

УДК: 629.027

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ
ТОРСИОННЫХ ПОДВЕСОК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Никонов В.О., Посметьев В.И., Сизьмин И.В., Бородкин В.О.

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

Email: 8888nike8888@mail.ru

Аннотация: Приведено краткое описание области применения торсионных подвесок транспортных средств в различные периоды времени. Представлен анализ известных конструкций торсионных 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 независимой трубчатой торсионной подвески транспортного средства.

Ключевые слова: независимая подвеска, торсион, трубчатая конструкция, транспортное средство, автомобиль, эксплуатационные качества, компактность, межколесное пространство.

ANALYSIS OF THE STRUCTURAL FEATURES
OF TORSION SUSPENSIONS OF VEHICLES

Nikonov V.O., Posmetev V.I., Sizmin I.V., Borodkin V.O.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova»

Email: 8888nike8888@mail.ru

Summary: A brief description of the scope of torsion bar suspensions of vehicles at various time periods is given. An analysis of the known designs of torsion bar 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 operation of an independent tubular torsion suspension of a vehicle are described.

Keywords: independent suspension, torsion bar, tubular structure, vehicle, car, performance, compactness, cross-axle space.

Введение

В автомобилестроении конструкция подвески определяет такие важные эксплуатационные качества автомобиля, как плавность хода, устойчивость и управляемость. Это обстоятельство вынуждает ведущих мировых автопроизводителей уделять более серьезное внимание вопросам совершенствования их конструкций. В современных автомобилях встречается множество видов подвесок – пружинные, рессорные, пневматические и прочие. Но из них все большую популярность приобретают торсионные подвески [1, 2].

Впервые конструкцию торсионной подвески начали использовать во Франции в 1934 г. на автомобиле Citroen Traction Avant. В это же время немецкие специалисты стали устанавливать торсионно-рычажную подвеску на автомобиль Volkswagen Beetle. Автомобилестроительная компания Chrysler также приступила к использованию торсионов в подвесках выпускаемых ими автомобилей. В Советском Союзе установку торсионных подвесок осуществляли на автомобили ЗИЛ, ЛУАЗ, Запорожец. Автомобилестроительная компания Ferdinand Porsche в 1938 г. начала массовое использование торсионной подвески, разработанной чешским профессором, изобретателем Ледвинком на автомобиле KdF-Wagen. Также торсионная подвеска широко применялась во времена Второй Мировой войны на немецких («Пантера», «Тигр» и др.), советских («КВ», «Т-44» и др.) танках, бронетранспортерах и на автомобильной военной технике. В 1961 г. впервые в конструкции передней подвески автомобиля Jaguar E-Туре был применен торсион. Компактная, долговечная, обладающая небольшой массой, легкая в ремонте и обслуживании, обеспечивающая высокую плавность хода и управляемость автомобиля торсионная подвеска нашла применение в таких автомобилях, как Ferrari F2001, Toyota Land Cruiser, МАЗ-547. В настоящее время в конструкциях выпускаемых грузовых и внедорожных автомобилей торсионные подвески используют такие производители, как Ford, Dodge, General Motors, Mitsubishi. Так, Mitsubishi Pajero до сих пор производится с торсионной подвеской. Практически все крупные американские внедорожники имеют в качестве пружинного элемента торсионы. Некоторые спортивные автомобили оснащаются независимой торсионной подвеской, повышающей управляемость на высоких скоростях. Так, торсионы устанавливаются на автомобили брендов SMA, Lifan и Samand. Кроме этого, торсионная подвеска стоит на Peugeot 405, Citroen Xsara, Peugeot 405, Peugeot Partner, Citroen Xsara, Citroen AX, Citroen Berlingo, Peugeot 306, Peugeot 206, Citroen Xsara Picasso и ряде дру-

гих моделей. При этом с каждым годом к этой группе подключается все новые и новые марки автомобилей [3-6].

Изобретатели и конструкторы во всем мире прилагают большие усилия для усовершенствования торсионной подвески и устранения ее таких недостатков, как трудоемкая технология изготовления и обработки торсионов, обеспечивающие их необходимые физико-механические свойства, относительная дороговизна в производстве. В процессе совершенствования используется современное оборудование и уникальные компьютерные технологии. По заявлению некоторых специалистов в ближайшее время торсионная подвеска сможет доминировать по популярности среди других типов.

Цель исследования

Целью исследования является анализ по доступным отечественным и зарубежным литературным источникам существующих конструкций торсионных подвесок, 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

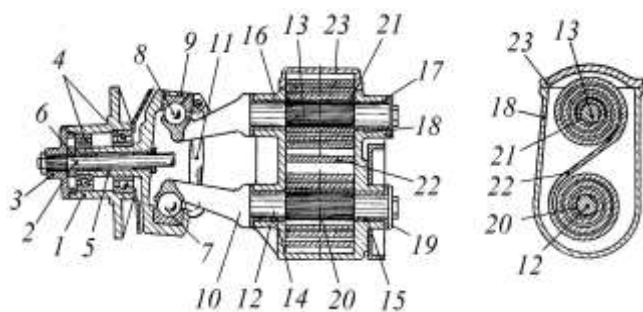


Рисунок 1 – Торсионная подвеска транспортного средства по патенту США № 2099312

На рисунке 1 приведена торсионная подвеска транспортного средства, включающая поддерживающие рычаги, соединенные одними концами со ступицей колеса 1, а другими с пружинным механизмом. Пружинный механизм состоит из заменяемых изгибающихся спиральных пружин, выполненных из пластин, установленных в корпусе 18. Также торсионная подвеска включает в себя:

ведущий вал 2, соединительный элемент 3, шарикоподшипник 4, полу втулку 5, гайку 6, шаровые 7, 8, опорные рычаги 9, 10, шатун 11, валы 12, 13, втулки 14-17, диск 19, рулевой рычаг 20, секцию канала 21, ушко гибкой пружины 22 и крышку 23. Недостатком приведенной подвески является низкая долговечность, ограничиваемая повышенными контактными напряжениями в изгибающейся спиральной пружине. Уровень контактных напряжений определяется их распределением по площадкам контакта и величи-

