

Заключение

Необходимо отметить следующее:

1. Невысокие удельные мощностные характеристики рассмотренной линейной электрической машины требуют оптимизации как геометрических, так и кинематических параметров ее работы.
2. Достаточно большая масса постоянных магнитов приводит к удорожанию электрической машины.

Вместе с этим устройство пригодно для лабораторного моделирования в дальнейшем.

В результате расчета линейной электрической машины методом конечных элементов можно детально исследовать распределение магнитного поля с учетом нелинейных характеристик магнитных материалов. При возросших вычислительных мощностях современных компьютеров появляется возможность проводить оптимизацию параметров электрических машин при моделировании движения частей электрической машины относительно друг друга.

Литература

1. Boldea, I. Variable speed generators. The Electric Generators Handbook. Taylor & Francis Group, 2006
2. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины, Москва, Высшая школа, 1985 г.
3. Cawthorne William R., Optimization of a Brushless Permanent Magnet Linear Alternator for Use With a Linear Internal Combustion Engine. Dissertation, the College of Engineering and Mineral Resources at West Virginia University, Morgantown, West Virginia, 1999
4. Хитереп М.Я., Овчинников И.Е. Синхронные электрические машины возвратно-поступательного движения. СПб, КОРОНА принт, 2008
5. Jang S.-M. and all. Thrust Analysis and Measurements of Tubular Linear Actuator With Cylindrical Halbach Array, IEEE Transactions on magnetics, VOL. 41, NO. 5, MAY 2005

Выбор рациональной компоновочной схемы в дизайне малогабаритного городского транспортного средства

к.т.н. доц. Ившин К.С., Полозов А.В.

ИжГТУ им. М.Т. Калашникова

ivshic@mail.ru, polo-anton@yandex.ru

Аннотация. В статье определены критерии выбора компоновочных схем и рациональные компоновочные схемы колес, пассажиров и силовых агрегатов для малогабаритного городского транспортного средства.

Ключевые слова: компоновочная схема, эксплуатационные свойства, малогабаритный городской автомобиль, дизайн

Выбор рациональной компоновочной схемы ТС требует детального анализа возможных вариантов, учитывая влияние на эксплуатационные свойства автомобиля. Компоновочное решение автомобиля подразумевает пространственное расположение узлов, пассажиров и зависит от применяемого типа силового агрегата. Разрабатывая перспективный городской автомобиль, следует рассматривать разные перспективные силовые установки, альтернативные двигателю внутреннего сгорания (ДВС). В результате появляется широкий выбор комбинаций расположения агрегатов и пассажиров в пространстве кузова, которые могут отличаться от общепринятых конструкций ТС. Выявляется актуальность в проведении детального анализа и выбора рациональной компоновочной схемы малогабаритного ТС (МТС) на начальной стадии проектирования.

ТС разного назначения имеют разный приоритет в определенной совокупности эксплуатационных свойств. Проблемы экологии и трафика движения транспортных потоков в крупных городах [1] определяют критерии выбора компоновочных схем для МТС городского назначения: габаритные параметры, количество пассажиров, экологичность, устойчивость, управляемость, маневренность. Выбор компоновочных схем определяется по расположению

колес, пассажиров и силовых агрегатов.

На рисунках 1а и 1б представлены компоновочные 4-х колесные схемы с 2-х местной посадкой пассажиров:

1. Поперечное расположение водителя и пассажира (рисунок 1а): тип положения человека на сиденье – автомобильное; уменьшает колесную базу автомобиля, уменьшает устойчивость и управляемость; увеличивает маневренность; широкая колея уменьшает склонность к опрокидыванию; удобное расположение дверей автомобиля;
2. Продольное расположение водителя и пассажира (рисунок 1б): типы положения человека на сиденье: автомобильное (сидит в кресле) и мотоциклетное (обнимает коленями седло); мотоциклетное расположение уменьшает длину автомобиля; уменьшает колею автомобиля; уменьшает лобовую площадь кузова автомобиля. Данная схема рациональна для эксплуатации в городских условиях.

На рисунках 1в и 1г представлены компоновочные 4-х колесные схемы с 3-х местной посадкой пассажиров: расположения 2+1 / 1+2 пассажиров вдоль центральной оси автомобиля; уменьшает значение коэффициента аэродинамического сопротивления C_x (данная компоновочная схема позволяет проектировать кузов в форме «капли»). Схемы позволяют использовать антропометрическое пространство рационально.

