

Изобретение относится к области транспортного машиностроения, а именно к построению транспортных средств с высокими аэродинамическими характеристиками, и может быть использовано в высокоскоростных транспортных системах.

Известно техническое решение, направленное на улучшение аэродинамики транспортных средств за счет выполнения их кузова, по форме максимально приближенного к форме тела вращения (В.-Г. Хуго. "Аэродинамика автомобиля", Москва, Машиностроение, 1987, стр. 32).

Однако в известном техническом решении выполнение требований к улучшению аэродинамики кузова вступает в противоречия с требованиями по его внутренней компоновке, что, в итоге, не позволяет реализовать оптимальное использование внутреннего объема кузова.

Известно также использование кузовов транспортных средств, в которых реализованы рекомендации по оптимизации аэродинамических характеристик за счет приближения их формы к форме тела вращения с одновременным учетом стилистических и эргонометрических требований, предъявляемых к ним именно как к транспортным средствам (В.-Г. Хуго. "Аэродинамика автомобиля", Москва, Машиностроение, 1987, стр. 42).

Однако при известности пути решения задачи реальные условия эксплуатации, когда транспортное средство расположено в непосредственной близости от дорожного полотна, не позволяют добиться минимальных значений коэффициента аэродинамического сопротивления.

Наиболее близким к изобретению является высокоскоростной транспортный модуль (используемый в струнной транспортной системе Юницкого), содержащий кузов обтекаемой формы с плавно сопряженными между собой сферообразной передней, каплеобразной средней, имеющей уплощенную нижнюю поверхность, и конусообразной задней частями (Журнал "Эврика" № 3, 1998, стр. 53-55). В нижней части кузова модуля размещены колеса, установленные в два ряда. Движение транспортного модуля обеспечивают установленный в кузове привод с системой управления.

При значениях развиваемых в любой транспортной системе скоростей свыше 300 км/ч одной из основных становится задача по снижению коэффициента аэродинамического сопротивления транспортного модуля, т.к. сопротивление воздуха в суммарном сопротивлении движению составляет более 90%. Соответственно мощность привода транспортного средства и его экономичность на 90% и более определяются именно аэродинамическими характеристиками кузова модуля. Кроме того, при движении транспортного модуля с высокими скоростями воздействие различных внешних факторов вызывает необходимость в стабилизации

положения транспортного модуля по траектории его движения.

Форма кузова известного транспортного модуля не обеспечивает получения минимально возможного значения коэффициента аэродинамического сопротивления. Это объясняется тем, что при решении в нем задачи по оптимальному обтеканию воздухом передней части кузова, из-за необходимости соблюдения требований, предъявляемых к габаритной длине транспортного модуля, на задней части его кузова неизбежно происходит отрыв воздушного потока, вызванный невозможностью устранения скачков давления. Кроме того, в известном техническом решении не решена проблема оптимизации выбора площади фронтальной поверхности (миделя) кузова, который, так же, как и коэффициент аэродинамического сопротивления, прямым образом влияет на сопротивление воздуха движению транспортного модуля. Указанные причины не позволяют оптимизировать показатели транспортного модуля с точки зрения энергетических характеристик. Отсутствие каких-либо средств для стабилизации положения транспортного модуля по траектории движения приводит его к зависимости от воздействия различных дестабилизирующих внешних причин.

В основу изобретения положена задача повышения энергетических показателей транспортного модуля за счет снижения потерь, определяемых его аэродинамическими характеристиками, и повышения стабильности положения кузова по траектории движения.

Решение задачи (получение указанного результата) в высокоскоростном транспортном модуле, содержащем кузов обтекаемой формы с плавно сопряженными между собой сферообразной передней, каплеобразной средней, имеющей уплощенную нижнюю поверхность, и конусообразной задней частями, а также размещенные в нижней части корпуса в два ряда колеса, связанные с приводом, обеспечивается тем, что задняя конусообразная часть кузова в продольном направлении выполнена знакопеременной кривизны, а на нижней поверхности средней части кузова симметрично выполнены два продольных участка с отрицательной кривизной поверхности в поперечном сечении, причем точки сопряжения этих участков поверхности с нижней поверхностью кузова находятся от вертикальной плоскости симметрии кузова на расстоянии, удовлетворяющем условию

$$0,05 \leq \frac{a}{H} \leq 0,5$$

где a - расстояние от точек сопряжения с нижней поверхностью кузова каждого из продольных участков отрицательной кривизны до вертикальной плоскости симметрии кузова, м;

H - максимальная высота кузова в поперечном сечении, м,

а точки сопряжения их с боковыми поверхностями кузова находятся от нижней поверхности кузова на расстоянии, удовлетворяющем условию

$$0,05 \leq \frac{b}{H} \leq 0,4$$

где b - расстояние от точек сопряжения с боковой поверхностью кузова каждого из продольных участков отрицательной кривизны до нижней поверхности кузова, м.

Решение задачи достигается также тем, что оконечность задней части кузова выполнена в форме клина, ребро которого образует заднюю кромку кузова, расположенную в горизонтальной плоскости.

Решение задачи достигается также тем, что длина средней части кузова и расстояние между рядами колес ограничены соотношением

$$1 \leq \frac{L_1}{L_2} \leq 10$$

где L_1 - длина средней части кузова между точками линии сопряжения поверхностей передней и задней частей кузова с нижней уплощенной поверхностью средней части кузова, м;

L_2 - расстояние между рядами колес, м.

