

Изобретение относится к монорельсовым дорогам, с использованием как надземный пассажирский транспорт, подземное однотоунельное метро, внутривыставочный транспорт и городское воздушное такси - все с возможностью полной автоматизации управления движением.

Известна монорельсовая дорога САФЕЖЕ [1], содержащая ряд закрепленных на опорах продольных направляющих балок, транспортное средство, подвешенное на ходовых тележках опорных колес, и привод на них.

Эта дорога двухбалочная, для каждого направления движения вагонов свой балочный путь.

Основным недостатком этой дороги является громоздкость, большая материалоемкость, техническое несовершенство, выражающееся в том, что ходовые тележки на поворотах балочного пути под действием, центробежных сил от подвешенного вагона получают перекося и заклиниваются внутри коробчатой балки, а электродвигатели привода ведущих колес работают в неблагоприятном режиме перегрузки, благодаря чему, не способны обеспечивать повышенных скоростей движения. Применение стрелочных переводов у этих дорог очень дорогостоящее и может обеспечивать только челночное движение поездов в составе не более трех вагонов, из-за чего провозная способность их ограниченная.

Из-за серьезных недостатков эта дорога не получила распространения в мире.

Известна также монорельсовая система [2], с однобалочной путевой структурой для двухстороннего встречного движения консольно подвешенных по ее сторонам вагонов, имеющих опорные и упорные колеса, объединенные попарно в каретки. Каретки опорных колес попарно объединены в блоки кареток. И каретки и блоки кареток опорных колес имеют две степени свободы в горизонтальной и вертикальной плоскостях, благодаря чему могут двигаться по беговой дорожке "змейкой", что благоприятствует применению только прямолинейных балок в путевой структуре, снижая ее стоимость, материалоемкость, обеспечивая конструктивную простоту. Применение линейных электродвигателей при консольной подвеске вагонов, что повышает устойчивость вагонов при движении по балочному пути, получает благоприятные условия для увеличения их КПД за счет возможности уменьшения зазора между индукторами и реактивной полосой. Выстроенные в один ряд опорные колеса на беговой дорожке позволяют получать равномерность нагрузки от вагона на балочный путь, чем предотвращается возникновение на балке пиковых нагрузок и позволяет выполнять балку облегченной.

И все же при огромных преимуществах этой монорельсовой системы перед существующими в мире монорельсовыми дорогами, у нее имеются существенные недостатки.

1. Консольность подвески вагонов на балочном пути приводит к увеличению количества колес в полтора раза: восемь опорных и четыре упорных колеса.

2. Консольность подвески вагонов на балочном пути приводит к увеличению сопротивления движению вагонов, так как увеличивается общая нагрузка на упорные и опорные колеса от вагонов в зависимости от удаления центра тяжести вагона от оси балочного пути. Чем больше это удаление, тем больше суммарная нагрузка на опорные и упорные колеса, от чего возрастает сопротивление движению вагона.

3. Консольность подвески вагона вызывает необходимость наклона опорных колес от вертикали для получения ими радиальной нагрузки от вагона, чем усложняет конструктивное выполнение ходовой части вагона, вплоть до применения двухэтажности вагона с выходом верхнего этажа над опорными колесами, с целью приближения центра тяжести вагона к оси балочного пути и получения возможности уменьшить угол наклона опорных колес, уменьшить суммарные нагрузки на опорные и упорные колеса, чем снизить сопротивление движению вагона.

4. При консольной подвеске вагона в Z-образной раме ходовой части возникают предельно допустимые нагрузки на некоторые ее части, что вызывает усложнения конструкции этой рамы и ее элементов, особенно элементов подвески кузова вагона.

Устранение этих недостатков способно привести к созданию монорельсовой системы с наилучшими технико-экономическими показателями.

