

УДК: 629.113

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ  
ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПОДВЕСОК КОЛЕСНЫХ МАШИН

Никонов В.О., Посметьев В.И., Свиридов Д.Л., Бородкин В.О.

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Email: [8888nike8888@mail.ru](mailto:8888nike8888@mail.ru)

**Аннотация:** Рассмотрены состояние и перспективы совершенствования конструкций гидропневматических подвесок транспортных средств. Дано краткое описание появления первых гидропневматических подвесок транспортных средств, их развития, совершенствования и областей применения в настоящее время. Представлен анализ известных конструкций гидропневматических подвесок транспортных средств, на основе которого выявлены присущие им в работе преимущества и недостатки. С целью устранения выявленных недостатков разработана перспективная кинематическая схема и описаны особенности функционирования перспективной гидропневматической подвески транспортного средства.

**Ключевые слова:** гидропневматическая подвеска, транспортное средство, высота подъема кузова, эксплуатационные качества, компактность.

STATE AND PERSPECTIVES OF IMPROVEMENT OF DESIGNS  
OF HYDRO-PNEUMATIC SUSPENSION OF WHEEL MACHINES

Nikonov V.O., Posmetev V.I., Sviridov D.L., Borodkin V.O.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova»

Email: [8888nike8888@mail.ru](mailto:8888nike8888@mail.ru)

**Summary:** The state and prospects of improving the design of hydropneumatic suspensions of vehicles are considered. A brief description is given of the appearance of the first hydropneumatic suspensions of vehicles, their development, improvement and current applications. The analysis of the known constructions of hydropneumatic suspensions of vehicles is presented, on the basis of which the advantages and disadvantages inherent in them are identified. In order to eliminate the identified shortcomings, a promising kinematic scheme was developed and the features of the functioning of a promising hydropneumatic suspension of a vehicle are described.

**Keywords:** hydropneumatic suspension, vehicle, lift height, performance, compactness.

## **Введение**

Крупнейшие автомобилестроительные компании мира непрерывно совершенствуют производимые ими автомобили, стремясь повысить уровень комфорта и безопасность их движения, улучшить скоростные и функциональные качества. Все это, безусловно, отражается на требованиях, предъявляемых к подвескам автомобилей. В настоящее время продолжается совершенствование гидропневматических подвесок (ГПП), которые находят все более широкое применение в системах поддрессирования колесных машин (автомобилей, спецтехники и военной техники). Их использование на колесных машинах считается перспективным, так как они обеспечивают: эффективное гашение колебаний и высокую плавность хода; объединение в одном агрегате демпфирующего и упругого элемента; использование системы управления положением кузова, предусматривающей автоматическое регулирование положением колес и кузова относительно дороги; автоматическую адаптацию характеристик жесткости ГПП под текущие условия движения; получение благоприятной нелинейной характеристики с пониженной жесткостью под статической нагрузкой и ограниченными ходами колес; продолжительный срок службы и увеличенные интервалы обслуживания [1, 2].

Первые ГПП появились в 1930-х годах и применялись на колесных тягачах, отдельно на легковых автомобилях, позднее на грузовых автомобилях, а также на автобусах. В 1954 г. ГПП была применена инженерами французской автомобилестроительной компании Citroen на задней оси автомобиля Traction Avant. Известными конструкциями ГПП этой компании являлись три выпускаемых ими поколения подвесок: Hydractive 1 (1989 г.), устанавливаемые на автомобили Citroen Xantia; Hydractive 2 (1993 г.), устанавливаемые на автомобили Citroen XM; Hydractive 3 (с 2000 г.), устанавливаемые на автомобили Citroen C5, Citroen C5 Crosstourer 2014 г. выпуска. ГПП также применяется на автомобилях выпускаемых такими автомобилестроительными компаниями, как Bentley, Rolls-Royce, Toyota, Mercedes-Benz. Моделями автомобилей, на которые уже в течение многих лет успешно устанавливаются ГПП являются: Audi Q7, Audi A8, Lexus LX570, Lexus LS 460/430, VW Touareg, VW Phaeton, Porsche Cayenne, Mercedes Benz S и другие модели класса люкс. ГПП также нашли применение в конструкциях: самосвалов БЕЛАЗ-540, БЕЛАЗ-548, автопоездах БЕЛАЗ-540В-5271, БЕЛАЗ-578В-5272; танках МВТ-70 (ФРГ), Леопард-1 (Германия), Strv-103 (Швеция); армейском вездеходе УАЗ-452ГП; бронемашин

КАМАЗ-53949 «Тайфун-К», КАМАЗ-63968 «Тайфун-К ТТХ», ВПК-3927 «ВОЛК»; колесном шасси МЗКТ-692250 [3-6].

Разработка и проектирование ГПП является на сегодняшний день актуальным направлением развития современных колесных машин. Все это определяет необходимость работ в данной области, связанных с разработкой новых перспективных компоновочных схемных решений ГПП современных образцов колесных машин.

### Цель исследования

Целью исследования является анализ по доступным отечественным и зарубежным литературным источникам существующих конструкций гидропневматической подвесок колесных машин, и создание на этой основе новой перспективной конструкции.

### Материал и методы исследования

Исследование выполнено на основе изучения патентных материалов по базам данных российских и зарубежных патентных ведомств.

### Результаты исследования и их обсуждение

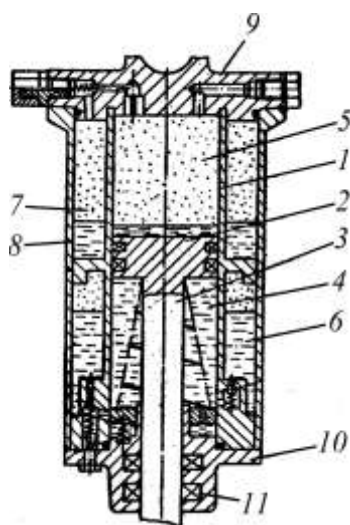


Рисунок 1 – Гидропневматический элемент подвески по а. с. РФ № 1017521

На рисунке 1 приведен гидропневматический элемент подвески со встроенным регулятором кузова транспортного средства, обладающий повышенными виброзащитными свойствами при различной величине его загрузки. Он состоит из гидроцилиндра 1, поршня 2, штока 3, штоковой полости 4, пневматической камеры 5, компенсационной камеры 6, гидропневматической камеры 7, кожуха 8, крышек 9, 10 и уплотнения 11. Недостатком приведенного гидропневматического элемента подвески является наличие дополнительной полости с высоким давлением, что приводит к снижению его надежности и долговечности. Также в этом гидропневматическом элементе не предусмотрена компенсация утечек жидкости из рабочей полости

привода давления [7].

Известна гидропневматическая подвеска транспортного средства, позволяющая контролировать жесткость рессоры, повышать ее энергоемкость, сводить к минимуму вероятность пробоя подвески и повышать его устойчивость на опрокидывания (рис. 2). Она состоит из: гидравлического регулятора 1, тяги 2,

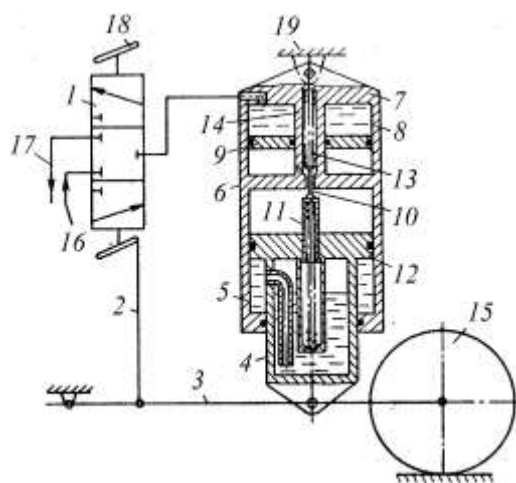


Рисунок 2 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 1207818

балансира 3, штока 4, основного цилиндра 5, рессоры 6, пневмогидравлического аккумулятора 7, дополнительного цилиндра 8, плавающего поршня 9, клапана 10, подпружиненного толкателя 11, поршня 12, пружины 13, направляющей трубки 14, колеса 15, напорной магистрали 16, сливной магистрали 17 и задающего звена 18. Существенными недостатками этой подвески являются ухудшение плавности хода при наезде одним его колесом на препятствие и недостаточная продольная устойчивость автомобиля [8].