Указанный результат достигается также тем, что длины передней, средней и задней частей кузова ограничены соотношениями

$$0,1 \leq \frac{L_3}{L_1} \leq 0,5$$

$$0,2 \leq \frac{L_4}{L_1} \leq 0,75$$

где L_3 - длина передней части кузова от крайней передней точки до точек линии сопряжения поверхности передней части с нижней уплощенной поверхностью средней части кузова, м;

L_4 - длина задней части кузова от крайней задней точки до точек линии сопряжения поверхности задней части с уплощенной нижней поверхностью средней части кузова, м.

Решение достигается также тем, что точки линии сопряжения поверхностей задней части кузова, имеющих разные знаки кривизны, находятся от точек линии сопряжения поверхностей средней и задней частей кузова на расстоянии, ограниченном соотношением

$$0,05 \leq \frac{L_5}{L_1} \leq 0,5$$

где L_5 - расстояние от точек линии сопряжения поверхностей задней части кузова до точек линии сопряжения поверхностей средней и задней частей кузова, м.

Решение задачи достигается также тем, что площадь максимального поперечного сечения средней части кузова и площадь максимального поперечного сечения задней части кузова ограничены соотношением

$$0,2 \leq \frac{S_{\text{задн}}}{S_{\text{сред. макс}}} \leq 0,75$$

где $S_{\text{задн}}$ - площадь максимального поперечного сечения задней части кузова, м²;

$S_{\text{сред. макс}}$ - площадь максимального поперечного сечения средней части кузова, м².

Решение задачи достигается также тем, что сопряжение каплеобразной верхней и уплощенной нижней поверхностей средней части кузова выполнено согласно условию

$$0,1 \leq \frac{H_2}{H_1} \leq 0,9$$

где H_1 - максимальная высота верхней части кузова от линии, проходящей через точки кузова с вертикальным положением касательной, м;

H_2 - соответствующая высота нижней части кузова от линии, проходящей через точки кузова с вертикальным положением касательной, м.

Выполнение задней части кузова транспортного модуля в продольном направлении знакопеременной кривизны позволяет оптимизировать обтекание кузова набегающим воздушным потоком. Наличие в продольном направлении плавного перехода кривизны задней части кузова от положительного значения к отрицательному, т.е. от выпуклой формы к вогнутой, как показали результаты аэродинамических испытаний, позволяет (практически, без увеличения длины задней части кузова) только за счет устранения скачков давления значительно снизить его коэффициент аэродинамического сопротивления.

Выполнение поверхности задней (конусообразной) части кузова клиновидного профиля, заканчивающегося кромкой, лежащей в горизонтальной плоскости, позволяет обеспечить стабилизацию транспортного модуля в вертикальной плоскости по траектории движения.

Выполнение на нижней поверхности кузова симметрично двух продольных участков с отрицательной кривизной поверхности, точки сопряжения которых с нижней поверхностью кузова находятся от вертикальной плоскости симметрии кузова на расстоянии, удовлетворяющем условию

$$0,05 \leq \frac{a}{H} \leq 0,5,$$

а точки сопряжения с боковыми поверхностями кузова находятся от нижней поверхности кузова на расстоянии, удовлетворяющем условию

$$0,05 \leq \frac{b}{H} \leq 0,4,$$

позволяет (при соблюдении в центральной части поперечного сечения кузова, в зоне прохода пассажиров, эргонометрических требований по высоте салона, предъявляемых к пассажирским транспортным средствам) значительно уменьшить площадь фронтальной поверхности и соответственно сопротивление воздуха движению транспортного модуля.

Уменьшение расстояния от точек сопряжения с нижней поверхностью кузова каждого из продольных участков поверхности отрицательной кривизны до вертикальной плоскости симметрии кузова за указанные пределы, т.е. уменьшение ширины образованного в нижней части кузова продольного «гребня», приводит к

дискомфорт при перемещении пассажиров по проходу между креслами, а также к срыву воздушного потока и, как следствие, к увеличению аэродинамического сопротивления на узком гребне, имеющем малые радиусы кривизны. В то же время увеличение этого расстояния за указанные пределы приводит к неоправданному понижению эффективности мероприятий, направленных на уменьшение площади фронтальной поверхности.

Увеличение расстояния от точек сопряжения каждого из продольных участков поверхности отрицательной кривизны с боковой поверхностью кузова до нижней поверхности кузова за указанные пределы приводит к созданию дискомфорта для пассажиров, тогда как уменьшение этого расстояния за указанные пределы приводит к неоправданному понижению эффективности мероприятий, направленных на уменьшение площади фронтальной поверхности.

Выбор длины средней части кузова и расстояния между рядами колес исходя из условия

$$1 \leq \frac{L_1}{L_2} \leq 10$$

позволяет, при оптимизированном, с точки зрения аэродинамических характеристик, выполнении кузова транспортного модуля, обеспечивать его динамическую устойчивость на рельсовом пути при высокоскоростном движении.

При уменьшении отношения длины средней части кузова к расстоянию между рядами колес до значения, меньше указанного, возникают трудности по обеспечению необходимых с точки зрения аэродинамических характеристик обводов кузова. При этом соблюдение требований по оптимизации аэродинамических характеристик приводит к относительному удлинению передней и задней частей кузова, размер которых становится соизмеримым с длиной средней части, и, как следствие, к появлению динамической неустойчивости, что при боковых порывах ветра может привести к сходу модуля с рельсового пути. При увеличении значения этого отношения за указанные пределы кузов транспортного модуля "вытягивается" в длину, а форма средней части кузова приближается к цилиндрической, что приводит к увеличению площади боковой поверхности и соответственно к увеличению аэродинамического сопротивления.

