9 к корпусу 19 давление в полости 2 увеличивается, обратный клапан 18 открывается, жидкость поступает в полость 12 и запирается. При охлаждении жидкости и газа рессоры 1 полости 12, 2 соединяются через гидролинию слива. Обратный клапан 17 открывается и жидкость из полости 12 поступает в полость 2. Дроссель 15 ограничивает расход жидкости по магистрали слива.

Создан гидропневматический аккумулятор компенсации (рис. 5).

Гидропневматический аккумулятор компенсации состоит из корпуса 1 с цилиндром 2 и крышкой 3. В цилиндре 2 установлен поршень 4, делящий полость цилиндра на газовую П и гидравлическую Г. Устройство управления выполнено в виде гидрораспределителя с золотником 5. Кулачки золотника 5 образуют центральную М и периферийные полости К и Н. Золотник 5 поджат пружинами 6, взаимодействующими с золотником через толкатели 7, и с корпусом 1 через переходники 8. В переходниках 8 выполнены клапаны и штуцеры для крепления трубопроводов управления. Полость М связана каналом (на рис. 5 закрытым пробкой 9) с гидравлической полостью рессоры. Полость К золотника 5 связана в нейтральном положении через канал болта 10, канал болта 11 и обратный клапан 12, выполненный в виде шайбы с отверстиями (гидролиния заправки), с полостью Г гидропневматического аккумулятора компенсации. Полость Н золотника 5 связана в нейтральном положении через канал 13, обратный клапан 14, выполненный в виде шайбы с дроссельным отверстием, канал болта 15 (гидролиния слива) с полостью Г гидропневматического аккумулятора компенсации. При нагревании и расширении жидкости и газа рессоры от системы управления подается давление в торцевую управляющую полость золотника 5 (на рис. 5 правую) и золотник 5 перемещается влево. Полость К запирается, а канал болта 10 соединяется с полостью М золотника

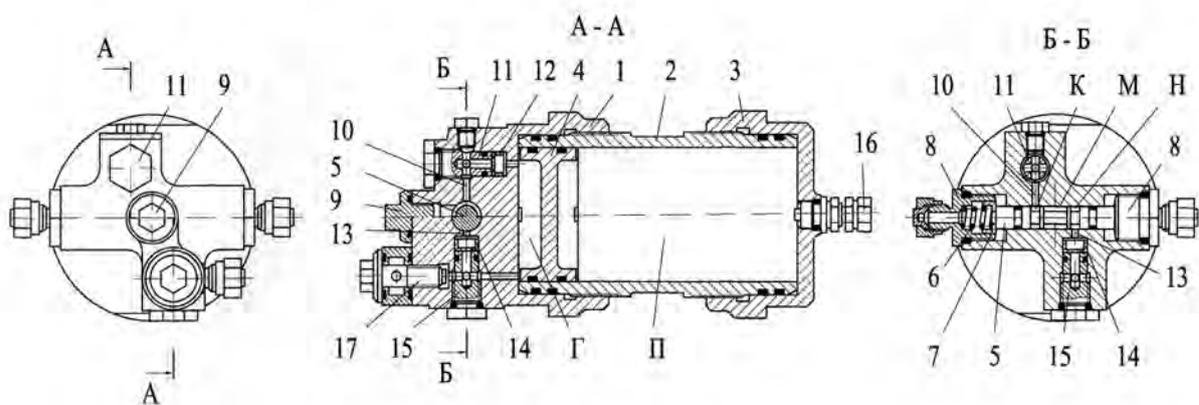


Рис. 5. Гидропневматический аккумулятор компенсации: 1 — корпус; 2 — цилиндр; 3 — крышка; 4 — поршень; 5 — золотник; 6 — пружина; 7 — толкатель; 8 — переходник; 9 — пробка; 10, 11, 15 — болт; 12, 14 — обратный клапан; 13 — канал; 16 — клапан зарядный; 17 — дроссель; 18 — угольник поворотный; Г — гидравлическая полость; П — пневматическая полость; М — центральная полость золотника; К, Н — периферийные полости золотника