В основу изобретения ставится задача усовершенствовать известную монорельсовую систему за счет упрощения конструкции подвесной монорельсовой системы как подвижного состава, так и непосредственно самой монорельсовой системы, снижения удельной материалоемкости, снижения стоимости вагона, снижения стоимости строительства и эксплуатации всей системы.

Поставленная задача достигается тем, что в подвесной монорельсовой системе Попова, содержащей балочный путь, состоящий из ряда закрепленных на опорах несущих балок с беговыми дорожками, расположенными с противоположных сторон от вертикальной осевой плоскости для двухстороннего встречного движения по однобалочному пути, вагон, имеющий ходовую часть, состоящую из двух блоков опорных колес, объединенных попарно в тележки, а тележки попарно в блоки тележек, причем тележки и блоки тележек имеют две степени свободы, причем ходовая часть снабжена линейными электродвигателями. Несущие балки однобалочного пути выполнены прямолинейными с сечением Г-образной формы, которые для поворота пути стыкуются своими концами на опорах под углом, на внутренних полках которых по верхним плоскостям укреплены несущие направляющие рельсы, которые в местах стыковки балок под углом имеют изгиб с радиусом сопряжения, величина которого находится в прямой зависимости от угла стыковки концов балок и расстояния между центрами соседних опорных колес ходовой части вагона, а опоры однобалочного пути выполнены двухстоечными с единым фундаментом и со стяжкой на высоте по крайней мере на полметра ниже днища, подвешенного на балочном пути вагона, причем каждая стойка имеет посадочную площадку в верхней части для посадки на них концов стыкуемых прямолинейных балок балочного пути, при этом опорные колеса выполнены резино-металлическими двухребордными с ободом из твердой резины, а ходовая часть вагона выполнена безрамной и содержит четыре линейных электродвигателя, индукторы которых закреплены в горизонтальном положении над каждой из четырех тележек опорных колес на крыльях коромысел блоков опорных колес, и рабочие поверхности индукторов обращены вверх с минимальным зазором не менее двух миллиметров к рабочей поверхности реактивной полосы линейных электродвигателей, закрепленной в горизонтальном положении вдоль балочного пути на внутренних плоскостях боковин балок, а кузов вагона в верхней части имеет вдоль всего каркаса два швеллера, являющихся основой каркаса, при этом швеллеры связаны с помощью ребер с элементами сидений, разделяющих кузов вагона на отдельные купе, имеющие свои раздвижные двери, под которыми размещены короба с раздвижными лестницами пожарного типа, причем кузов вагона подвешен к блокам тележек опорных колес ходовой части вагона с помощью двух асимметричных водил L-образной формы с двумя степенями свободы и амортизирующих элементов, укрепленных на швеллерах кузова вагона, а на нижней части водила сверху смонтирован каток с зазором от нижней плоскости полки несущей балки не менее двух миллиметров, а на днище кузова в его центре на подшипниках в горизонтальном положении укреплено ограничительное колесо.

На фиг.1 изображена подвесная монорельсовая система Попова, вид сбоку; на фиг.2 - то же, вид спереди.

Подвесная монорельсовая система Попова имеет ряд закрепленных на опорах 1 продольных несущих балок 2, имеющих в нижней части полки 3, на которых вертикально крепятся несущие рельсы 4, являющиеся беговыми направляющими дорожками для восьми двухребордных резино-металлических сборных опорных колес 5, объединенных попарно в каретки 6, каждая из которых имеет шарнирно укрепленную между боковин каретки 6 серьгу 7, имеющую в верхней части гнездо для пальца 8 коромысла 9, объединяющего две каретки 6 в блок кареток с двумя степенями свободы в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В центре каждого коромысла 9 в верхней плоскости имеется палец 10, на который одевается своим гнездом серга 11, на горизонтальный палец которой навешивается вертикально гнездом своей верхней части водило 12 L-образной формы, имеющее на серге 11 две степени свободы. На горизонтальной нижней части водила 12 сверху смонтирован каток 13 с зазором от нижней плоскости полки 3 несущей балки 2 не менее 2мм, а снизу с помощью амортизирующих элементов 14 двух водил 12 асимметрично подвешен кузов 15 вагона в обход полки 3 и вертикально нагружает опорные колеса 5. Катки 13 водил 12 ограничивают горизонтальные продольные и поперечные колебания нижней части водила 12 и индукторов 16, укрепленных на коромыслах 9, что обеспечивает поддержание постоянства минимального зазора между индукторами 16 и реактивной полосой 17, укрепленной в горизонтальном положении над