Выбор размеров передней, средней и задней частей кузова транспортного модуля из условий

$$0,1 \leq \frac{L_3}{L_1} \leq 0,5$$

$$0,2 \leq \frac{L_4}{L_1} \leq 0,75$$

позволяет, при размещении колес в корпусных нишах оптимизированного по форме транспортного модуля, обеспечить его динамическую устойчивость на рельсовом пути.

Уменьшение длины передней части кузова за границы, определяемые указанным соотношением, не позволяет оптимизировать выбор кривизны лобовой части с точки зрения уменьшения коэффициента аэродинамического сопротивления. Увеличение же длины за указанные границы приводит к понижению динамической устойчивости транспортного модуля из-за рыскания большой консоли передней части кузова.

Уменьшение длины задней части кузова за границы, определяемые указанным соотношением, не позволяет реализовать требования по получению плавного перехода от выпуклой поверхности к вогнутой, т.е. обеспечить отсутствие скачков давления на задней части кузова. Увеличение же длины задней части кузова за указанные границы приводит к понижению динамической устойчивости транспортного модуля из-за рыскания большой консоли задней части кузова.

Выбор положения точек линии сопряжения поверхностей задней части кузова, имеющих разные знаки кривизны, по отношению к точкам линии сопряжения поверхностей средней и задней частей кузова, удовлетворяющий условию

$$0,05 \leq \frac{L_5}{L_1} \leq 0,5,$$

определяется требованиями, предъявляемыми к задней части транспортного модуля с точки зрения получения оптимальных аэродинамических характеристик.

Уменьшение расстояния от точек линии изменения знака кривизны поверхности задней части кузова до точек линии сопряжения поверхностей средней и задней части кузова приведет к возможности срыва воздушного потока за счет появления большого градиента давления при переходе от средней к задней части кузова. Увеличение же данного расстояния за пределы, определяемые указанным соотношением, приведет к снижению динамической устойчивости транспортного модуля из-за рыскания большой консоли задней части кузова.

Выбор площади максимального поперечного сечения средней части кузова и площади максимального поперечного сечения задней части кузова в соответствии с отношением

$$0,2 \leq \frac{S_{задн}}{S_{ср. макс}} \leq 0,75$$

определяется требованиями к получению необходимой кривизны поверхности средней части кузова для его плавного обтекания воздушным потоком. При наличии ограничений на габаритную длину кузова транспортного модуля указанное условие выполнения кривизны поверхности средней части, как показали аэродинамические испытания, является наиболее оптимальным с точки зрения снижения коэффициента аэродинамического сопротивления.

Выбор площади максимального поперечного сечения задней части кузова меньше определяемого указанным выражением приводит к отрыву воздушного потока от кузова и соответственно к ухудшению его аэродинамических характеристик. В случае же выбора площади больше, чем в указанном выражении, ухудшается динамическая устойчивость транспортного модуля из-за рысканья большой консоли задней части кузова.

Выбор соотношения высот при сопряжении каплеобразной верхней и уплощенной нижней поверхностей средней части кузова из условия

$$0,1 \leq \frac{H_2}{H_1} \leq 0,9$$

позволяет, как показали аэродинамические испытания, при сохранении оптимизированных значений коэффициента аэродинамического сопротивления реализовать требования к форме кузова, выдвигаемые с точки зрения эргономики и конкретного предназначения транспортного модуля.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1а, 1б, 1в представлен высокоскоростной транспортный модуль при среднем и крайних значениях отношений длины средней части кузова к расстоянию между рядами колес; на фиг. 2а, 2б, 2в - высокоскоростной транспортный модуль при среднем и крайних значениях условий выполнения передней и задней частей кузова; на фиг. 3а, 3б, 3в - высокоскоростной транспортный модуль при различных местах расположения линии, проходящей через точки изменения знака кривизны задней части кузова; на фиг. 4а, 4б, 4в - высокоскоростной транспортный модуль при среднем и крайних значениях отношений площади максимального поперечного сечения задней части кузова к площади максимального поперечного сечения средней части кузова; на фиг. 5а, 5б, 5в - высокоскоростной транспортный модуль при крайних и среднем значениях соотношений максимальных высот при сопряжении каплеобразной верхней и уплощенной нижней поверхности средней части кузова; на фиг. 6а, 6б, 6в - максимальные поперечные сечения кузова высокоскоростного транспортного модуля при среднем значении расстояния от точек сопряжения симметричных продольных участков поверхности отрицательной кривизны с боковыми поверхностями кузова до нижней поверхности кузова и различными значениями расстояний от точек сопряжения симметричных продольных участков поверхности отрицательной кривизны с нижней поверхностью кузова до вертикальной плоскости симметрии кузова; на фиг. 7а, 7б, 7в - максимальные поперечные сечения кузова высокоскоростного транспортного модуля при среднем значении расстояния от точек сопряжения симметричных продольных участков поверхности отрицательной кривизны с нижней

поверхностью кузова до вертикальной плоскости симметрии кузова и различными значениями расстояний от точек сопряжения симметричных продольных участков поверхности отрицательной кривизны с боковыми поверхностями кузова до нижней поверхности кузова.

Высокоскоростной транспортный модуль состоит из кузова 1 обтекаемой формы (фиг. 1а, 1б, 1в) с плавно сопряженными между собой сферообразной передней 2, каплеобразной средней 3 и конусообразной задней 4 частями. Нижняя поверхность 5 средней 3 части кузова выполнена уплощенной. В нижней части кузова установлены два ряда колес 7, взаимодействующих с путевой структурой 6. В кузове также размещены привод 8 с системой управления 9.