5 и через канал болта 11 обратный клапан 12 с гидравлической полостью Г гидропневматического аккумулятора компенсации. При превышении давления в полости рессоры значения его в полости Г обратный клапан 12 открывает канал болта 11, и жидкость из рессоры поступает в полость Г. При снижении давления в рессоре на ходе отбоя катка обратный клапан 12 запирает канал болта 11. При наполнении полости Г жидкостью поршень 4 перемещается, и газ в полости П сжимается. Процесс закачки продолжается до тех пор, пока давление в полости Г не достигнет максимального значения, при котором обратный клапан 12 прекратит открываться, либо прекращается подача управляющего воздействия. После прекращения подачи управляющего воздействия золотник 5 под действием пружин 6 возвращается в нейтральное положение. При охлаждении и сжатии жидкости и газа рессоры от системы управления подается давление в торцевую управляющую полость золотника 5 (на рис. 5 левую), и золотник 5 перемещается вправо. Полость Н запирается, канал 13 сообщается с полостью М. Поскольку давление в полости Г выше давления в рессоре, обратный клапан 14 отходит от канала болта 15, и жидкость из полости Г через отверстие обратного клапана 14 поступает в полость рессоры. После прекращения слива золотник 5 возвращается в нейтральное положение, запирая магистрали слива и закачки.

Для испытаний рессоры с гидропневматическим аккумулятором компенсации (см. рис. 1, 6, 5) стенд для испытаний гидропневматической рессоры модернизирован (рис. 6).

Стенд состоит из балки 1, зафиксированной на раме стенда (не показана) посредством съемных упоров с закрепленной на ней рессорой 2 с балансиром и опорным катком 3. Опорный каток 3 взаимодействует с барабаном 4, на образующей поверхности которого выкладывается неровность.

При подготовке стенда к работе пневматические полости гидропневматического цилиндра компенсации 5 и гидропневматический аккумулятор стенда заправляются газом до расчетного зарядного давления. Включается насос 14, жидкость через гидрораспределитель 9 поступает в гидравлическую полость рессоры 2 и гидропневматический аккумулятор. Включается привод барабана 4, и устанавливается заданный скоростной режим.

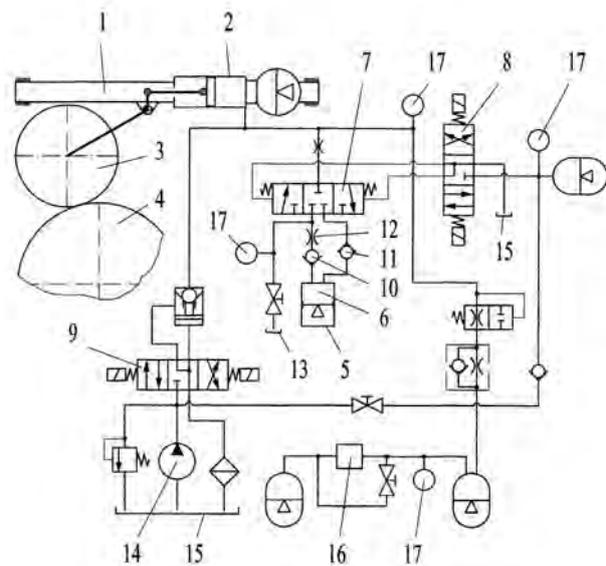


Рис. 6. Стенд для испытаний гидропневматической рессоры с гидропневматическим аккумулятором компенсации: 1 — балка; 2 — рессора; 3 — опорный каток; 4 — барабан; 5 — гидропневматический аккумулятор компенсации; 6 — гидравлическая полость; 7, 8, 9 — гидрораспределитель; 10, 11 — обратные клапаны; 12 — дроссель; 13 — мерная емкость; 14 — насос; 15 — бак; 16 — реле давления; 17 — манометр

При вращении барабана 4 давление в рессоре 2 циклически изменяется. Жидкость, прокачиваясь через дроссельные отверстия амортизатора рессоры 2, нагревается, что приводит к увеличению среднего за цикл колебаний давления. При достижении установочного значения реле давления 16 подает сигнал, и гидрораспределитель 8 переводится в первую позицию. Жидкость из гидравлической полости гидропневматического аккумулятора подается в торцевую управляющую полость гидрораспределителя 7 и переводит его в третью позицию. При повышении давления в гидравлической полости рессоры 2 на ходе сжатия жидкость через обратный клапан 11 поступает в гидравлическую полость 6 гидропневматического цилиндра компенсации 5. На ходе отбоя клапан 11 закрывается.