Рисунок 2 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 1207818

Интересная конструкция гидропневматической подвески колесного транспортного средства, позволяющая в зависимости от его загрузки изменять свою жесткость, предложена по патенту на изобретение № 485586. Подвеска включает в себя (рис. 3): корпус 1, поршень 2, шток 3, рычаг 4, подпоршневую камеру 5, надпоршневую камеру 6 с разделительной перегородкой 7, газовую полость 8, трубопроводы 9-11, золотниковый распределитель 12, золотник 13, пружину 14 и сливную магистраль 15. Данная конструкция подвески не обеспечивает стабильности ее упругой характеристики и обладает повышенной инерционностью срабатывания [9].

Представляет интерес гидропневматическая подвеска транспортного средства, обеспечивающая стабилизацию упругой характеристики подвески и изменения положения кузова транспортного средства в любых дорожных условиях (рис. 4). Она состоит из: гидравлической секции 1, поршня 2, штока 3, балансира 4, опорного катка 5, гидрозамка 6, крана 7, магистралей 8 высокого и 9 низкого давления, трубопровода 10, клапана 11, гидропневматической секции 12, подвижных перегородок 13, 17, трубопроводов 14, 18, запорного клапана 15, пневмогидроаккумулятора 16, регулятора давления 19,

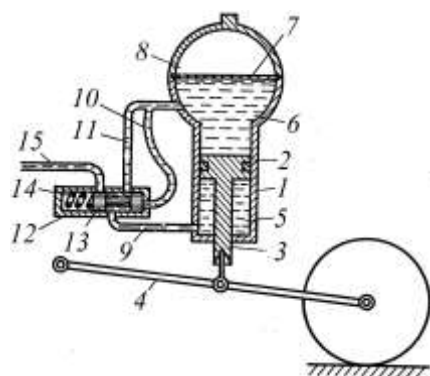


Рисунок 3 – Гидропневматическая подвеска колесного транспортного средства по патенту РФ № 485586

балансира 4, опорного катка 5, гидрозамка 6, крана 7, магистралей 8 высокого и 9 низкого давления, трубопровода 10, клапана 11, гидропневматической секции 12, подвижных перегородок 13, 17, трубопроводов 14, 18, запорного клапана 15, пневмогидроаккумулятора 16, регулятора давления 19,

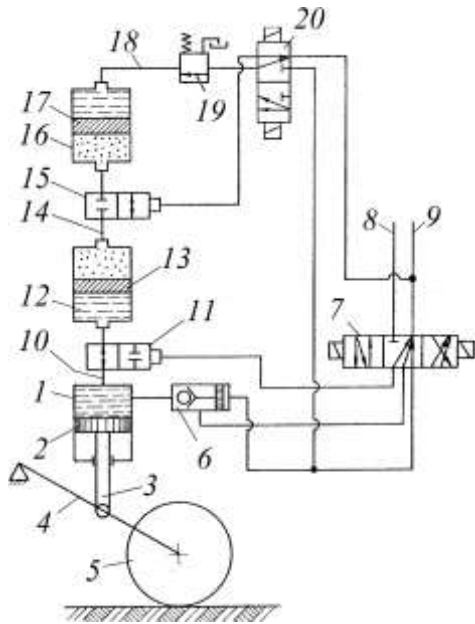


Рисунок 4 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 695853

простую конструкцию и состоит из: телескопических цилиндров 1, 3, цилиндра 2, полости 4, корпуса 5, пневмогидравлических аккумуляторов 6, 7, диафрагм 8, 9, 15, камер 10-12, 16, 18, каналов 13, 17, демпфера 14, клапана 19, золотника 20, напорной 21 и сливной 22 магистралей, штуцеров 23, 24, гидравлического насоса 25, предохранительного клапана 26 и гидробака 27. Недостатком этой подвески является то, что пневмогидравлический аккумулятор работает периодически,

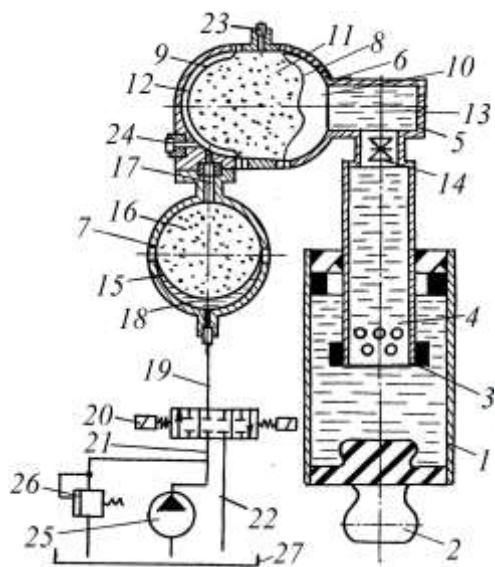


Рисунок 5 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 962035

двухпозиционного крана 20. Этой подвеске свойственно ухудшение плавности хода при наезде одним колесом на препятствие, вследствие повышения жесткости из-за включения в работу пневмогидравлических аккумуляторов вместе с основными упругими элементами и передачи на поддресоренную часть большей динамической нагрузки, в том числе и в условиях, когда на транспортное средство не действуют боковые силы [10].

Типичная конструкция гидропневматической подвески, позволяющая улучшить характеристики подвески и увеличить плавность хода транспортного средства представлена на рисунке 5. Эта подвеска имеет

простую конструкцию и состоит из: телескопических цилиндров 1, 3, цилиндра 2, полости 4, корпуса 5, пневмогидравлических аккумуляторов 6, 7, диафрагм 8, 9, 15, камер 10-12, 16, 18, каналов 13, 17, демпфера 14, клапана 19, золотника 20, напорной 21 и сливной 22 магистралей, штуцеров 23, 24, гидравлического насоса 25, предохранительного клапана 26 и гидробака 27. Недостатком этой подвески является то, что пневмогидравлический аккумулятор работает периодически, диафрагма его совершает рабочий и холостой ход. При этом на холостом ходе отсутствует подача рабочей жидкости в пневмогидравлический аккумулятор, и гидравлический насос работает на слив, что неэкономично [11].

Интересная конструкция гидропневматической подвески транспортного средства приведена на рисунке 6. Она дает возможность без ухудшения устойчивости и управляемости транспортного средства улучшить плавность хода в условиях движения, когда на него не действуют боковые силы, возникающие при переезде через препятствия. Она включает в себя: штанги 1, 8, поршни 2, 9,

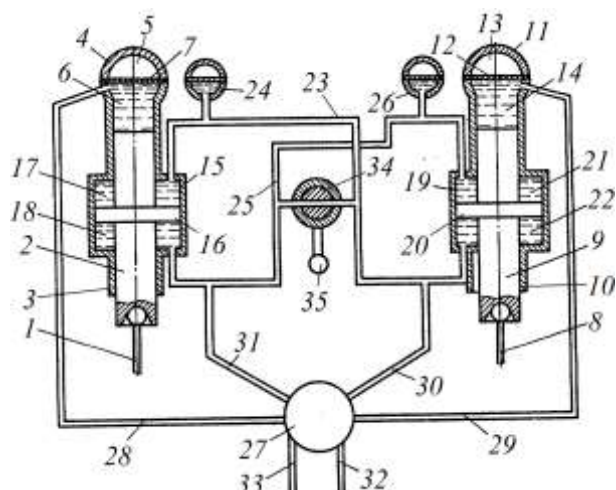


Рисунок 6 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 984898

цилиндры 3, 10, резервуары 4, 11, полости 5, 15, пояски 16, 20, верхние 17, 21 и нижние 18, 22 кольцевые полости, трубопроводы 23, 25, 28-33, пневмогидравлические аккумуляторы 24, 26, гидравлические распределители 27, 34, датчик 35. Несмотря на свою эффективность, данная подвеска имеет ограниченные функциональные возможности, она не может управлять дистанционно положением каждого колеса вне зависимости от его контакта с рабочей поверхностью [12].