На нижней 5 поверхности кузова 1 симметрично выполнены два продольных участка 10 с отрицательной (в поперечном направлении) кривизной поверхности. Расстояние а от точек сопряжения 11 продольных участков 10 с нижней 5 поверхностью кузова 1 до вертикальной плоскости симметрии и расстояние б от точек сопряжения 12 продольных участков 10 с боковой 13 поверхностью кузова 1 до нижней поверхности 5 кузова 1 выбираются, исходя из требований по уменьшению площади фронтальной поверхности транспортного модуля, при сохранении требований, предъявляемых к нему с точки зрения эргономики.

Длина L_1 средней 3 части кузова 1, между точками линий сопряжения поверхностей передней 2 и задней 4 частей кузова с нижней поверхностью 5 средней 3 части кузова 1, при выбранном расстоянии L_2 между рядами колес 7, определяется, исходя из получения необходимой динамической устойчивости транспортного модуля при выбранной форме кузова 1.

Длины L_3 передней 2 и L_4 задней 4 частей кузова 1 (фиг. 2а, 2б, 2в) определяются, исходя из обеспечения динамической устойчивости транспортного модуля и оптимизации значения коэффициента аэродинамического сопротивления.

Задняя 4 (конусообразная) часть кузова 1 выполнена в продольном направлении со знакопеременной кривизной (фиг. 3а, 3б, 3в). Переход от выпуклой формы поверхности к вогнутой осуществлен в точках 14 линии, положение которой определяется, исходя из требований по оптимизации обтекания кузова 1 набегающим воздушным потоком при различных режимах эксплуатации, исходя из конкретного конструктивного его выполнения.

Площадь ($S_{\text{задн.}}$) максимального поперечного сечения А-А задней 4 части (фиг. 4а, 4б, 4в) кузова 1 по отношению к площади максимального поперечного сечения средней 3 части корпуса ($S_{\text{сред. max}}$), определяет условия оптимального обтекания воздушными потоками кузова 1 модуля при соблюдении требований к динамической устойчивости.

Соотношение максимальных значений высот H_1 и H_2 , измеряемых от линии, проходящей через точки 15 и 15' с вертикальным положением касательных при сопряжении соответственно каплеобразной верхней и уплощенной нижней 5 поверхностей средней части 3 кузова 1 (фиг. 5а, 5б, 5в), определяется из требований по минимизации фронтальной поверхности кузова и требований по оптимизации коэффициента аэродинамического сопротивления, а также с учетом требований эргономики, в зависимости от конкретного предназначения транспортного модуля.

Задняя кромка 16, расположенная в горизонтальной плоскости, может иметь прямую (фиг. 2а), выпуклую (фиг. 2б) или вогнутую (фиг. 2в) форму. В предельном случае величина радиуса кривизны поверхности задней 4 части кузова 1 в одном из ортогональных сечений может стремиться к бесконечности (фиг. 1а, 2в), определяя максимальную ширину задней кромки 16.

Описанная форма кузова транспортного модуля может быть использована и в случае выполнения его состоящим из двух и более кузовов.

Транспортный модуль описан в системе координат, когда он размещен на горизонтальной путевой структуре 6 (т.е. когда нижняя поверхность колес модуля расположена в горизонтальной плоскости).

Движение транспортных модулей в транспортной системе может происходить со скоростями 300 км/ч и выше. При таких значениях скоростей движения, как уже отмечалось, основополагающим фактором, оказывающим влияние на энергетические показатели транспортного модуля, является его сопротивление набегающему воздушному потоку, величина которого пропорциональна квадрату скорости движения, площади фронтальной поверхности (миделю) и коэффициенту аэродинамического сопротивления.

При движении транспортного модуля набегающий воздушный поток равномерно, без отрывов, обтекает плавно сопряженные между собой переднюю сферообразную 2 и среднюю каплеобразную 3 части кузова 1 (фиг. 1а, 1б, 1в). При сходе воздушного потока с задней конусообразной части 4 кузова 1, за счет выполнения ее со знакопеременной кривизной и клинообразной оконечностью с горизонтальной кромкой, обеспечивается плавное, без скачков изменение давления. Это позволяет избежать отрывов воздушного потока от кузова 1 и соответственно улучшить коэффициент аэродинамического сопротивления транспортного модуля без неоправданного увеличения его габаритной длины.

Одновременно при выполнении задней 4 части кузова в форме клинообразного горизонтально ориентированного профиля (фиг. 1а) сформированный на клиновидном профиле воз-

душный поток, сходя с задней кромки 16, оказывает стабилизирующее воздействие на транспортный модуль в вертикальной плоскости по траектории движения.

Значительное влияние на уменьшение сопротивления воздуха движению транспортного модуля оказывают два симметричных продольных участка 10 с отрицательной (в поперечном направлении) кривизной поверхности, выполненные на нижней 5 поверхности кузова 1 (фиг. 6а, 6б, 6в, 7а, 7б, 7в). Конкретное место расположения продольных участков 10 с отрицательной кривизной поверхности и их конкретное выполнение определяются решением задачи по уменьшению площади фронтальной поверхности кузова 1, с учетом эргонометрических требований по организации посадочных мест и прохода между ними.