При снижении среднего уровня давления в гидравлической полости рессоры 2 реле давления 16 прекращает подачу сигнала. Золотники гидрораспределителей 8, 7 возвращается во вторую позицию.

При охлаждении жидкости и газа рессоры 2 и снижении давления включается реле давления

16. Гидрораспределитель 8 переводится в третью позицию, а гидрораспределитель 7 — в первую. Обратный клапан 10 на ходе отбоя открывается, и жидкость из полости 6 поступает в гидравлическую полость рессоры 2. На ходе сжатия клапан 10 закрывается. Слив жидкости производится до выравнивания давлений в гидравлической полости рессоры 2 и полости 6.

При обработке результатов испытаний определялись амплитудные значения и осредненные за цикл колебаний давления в полостях рессоры и гидропневматического аккумулятора компенсации при нагревании рабочей жидкости и газа рессоры, а также в процессе закачки жидкости из гидравлической полости рессоры в гидравлическую полость гидропневматического аккумулятора компенсации. Параллельно фиксировались температура в районе амортизатора и крышки пневмобаллона рессоры (рис. 7).

При увеличении скорости вращения барабана (поступательной скорости опорного катка) интенсивность нагревания корпуса рессоры в районе амортизатора и крышки пневматического баллона рессоры увеличивается. В процессе испытаний жидкость выкачивалась из гидравлической полости рессоры в полость гидропневматического аккумулятора компенсации

периодически, по мере нагревания рессоры. При работе на скоростях 25, 35 км/ч зафиксировано 1–2 срабатывания реле давления до полной закачки жидкости в полость гидропневматического аккумулятора компенсации. Полный объем сливаемой из рессоры жидкости составляет 260 см³ при частоте вращения барабана стэнда, соответствующей скорости движения 45 км/ч. При проведении опытов объем сливаемой жидкости не является стабильной величиной и полностью зависит от максимального давления в гидравлической полости рессоры и давления в полости гидропневматического аккумулятора компенсации.

Максимальное давление в полости рессоры и давление в полости гидропневматического аккумулятора компенсации увеличивается пропорционально скорости вращения барабана стэнда. Так, при изменении скорости опорного катка с 25 до 35 км/ч (см. рис. 7) максимальное давление в полости рессоры увеличилось с 16,4 до 24,0 МПа. При этом давление в полости гидропневматического аккумулятора компенсации увеличилось с 15,3 до 21,3 МПа.

Анализ результатов испытаний показывает, что основной объем сливаемой жидкости достигается при первом срабатывании реле

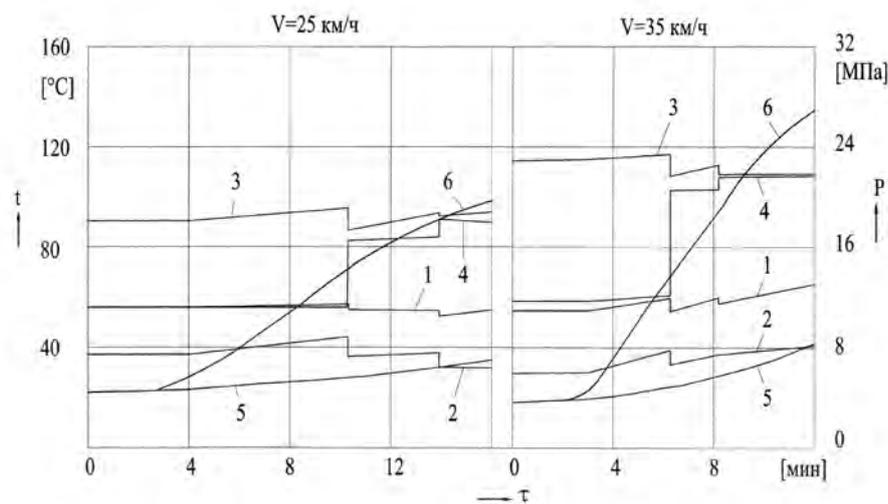


Рис. 7. Параметры гидропневматической рессоры с гидропневматическим аккумулятором компенсации при движении катка по неровной опорной поверхности: 1 — среднее давление в рессоре P_c ; 2 — минимальное давление в рессоре P_{min} ; 3 — максимальное давление в рессоре P_{max} ; 4 — давление в полости цилиндра компенсации P_k ; 5 — температура корпуса в районе пневматического баллона t_c ; 6 — температура корпуса рессоры в районе амортизатора $t_{ж}$; τ — время опыта