индукторами 16 с помощью кронштейнов к внутренней вертикальной стенке балки 2 строго параллельно головке рельса 4 для получения минимального зазора между индуктором 16 и реактивной полосой 17 до 2 - х мм. В верхней части коромысел 9 укреплены токосъемники 18, взаимодействующие с токоподводящими троллеями 19, закрепленными на изоляторах к верхней горизонтальной плоскости балки 2 с внутренней стороны. Концы сопрягаемых прямолинейных балок 2 опираются на ригели 20 опор 1 и закрепляются с необходимым тепловым зазором в торцах балок с помощью рельсов. Опоры 1 скрепляются между собой стяжкой 21 и железобетонным фундаментом 22. Несущие балки 2 изготавливаются из железобетона или сварными из стали симметричными половинами по длине и разветвляются этими половинами с подвеской на Г-образных опорах для образования путевой петли полубалочного разворота на концах участков путевой структуры для разворота многовагонных поездов для движения в обратном направлении. Этот разворот состоит из укороченных полубалок. Кузов 15 вагона цельнометаллический из легких сплавов. Каркас кузова 15 вагона вдоль верхней части включает в себя два швеллера 23, соединенных ребрами 24 с поперечно расположенными сидениями 25, образующими в кузове 15 отсеки со своей раздвижной или выдвигной дверью 26. Под полом каждой двери 26 имеется короб 27 с раздвижной лестницей пожарной типа для аварийной эвакуации пассажиров на землю. В передней части кузова 15 вагона размещается кабина водителя с открывающейся дверью 28. Сторона кузова 15, противоположная стороне с дверями 26 и 28, не имеет выхода и оборудована окнами для каждого отсека. К днищу кузова 15 снизу крепится в горизонтальном положении колесо 29, вращающееся на подшипниках, необходимое для ограничения отклонения кузова 15 вагона от вертикали в ту или другую стороны. Колесо 29 может иметь колодочный тормозной механизм для торможения о смонтированные дорожки на участках поворота балочного пути или на участках остановок для удержания вагона от движения. На концах коромысел 9, обращенных к концам кузова 15 вагона, укреплены сцепные элементы.

Безрамное подвешивание кузова 15 вагона с помощью амортизирующих элементов 14 и водил 12 с коромыслами 9 на четырех двухколесных каретках 6 позволяет опорным колесам двигаться на поворотах балочного пути "змейкой" по рельсу 4 в горизонтальном направлении, на подъем и спуск с ограниченной скоростью, когда ускорение, испытываемое на поворотах пассажирами не превышает  $3\text{м/сек}^2$ , учитывая, что все пассажиры сидят. При прямолинейном движении вагона системы скорость движения может развиваться свыше 200км/час. Разгон вагона (поезда) осуществляется последовательным включением четырех линейных электродвигателей каждого вагона в поезде с постепенным увеличением тяги от минимальной до максимальной, что позволяет исключить применение дорогостоящих преобразователей частоты тока, крайне необходимых для разгона вагона или поезда одним мощным линейным электродвигателем каждого вагона, применяемых в современных монорельсовых дорогах. В предлагаемой системе строгая параллельность между несущим рельсом 4, рабочей поверхностью индукторов 16 и реактивной полосой 17 позволяет снизить зазор между индуктором 16 и реактивной полосой 17 до минимального зазора в 2мм, благодаря чему повысить удельную мощность линейных электродвигателей в несколько раз. Кроме того взаимодействие четырех маломощных линейных электродвигателей на одном вагоне с повышенной удельной мощностью на длине реактивной полосы, равной длине вагона, снижает силу взаимодействия индуктора с реактивной полосой в 6 - 8 раз, соответственно увеличивая их надежность и долговечность, уменьшая удельный расход электроэнергии на 30 - 40%.

