

Изобретение относится к монорельсовым дорогам с использованием в качестве однотоннельной подземной монорельсовой системы.

Известна монорельсовая система с однобалочной путевой структурой для двухстороннее встречного движения консольно подвешенных по сторонам балочного пути вагонов, имеющих опорные и упорные колеса объединенные попарно в тележки. Тележки опорных колес попарно объединены в блоки тележек. И тележки и блоки тележек опорных колес имеют две степени свободы в горизонтальной и вертикальной плоскостях, благодаря чему могут двигаться по беговой дорожке "змейкой", что благоприятствует применению в балочном пути только прямолинейных балок, снижая стоимость его, материалоемкость, обеспечивая конструктивную простоту. Применение линейных электродвигателей при консольной подвеске вагонов, когда повышается устойчивость вагона при движении по балочному пути, получает благоприятные условия для увеличения коэффициента мощности за счет уменьшения зазора между индукторами и реактивной полосой. Выстроенные в один ряд опорные колеса вагона на беговой дорожке позволяют передавать равномерность нагрузки от вагона на балочный путь, чем предотвращается возникновение на балке пиковых нагрузок и выполнять балку облегченной.

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

1. Консольность подвески вагонов на балочном пути через Z-образную раму приводит к повышенному количеству 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 опорные и упорные 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 на балочном пути вызывает необходимость наклона опорных колес от вертикали для получения ими радиальной нагрузки от вагона чем усложняется конструктивное выполнение ходовой части вагона, вплоть до 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 вагона возникают предельно допустимые нагрузки на некоторые части ее, что вызывает осложнения в 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.

Основной задачей изобретения является обеспечение двухрядного движения вагонов по однотоннельному подземному пути.

При достижении технических результатов достигаются и потребительские свойства: снижается стоимость вагона более, чем вдвое, снижаются ресурсо- и энергозатраты на 30 - 40%, повышается безопасность движения за счет невозможности схода опорных колес с рельса.

Поставленная задача достигается тем, что в подземной монорельсовой системе Попова, содержащей две беговые дорожки вдоль противоположных сторон от вертикальной осевой плоскости балочного пути, вагон, подвешенный на двух блоках из восьми опорных колес вагона, расположенных однорядно вдоль беговых дорожек, при этом беговые дорожки для опорных колес ходовой части вагона выполнены в виде рельсов и укреплены вдоль верхней плоскости консольных концов уложенных горизонтально в ряд и скрепленных между собой железобетонных плит над противоположными сторонами бетонированной траншеи, внутри которой с зазором между собой и от вертикальных стен траншеи не менее шестисотпятидесяти миллиметров подвешены на блоках опорных резинометаллических двухребордных с ободом из твердой резины колес вагона в два ряда, ходовая часть которых выполнена безрамной, при этом каждый из вагонов снизу в центре днищ имеет по два горизонтально укрепленных на осях с подшипниками направляющих ролика, оси которых смещены от оси вагона в противоположные стороны и установлены с зазором от вертикальной стенки направляющей канавки в днище траншеи или направляющего швеллера, выполненных вдоль всей траншеи, причем, бетонированная траншея с размещенными в ней вагонами накрыта вдоль всей ее длины П-образными в сечении железобетонными балками, скрепленными между собой в один ряд, во внутренней части которых на противоположных сторонах боковин смонтированы вдоль всей их длины в горизонтальном положении реактивные полосы линейных электродвигателей, индукторы которых укреплены над каждой из четырех тележек блоков опорных колес на крыльях блоков тележек с возможностью взаимодействия через токосъемники с токоподводящими троллеями, размещенными на внутренней стороне верхней горизонтальной плоскости П-образных балок, и обращенных рабочими поверхностями вверх с зазором не менее двух миллиметров от рабочей поверхности реактивной полосы, 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 на отдельные купе, имеющие 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 консоли плит под рельсом не менее двух миллиметров.

Причинно-следственная связь между совокупностью существенных признаков заявляемого изобретения и достигнутым техническим результатом очевидна из следующего:

1. Подвеска вагонов в два ряда на однобалочном пути позволяет их применять в однотоннельной подземной монорельсовой системе Попова для встречного движения с той же провозной способностью, что и при двухтоннельном классическом метро, но дешевле по капитальным и эксплуатационным затратам в 4 - 5 раз, что делает доступным подземную монорельсовую систему Попова не только для крупных городов, но и для средних городов при окупаемости - 2 - 3 года.