давления, что приводит к существенному увеличению давления в полости гидропневматического аккумулятора компенсации. Так, при скорости движения опорного катка 25 км/ч повышение давления в полости гидропневматического аккумулятора компенсации составляет 5,3–5,4 МПа, при скорости 35 км/ч — 8,1 МПа, при скорости 45 км/ч — 11,1–12,4 МПа. Повышение давления в полости гидропневматического аккумулятора компенсации при втором срабатывании реле давления существенно ниже и составляет для скорости 25 км/ч — 1,5 МПа, для скорости 35 км/ч — 1,1 МПа, для скорости 45 км/ч — 1,7 МПа. Гидропневматический аккумулятор компенсации с реле давления обеспечивает диапазон поддержания давления в рессоре в пределах 1,0 МПа. Этот диапазон определяется чувствительностью реле давления. Перед проведением опытов реле давления настроено на диапазон плюс 0,7 МПа, минус 0,3 МПа статического.

После проведения опыта по нагреванию рессоры и закачке жидкости из рабочей полости рессоры в полость гидропневматического аккумулятора компенсации проведен опыт по охлаждению рессоры и сливу жидкости в полость рессоры из гидропневматического аккумулятора компенсации при вращении барабана с частотой, соответствующей скорости 45 км/ч. При этом давление в рессоре увеличилось на 0,8 МПа, а в полости гидропневматического аккумулятора компенсации уменьшилось с 23,4 до 11,6 МПа.

Анализ полученных результатов показывает, что наличие гидропневматического аккумулятора компенсации позволяет стабилизировать параметры рессоры при изменении теплового ее состояния.

Результаты проведенных испытаний положены в основу системы стабилизации дорожного просвета шасси транспортно-тяговой гусеничной машины, оснащенной гидропневматической подвеской опорных катков (рис. 8) [2].

Для установки корпуса гусеничной машины в положение «Номинальный дорожный просвет» гидрораспределитель 7 переводится в третью позицию, включается насос 8, и рабочая жидкость поступает через задающее устройство 6 в полости 2, 4 рессор 1 и гидропневматических механизмов натяжения гусениц.