Оригинальная конструкция гидропневматической управляемой подвески транспортного средства представлена на рисунке 7. Данная подвеска обеспечивает дистанционное управление расположением по отдельности всех колес

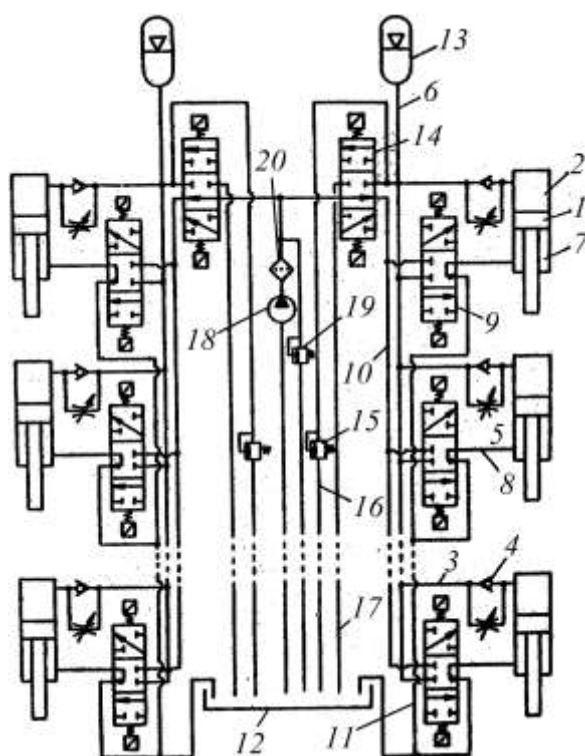


Рисунок 7 – Гидропневматическая управляемая подвеска транспортного средства оп а. с. РФ № 1092957

транспортного средства вне зависимости от наличия его колес контакта с опорной поверхностью. Она включает в себя: гидроцилиндры 1, поршневые полости 2, гидромагистраль 3, 6, 8, 10, 11, обратные клапаны 4, дроссели 5, штоковые полости 7, золотники 9, резервуары 12, пневмогидравлические аккумуляторы 13, золотники 14, предохранительные клапаны 15, 19, источник питания 18 и фильтр 20 [13]. Недостатком такой подвески являются сложность конструкции, и ее ограниченные функциональные возможности, так как демпфирование здесь осуществляется только за счет упругости газа в пневмогидравлических аккумуляторах.

Следующая конструкция гидропневмоэлемента подвески транспортного

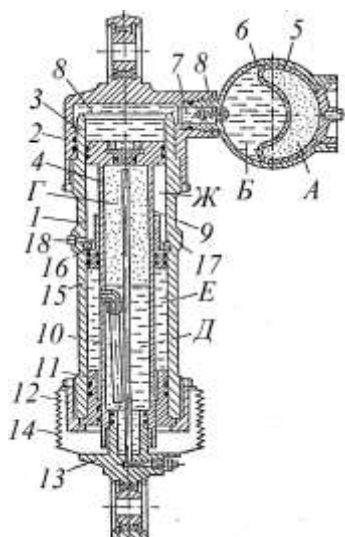


Рисунок 8 – Гидропневмоэлемент подвески транспортного средства по а. с. РФ № 1643200

средства, улучшающего упругую характеристику и эффективность подвески транспортного средства приведена на рисунке 8. Она состоит из: корпуса 1, верхней крышки 2, поршня 3, штока 4, газовой камеры 5, гибкой диафрагмы 6, полостей А, Г с газом под давлением, канала 7, демпфирующего устройства 8, полостей В, Д с жидкостью, камеры 9, соединительного трубопровода 10, проставки 11, крышки 12, пробок 13, 18, уплотнения 14, поршня 15, кольцевого упора 16 и отверстия 17. При всем при этом данная конструкция является слож-

ной, а также относительно дорогой в изготовлении [14].

Отличается оригинальностью конструкция гидропневматической подвески транспортного средства, представленная на рисунке 9. Подвеска позволяет повысить эффективность транспортного средства за счет улучшения упругой характеристики гидропневмоэлемента при выключении функционирования на последнем

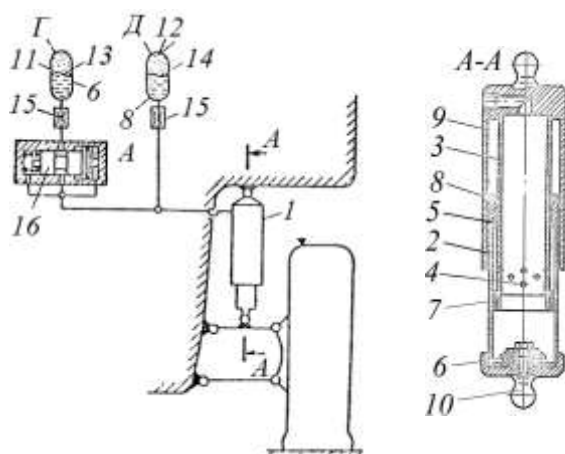


Рисунок 9 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 1705136

этапе хода сжатия основной газовой камеры. Она состоит из гидроцилиндра 1, рабочего цилиндра 2, трубчатого поршня 3, отверстий 4, текстолитовых втулок 5, 7, ограничителя 6, манжеты 8, кожуха 9, шаровых опор 10, газовых камер 11, 12, гибких диафрагм 13, 14, амортизационного устройства 15, полостей А, Б, В. В приведенной подвеске присутствуют два пневмогидравлических аккумулятора, что усложняет конструкцию и делает ее менее надежной [15].

Известна конструкция гидропневматической подвески транспортного средства, обеспечивающая повышение устойчивости транспортного средства против опрокидывания (рис. 10). Она состоит из гидроцилиндров 1, 2, корпусов 3, 8, штоков 4, 9, поршней 5, 10, поршневых полостей 6, 11, штоковых полостей 7, 12, гидромагистралей 13, 16, гидропневмоаккумуляторов 14, 17, гидравличес-

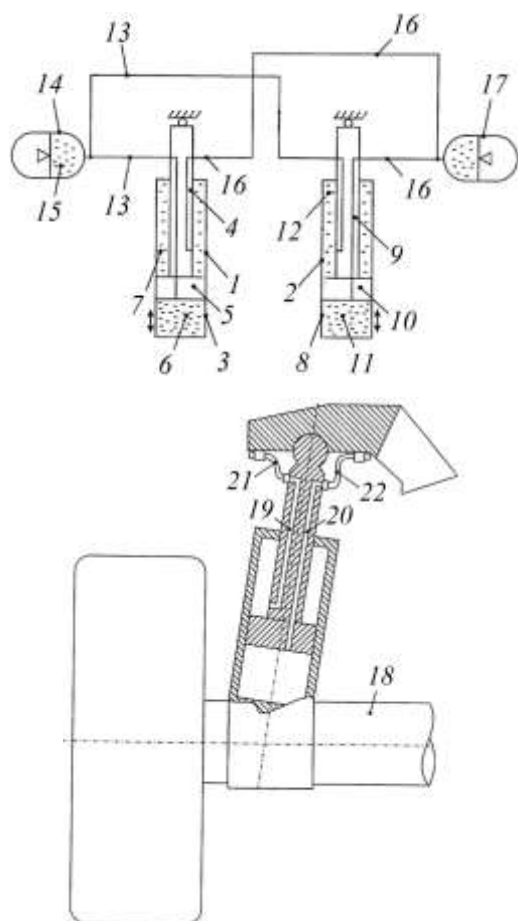


Рисунок 10 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту РФ № 2352474

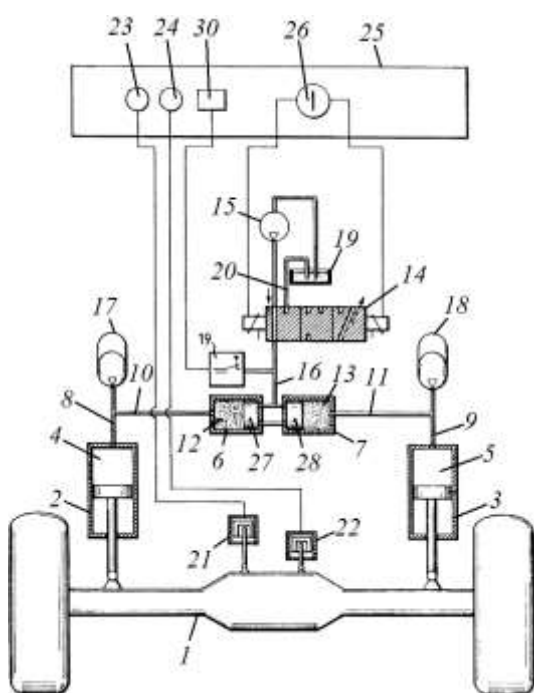


Рисунок 11 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту DE № 3933370

кой полости 15, оси 18, каналов 19, 20, гибких шлангов 21, 22. Основным недостатком этой подвески является ее низкая надежность, обусловленная большими нагрузками, которым неизбежно подвергаются штоки [16].