2. Применение линейных электродвигателей в качестве тяги для транспортных средств эффективно только в случаях, если зазор между рабочими поверхностями индукторов и реактивной полосы снижается до 4 - 5 миллиметров, когда коэффициент мощности возрастает в 2 - 3 раза по сравнению с зазором в 15 - 20мм, ниже которых в современных видах транспорта получить зазоры невозможно из-за низкой устойчивости движения вагонов. Только однорельсовость предложенной монорельсовой системы Попова и асимметричность подвески вагона на балочном пути позволяют обеспечить наивысшую устойчивость вагону при движении на любых скоростях и получить наивысший коэффициент мощности линейных электродвигателей при получении минимального зазора между рабочими поверхностями индукторов и реактивной полосы линейных электродвигателей.

3. Применение в ходовой части вагона подземной монорельсовой системы Попова четырех линейных электродвигателей вместо традиционно одного мощного, позволяет использовать последовательность их включения в работу для постепенного возрастания силы тяги при трогании с места и разгона без применения очень дорогостоящего преобразователя частоты тока, что удешевляет стоимость вагона вдвое, уменьшает нагрузку на реактивную полосу в 5 - 6 раз, снижает массу вагона более, чем на тонну, увеличивает на 20% полезную площадь вагона.

4. Применение поперечного расположения сидений в кузове вагона и включение сидений в каркас кузова позволяет сделать кузов вагона купейным, более жестким и прочным, чем облегчить вагон на 20% и сократить обмен пассажирами на остановках по времени более, чем вдвое.

5. Однорядность расположения опорных двухребордных резинометаллических с ободом из твердой резины колес,

объединенных в тележки и блоки тележек с двумя степенями свободы позволяют выполнять ходовую часть вагона безрамной, с прямой подвеской на блоках опорных колес, уменьшая массу вагона на 20%, чем уменьшается на 20% сопротивление движению вагона, на 20% уменьшаются энергозатраты.

6. Устранение консольности подвески вагона на балочном пути сокращает количество колес в ходовой части вагона на 50%, а безрамная подвеска вагона на балочном пути снижает массу вагона, резко упрощает конструкцию вагона, технологичность его изготовления, обслуживания и ремонта.

На фиг.1 изображена подземная монорельсовая система Попова, вид спереди; на фиг.2 - то же, вид по разрезу А - А.

Подземная монорельсовая система Попова имеет бетонированную траншею 1 шириной, равной ширине двух вагонов 2 с зазором между вагонами 2 и вертикальными стенками 3 траншеи 1 не менее 650мм (по ГОСТу). В днище 4 траншеи 1 по осевым вертикальным плоскостям подвешенных на блоках опорных колес 5 вагонов 2 выполнены канавы 6 из бетона или из направляющих швеллеров шириной, равной сумме двух диаметров роликов 7, укрепленных в центре поперек днища вагона 2 с произвольным зазором между роликами 7 и вертикальными стенками канавы 6 до 10мм для ограничения горизонтального колебания вагонов 2 и обеспечения минимального зазора до 2мм между рабочими поверхностями индукторов 8 и реактивной полосы 9 линейных электродвигателей.

Два блока опорных колес 5 из восьми колес размещены вдоль рельсов 10, укрепленных с учетом тепловых зазоров вдоль верхних плоскостей консольных концов 11 горизонтальных железобетонных плит 12, уложенных над противоположными сторонами бетонированных траншей 1 из расчета, чтобы были обеспечены зазоры между вагоном 2 и между вагонами 2 и стенками 3 траншеи 1 не менее 650мм. Днища вагонов 2 находятся с зазором от днища 4 траншеи 1, обеспечивающим в любых случаях невозможность их столкновения.

Горизонтальные железобетонные плиты 12, скрепленные между собой с тепловыми зазорами на штырях, на консольных концах имеют одинаковую толщину с допуском ± 1 мм и гладкую поверхность снизу для беговой дорожки катков 13, обеспечивающих невозможность схода опорных колес 5 с рельсов 10.