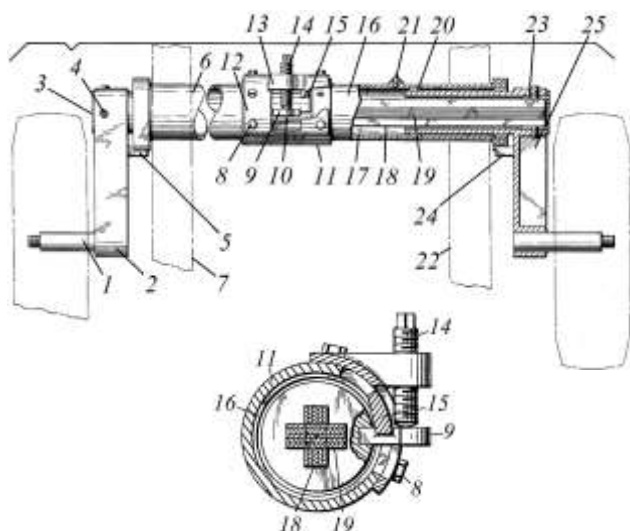


Рисунок 2 – Торсионная подвеска транспортного средства по патенту США № 3207497

минимальной длине сборных элементов торсионной пружины (рис. 2). Она состоит из осей колес 1, колесных рычагов 2, 25, крышки 3, винтов 4, 14, 8, ушек 5, 24, коаксиальных труб 6, 16, элементов рамы 7, 22, блокировочной пластины 9, стопорного кольца 10, цилиндрического элемента корпуса 11, полуцилиндрической крышки 12, кронштейна 13, направляющей планки 15, торсионных пластин 17-19, втулки 20, смазочного ниппеля 21, элемента рамы 22, стопорного кольца 23, колесных рычагов 25. В этой подвеске пластины торсиона в местах заделки испытывают большие контактные напряжения, подвергаются износу и получают значительные повреждения, которые являются основной причиной возникновения концентраторов напряжений и одним из факторов, обуславливающих раннее

разрушение подвески [8].

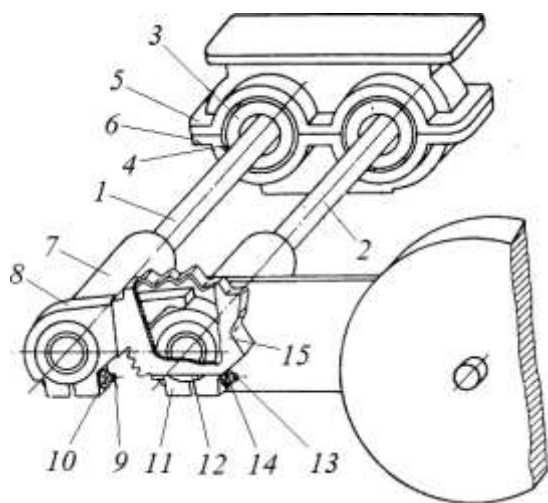


Рисунок 3 – Торсионная подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 515668

Интересная конструкция торсионной подвески транспортного средства предложена по А. с. 515668. Она позволяет получить нелинейную упругую характеристику подвески, уменьшить ее износ и улучшить регулирование. Подвеска включает в себя (рис. 3): передний 1 и задний 2 торсионы, зубчатые колеса 3, втулки 4, корпуса 5, крышки 6, втулки 7, рычаг 8, болты 9 и 13, гайки 10 и 14, кулачок 11, трубы 12 и чехол 15. При наезде

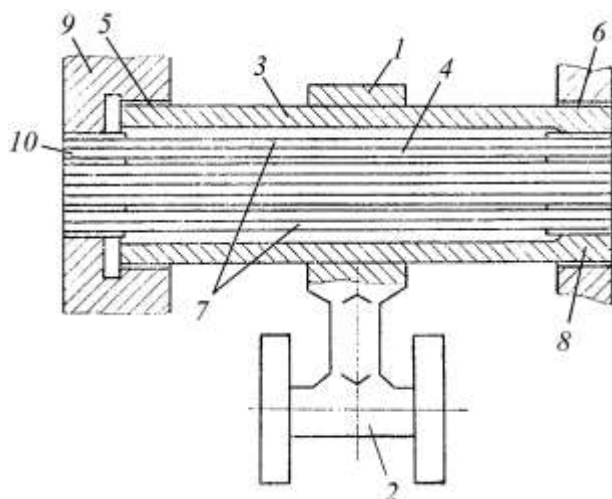


Рисунок 4 – Подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 604708

колеса транспортного средства на неровность дороги труба 12 рычага подвески, несущего колесо, поворачиваясь относительно оси заднего торсиона 2 закручивает торсионы навстречу друг другу. Существенным недостатком этого устройства является наличие дополнительного кулачкового механизма, усложняющего конструкцию и увеличивающего сопротивление взаимному повороту торсионных валов [9].

Представляет интерес подвеска транспортного средства, обладающая высокой долговечностью за счет установки между пластинами торсиона и ступенчатыми обоймами накладок из материалов повышенной твердости, позволяющими равномерно распределять контактные напряжения в пластинах торсиона. Она состоит из (рис. 4): балансира 1, катка 2, трубы 3, корпуса 4, подшипников скольжения 5 и 6, пластин 7, ступенчатых обойм 8, 9 и накладки 10. При наезде транспортного средства на препятствие балансир 1 поднимается, поворачивая трубу 3 в подшипниках 5 и 6. Пакет пластин 7, упруго деформируясь, стремится вернуть балансир 1 в исходное состояние. Данная конструкция подвески имеет сложную конструкцию и низкую ремонтпригодность [10].