Так, при выбранной высоте H кузова 1, определяемой среднестатистическим значением роста человека, принятого для проектирования транспортных средств, предназначенных для перевозки пассажиров, наиболее оптимальным, с точки зрения реализации требований как по уменьшению площади фронтальной поверхности кузова, так и по обеспечению эргонометрических требований по организации посадочных мест и прохода между ними, является выбор положения точек сопряжения 11 продольных участков 10 с нижней 5 поверхностью кузова 1 и точек сопряжения 12 продольных участков 10 с боковой 13 поверхностью кузова 1, исходя из условий

$$0,05 \leq \frac{a}{H} \leq 0,5$$

$$0,05 \leq \frac{b}{H} \leq 0,4$$

Оптимальные значения $\frac{a}{H} = 0,2$ и $\frac{b}{H} = 0,2$ (фиг. 6б, 7б) позволяют, при обеспечении достаточной комфортности салона, реализовать значительное уменьшение площади фронтальной поверхности кузова транспортного модуля. Выполнение кузова 1 транспортного модуля со значением отношений, меньшим, чем $\frac{a}{H} = 0,1$ (фиг. 7а) и большим, чем $\frac{b}{H} = 0,4$ (фиг. 6в) приведет к созданию дискомфорта для находящихся в салоне пассажиров.

В случае выполнения кузова 1 транспортного модуля со значением отношений, большим, чем $\frac{a}{H} = 0,5$ (фиг. 7в), и меньшим, чем $\frac{b}{H} = 0,05$ (фиг. 6а), меры, предпринимаемые для понижения площади фронтальной поверхности кузова, становятся практически неэффективными.

Выбранная форма кузова 1 транспортного модуля, обеспечивающая высокие значения скоростей, выдвигает, в свою очередь, определенные требования по обеспечению его динамической устойчивости на путевой структуре 6.

Так, при выбранном расстоянии L_2 между рядами колес 7, связанными с рельсами путевой

структуры 6, выбор длины L_1 средней 3 части кузова 1 между точками линий сопряжения поверхностей передней 2 и задней 4 частей кузова с нижней поверхностью 5 средней части кузова должен осуществляться из условия

$$1 \leq \frac{L_1}{L_2} \leq 10$$

Оптимальное значение отношения $\frac{L_1}{L_2} = 2,5$ (фиг. 1а) позволяет при движении транспортного модуля достаточно просто обеспечить необходимое значение его динамической устойчивости при выбранной форме кузова 1.

При выполнении кузова 1 транспортного модуля со значением отношения, меньшим, чем $\frac{L_1}{L_2} = 1$ (фиг. 1б), возникают чисто конструктивные трудности по реализации формы кузова, обеспечивающей плавное обтекание его набегающим воздушным потоком с одновременным обеспечением динамической устойчивости, т.к. требования к оптимальному, с точки зрения коэффициента аэродинамического сопротивления, выполнению кузова приводит к относительному удлинению передней 2 и задней 4 его частей и соответственно к понижению динамической устойчивости транспортного модуля.

В случае выполнения кузова 1 транспортного модуля со значением отношения, большим, чем $\frac{L_1}{L_2} = 10$ (фиг. 1в), с учетом ограничений на его поперечные размеры, при движении с большими скоростями, значительную роль начинает играть вырождение средней 3 части кузова в цилиндр, что приводит к увеличению площади боковой поверхности и соответственно к увеличению аэродинамического сопротивления.

Большое влияние на коэффициент аэродинамического сопротивления транспортного модуля и соответственно на потери, возникающие при указанных скоростях движения, оказывают плавность сопряжения передней 2, средней 3 и задней 4 частей кузова и выступающие части конструкции, в частности колеса 7, связывающие кузов с путевой структурой 6.

Для решения задачи по плавному сопряжению сферообразной передней 2, каплеобразной средней 3 и конусообразной задней 4 частей корпуса 1, при уже реализованных, с точки зрения оптимизации коэффициента аэродинамического сопротивления, требованиях к форме кузова, в корпусных нишах по краям средней 3 части которого установлены колеса 7, возникает необходимость в определенном выборе размеров L_3 и L_4 соответственно передней 2 и задней 4 частей кузова 1.

Так, расстояние L_3 (фиг. 2а, 2б, 2в) от крайней передней точки кузова 1 до точек линии сопряжения поверхности передней 2 части с нижней 5 уплощенной поверхностью средней 3 части кузова 1 и расстояние L_4 от крайней задней точки кузова до точек линии сопряжения поверхности задней 4 части с уплощенной ниж-

ней 5 поверхностью средней 3 части кузова 1 по отношению к длине L_1 средней 3 части должны выбираться соответственно из условий

$$0,1 \leq \frac{L_3}{L_1} \leq 0,5$$

$$0,2 \leq \frac{L_4}{L_1} \leq 0,75$$

Средние значения отношений $\frac{L_3}{L_1} = 0,3$ и $\frac{L_4}{L_1} = 0,4$ (фиг. 2а) позволяют без особых трудностей обеспечить построение кузова 1 транспортного модуля с необходимыми аэродинамическими обводами.

При выполнении кузова 1 транспортного модуля со значениями отношений меньше, чем $\frac{L_3}{L_1} = 0,1$ (фиг. 2б) и $\frac{L_4}{L_1} = 0,2$ (фиг. 2в), возникают конструктивные сложности по обеспечению плавного сопряжения передней 2, задней 4 и средней 3 частей кузова 1, при условии соблюдения требований к его форме, с точки зрения оптимизации аэродинамических характеристик транспортного модуля.

В случае выполнения кузова 1 транспортного модуля со значениями отношений больше, чем $\frac{L_3}{L_1} = 0,5$ (фиг. 2в) и $\frac{L_4}{L_1} = 0,75$ (фиг. 2б) ухудшается динамическая устойчивость транспортного модуля из-за рыскания большой консоли передней 2 и задней 4 частей кузова 1.