Отличается оригинальностью гидропневматическая подвеска транспортного средства, которая позволяет в ручном режиме изменять высоту подъема кузова транспортного средства относительно опорной поверхности (рис. 11). Она состоит из: оси 1, цилиндров 2, 3, камер давления 4, 5, корректирующих цилиндров 6, 7, гидрочасти 8-11, 16, поршневых полостей 12, 13, гидрораспределителя 14, насоса 15, пневмогидравлических аккумуляторов 17, 18, гидробака 19, сливной линии 20, датчиков 21, 22, индикаторных устройств 23, 24, приборной панели 25, переключателя 26, поршней 27, 28, реле давления 29 и экрана 30. Однако, существенным недостатком этой зависимой подвески является наличие традиционной оси, ограничивающей проходимость транспортного средства [17].

Представляет интерес гидропневматическая подвеска, позволяющая выборочно изменять высоту подъема кузова относительно колес или осей транспортного средства и распределять нагрузку между ними (рис. 12). Она включает в себя: колесо 1, оси 2, рамы 3, гидравлические цилиндры 4, гидроли-



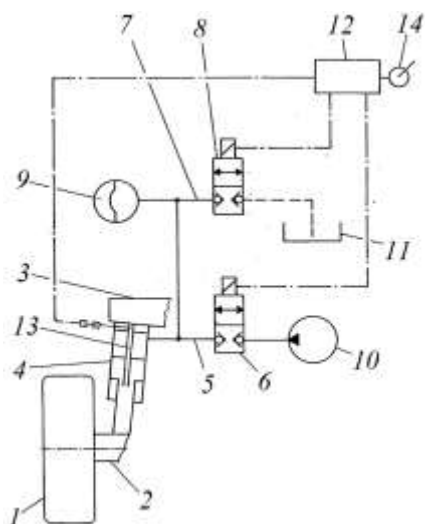


Рисунок 12 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту DE № 4311809

нии 5, 7, двухпозиционные гидравлические клапаны 6, 8, пневмогидравлический аккумулятор 9, гидравлический насос 10, гидробак 11, блок управления 12, преобразователи 13 и регулятор 14. Данная конструкция подвески недостаточно эффективна из-за отсутствия механизмов рекуперации энергии [18].

Более совершенная конструкция гидропневматической подвески транспортного средства приведена на рисунке 13. Она позволяет использовать весь рабочий ход поршня гидравлического цилиндра и таким образом обеспечивает лучшую приспособляемость ходовой части к неровностям дорожной поверхности. Также она обеспечивает снижение веса конструкции, понижение центра тяжести транспортного средства и улучшает сцепление колес с дорогой. Она состоит из: передней 1 и задней 2 осей, пружинных цилиндров 3-6, поршневого штока 7, шарнира 8, штоковой полости 9, поршня 10, поршневых полостей 11, 12, 23, 24, гидравлического трубопровода 13, двухпозиционных гидравлических клапанов 14, 38, 39, 42, гидрораспределителя 15, пнев-

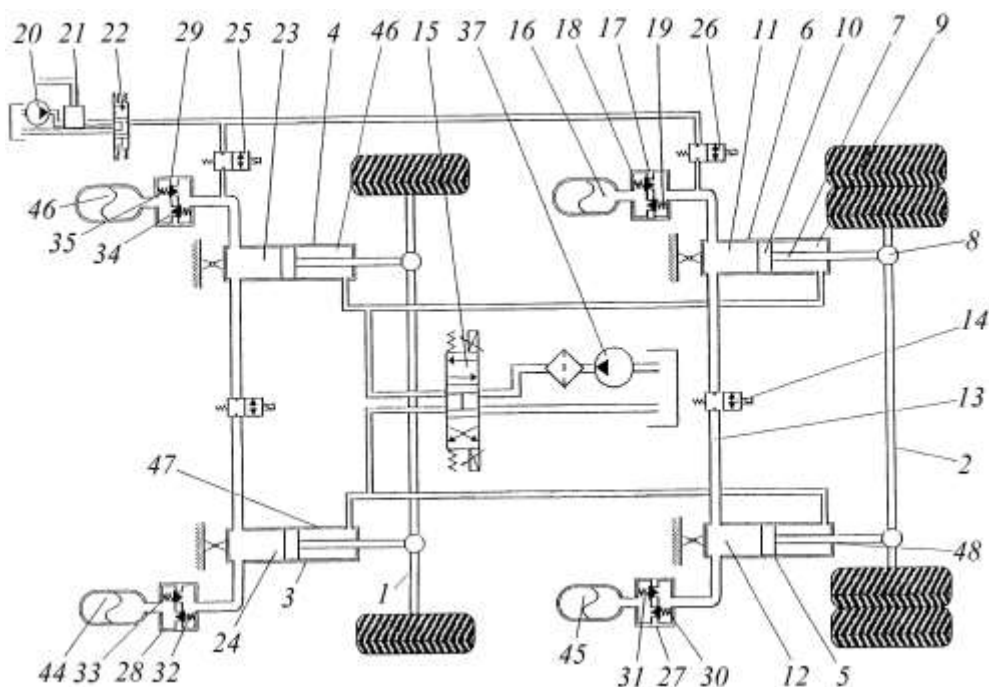


Рисунок 13 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту DE № 2000018597

могидравлического аккумулятора 16, демпферов 17, 27-29, дросселей 18, 19, 30-35, насоса 20, регулируемых клапанов 21, 22, переключаемых клапанов 25, 26, 36 и насоса 37. Существенным недостатком приведенной подвески является невысокая точность регулирования уровня кузова транспортного средства, а также недостаточная долговечность [19].

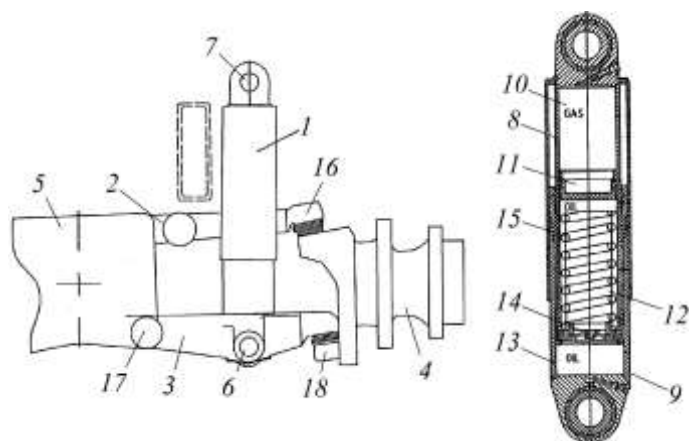


Рисунок 14 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту US № 20040232606

Известна гидропневматическая подвеска транспортного средства, включающая в себя гидропневматический цилиндр и соответствующее ему компенсирующее пружинное средство, которое действует в противодействие силе, создаваемой гидропневматическим цилиндром, когда указанный гидравлический цилиндр полностью выдвинут. Это положительно сказывается

на крене транспортного средства при прохождении им поворота. Она включает в себя (рис. 14): гидропневматический цилиндр 1, верхний рычаг 2, нижний рычаг 3, колесную опору 4, кузов 5, нижнее основание 6, шарнир 7, внутренний цилиндр 8, внешний цилиндр 9, камеру с газом 10, поршень 11, камеру с рабочей жидкостью 12, 13, демпфирующее отверстие 14, компенсационную пружину 15, шарнирные соединения 16-18. Однако данная конструкция подвески обладает пониженной надежностью, так как требует применения сложных уплотнительных устройств подвижных соединений, а также в этой конструкции отсутствует компенсатор утечек рабочей жидкости [20].