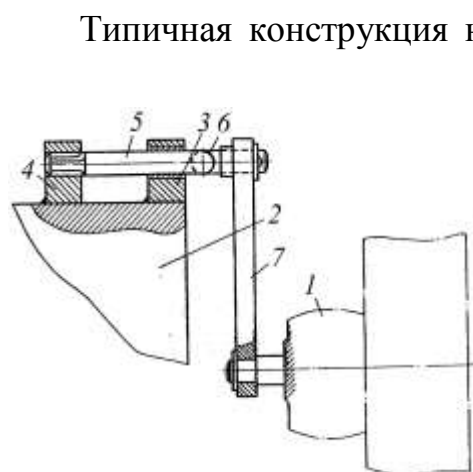


Рисунок 5 – Независимая торсионная подвеска заднего моста транспортного средства по а. с. РФ № 933483

Типичная конструкция независимой торсионной подвески заднего моста транспортного средства представлена на рисунке 5. Она имеет простую конструкцию, обладающую высокой эффективностью. Подвеска состоит из: бортового редуктора 1, остова 2, опор 3 и 4, торсиона 5, кривошипа 6 и тяги 7. При наезде колеса транспортного средства на препятствие бортовой редуктор и соединенный с ним кривошип поворачиваются и закручивается торсион, воспринимая динамические нагрузки. Несмотря на свою эффективность, она не обеспечивает ограничение максимального угла закрутки торсиона при изменении

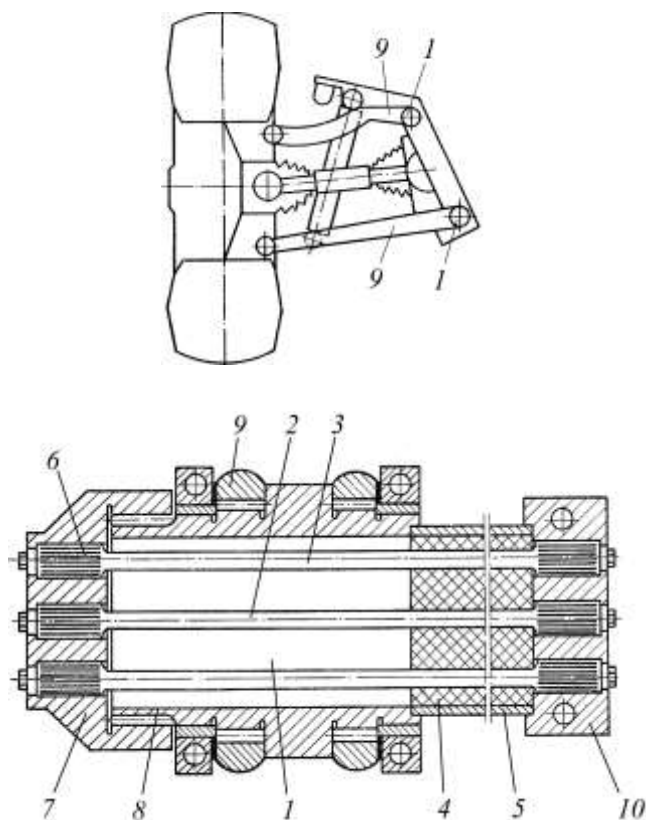


Рисунок 6 – Торсионная подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 1129083

В результате закручивания торсионной подвески транспортного средства увеличивается дорожный просвет, в результате чего надежность и долговечность работы подвески снижается [11].

Интересная конструкция торсионной подвески транспортного средства изображена на рисунке 6. Конструктивное выполнение этой подвески позволяет повысить срок ее службы, увеличить эластичность узла торсиона, а также способствует гашению колебаний поддресоренных масс транспортного средства. Она включает в себя торсион 1, центральный 2 и периферийный 3 торсионные элементы, эластичный сердечник 4, трубу 5, шлицы 6, переходную втулку 7, трубу 8, поперечный рычаг 9 и кронштейн транспортного средства 10. В результате закручивания торсионной подвески в процессе сближения оси транспортного средства и рамы эластичный сердечник 4 исключает контакт между поверхностями стержней. Это обеспечивает равномерное распределение контактных напряжений и повышение эластичности торсионной подвески. В процессе раскручивания торсионной подвески материал демпфирующего элемента взаимодействует с поверхностями стержней и трубы, что обеспечивает гашение колебаний поддресоренных масс транспортного средства. При всем при этом данная конструкция является сложной, а также относительно дорогой в изготовлении [12].

Оригинальная конструкция торсионной подвески транспортного средства приведена на рисунке 7. Она включает в себя: картридж 1, состоящий из набора торсионных стержней, рычаг 2, отверстие 3, ось 4, колесо 5, втулку 6, узел подшипника 7, наружную ступицу 8, болт 9, корпус 10, внутреннюю полость 11, отверстие 12, торсионные стержни 13, неподвижную втулку 14, отверстие 15, вал 16, крышку кольца 17, стопорное кольцо 18 и ограничительную пластину 19. Данная конструкция легко монтируется и заменяется на транспортном средстве,

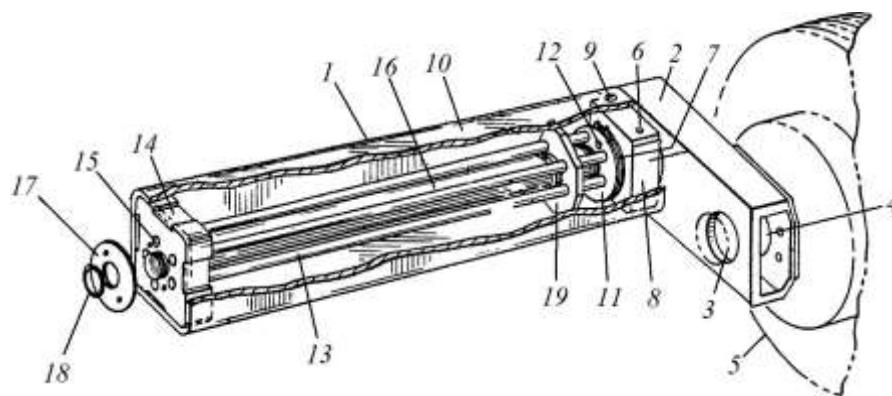


Рисунок 7 – Торсионная подвеска транспортного средства по патенту США № 4723790

имеет возможность регулировки величины угла закручивания путем изменения количества торсионных стержней. Приведенная подвеска имеет сложную конструкцию, ограниченную энергоемкость вследствие линейности

упругой характеристики, так как суммарный угол закручивания всех торсионов равен угловому перемещению рычага подвески несущего колеса [13].