При поворотах горизонтального балочного пути в ту или другую стороны происходит преобразование движения опорных колес по изгибу рельса, равному по величине радиусу сопряжения на расстоянии между осями соседних опорных колес, в движении кузова 15 в 8 раз большему, чем радиус сопряжения. Так например: радиус сопряжения рельса балочного пути при переломе на  $6^\circ$  с расстоянием между осями колес 2м равен 35м. Этот радиус сопряжения проходит только одно опорное колесо и поворачивается на угол в  $6^\circ$ , поворачивая кузов 15 вагона только на 1/8 этого угла. Значит, кузов повернется на угол  $6^\circ$  только тогда, когда радиус сопряжения перелома пройдут все восемь колес вагона, но уже не с величиной радиуса сопряжения, а с радиусом в восемь раз большим, то есть с радиусом равным 280 метров. При таком радиусе поворота кузова 15 вагона скорость движения вагона может быть повышенной, но не превышающей величины ускорения, которое будут испытывать пассажиры, в  $3\text{м/сек}^2$ . Чтобы предотвратить отклонение кузова 15 от вертикали в сторону действия центробежной силы на повороте, применяется колесо 27 на днище кузова 15, которое на данном участке путевой структуры пойдет по ограничительной дорожке, смонтированной здесь на повороте, и кузов 12 отклонится от вертикали не более, чем позволит дорожка и ограничительное колесо. При движении вагона в прямом направлении раскачивание вагона ограничивается катками 13. То же происходит и при преодолении подъемов и спусков вагоном.

На поворотах балочного пути в горизонтальной или вертикальной плоскостях соблюсти минимальный зазор между индукторами и реактивной полосой невозможно. Поэтому на участке поворота следует увеличивать зазор между индуктором 16, преодолевающим поворот, и реактивной полосой 17 до допустимого, либо делать разрыв реактивной полосы до получения прямолинейного движения индуктором 16. В это время будут осуществлять тягу другие индукторы 16 вагона, движущиеся прямолинейно. Головка несущего рельса на изгибах выполняется более узкой, чтобы колеса 5 своими ребрами не заклинивались. Высокая устойчивость вагона при движении, особо необходимая для поддержания минимального зазора между индукторами 16 и реактивной полосой 17 линейных электродвигателей, достигается применением мощных катков 13 на водиле 12, ограничивающих колебания водила 12 в горизонтальной и в вертикальной плоскостях упором в нижнюю плоскость полки 3 несущей балки 2. При прямолинейном движении вагона допустимые отклонения от прямолинейности несущего рельса с одной стороны уменьшаются многоколесностью ходовой части вагона, с другой - амортизирующей подвеской, и не могут существенно влиять на большую массу прямолинейно движущегося вагона из-за частоты и кратковременности действия противоположных сил на кузов 15. В случаях более длительных действий сил, превышающих силы инерции прямолинейно движущегося кузова 15 вагона, кузов отклонится от вертикали настолько, насколько позволят катки 13, которые упрутся в нижнюю плоскость полки 3 балки 2, и это отклонение существенно не отразится на зазор между индуктором 16 и реактивной полосой 17 из-за соотношения рычагов водила 12 и индуктора 16, равного примерно 1 : 6. При повороте балочного пути в ту или другую стороны центробежные силы будут слишком значительны для катков 13, поэтому вступает в действие ограничительное колесо 29, упирающееся в дорожку на таких участках, не позволяющую отклоняться водилу 12 более, чем позволяет зазор между катком 13 и плоскостью полки 3 балки 2. При преодолении вагоном подъемов и спусков, возникает проблема зазора между катками 13 и плоскостью полки 3 балки 2, которую необходимо решать уменьшением толщины полки 3 на участке длины четырехколесного блока опорных колес 5, так как в любом случае один из двух блоков этих колес будет идти прямолинейно и не потребует изменения толщины полки 3. Непрерывность нижней полки 3 балки 2 достигается применением на температурных зазорах между концами балок и на их переломах путем применения Г-образных деталей из полосовой стали. При торможении кузов 15 будет устремляться вперед и в действие вступят катки 13, которые будут упираться в плоскость полки 3 и усиливать торможение дополнительным сопротивлением движению путем увеличения нагрузки как на опорные колеса 5, так и на катки 13. Применение катков 13 обеспечивает невозможность схода опорных колес 5 с несущего рельса 4, чем в большей степени повышается безопасность движения вагона. На концах коромысел 9, обращенных к концам кузова 15 вагона, крепятся сцепные элементы, в соединении между собой составляющие сцепное устройство. Применение коробчатой балки 3 обеспечивает защищенность электрической части системы и ходовой части вагонов и делает их доступными для технического обслуживания и ремонта с применением тележек с опорой либо на один рельс (подвесные), либо на два рельса (навесные). В случаях, когда прокладка путевой структуроподвесной монорельсовой системы Попова невозможна по каким-то причинам на важнейших направлениях с большими пассажиропотоками, система пригодна для прокладки в однитоннельном подземном метро.