При движении гусеничной машины по трассе с ровной опорной поверхностью и уве-

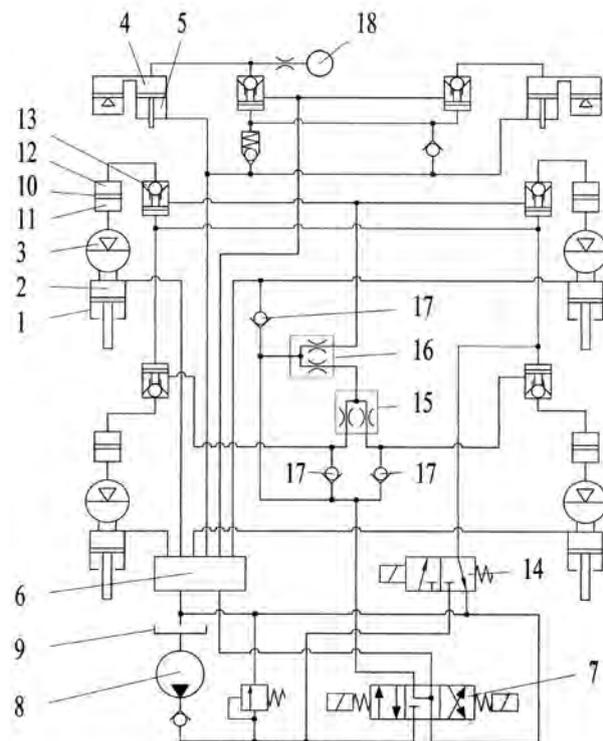


Рис. 8. Система стабилизации дорожного просвета гусеничной машины: 1 — гидропневматическая рессора; 2 — гидравлическая полость рессоры; 3 — пневматическая полость рессоры; 4 — поршневая полость; 5 — штоковая полость; 6 — задающее устройство; 7, 14 — гидрораспределитель; 8 — насос; 9 — бак; 10 — гидропневматический цилиндр компенсации; 11 — пневматическая полость гидропневматического цилиндра компенсации; 12 — гидравлическая полость гидропневматического цилиндра компенсации; 13 — гидрозамок; 15, 16 — сумматор потоков; 17 — обратный клапан; 18 — реле давления

личении температуры жидкости и газа рессор 1 дорожный просвет и натяжение гусеничной цепи увеличиваются. Реле давления 18 срабатывает, включается насос 8, золотник двухпозиционного гидрораспределителя 14 переводится во вторую позицию. Жидкость насоса 8 подается в управляющие полости гидрозамков 13 и открывает их. Далее газ из полостей 3 поступает в полости 11 гидропневматических цилиндров компенсации 10. Жидкость из полостей 12 задней группы рессор 1 левого и правого бортов поступает в подводящие каналы сумматора потоков 15 и далее в подводящий канал сумматора потоков 16. Из полостей гидропневматических цилиндров компенсации 12 передней группы

рессор 1 жидкость подается во второй подводящий канал сумматора потоков 16. Из отводящего канала сумматора потоков 16 жидкость через гидрораспределитель 7 поступает в бак 9. Сумматоры потоков 15, 16 обеспечивают выравнивание расходов жидкости, сливаемой из полостей 12 групп рессор 1.

При увеличении конструктивного объема пневматической полости 3 каждой рессоры 1 дорожный просвет машины уменьшается, давление в полостях 4 падает, реле 18 прекращает подачу сигнала. Золотник двухпозиционного гидрораспределителя 14 возвращается в первую позицию. Гидрозамки 13 закрываются. При дальнейшем нагревании жидкости и газа рессор 1 система стабилизации дорожного просвета работает, как описано выше.

При остановке машины автоматически включается насос 8, золотник гидрораспределителя 7 переводится в первую позицию. Жидкость, открывая обратные клапаны 17, поступает в полости 12, и газ из полостей 11 вытесняется в полости 3 рессор 1. Время работы насоса 8 в данном режиме ограничивается реле времени.

Натурные испытания системы стабилизации дорожного просвета проведены в составе ходового макета. Проведены заезды по трассе с неровной опорной поверхностью на максимальной возможной по условиям движения скорости.

При движении по трассе жидкость и газ рессор нагревались. По сигналу реле давления механизма натяжения гусениц срабатывала система стабилизации дорожного просвета на слив. В процессе проведения опытов наблюдалось, как правило, два срабатывания системы на слив до стабилизации теплового состояния рессор. При достижении температуры стабилизации жидкость принудительно закачивалась в гидравлические полости гидропневматических цилиндров компенсации и сливалась в автоматическом режиме.

На рис. 9 представлены параметры системы стабилизации дорожного просвета при испытаниях в составе ходового макета гусеничной машины.

Анализ результатов испытаний показывает, что разработанная система обеспечивает поддержание стабильного положения корпуса и давления в механизмах натяжения гусениц и группах рессор при нагревании рабочей жидкости на 90–100 °С.