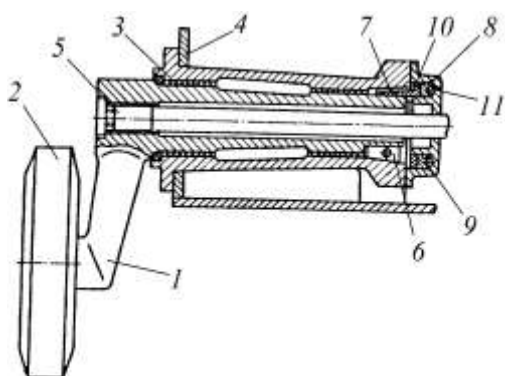


Рисунок 8 – Торсионная подвеска транспортного средства по а. с. РФ № 1507597

Следующая конструкция торсионной подвески транспортного средства, изображенная на рисунке 8 расширяет функциональные возможности традиционных торсионных подвесок. Она состоит из: рычага 1, оси колеса 2, подшипника скольжения опоры 3, рамы транспортного средства 4, торсиона 5, дугообразного клина 6, приводного разжимного клина 7, шайбы 8, поводка 9, крышки 10 и шариков 11. Приведенная конструкция позволяет выполнять блокировку и раз-

блокировку торсионной подвески путем поворота поводка 9 по или против часовой стрелке. Однако, существенным недостатком этой подвески является ее недостаточная надежность, так как торсионный вал при наезде колеса на препятствие воспринимает всю максимальную нагрузку по всей своей длине [14].

Отличается оригинальностью конструкция торсионной подвески транспортного средства, представленная на рисунке 9. Используемый в ее конструкции торсион выполнен из двух коаксиальных тонкостенных труб, изготовленных из армированного волокном пластика, расположенных одна в другой и скрепленных между собой. Она состоит из торсионной трубы 1, монтажных фланцев 2, 3, подшипника 4, обоймы 5 подшипника, поворотного рычага 6, цапфы 7, зубчатого колеса 8, элемента крепления 9 к кузову транспортного средства, кольца

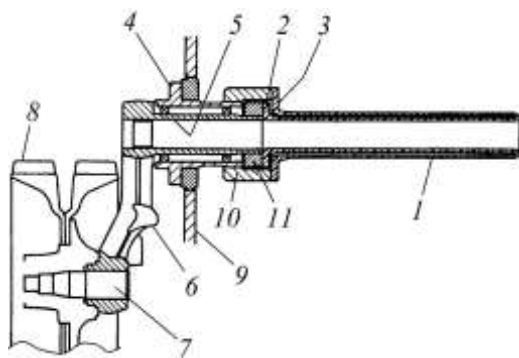


Рисунок 9 – Торсионная подвеска транспортного средства по патенту США № 5020783

торсиона, одним концом прикрепленная к кронштейну колеса, другим концом к подвесной части транспортного средства. Каждая секция торсиона имеет свой угол поворота и передает крутящий момент следующей секции торсиона меньшего размера. К тому же все секции торсиона выполнены с одинаковым углом закручивания и могут быть сформированы в один, два, и более рядов, включающих однородные и стержни трубчатой конфигурации. Также секции торсиона имеют ограничители поворота и устройства для изменения длины стержня. Конструктивно

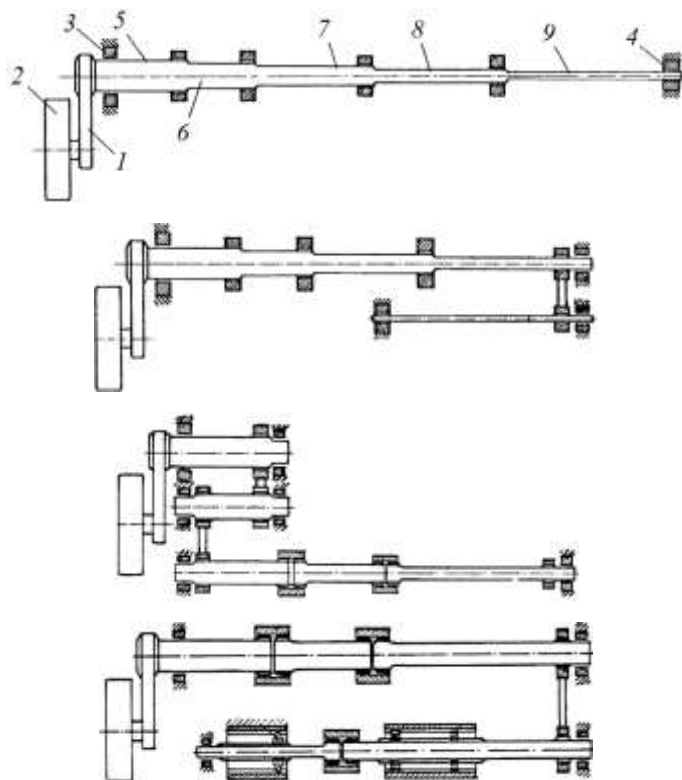


Рисунок 10 – Варианты торсионной подвески транспортного средства по патенту Испании № 2027168

подшипника 10 и опорного кольца 11. Используемая торсионная труба такой конструкции имеет малую массу и позволяет увеличить угол закручивания. Недостатком приведенной конструкции подвески является ее дороговизна при изготовлении [15].

Более сложная конструкция торсионной подвески транспортного средства приведена на рисунке 10. Она состоит из серии последовательно уменьшающихся секций

торсионной подвески такой конфигурации включает в себя: рычаг 1, колесо 2, направляющую 3, якорь 4 и секции 5-9 торсионных стержней. Такая конструкция подвески имеет большие габаритные размеры, сложное устройство, а также трудоемкие и дорогие в изготовлении торсионные валы [16].