Во всех случаях применения подвесной монорельсовой системы Попова возможна и целесообразна автоматизация управления движением как отдельных вагонов, так и поездов любой длины. Преимущество следует отдавать десятивагонным поездам, способным обеспечивать провозную способность пассажиров до 40 - 45тыс.пас. в час в один конец. Причем, все места пассажиров - для сидения.

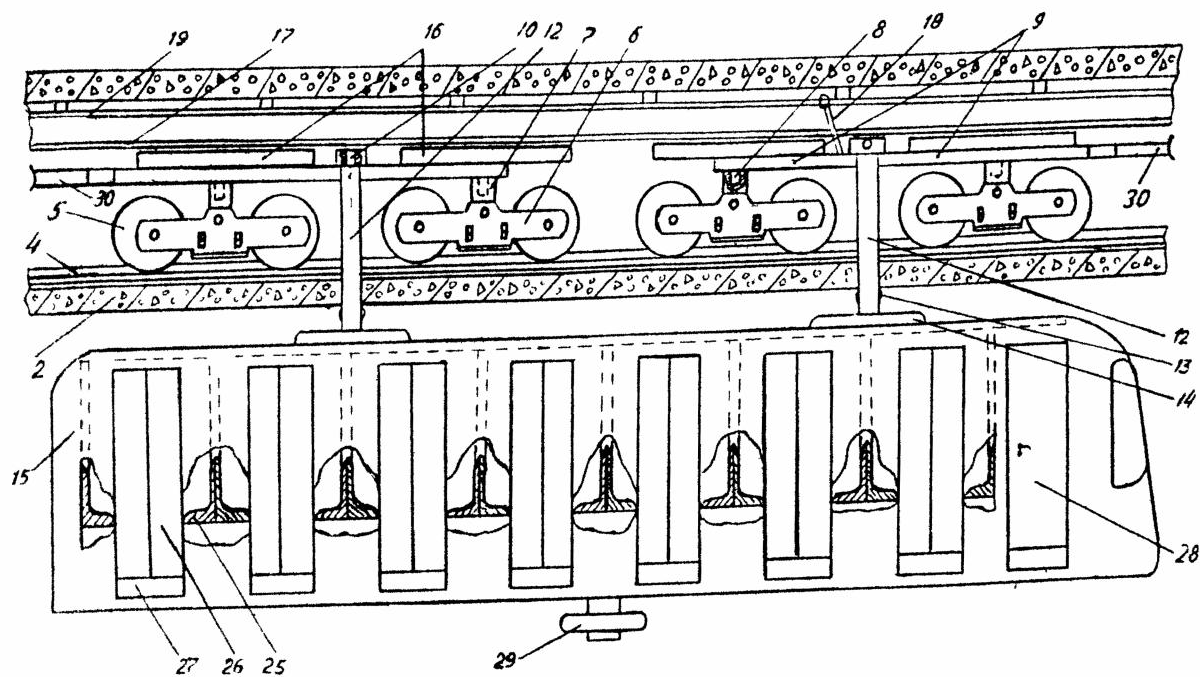
Исключительная простота и высокая технологичность конструкции подвесной монорельсовой системы Попова позволяют