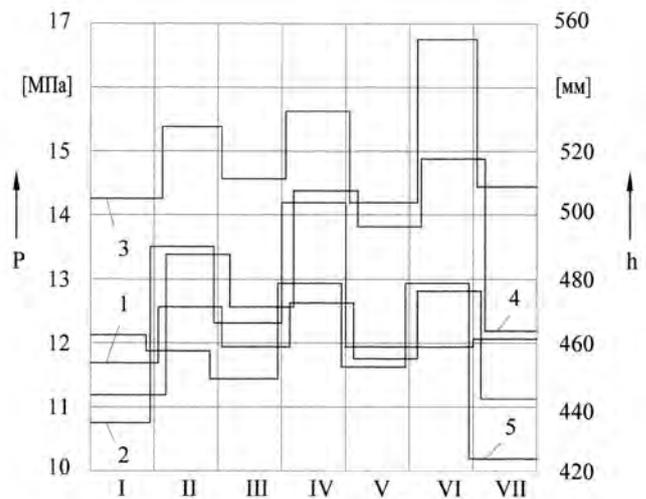


Рис. 9. Параметры системы стабилизации дорожного просвета при испытаниях в составе ходового макета: 1 — давление в гидропневматическом аккумуляторе механизма натяжения гусениц; 2, 3 — давление в полостях цилиндров компенсации передней и задней групп рессор; 4, 5 — дорожный просвет по носу и корме; P — давление, h — дорожный просвет; зоны диаграммы: I — установка корпуса машины в положение «номинальный дорожный просвет»; II — положение корпуса в номинальном дорожном просвете после протрагивания; III — первое включение системы до слива; IV — первое включение системы после слива; V — второе включение системы до слива; VI — второе включение системы после слива; VII — работа системы в автоматическом режиме при полной закачке жидкости в гидропневматические цилиндры компенсации; VIII — возвращение машины на базу после отработки системы в автоматическом режиме

Давление в гидропневматическом аккумуляторе механизма натяжения гусениц при срабатывании системы изменялось в пределах 11,1–11,9 МПа при номинальном значении в 11,7 МПа. Давление в передней группе рессор поддерживалось в пределах 11,9–12,3 МПа при значении его в номинальном положении корпуса 10,8 МПа. Соответственно давление в задней группе рессор поддерживалось в пределах 14,2–14,6 МПа при номинальном значении 14,3 МПа. Максимальное давление при нагревании рессор до срабатывания системы: в передней группе рессор — 12,6 МПа; в задней группе рессор — 15,7 МПа. Рессоры задней группы разгрузились по давлению на 1,1–1,5 МПа (7,7–10,5 %), что весьма положительно, поскольку опорные катки задней группы загружены больше опорных катков передней группы.

Дорожный просвет, измеренный по носу машины, при установке корпуса в положение номинального дорожного просвета составил 444 мм, а при возвращении на базу после отработки системы в автоматическом режиме — 464 мм, по корме соответственно 462 и 423 мм. Максимальные зафиксированные значения дорожного просвета по носу и корме при исходном положении системы компенсации составили при данных температурах нагрева соответственно 518 и 479 мм, то есть нос машины благодаря системе компенсации был «опущен» на 54 мм, а корма — на 56 мм. Максимально возможное приращение дорожного просвета без системы компенсации составило по носу машины 74 мм, а по корме — 17 мм. Это объясняется тем, что рессоры передней группы нагревались существенно больше, чем задней.

Проведенные испытания показали, что разработанная система стабилизации дорожного просвета в рамках модернизации ходовой части гусеничной машины обеспечивает стабилизацию нагрузочных характеристик подвески, положения корпуса гусеничной машины.

Литература:

1. Платонов, В. Ф. Многоцелевые гусеничные шасси / В. Ф. Платонов, В. С. Кожевников, В. А. Коробкин, С. В. Платонов; под ред. В. Ф. Платонова. — М.: Машиностроение, 1998. — 342 с.
2. Система управления положением корпуса гусеничной машины: пат. 478 Респ. Беларусь, МПК В 60G 17/04 / А. Я. Котлобай, Б. А. Луцков, В. Н. Китченко, А. А. Котлобай; заявитель Белорусская государственная политехническая академия. — № u20010124; заявл. 23.05.01; опубл. 30.03.02 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2002. — № 1. — С. 199.
3. Гусеничная машина: пат. 315 Респ. Беларусь, МПК В 60G 17/04 / А. В. Вавилов, А. Я. Котлобай, А. А. Котлобай; заявитель Белорусская государственная политехническая академия. — № u20000178; заявл. 22.11.00; опубл. 30.09.01 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2001. — № 3. — С. 168.
4. Гусеничная машина: пат. 652 Респ. Беларусь, МПК В 60G 17/04 / А. Я. Котлобай, А. А. Котлобай; заявитель Белорусская государственная политехническая академия. — № u20020042; заявл. 08.02.02; опубл. 30.09.02 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2002. — № 3. — С. 217.