Отличается оригинальностью гидропневматическая подвеска транспортного средства, обладающая простой и недорогой в изготовлении конструкцией, а также оптимальной упругой характеристикой гидропневматического элемента. Она состоит из (рис. 15): стойки 1, пневмогидравлического аккумулятора 2, пружинного элемента 3, камеры 4, поршня 5, кольцевой камеры 6, вентиляционного отверстия 7, колеса 8, штока 9, цилиндра 10, гидравлического соединения 11, демпфирующего клапана 12, гидравлической линии 13, разделительного поршня 14, накопительного цилиндра 15, камеры пружины 16, аккумуляторной камеры 17, штока 18, поршня 19, камеры давления 20, цилиндра 21, двухпозиционных

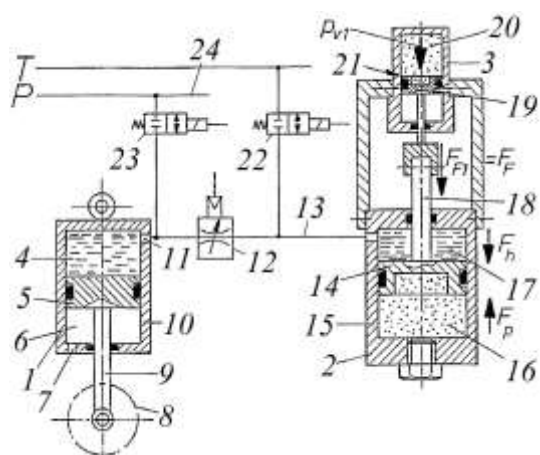


Рисунок 15 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту US № 5624105

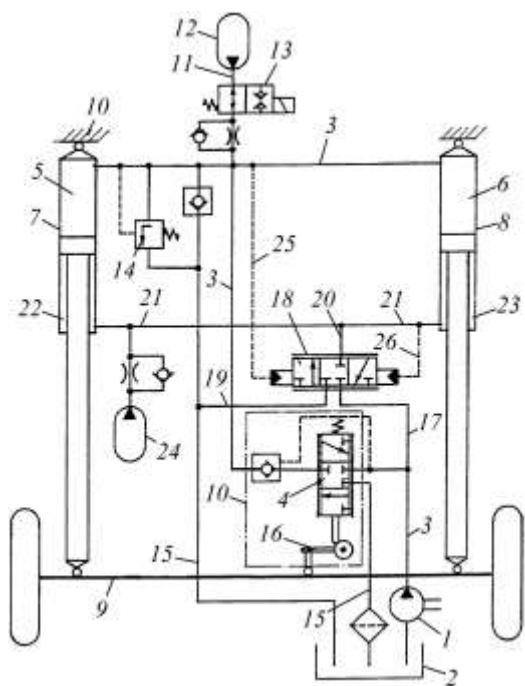


Рисунок 16 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту US № 5338010

клапанов 22-24. При всех достоинствах основным недостатком этой подвески является то, что всякое изменение температуры, объема газа и жидкости в системе гидропневматической подвески приводит к изменению высоты расположения кузова транспортного средства. Для устранения этого недостатка требуется дорогостоящая система подачи и управления жидкостью под высоким давлением [21].

Известна гидропневматическая подвеска транспортного средства адаптированная к различным условиям движения при различной загрузке осей транспортного средства (рис.16). Она включает в себя: насос 1, бак 2, напорную линию 3, клапан контроля уровня 4, поршневые полости 5, 6, гидропневматические цилиндры 7, 8, ось 9, шарнир 10, соединительные линии 11, 17, 19, пневмогидравлические аккумуляторы 12, 24, запорный клапан 13, клапан ограничения давления 14, сливную линию 15, регулятор положения 16, регулирующий вентиль 18, соединительные трубопроводы 20, 21, штоковые полости 22, 23, линии управления 25, 26. Недостатками данной подвески является сложность конструкции и отсутствие системы рекуперации энергии [22].

Представляет интерес гидропневматическая подвеска транспортного средства оборудованная системой управления выравнивания кузова относительно опорной поверхности, обеспечивающая достаточно высокие динамические качества, а также комфортные условия для водителя при движении транспортного средства по плохо обустроенным дорогам (рис. 17). Она состоит из: опорных узлов 1, колес 2, цилиндров 3, поршней 4, штоков 5, отверстий 6, пневмогидравлических аккумуляторов 7, камер сжатого воздуха 8, регулируе-

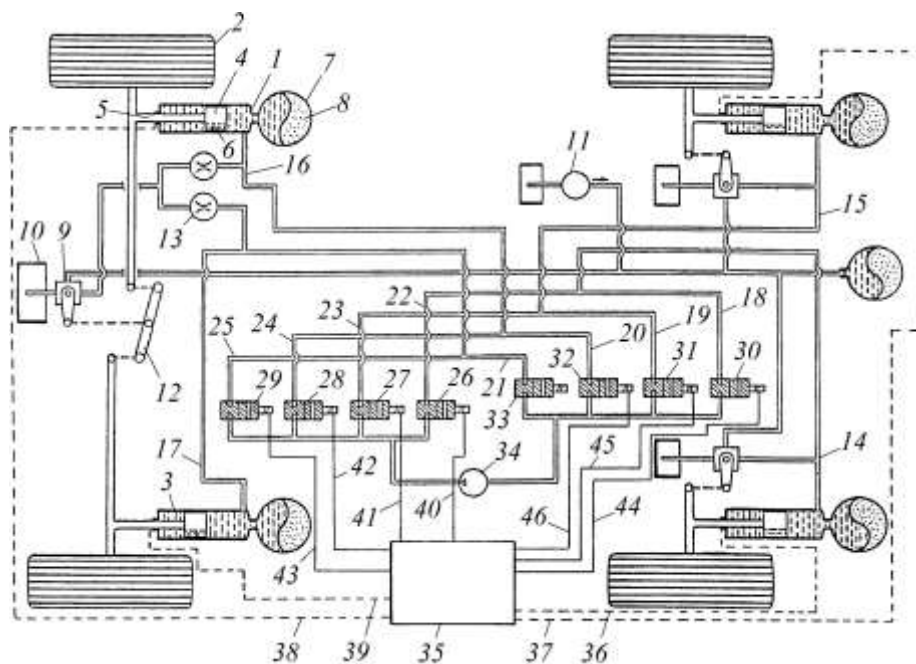


Рисунок 17 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту US № 5116077

мых клапанов 9, баков 10, насосов 11, 34, вилок 12, дросселей 13, гидрوليний 14-25, запорных клапанов 26-33, компьютерного блока управления 35, сигнальных линий 36-39, линий управления 40-46. К недостаткам такой конструкции относится ее сложность и не высокая надежность из-за наличия многочисленных гидравлических элементов [23].