организовать изготовление вагонов на предприятиях авиационной и машиностроительной промышленности, а производство балочного пути вполне доступно мостостроительным и метростроительным предприятиям.

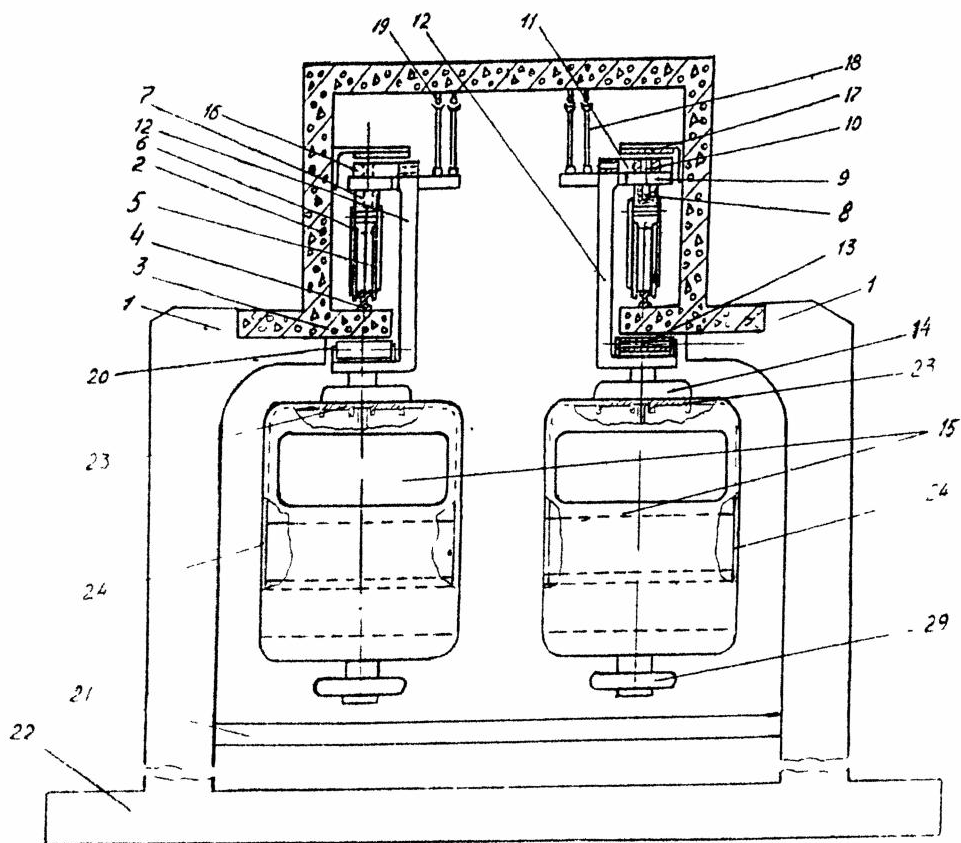
Источники информации

1. Чиркин В.В. и др. Пассажирские монорельсовые дороги. - М.: Машиностроение, 1969.

2. Патент Украины №1107, кл. В61В13/04, 15.06.1993 (прототип).



Фиг. 1



Фиг. 2