Блоки опорных колес 5 состоят из восьми сборных резинометаллических колес 5, объединенных попарно в тележки 14, каждая из которых имеет шарнирно укрепленную между боковин тележки 14 ось 15, имеющую в верхней части гнездо для пальца 16 коромысла 17, объединяющего две тележки 14 в блок тележек с двумя степенями свободы в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В центре каждого коромысла 17 в верхней плоскости имеется вертикальный палец 18, на который одевается своим гнездом ось 19, на горизонтальный палец которой навешивается вертикальным гнездом в своей верхней части водило 20 L-образной формы, имеющее на осевой 19 две степени свободы. На горизонтальной нижней части водила 20 сверху смонтирован каток 13 с зазором от нижней плоскости горизонтальной железобетонной плиты 12 не менее 2мм, а снизу с помощью амортизирующих элементов 21 двух водил асимметрично подвешен кузов 22 вагона 2 в обход конца консоли горизонтальной плиты 12 и вертикально нагружает опорные колеса 2. В верхней части коромысел 17 укреплены токосъемники 23, взаимодействующие с токоподводящими троллеями 24, закрепленными на изоляторах к верхней горизонтальной плоскости Г-образной балки 25 с внутренней стороны, где на вертикальных стенках балки укреплены на кронштейнах 26 реактивные полосы 9 строго параллельно головкам рельсов 10 и рабочим поверхностям индукторов 8, укрепленных в горизонтальном положении на коромыслах 17 над каждой из тележек опорных колес 2 с зазором между индукторами 8 и реактивной полосой 9 не менее 2мм. Каждая тележка 14 опорных колес 2 имеет электромагнитный тормоз, взаимодействующий с рельсом 10.

С каждой стороны Г-образной балки 25 уложены наклонные плиты 27. Балка 25 в верхней плоскости и в боковинах, а также наклонные плиты 27 имеют монтажные люки. В плоскостях между боковинами балки 25 и наклонными плитами 27 смонтировано силовое кабельное хозяйство.

Для разворота вагонов и поездов для движения в обратном направлении стороны траншеи 1 разветвляются в петлю с необходимым радиусом.

Кузов вагона 2 цельнометаллический из легких сплавов. Каркас кузова 22 вагона 2 включает в себя попарно расположенные сидения, образующие в кузове купе со своими раздвижными дверями 28. Под полом каждой двери 28 имеются коробка 29 с выдвигной раздвижной лестницей пожарного типа для аварийной эвакуации пассажиров на землю, в случаях, когда вагон 2 применяется для движения по балочному пути на высоте. В передней части кузова 22 размещается кабина водителя с открывающейся наружу дверью 30. Сторона кузова 22, противоположная стороне с дверями, не имеет выхода и оборудована окнами для каждого купе.

На концах коромысел 17, обращенных к концам кузова 22, укреплены сцепные элементы 21.

Безрамное подвешивание кузова 22 вагона 2 с помощью амортизирующих элементов 21 и водил 20 с коромыслами 17 на четырех тележках 14 позволяет опорным колесам 2 двигаться на поворотах пути "змейкой" по рельсу 10 в горизонтальной плоскости, на подъем и спуск с ограниченной скоростью, когда ускорение, испытываемое пассажирами на поворотах, не превышает 3м/сек^2 , учитывая, что все пассажиры сидят. При прямолинейном движении вагона 2 в тоннеле скорость может развиваться до 120км/час , если для этого будет достаточно мощности линейных электродвигателей. Разгон вагона (поезда) осуществляется последовательным включением четырех линейных электродвигателей каждого вагона 2 с постепенным увеличением тяги, что позволяет исключить применение дорогостоящих и тяжелых объемных преобразователей частоты тока, крайне необходимых для разгона вагона одним мощным линейным электродвигателем, применяемым в современных монорельсовых дорогах.

В предлагаемой подземной монорельсовой системе Попова строгая параллельность между рельсом 10, рабочей поверхностью индуктора 8 и реактивной полосой 9 позволяет снизить зазор между индуктором 8 и реактивной полосой 9 до минимального зазора в 2мм, благодаря чему повысить коэффициент мощности линейного электродвигателя в 2 - 3 раза. Кроме того взаимодействие четырех линейных электродвигателей на одном вагоне с высоким коэффициентом мощности на длине реактивной полосы 9, равной длине вагона 2, снижает удельную силу взаимодействия индуктора с реактивной полосой в 6 - 8 раз, соответственно увеличивая их надежность и долговечность при значительно меньшей стоимости, уменьшая расход электроэнергии на 30 - 40%.