Известна гидропневматическая подвеска транспортного средства, оснащенная регулятором жесткости, обеспечивающим необходимую поперечную устойчивость транспортного средства на поворотах, продольную устойчивость при высоких ускорениях и замедлениях, а также эффективное гашение колеба-

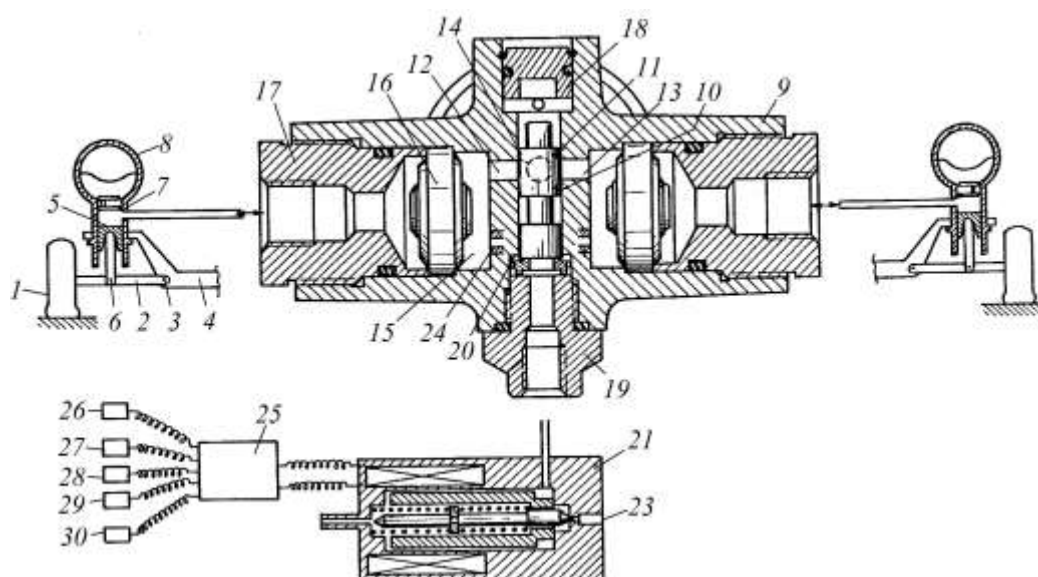


Рисунок 18 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту US № 4773672

ний при наезде транспортного средства на неровности дорожного покрытия (рис. 18). Она состоит из: колес 1, рычагов 2, шарниров 3, 6, поперечин 4, поршней 5, цилиндров 7, пневмогидравлических аккумуляторов 8, корпуса 9, отверстий 10, 12-14, золотника 11, полости 15, демпфирующего устройства 16, соединительной втулки 17, заглушки 18, стопорного соединения 19, полости 20, электромагнитного клапана 21, источников высокого давления 22, 23, посадочного места 24, электронного процессора 38, датчиков 26 – углового положения рулевого колеса, 27 – ускорения, 28 – замедления, 29 – скорости транспортного средства, 30 – отклонения амплитуды и скорости колес. Основными недостатками гидропневматической подвески являются зависимость динамических качеств от температуры окружающей среды, а также отсутствие рекуперативных устройств и компенсатора утечек рабочей жидкости [24].

Также представляет интерес гидропневматическая подвеска, позволяющая поддерживать высоту транспортного средства на определенной высоте, а также выравнивать с высокой точностью транспортное средство при его неравномерной загрузке (рис. 19). Оно состоит из: колес 1, элементов подвески 2, узлов подвески 3, стабилизатора поперечной устойчивости 4, рычага 5, шатуна 6, шарнирного пальца 7, выравнивающего устройства 8, кулачкового вала 9, трубопроводов 10, 13, сливной трубы 11, соединительного блока 12, пневмогидравлического аккумулятора 14, разгрузочного клапана 15, насоса 16, гидробака 17. Существенным недостатком этой гидропневматической подвески является отсутствие возможности полноценного автоматического управления гидроприводом при движении транспортного средства по неровностям дороги [25].

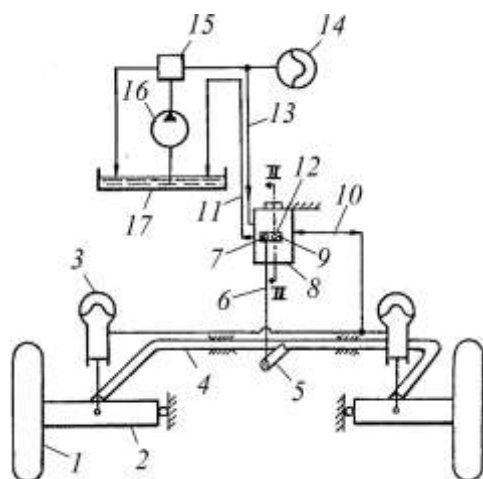


Рисунок 19 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту US № 4377299

Известна гидропневматическая подвеска транспортного средства со спиральными пружинами, выполняющими функции возвратных накачивающих устройств гидропневматических цилиндров. Она состоит из (рис. 20): рамы 1, точек сочленения 2, 3, осей шарниров 4, 5, колес транспортного средства 6, 7, гидропневматических пружинных элементов 8, 9, спиральных пружин 10, 11, левого 12 и правого 13 вспомогательных цилиндров, штоков 14, 15, вилок 16, 17,

Источники: [24] – Патент US № 4377299; [25] – Патент US № 4377299.

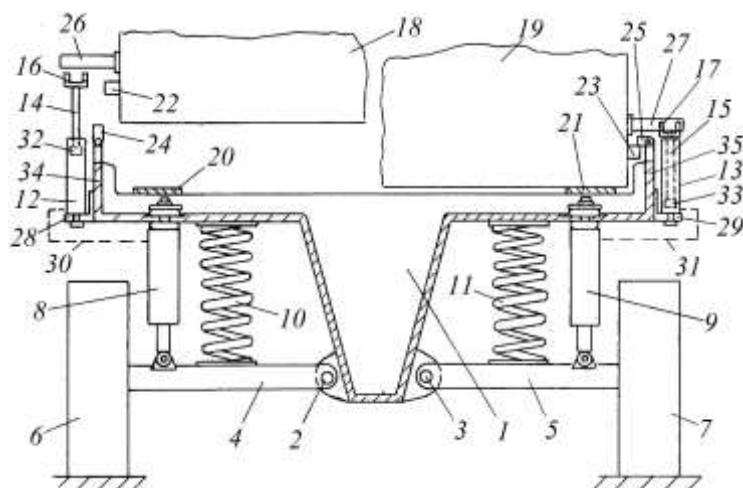


Рисунок 20 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту US № 4278272

нагрузочных блоков 18, 19, нагрузочных пластин 20, 21, выступов 22, 23, стопорных устройств 24, 25, штифтов 26, 27, фланцев 28, 29, трубопроводов 30, 31, поршней 32, 33, боковых элементов 34, 35. Недостатками этой конструкции подвески являются низкие функциональные возможности из-за пониженной устойчивости транспортного средства от

опрокидывания во время движения по дороге с неровным покрытием, на поворотах и при маневрах, а также сложность при ее компоновании на раме транспортного средства [26].

Выполненный анализ существующих конструктивных решений гидропневматических подвесок транспортных средств позволил выделить присущие им основные недостатки, среди которых основными являются: ограниченные функциональные возможности; низкая надежность; большие габариты, масса; сложность при ее компоновании на раме транспортного средства; повышенная дороговизна в изготовлении; отсутствие механизмов рекуперации и устройства для компенсации утечек рабочей жидкости; неудовлетворительная плавность хода и продольная устойчивость транспортного средства; отсутствие оптимальной и стабильной упругой характеристики подвески, возможности изменения дистанционно и в ручном режиме дорожного просвета. В этой связи авторами были предложены две перспективные конструкции гидропневматических подвесок.