При сходе воздушного потока с задней 4 части кузова 1 на аэродинамические характеристики транспортного модуля, при его движении с высокой скоростью по путевой структуре, значительное влияние оказывает расстояние L_5 (фиг. 3а, 3б, 3в), на котором расположены точки 14 линии изменения знака кривизны поверхности конусообразной задней 4 части кузова 1 от точек линии сопряжения поверхностей средней 3 и задней 4 частей кузова. Так, при фиксированных габаритной длине транспортного модуля и соответственно размере L_1 средней 3 части кузова положение точек 15 на задней 4 части кузова, через которые проходит указанная линия, определяется условием

$$0,05 \leq \frac{L_5}{L_1} \leq 0,5$$

При среднем значении отношения $\frac{L_5}{L_1} = 0,3$ (фиг. 3а) достаточно просто реализовать требования по обеспечению плавного схода воздушного потока с задней 4 части кузова 1 и разумного выбора длины самой задней 4 части, влияющей на динамическую устойчивость транспортного модуля на путевой структуре 6.

При выполнении кузова 1 транспортного модуля со значениями соотношений меньше, чем $\frac{L_5}{L_1} = 0,05$ (фиг. 3б) становится реальным срыв воздушного потока при переходе от средней 3 части кузова 1 к его задней 4 части.

В случае выполнения кузова 1 транспортного модуля со значениями отношений больше,

чем $\frac{L_2}{L_1} = 0,5$ (фиг. 3в), при соблюдении требований к форме задней 4 части, с точки зрения оптимизации аэродинамических характеристик, ухудшается динамическая устойчивость транспортного модуля из-за рысканья большой консоли задней 4 части кузова.

Большое значение на аэродинамические характеристики транспортного модуля оказывает величина кривизны верхней каплеобразной 10 поверхности средней 3 части кузова 1 (фиг. 4а, 4б, 4в).

Наиболее оптимальным для получения высоких аэродинамических характеристик, соответствующих каплеобразному профилю, при наличии ограничений на габаритную длину транспортного модуля, является условие, когда

$$0,2 \leq \frac{S_{задн}}{S_{сред. макс.}} \leq 0,75$$

При выполнении кузова 1 со значением отношения $\frac{S_{задн}}{S_{сред. макс.}} = 0,5$ (фиг. 4а) удастся достаточно просто получить оптимальное значение коэффициента аэродинамического сопротивления, учитывая ограничения на габаритную длину транспортного модуля.

В случае выбора значения отношения $\frac{S_{задн}}{S_{сред. макс.}} = 0,75$ (фиг. 4б), для обеспечения плавного схода воздушного потока возникает необходимость в удлинении задней 4 части кузова 1, что понижает динамическую устойчивость транспортного модуля из-за рысканья большой консоли задней 4 части кузова.

При выполнении кузова 1 транспортного модуля с отношением меньше $\frac{S_{задн}}{S_{сред. макс.}} = 0,2$ (фиг. 4в) возникают причины для отрыва воздушного потока.

В зависимости от конкретного предназначения и областей использования, высокоскоростной транспортный модуль может иметь различное соотношение максимальной высоты H_1 верхней части кузова 1 и соответствующей ей высоты H_2 нижней части от линии, проходящей через точки 15 и 15' кузова с вертикальным положением касательной (фиг. 5а, 5б, 5в).

С учетом предъявляемых требований, указанное отношение определяется условием

$$0,1 \leq \frac{H_2}{H_1} \leq 0,9$$

Одним из оптимальных условий для выполнения кузова 1 транспортного модуля, предназначенного для пассажирских перевозок, представляется $\frac{H_2}{H_1} = 0,5$ (фиг. 5а). При этом условии достаточно легко реализуются требования, предъявляемые к транспортному модулю с точки зрения эргономики и получения оптимального значения коэффициента аэродинамического сопротивления.

Выполнение транспортного модуля с отношением меньше $\frac{H_2}{H_1} = 0,1$ (фиг. 5б), представляется нецелесообразным из-за значительного отклонения от формы кузова, обладающей наименьшим коэффициентом аэродинамического сопротивления.

Выбор значений отношения больше $\frac{H_2}{H_1} = 0,9$ (фиг. 5в) затрудняет размещение колес 7 в корпусных нишах, что также отрицательно сказывается на аэродинамических характеристиках транспортного модуля при его движении.

Использование изобретения позволит значительно снизить влияние дестабилизирующих факторов и улучшить аэродинамические характеристики высокоскоростного транспортного модуля, используемого в транспортной системе, что, в итоге, повысит энергетические и соответственно экономические показатели транспортной системы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Высокоскоростной транспортный модуль, содержащий кузов обтекаемой формы с плавно сопряженными между собой сферообразной передней, каплеобразной средней, имеющей уплощенную нижнюю поверхность, и конусообразной задней частями, а также установленные в нижней части кузова в два ряда колеса, связанные с приводом, отличающийся тем, что задняя конусообразная часть кузова в продольном направлении выполнена знакопеременной кривизны, а на нижней поверхности средней части кузова симметрично выполнены два продольных участка с отрицательной кривизной поверхности в поперечном сечении, причем точки сопряжения этих участков с нижней поверхностью кузова находятся от вертикальной плоскости симметрии кузова на расстоянии, удовлетворяющем условию

$$0,05 \leq \frac{a}{H} \leq 0,5$$

где a - расстояние от точек сопряжения каждого из продольных участков отрицательной кривизны с нижней поверхностью кузова до вертикальной плоскости симметрии кузова, м;

H - максимальная высота кузова в поперечном сечении, м, а точки сопряжения этих участков с боковыми поверхностями кузова находятся от нижней поверхности кузова на расстоянии, удовлетворяющем условию

$$0,05 \leq \frac{b}{H} \leq 0,4$$

где b - расстояние от точек сопряжения с боковыми поверхностями кузова каждого из продольных участков отрицательной кривизны до нижней поверхности кузова, м.