Известна торсионная подвеска транспортного средства, имеющая легко разборную конструкцию и симметричное расположение относительно колес. Она состоит из колеса 1, корпуса транспортного средства 2, поворотного рычага 3, первой 4, второй 5, третьей 6 секций торсион-

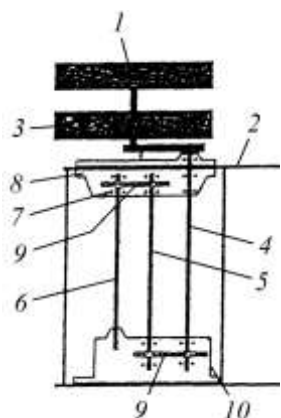


Рисунок 11 – Торсионная подвеска транспортного средства по патенту США № 937634

ного стержня, подшипников 7, коробки подшипника 8, зубчатого колеса 9 и корпуса редуктора 10 (рис. 11). Для увеличения угла закручивания поворотного рычага в рассматриваемой конструкции подвески торсионный стержень разделен на несколько секций. Каждый поворотный рычаг колеса включает в себя две секции торсионного стержня. Установленные параллельно друг к другу торсионные стержни соединяются между собой цилиндрической зубчатой передачей. Существенными недостатками этой торсионной подвески транспортного средства являются большие габаритные размеры и низкое суммарное значение жесткости, создаваемое торсионными валами, а также то, что подвески колес размещаются на днище транспортного средства и занимают значительную часть внутреннего объема корпуса, что сокращает полезный объем и затрудняет компоновку и монтаж агрегатов [17].

Отличается оригинальностью торсионная подвеска транспортного средства с улучшенными характеристиками упругости торсионного стержня, изображенная на рисунке 12, а. Она включает в себя: рычаг управления 1, переднее колесо 2, торсионные стержни 3, 5, 11, раму 4, подшипник 6, шестерни 7, 8, 10,

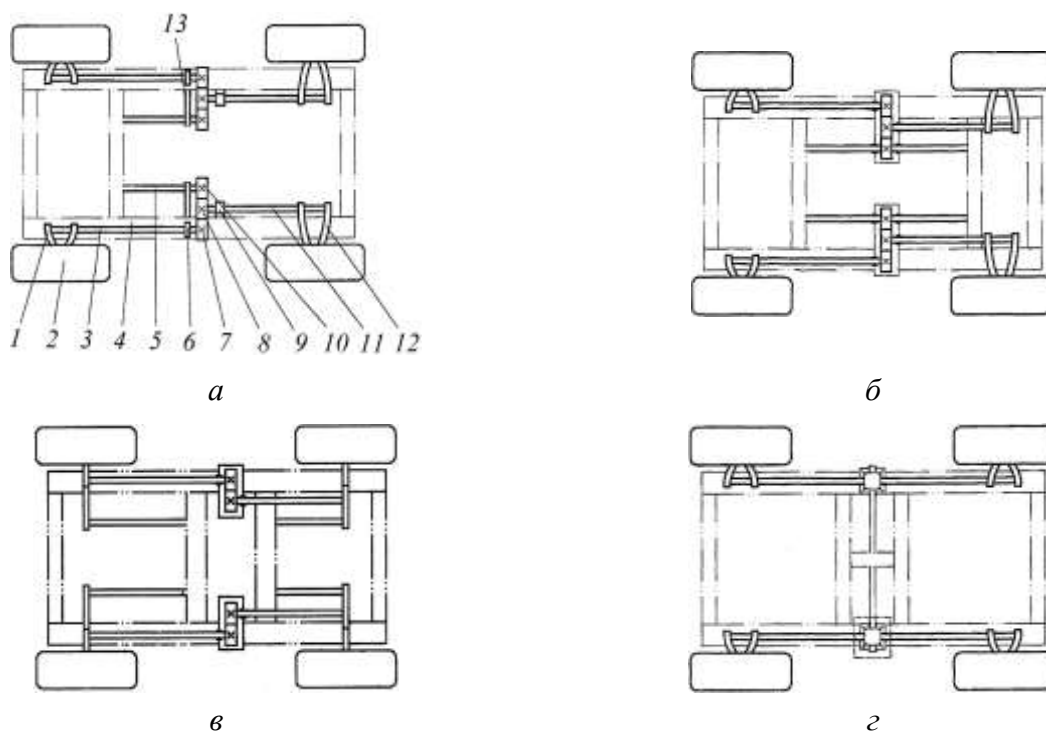


Рисунок 12 – Торсионная подвеска транспортного средства по патенту Китая № 2255981

опорное гнездо 9, рычаг управления 12, опору седла 13. На передней подвеске транспортного средства установлен передний торсионный стержень, соответственно на задней подвеске – задний торсионный стержень. Противоположные концы переднего и заднего торсионных стержней соединены друг с другом соединительным механизмом, состоящим из группы зубчатых колес. При этом один конец каждого торсионного стержня жестко соединен с рамой транспортного средства. Варианты исполнения предлагаемой торсионной подвески представлены на рисунке 12, *а-г*. Недостатками этой торсионной подвески транспортного средства являются громоздкость конструкции, сложность при ее компоновке на раме транспортного средства, высокая металлоемкость [18].

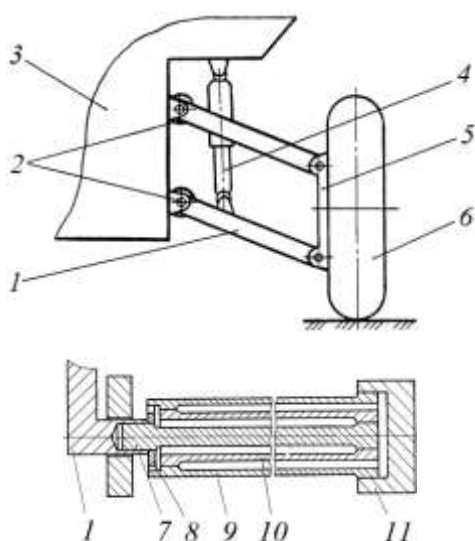
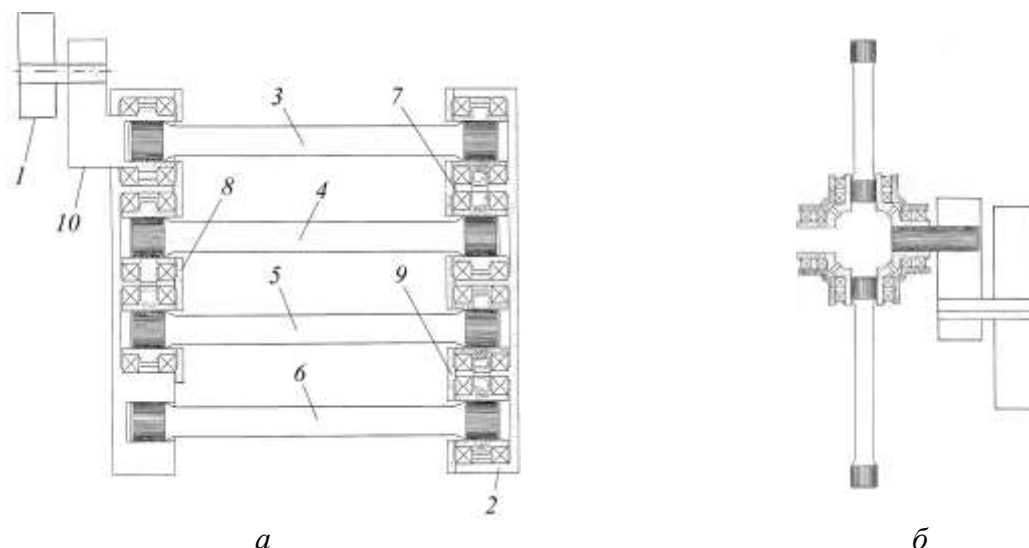