Одна из них приведена на рисунке 21. Ее особенностью является: компактность, так как ее размеры значительно меньше традиционных подвесок. Конструкция подвески также позволяет поддерживать величину дорожного просвета постоянной, независимо от загрузки транспортного средства, что улучшает его проходимость, плавность хода и управляемость на недостаточно обустроенных дорогах. Конструкция этой подвески включает в себя: колесо 1, гидравлический двигатель 2, направляющую стойку 3, кронштейн 4, раму 5 подвески, раму 6 транспортного средства, пневмоцилиндр 7, поршень 8, гидроцилиндр 9, шток 10, буфер сжатия 11, радиальный 12 и два радиально-упорных 13 подшипников

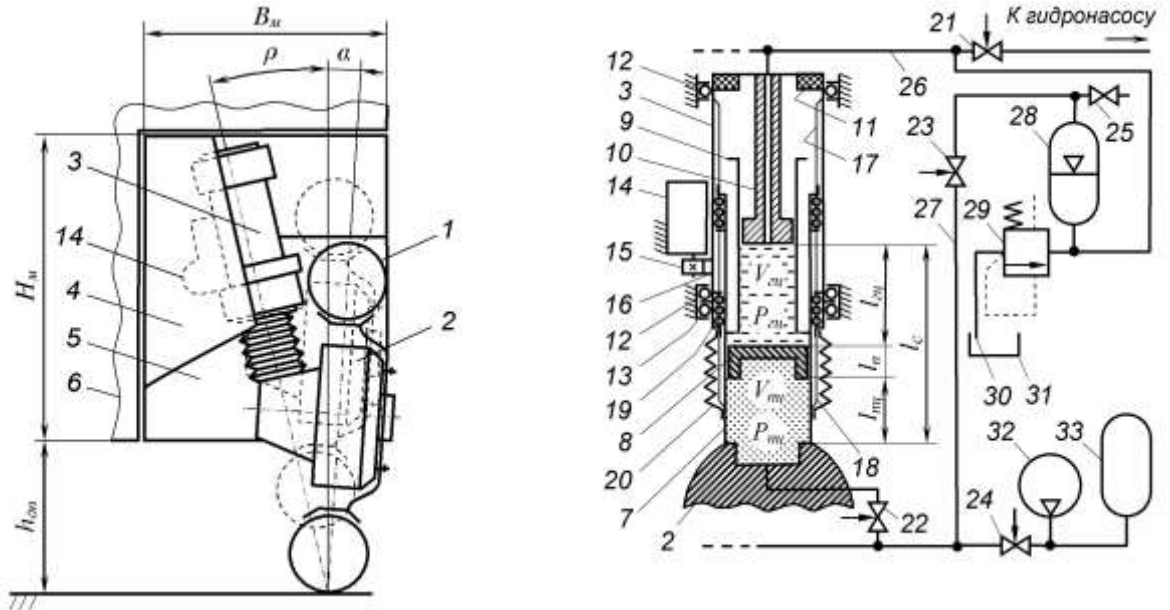


Рисунок 21 – Гидропневматическая подвеска транспортного средства по патенту РФ № 2682943

качения, шаговый гидродвигатель 14, шестерню 15, зубчатый сектор 16, внутренние 17 и внешние 18 шлицы, шарики 19, гофрированный кожух 20, управляемый дистанционно вентиль 21, вентили 22-25, гидромагистраль 26, пневмомагистраль 27, пневмогидравлический аккумулятор 28, предохранительный клапан 29, сливной трубопровод 30 и бак 31 [27-29].

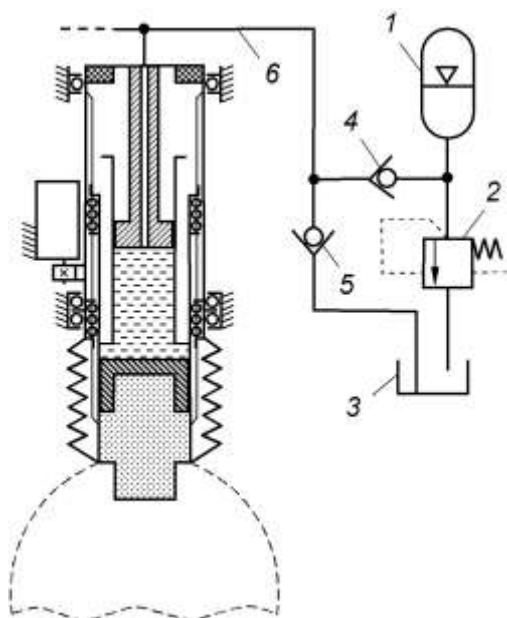


Рисунок 22 – Предлагаемая перспективная конструкция гидропневматической подвески транспортного средства

С целью устранения основного недостатка большинства типов гидропневматических подвесок – неизбежных утечек рабочей жидкости через уплотнения и соединения элементов их гидросистем, была разработана конструкция гидропневматической управляемой независимой подвески колесного модуля транспортного средства с компенсатором утечек рабочей жидкости (рис. 22). Она включает в себя пневмогидравлический аккумулятор 1, компенсационный бачок 3 с рабочей жидкостью, обратные клапаны 4, 5, предохранительный клапан 2, гидромагистраль 6. При работе гидропневматической подвески, периодически накапливающаяся

за счет насосного эффекта гидропневмоэлемента и обратного клапана 4 избыточная рабочая жидкость, поднимает давление в пневмогидравлическом аккумуляторе 1 сверх установленного, что приводит к автоматическому срабатыванию предохранительного клапана 2 и возвращению этой жидкости в компенсационный бачок 3. Аналогично обеспечивается автоматическое поддержание заданного давления в гидромагистрали 6 при температурном расширении рабочей жидкости. Конструкция гидропневматической подвески позволяет повысить ее надежность за счет автоматического поддержания заданного давления в гидропневмоэлементе, независимо от естественных утечек рабочей жидкости и влияния температурных воздействий внешней среды. Кроме этого компенсатор утечек рабочей жидкости может одновременно выполнять и роль рекуперативного устройства, что также повышает эффективность такой подвески.

### **Выводы**

Отечественными и зарубежными разработчиками автотранспортных средств предложено большое количество оригинальных конструкций гидропневматических подвесок, обладающих в целом приемлемыми характеристиками. В тоже время по таким эксплуатационным показателям как оптимальная силовая характеристика, компактность, надежность, энергосбережение, простота изготовления и обслуживания все еще не соответствуют в полной мере современным требованиям.

Авторами предложены несколько перспективных конструкций гидропневматических управляемых независимых подвесок колесного модуля транспортного средства с компенсатором утечек рабочей жидкости, которые обладают следующими преимуществами по сравнению с традиционными конструкциями подвесок: возможности комплектовать транспортные средства различной грузоподъемности и конфигурации и сокращения, таким образом, номенклатуры парка машин; изменения дорожного просвета в широких пределах, что обеспечивает повышение проходимости, поперечной устойчивости и плавности хода при движении транспортного средства на дорогах низкого качества; увеличенных углов поворота, а также возможности управления всеми колесами, что улучшает маневренность транспортного средства в стесненных условиях и при движении по дорогам низкого качества; компактности конструкции, сочетающей в себе независимую подвеску, гидропривод, тормоз и механизм поворота колеса, что позволяет полезно использовать межколесное пространство, понизить центр тяжести груженого транспортного средства и таким образом повысить его поперечную



устойчивость; повышения надежности гидропривода подвески за счет компенсатора утечек рабочей жидкости, а также транспортного средства в целом, благодаря автономности и взаимозаменяемости подвесок, а также исключению поломок от «заякоривания» плоского днища рамы транспортного средства о препятствия на лесовозных дорогах; снижения металлоемкости и массы транспортного средства благодаря совмещению функций рамы и кузова.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Осипов, А. Г. Совершенствование гидропневматических подвесок гусеничных и колесных машин [Текст] / А. Г. Осипов // Вестник ИрГТУ, № 4 (111), 2016. – С. 40-46.

2 Свиньяков, Д. С. Особенности применения гидропневматической подвески на боевых машинах [Текст] / Д. С. Свиньяков, Г. Н. Толстухин // Электронный научный журнал, № 7 (10), 2016. – С. 365-369.

3 Гидропневматическая подвеска [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://systemsauto.ru/pendant/hydroactive.html> – Загл. с экрана.

4 Устройство и принцип работы гидропневматической подвески Hydractive [Электронный ресурс]. Режим доступа : [techautoport.ru/hodovaya-chast/podveska/gidropnevmaticheskaja-hydractive.html](http://techautoport.ru/hodovaya-chast/podveska/gidropnevmaticheskaja-hydractive.html). – Загл. с экрана.