2. Транспортный модуль по п.1, отличающийся тем, что оконечность задней части кузова выполнена в форме клина, ребро которого обра-

зует заднюю кромку кузова, расположенную в горизонтальной плоскости.

3. Транспортный модуль по любому из пп.1, 2, отличающийся тем, что длина средней части кузова и расстояние между рядами колес ограничены соотношением

$$1 \leq \frac{L_1}{L_2} \leq 10$$

где L_1 - длина средней части кузова между точками линий сопряжения передней и задней частей кузова с нижней уплощенной поверхностью средней части кузова, м;

L_2 - расстояние между рядами колес, м.

4. Транспортный модуль по любому из пп.1, 2, 3, отличающийся тем, что длины передней, средней и задней частей кузова ограничены соотношениями

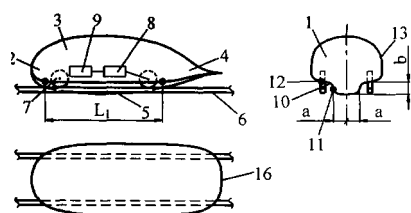
$$0,1 \leq \frac{L_3}{L_1} \leq 0,5$$

$$0,2 \leq \frac{L_4}{L_1} \leq 0,75$$

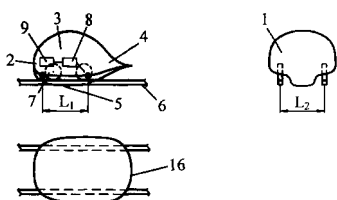
где L_3 - длина передней части кузова от крайней передней точки до точек линии сопряжения передней части с уплощенной нижней поверхностью средней части кузова, м;

L_4 - длина задней части кузова от крайней задней точки кузова до точек линии сопряжения задней части с уплощенной нижней поверхностью средней части кузова, м.

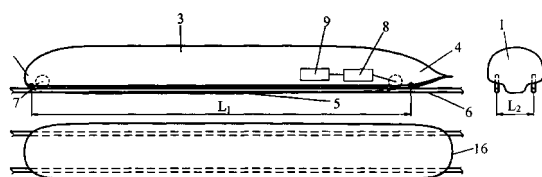
5. Транспортный модуль по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что точки линии сопряжения поверхностей задней части кузова, имеющих разные знаки кривизны, находятся от точек линии сопряжения поверхностей средней



Фиг. 1а



Фиг. 1б



Фиг. 1в

и задней частей кузова на расстоянии, ограниченном соотношением

$$0,05 \leq \frac{L_5}{L_1} \leq 0,5$$

где L_5 - расстояние от точек линии сопряжения поверхностей задней части кузова, имеющих разные знаки кривизны, до точек линии сопряжения средней и задней частей кузова, м.

6. Транспортный модуль по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что площадь максимального поперечного сечения средней части кузова и площадь максимального поперечного сечения задней части кузова ограничены соотношением

$$0,2 \leq \frac{S_{задн}}{S_{ср.макс}} \leq 0,75$$

где $S_{задн.}$ - площадь максимального поперечного сечения задней части кузова, m^2 ;

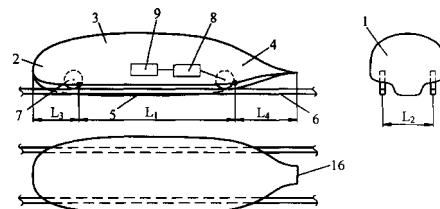
$S_{ср.макс}$ - площадь максимального поперечного сечения средней части кузова, m^2 .

7. Транспортный модуль по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что сопряжение каплеобразной верхней и уплощенной нижней поверхностей средней части кузова выполнено согласно условию

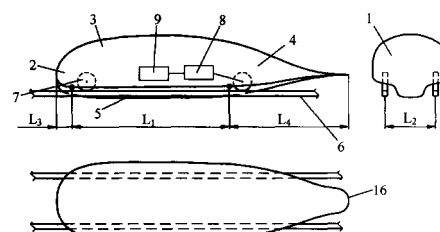
$$0,1 \leq \frac{H_2}{H_1} \leq 0,9$$

где H_1 - максимальная высота верхней части кузова от линии, проходящей через точки кузова с вертикальным положением касательной, м;

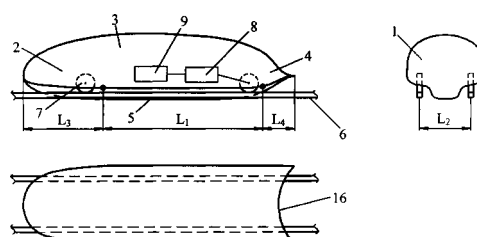
H_2 - соответствующая высота нижней части кузова от линии, проходящей через точки кузова с вертикальным положением касательной, м.