Рисунок 13 – Торсионная подвеска колесно-транспортного средства по патенту РФ № 2200676

Представляет интерес торсионная подвеска колесного транспортного средства, представленная на рисунке 13. В этой подвеске торсионные валы выполнены составными, трубчато-стержневыми с рычагами, закрепленными к торсионам консольно. Она состоит из: рычага 1, торсионного вала 2, рамы 3, амортизатора 4, стойки 5, колеса 6, сердечника 7, крестовины 8, наружной трубы 9, промежуточной трубы 10 и кронштейна 11. Данная торсионная подвеска обладает высокой надежностью, плавностью хода за счет нелинейной зависимости жесткости от угла закручивания торсиона. Не смотря на свои преимущества основным недостатком

рассматриваемой подвески является трудность компонования на автомобилях составного трубчато-стержневого торсионного вала [19].

Более простая и компактная конструкция торсионной подвески транспортного средства приведена на рисунке 14. Компактность обеспечивается путем разделения основного торсионного стержня на несколько стержней меньших размеров. Это разделение позволяет отдельным торсионным стержням достигать суммарного значения угла закручивания аналогичное значению основного торсионного вала, равное 40° . Она состоит из колеса 1, поддона 2, торсионных стержней 3-6, зубчатых пар 7-9 и ведущего колеса 10. Другой вариант конструктивного исполнения этой торсионной подвески представлен на рисунке 14, *б*. В нем секции торсионных стержней располагаются под углом 90° и соединяются друг с другом



a, б – параллельное и перпендикулярное расположение торсионов, соответственно

Рисунок 14 – Торсионная подвеска транспортного средства по патенту Германии № 102010022296

при помощи передающих элементов. При всех достоинствах основным недостатками этой торсионной подвески являются недостаточная жесткость и сложность компоновки торсионных валов на раме транспортного средства [20].