5 Ходовая часть зарубежных танков [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.uhlib.ru/transport\\_i\\_aviacija/tehnika\\_i\\_vooruzhenie\\_2010\\_05/p10.php](http://www.uhlib.ru/transport_i_aviacija/tehnika_i_vooruzhenie_2010_05/p10.php) – Загл. с экрана.

6 Бронеавтомобиль КАМАЗ-63968 Тайфун-К ТТХ [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://oruzhie.info/bronetekhnika/699-tajfun-k> – Загл. с экрана.

7 А. с.1017521, МПК В60G 17/04. Гидропневматический элемент подвески со встроенным регулятором уровня кузова транспортного средства [Текст] / В. О. Гокк, В. В. Харин, В. Ф. Ажмегов, Ю. Л. Ковалев (СССР) ; заявитель : Курганский машиностроительный институт. – № 3395790/27-11 ; заявл. 17.02.82 ; опубл. 15.05.83, Бюл. № 18.

8 А. с. 1207818, МПК В60G 17/04. Подвеска транспортного средства [Текст] / И. М. Рябов, В. В. Новиков (СССР) ; заявитель : Волгоградский орден Трудового Красного Знамени политехнический институт. – № 3630166/27-11 ; заявл. 09.08.83 ; опубл. 30.01.86, Бюл. № 4.

9 Патент на изобретение № 485586, МПК В60G 17/04. Гидропневматическая подвеска колесного транспортного средства [Текст] / Рене Капгра (Франция) ; заявитель : Виттейкер Корпорейшн (США). – № 1229636/27-11 ; заявл. 29.03.68 ; опубл. 16.01.76, Бюл. № 35.

10 А. с. 695853, МПК В60G 17/04. Гидропневматическая подвеска транспортного средства [Текст] / В. Ф. Юдкин, Л. Н. Тимина, Г. И. Рыжков, В. А. Коробкин (СССР). – № 2123608/27-11 ; заявл. 15.04.75 ; опубл. 05.11.79, Бюл. № 41.

11 А. с. 962035, МПК В60G 17/04. Гидропневматическая подвеска транспортного средства [Текст] / В. П. Дроздов, А. Г. Семенов (СССР) ; заявитель : Ленинградский ордена Ленина политехнический институт им. М. И. Калинина. – № 3266835/27-11 ; заявл. 30.03.81 ; опубл. 30.09.82, Бюл. № 36.

12 А. с. 984898, МПК В60G 21/06. Гидропневматическая подвеска автомобиля [Текст] / В. А. Парфенов (СССР). – № 2576082/27-11 ; заявл. 06.02.72 ; опубл. 30.12.82, Бюл. № 48.

13 А. с. 1092057, МПК В60G 21/06. Гидропневматическая управляемая подвеска транспортного средства [Текст] / О. П. Бусов, Ю. Н. Смирнов (СССР). – № 3232726/11 ; заявл. 27.01.83 ; опубл. 15.05.84, Бюл. № 18.

14 А. с. 1643200, МПК В60G 11/26, F16F 5/00. Гидропневмоэлемент подвески транспортного средства [Текст] / М. А. Ларионов, В. Н. Шалягин (СССР) ; заявитель : Центральное опытное проектно-конструкторское бюро Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства. – № 4670682/11 ; заявл. 31.03.89 ; опубл. 23.04.91, Бюл. № 15.

15 А. с. 1705136, МПК В60G 11/00. Гидропневматическая подвеска транспортного средства [Текст] / М. А. Ларионов, В. Н. Шарагин (СССР) ; заявитель : Центральное опытное проектно-конструкторское бюро Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства. – № 4692822/11 ; заявл. 18.05.89 ; опубл. 15.01.92, Бюл. № 2.

16 Патент на изобретение 2352474 РФ, МПК В60G 17/04. Гидропневматическая подвеска транспортного средства [Текст] / О. А. Смирнов, В. И. Чубаров (РФ) ; Заявитель : Общество с ограниченной ответственностью Научно-исследовательский институт стреловых кранов. – № 2007136613/11 ; заявл. 03.10.2007 ; опубл. 20.04.2009, Бюл. № 11.

17 Patent for invention DE 3933370, Int. Cl. B60G 17/033, B60G 17/04. Compensated hydropneumatic axle suspension on heavy goods vehicle-gives load indications derived from proximity switches on axle damped by oil-driven free piston movement [Text] / Zenglein Egon ; applicant and patent holder O & K Orenstein & Koppel AG. – № 3933370 ; declare 06.10.1989 ; publ. 18.04.1991.

18 Patent for invention DE 4311809, Int. Cl. B60G 17/04. Hydropneumatic axle suspension for vehicles [Text] / Beyer Manfred, Dickmann Horst Dipling, Sprave Klaus ; applicant and patent holder Mannesmann AG. – № 4311809 ; declare 05.04.1993 ; publ. 13.10.1994.

19 Patent for invention DE WO2000018597, Int. Cl. B60G 17/04. Hydropneumatic suspension system [Text] / Elser Dieter, Braun Andreas, Heint Schel,

Manfied, Zeitz, Wolfgang (DE) ; applicant and patent holder ZF Lenksysteme GmbH. – № PCT/EP 1999007073 ; declare 23.09.1999 ; publ. 06.04.2000.

20 Patent for invention US 20040232606, Int. Cl. F16F 5/00. Hydro-pneumatic suspension system [Text] / Sean Timoney, James Anderson ; applicant and patent holder Technology Investments Ltd. – № 10883774 ; declare 06.07.2004 ; publ. 25.11.2004.

21 Patent for invention US 5624105, Int. Cl. B60G 17/04. Hydropneumatic suspension system [Text] / Walter Runkel ; applicant and patent holder Hemscheidt Fahrwerktechnik GmbH. – № 416778 ; declare 11.10.1993 ; publ. 29.04.1997.

22 Patent for invention US 5338010, Int. Cl. B60G 17/04. Hydropneumatic vehicle suspension [Text] / Haupt Josef ; applicant and patent holder Zahnradfabrik Friedrichshafen AG. – № 7960444 ; declare 22.12.1992 ; publ. 16.08.1994.

23 Patent for invention US 5116077, Int. Cl. B60G 11/26. Hydropneumatic suspension system [Text] / Dean C. Karnopp, Dietrich Sahn, Walter Klinkner, Dieter V. Scarpatetti ; applicant and patent holder Mercedes-Benz AG. – № 610141 ; declare 07.11.1990 ; publ. 26.05.1992.

24 Patent for invention US 4773672, Int. Cl. B60G 11/26. Hydropneumatic suspension for motor vehicles [Text] / Gabriel Deroche ; applicant and patent holder Automobiles Peugeot, Automobiles Citroen. – № 64327 ; declare 19.06.1987 ; publ. 27.09.1988.

25 Patent for invention US 4377299, Int. Cl. B60G 11/26. Autoleveling device for a vehicle with a hydro-pneumatic suspension [Text] / Masayuki Fujii ; applicant and patent holder Nissan Motor. – № 94573 ; declare 15.11.1979 ; publ. 22.03.1983.

26 Patent for invention US 4278272, Int. Cl. B60G 11/26. Hydropneumatic spring suspension device for vehicles [Text] / Heinz Leibelng ; applicant and patent holder Boge GmbH. – № 81560 ; declare 03.10.1979 ; publ. 14.07.1981.

27 Патент на изобретение № 2682943 РФ, МПК В60G 17/04. Гидропневматическая независимая подвеска колесного модуля транспортного средства [Текст] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. А. Иванников, Л. Т. Свиридов ; заявитель ФГБОУ ВО ВГЛТУ имени Г. Ф. Морозова. – № 2017136700 ; заявл. 17.10.2017 ; опубл. 22.03.2019.

28 Посметьев, В. И. Обоснование схемы лесовозного автомобиля, оснащенного перспективной конструкцией колесного модуля с гидроприводом [Текст] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 3 (58). – С. 27-34.

29 Посметьев, В. И. Перспективная конструкция гидравлического колесного модуля независимой подвески для автомобилей [Текст] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов // Строительные и дорожные машины. – 2017. – № 9. – С. 28-33.