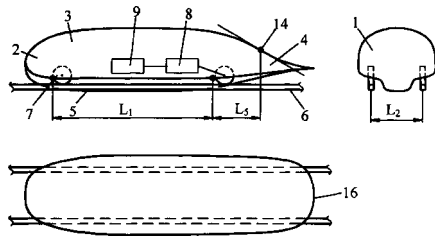
Фиг. 2а



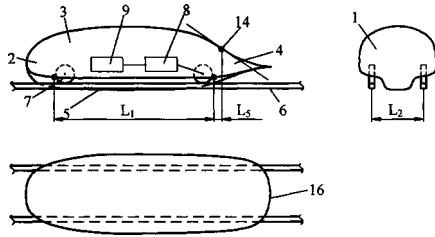
Фиг. 2б



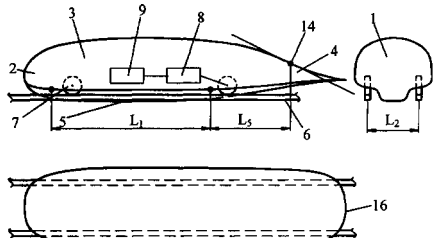
Фиг. 2в



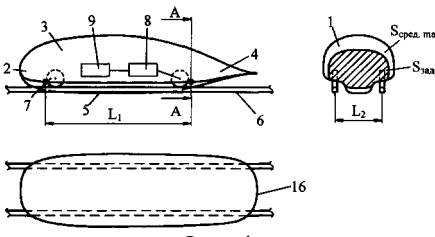
Фиг. 3а



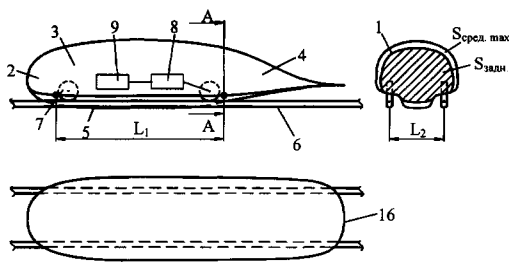
Фиг. 3б



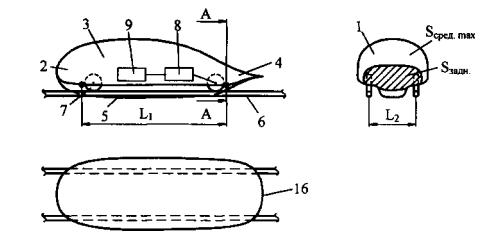
Фиг. 3в



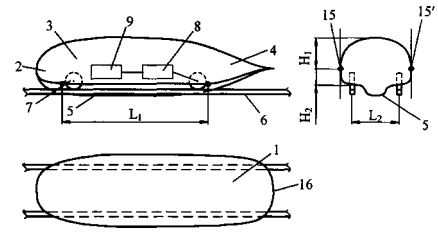
Фиг. 4а



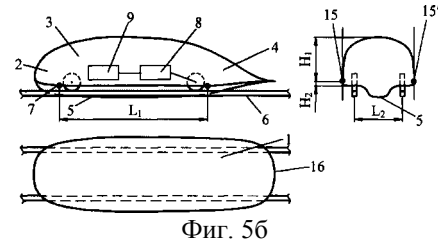
Фиг. 4б



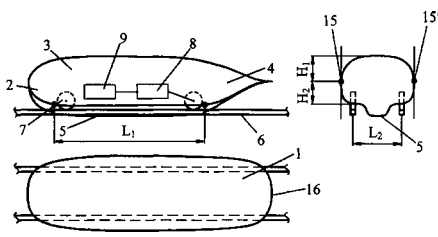
Фиг. 4в



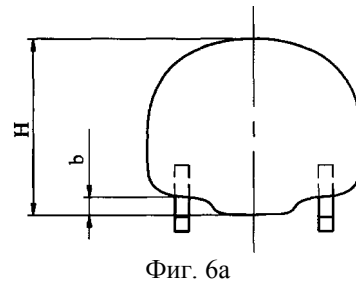
Фиг. 5а



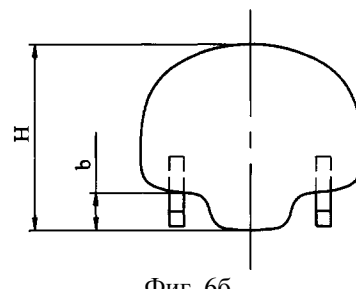
Фиг. 5б



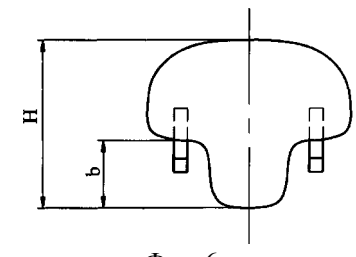
Фиг. 5в



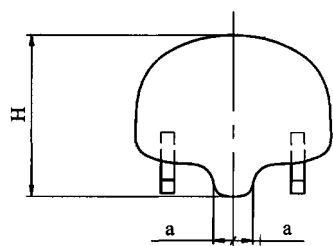
Фиг. 6а



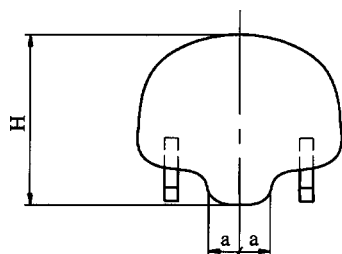
Фиг. 6б



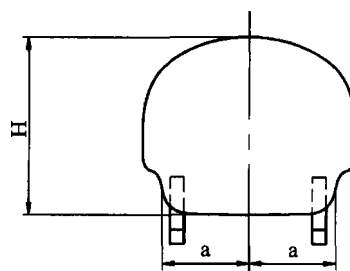
Фиг. 6в



Фиг. 7а



Фиг. 7б



Фиг. 7в