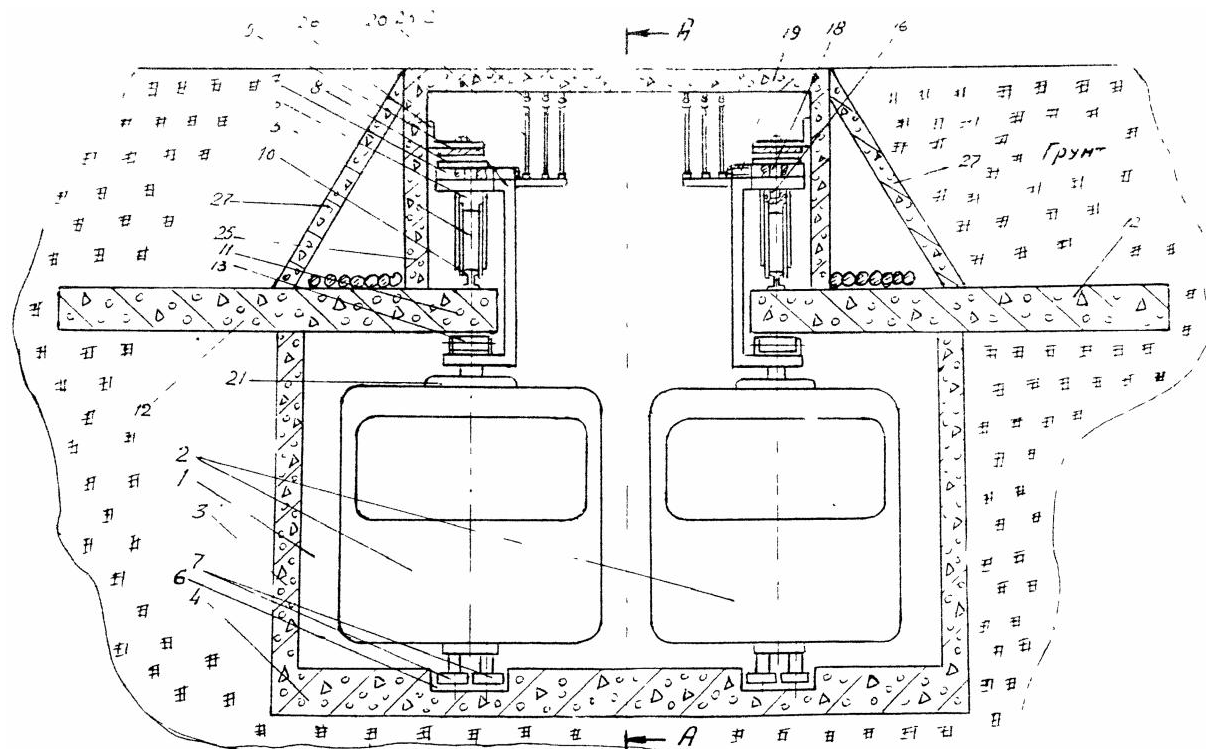
При поворотах рельсового пути в ту или другую сторону происходит преобразование движения опорных колес 5 по изгибу рельса 10 на переломе, равном радиусу сопряжения прямолинейных рельсов на расстоянии между осями соседних опорных колес 5, в движение кузова 22 вагона 2 по восемь раз большему радиусу, чем радиус сопряжения, чем уменьшается центробежная сила вагона 2 на повороте. Так например, радиус сопряжения прямолинейных рельсов 10 на переломе в 6° с расстоянием между осями опорных колес 5 равен 35м. Этот радиус сопряжения проходит последовательно только одно колесо 5 и поворачивает на угол 6° , поворачивая кузов 22 только на $1/8$ этого угла. Значит, кузов 22 повернет на угол 6° только тогда, когда радиус перелома пройдут все восемь опорных колес 5 вагона 2, но не по радиусу сопряжения, а по радиусу в восемь раз большему, то есть по радиусу 280 метров.

Чтобы предотвратить отклонение кузова вагона 22 от вертикали в сторону действия центробежных сил, применяются укрепленные на днище кузова 22 два ролика 7, упирающиеся на ту или другую стенку канавы 6. На подъемах и спусках, когда невозможно соблюсти минимальный зазор между индуктором 8 и реактивной полосой 9, этот зазор искусственно увеличивается при монтаже до допустимой величины. То же обеспечивается и для увеличения зазора между катками 13 и нижней поверхностью консольных концов 11 горизонтальных железобетонных плит 12.