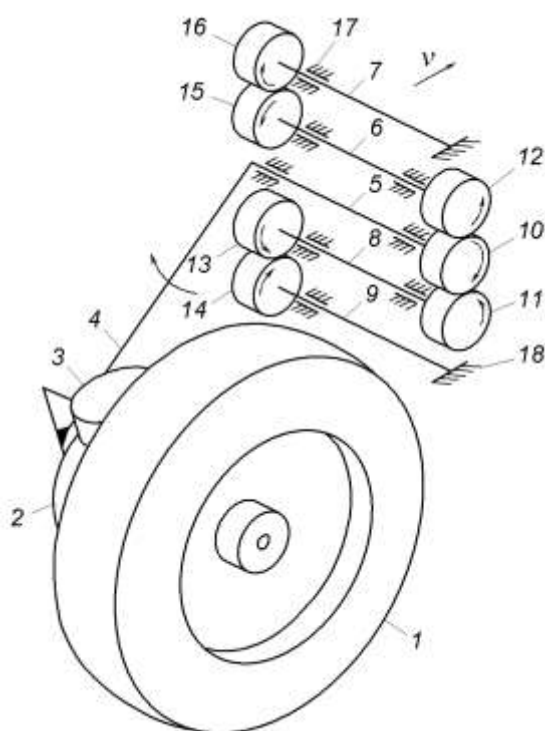


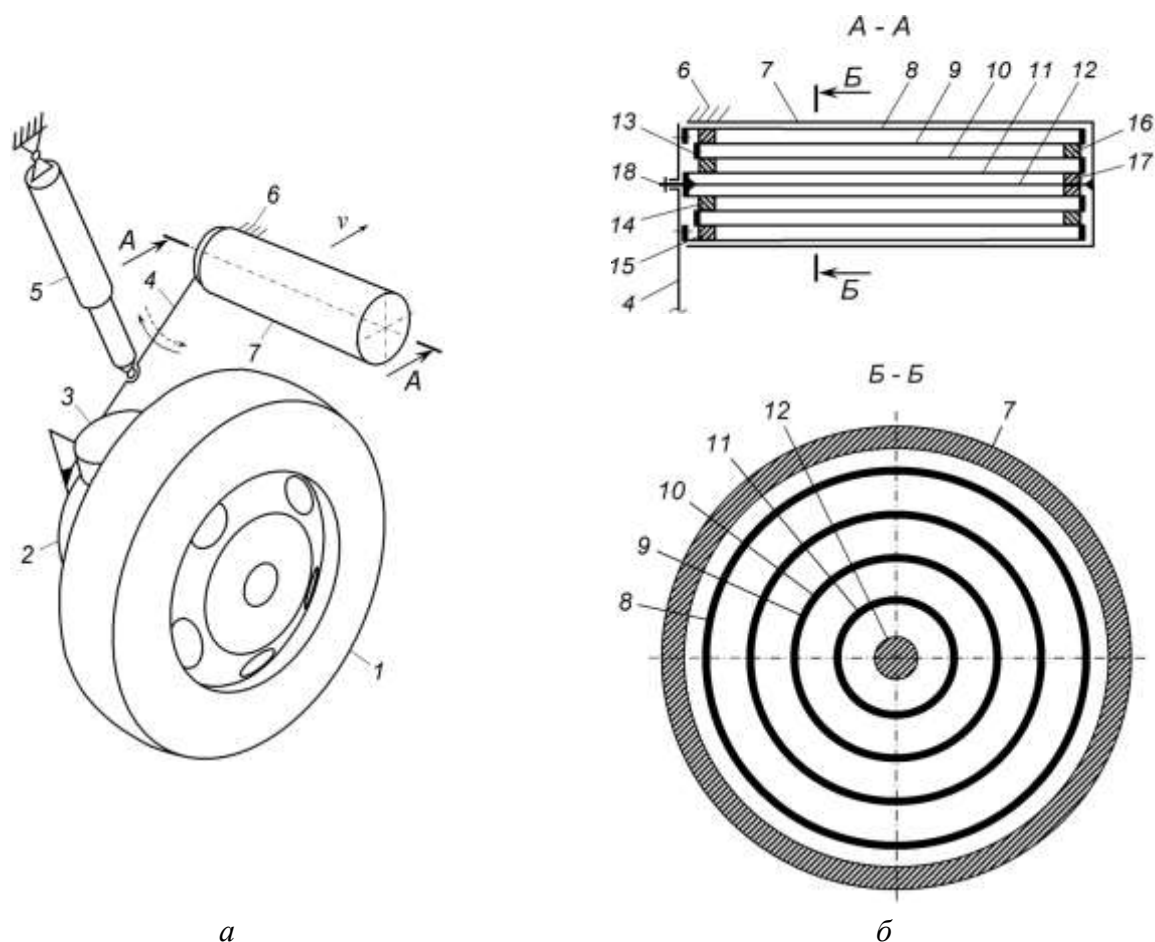
Рисунок 15 – Торсионная подвеска транспортного средства по патенту РФ № 2676828

Одна из перспективных конструкций торсионной подвески транспортного средства приведена на рисунке 15. Ее особенностью являются: симметричное расположение торсионных валов, относительно центрального вала, что делает ее более компактной. Конструкция этой подвески включает в себя: колесо 1, гидравлический мотор-редуктор 2, механизм поворота колеса 3, вилку рычаг 4, центральный торсионный вал 5, симметрично расположенные относительно центрального торсионного вала 5 торсионные валы 6-9, ведущее зубчатое колесо 10, ведомые зубчатые колеса 11-16, подшипники 17 и корпус транспортного средства. Для защиты от внешних воздействий механизм торсионов защищены

коробчатым кожухом (на рис.15 не показано) [21].

Проведенный анализ конструкций торсионных подвесок транспортных средств позволил выделить присущие им основные недостатки, среди которых наиболее важными являются: возникновение дополнительных контактных напряжений между взаимодействующими частями спиральной пружины, приводящие к ее износу и выходу из строя подвески; низкая защищенность торсионов от внешних воздействий; сложная конструкция торсионных валов, требующая трудоемких технологических процессов изготовления и дорогостоящих материалов; большие габаритные размеры торсионной подвески, приводящие к трудностям при компоновке ее на раме, к ограничению величины дорожного просвета, а также не позволяющие рационально использовать межколесное пространство транспортного средства.

Для устранения выявленных недостатков на примере рассмотренных торсионных подвесок транспортных средств, авторами была предложена перспективная конструкция независимой трубчатой торсионной подвески, схема которой представлена на рисунке 16.



a

б

a – кинематическая схема; *б* – сечение по А-А

Рисунок 16 – Независимая трубчатая торсионная подвеска транспортного средства

При движении транспортного средства по дороге колесо *1*, под воздействием реакции в точке контакта с неровностью или препятствием, благодаря вилке-рычагу *4* отклоняется вверх относительно рамы транспортного средства *б*. При этом вилка-рычаг *4* последовательно, начиная с наружного *8*, закручивает один за другим трубчатые торсионы *8-12* на угол в пределах допустимой упругой деформации каждого из них. Наличие в независимой трубчатой торсионной подвеске транспортного средства оси *18*, один конец которой жестко соединен с центральным торсионом *12*, а другой – с помощью шарнирного соединения с вилкой-рычагом *4*, обеспечивает в сочетании с дистанционными втулками *14-17* при закрутке торсионов *8-11* надежное их центрирование относительно центрального торсиона *12*. При этом для предотвращения нежелательных осевых смещений втулок при работе независимой трубчатой торсионной подвески транспортного средства, их либо внутренние, либо наружные поверхности жестко соединены с соответствующими поверхностями трубчатых торсионов. Этим самым обеспечивается скольжение в радиальном направлении втулок в торсионах. Использование дистанционных втулок *14-17* позволяет избежать нежелательное трение рабочих поверхностей торсионов друг с другом. Накапливаемая таким образом, в торсионах *8-12* потенциальная энергия, после прохода колесом *1* транспортного средства неровности или препятствия, возвращает вилку-рычаг *4* с колесом *1* в исходное положение.

Выводы

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

Авторами предложены две перспективные конструкции независимых торсионных подвесок для транспортных средств со стержневыми и трубчатыми торсионами, которые обладают следующими преимуществами по сравнению с традиционными конструкциями подвесок:

- компактность конструкции позволяет более рационально компоновать подвески на транспортном средстве, в результате чего возможно полезное использование межколесного пространства;
- обеспечивает понижение центра тяжести транспортного средства не ме-

нее, чем на 15-20 % и таким образом увеличивает его поперечную устойчивость, а следовательно и безопасность;

– относительная простота конструкции и изготовления способствуют снижению стоимости изготовления и издержек при эксплуатации, а также повышению надежности таких подвесок;

– позволяют выполнить управляемые, автономные взаимозаменяемые колесные модули, обеспечивающие в перспективных конструкциях транспортных средств, быструю замену вышедших из строя на запасные, а также существенно облегчают компоновку ходовой части транспортного средства, в том числе самим потребителем, в зависимости от его потребностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Посметьев, В. И. Анализ эффективности и классификация упругих устройств, используемых в традиционных и новых подвесках колесных машин [Электронный ресурс] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев // Воронежский научно-технический вестник. – 2017. – № 1(19). – С. 11-19.