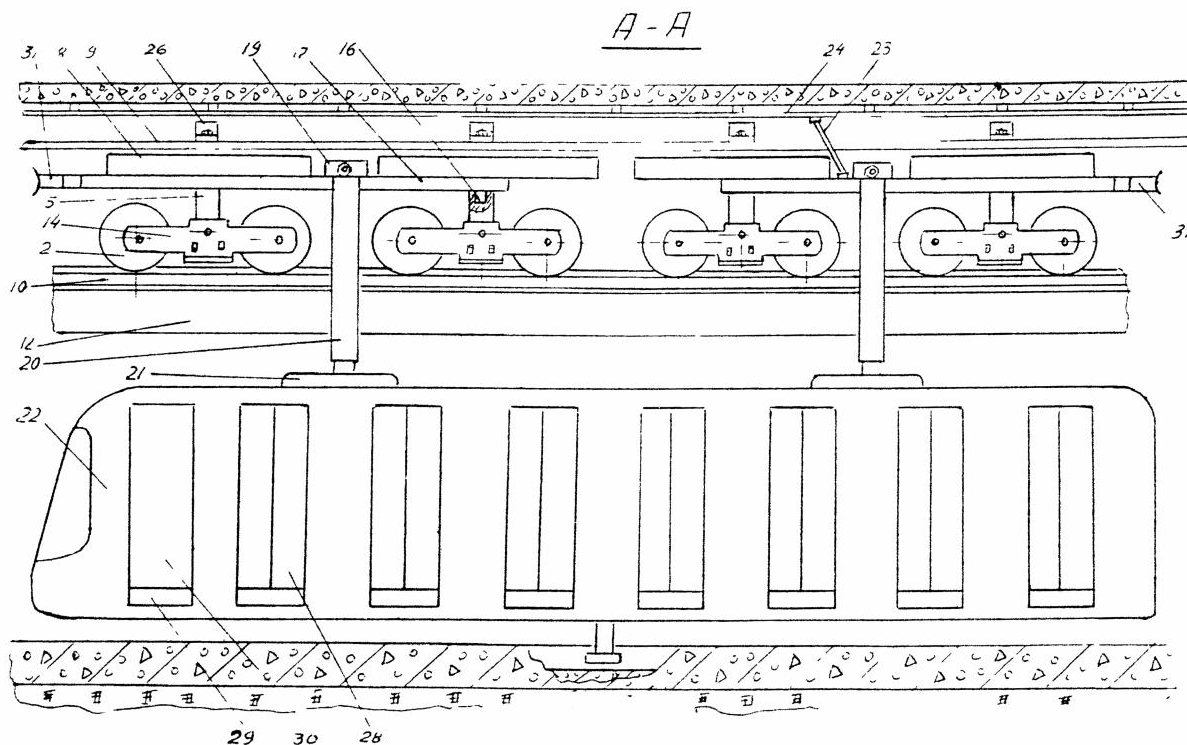
При торможении вагона 2 кузов 22 устремляется по инерции вперед и в действие вступают катки 13, упираясь в плоскость консольных концов 11 горизонтальных плит 12, усиливая торможение дополнительным сопротивлением движению, увеличивая нагрузку как на опорные колеса 5, так и на катки 13.

Применение указанной конструкции подземной монорельсовой системы Попова позволяет обеспечить:

1. Перевозку пассажиров отдельными вагонами и поездами любой длины (преимущественно следует отдавать десятивагонным) в полуавтоматическом режиме управления движения - с водителем, так и в автоматическом режиме - без водителя, с провозной способностью до 40тыс.пас. в час и выше, что соответствует производительности современного классического двухтоннельного метро.
2. Наилучшие условия эксплуатации монорельсового транспорта и его универсальность (надземность и подземность с унифицированными вагонами).
3. Удешевление современного метро в 5 и более раз.
4. Доступность применения не только для крупных, но и средних городов.
5. Высокую технологичность за счет простоты конструкции, доступности строительства подземной монорельсовой системы Попова и изготовления вагонов силами отечественного производства со снижением ресурсо- и энергозатрат на 30 - 40%.
6. Высокую безопасность движения при высоких скоростях.
7. Экологическую безопасность и комфортность для пассажиров.



Фиг. 1



Фиг. 2