2 Посметьев, В. И. Перспективы использования колесных модулей в грузовых автомобилях [Текст] / В. И. Посметьев, В. О. Никонов // Строительные и дорожные машины. – 2018. – № 10. – С. 37-43.

3 Торсионная подвеска – принцип работы [Электронный ресурс]. Режим доступа. – <https://auto.today/bok/2091-torsionnaya-podveska-princip-raboty.html>. – Загл. с экрана.

4 Принцип работы и устройство торсионной подвески [Электронный ресурс]. Режим доступа. – <http://avtomotoprof.ru/v-pomoshh-avtomobilistu/pintsip-i-ustroystvo-torsionnoy-podveski/>. – Загл. с экрана.

5 Устройство и принцип работы торсионной подвески [Электронный ресурс]. Режим доступа. – <https://voditeliauto.ru/poleznaya-informaciya/avtoustrojstva/podveska/torsionnaya-princip-raboty.html>. – Загл. с экрана.

6 Устройство и принцип работы торсионной подвески автомобиля [Электронный ресурс]. Режим доступа. – <https://autotopik.ru/obuchenie/727-torsionnaya-podveska.html>. – Загл. с экрана.

7 Patent for invention 2099312 US, Int. Cl. A61F 5/05841. Spring suspension of independent car wheels, especially for motor vehicle [Text] / Ferdinand Porsche, – № 588719 ; declare 10.08.1931 ; publ. 16.11.1937.

8 Patent for invention 3207497 US, Int. Cl. F16F 1/16. Torsion spring assembly [Text] / Richard H. A. Schoonover, – 292282 ; declare 02.07.1963 ; publ. 21.09.1965.

9 А. с. 515668, МПК В60G 11/18, F16F 1/14. Торсионная подвеска транспортного средства [Текст] / Б. В. Соболев (СССР) ; Заявитель : Волжское объединение по производству легковых автомобилей им. 50-летия образования

СССР. – № 1924821/11 ; заявл. 29.05.73 ; опубл. 27.08.76, Бюл. № 20.

10 А. с. 604708, МПК В60G 11/18, В62D 55/16. Подвеска транспортного средства [Текст] / С. С. Дмитриенко и др. (СССР). – № 2157033/27-11 ; заявл. 14.07.75 ; опубл. 30.04.78, Бюл. № 16.

11 А. с. 933483, МПК В60G 11/18. Независимая торсионная подвеска заднего моста транспортного средства [Текст] / А. Ш. Башкашвили, К. С. Сакварелидзе, М. Г. Эдипашвили, Б. В. Чеидзе (СССР) ; Заявитель : Грузинский научно-исследовательский институт механизации и электрофикации сельского хозяйства им. К. М. Амираджиби. – № 1261704/27-11 ; заявл. 30.07.68 ; опубл. 07.06.82, Бюл. № 21.

12 А. с. 1129083, МПК В60G 11/18. Торсионная подвеска транспортного средства [Текст] / Н. И. Бондарь, А. С. Гринюк, Ю. П. Чергинец (СССР). – № 3438830/27-11 ; заявл. 17.05.82 ; опубл. 15.12.84, Бюл. № 46.

13 Patent for invention 4723790 US, Int. Cl. B60G 11/20. Torsion spring cartridge [Text] / Richard A. Bertsch, – № 836056 ; declare 04.03.1986 ; publ. 9.02.1988.

14 А. с. 1507597, МПК В60G 11/18. Торсионная подвеска транспортного средства [Текст] / В. И. Мироненко, Е. Э. Гурковский, А. Г. Борисов, Е. А. Беседин (СССР) ; Заявитель : Харьковский политехнический институт им. В. И. Ленина – № 4212270/31-11 ; Заявл. 20.03.87 ; опубл. 15.09.89, Бюл. № 34.

15 Patent for invention 5020783 US, Int. Cl. F16F 1/48. Torsional spring [Text] / Robert J. Oberleitner, Peter M. Poon, Max Fogie, – 3819162, declare 04.06.1988 ; publ. 04.06.1991.

16 Patent for invention ES 2027168 Espana, Int. Cl. B60G 3/04, B60G 3/10. Suspension para vehiculos [Text] / Parraga Garcia Julian. – № 9003178 ; declare 12.12.90 ; publ. 16.05.92.

17 Patent for invention EP 937634 EP, Int. Cl. B60G 11/20, B62D 55/02. Tracke vehicle with torsion bar suspension [Text] / Rantala Klaus ; applicant and patent holder Vxo Group international ag. – № 98103066 ; declare 21.02.1998 ; publ. 25.08.1999.

18 Patent for invention EP 2255981 CN, Int. Cl. B60G 21/045, B60G 11/18. Torsion bar vehicle suspension device [Text] / Li Xin, Li Zhidong, – № 9712575 ; declare 20.02.2009 ; publ. 01.12.2010.

19 Патент на изобретение 2200676 РФ, МПК В60G 11/18, F16F 1/14. Торсионная подвеска колесно-транспортного средства [Текст] / В. А. Горячев, В. А. Баранов, И. А. Баранов (РФ) ; Заявитель : Военный автомобильный институт. – № 2000121875/28 ; заявл. 15.08.2000 ; опубл. 20.03.2003, Бюл. № 8.

20 Patent for invention DE 102010022296 A1 Germany, Int. Cl. B62D 55/08, B62D 21/00. Vorrichtung zur Dämpfung der Schwingungen bei einem Gleis oder Kettenfahrzeug [Text] / Mall Hans ; applicant and patent holder Rheinmetall landsysteme GMBH. – № 102010022296 ; declare 31.05.2010 ; publ. 01.12.2011.

21 Патент на изобретение № 2676828 РФ, МПК В60G 11/18, В60К 7/00. Торсионная подвеска транспортного средства [Текст] / В. О. Никонов ; заявитель ФГБОУ ВО ВГЛТУ имени Г. Ф. Морозова. – № 2018124729 ; заявл. 05.07.2018 ; опубл. 11.01.2019.