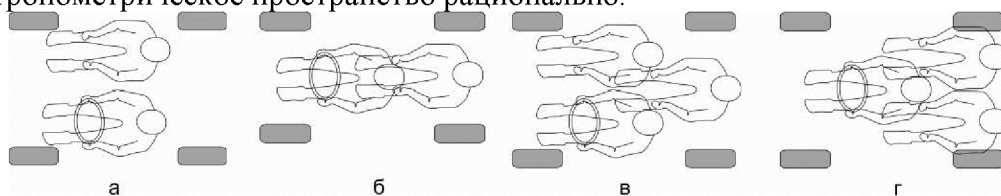


Рисунок 1 – Компоновочные 4-х колесные схемы

На рисунке 2 представлены компоновочные 3-х колесные схемы:

1. Схема с 1 управляемым колесом (рисунки 2а, 2б и 2в) 2-х и 3-х местные: уменьшает массу автомобиля (простота подвески и рулевого механизма); уменьшает устойчивость. Рационально применять управляемое мотор-колесо для увеличения КПД и уменьшения общего веса конструкции (увеличивает стоимость и неподрессоренную массу, ухудшает управляемость).
2. Схема с 2 управляемыми колесами (рисунки 2г и 2д): уменьшает потери в трансмиссии (отсутствие дифференциала); возможность переднего расположения ДВС (дифференциал) и заднего мотор-колеса; повышает устойчивость относительно первой схемы. 3-х колесная схема уменьшает проходимость автомобиля относительно 4-х колесной схемы (колеса двигаются в разных колеях). При малой скорости движения в городских условиях недостатки в устойчивости и проходимости не проявляются.

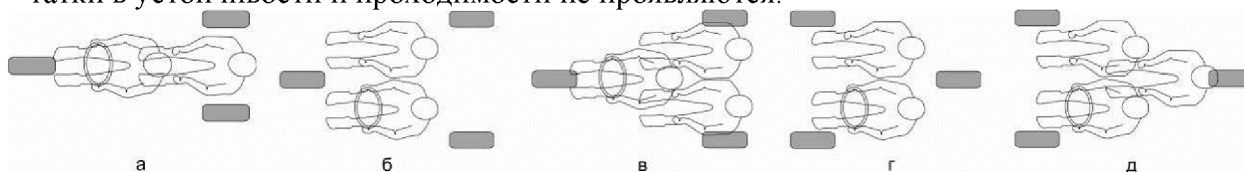


Рисунок 2 – Компоновочные 3-х колесные схемы

Для МТС городского назначения имеет преимущества компоновочная 4-х колесная 2-х местная схема с продольным расположением водителя и пассажира, обеспечивающая малую колею, управляемость, устойчивость и маневренность автомобиля.

ТС, обладающее достаточной устойчивостью к изменению условий дорожного движения, создает комфортные условия для водителя (снижает утомление и пр.). Различают устойчивость продольную и поперечную. Потеря поперечной устойчивости происходит под действием боковых сил, влияющих на движущийся автомобиль. Это может быть центробежная сила на повороте, действие бокового ветра, сила тяжести на косогоре и др.

Компоновочное решение ТС влияет на формирование поперечной устойчивости автомобиля. При прямолинейном движении устойчивость автомобиля зависит от поворачиваемости – свойства изменять направление движения при неизменном угле поворота управляемых

колес. Поворачиваемость автомобиля – это результат разного увода передних и задних колес. Шины способны сопротивляться уводу, появляющемуся в результате действия боковой силы, но из-за эластичности увод происходит в зависимости от типа подвески и угол увода передних колес φ_1 отличается от угла увода задних φ_2 . При $\varphi_1 > \varphi_2$ – недостаточная поворачиваемость, $\varphi_1 < \varphi_2$ – избыточная. Рассмотрим влияние поворачиваемости автомобиля на поперечную устойчивость.

Предположим, что автомобиль, обладающий недостаточной поворачиваемостью, движется прямолинейно, и на него начинает действовать боковая сила P_y (рисунок 3, а). Из-за разности углов увода передних и задних колес движение автомобиля происходит вокруг мгновенного центра O_1 . Возникающая центробежная сила $P_{ц}$ (направленная от центра) частично или полностью ликвидирует боковую силу P_y . Обладая недостаточной поворачиваемостью автомобиль может двигаться стабильно по прямолинейному участку с любой скоростью без склонности к резкому изменению траектории движения. У МТС колесная база меньше относительно других категорий и классов автомобилей. С уменьшением длины колесной базы радиус поворота уменьшается, центр находится в точке O_2 (рисунке 3а). Так как $P_{ц} = mv^2/R$, то центробежная будет расти обратно пропорционально уменьшению радиуса траектории.

В случае, когда автомобиль имеет избыточную поворачиваемость (рисунок 3б), воздействие такой же боковой силы P_y приводит к возникновению мгновенного центра O_1 с противоположной стороны, т.е. автомобиль поворачивает в сторону действия данной силы. Возникающая центробежная сила усиливает боковую силу P_y . Чем меньше колесная база автомобиля, тем больше центробежная сила, усиливающая нестабильность движения. Данным автомобилем сложнее управлять, приходится постоянно корректировать траекторию движения рулевым колесом, что приводит к утомлению. Таким образом, автомобили с избыточной поворачиваемостью более опасны с точки зрения безопасности движения.

Рассмотрим влияние компоновки МТС на поворачиваемость. На увод колес влияют следующие факторы: расположение центра тяжести вдоль оси автомобиля; наличие тягового усилия на колесе, т.е. тип привода автомобиля; наличие дифференциала повышенного трения; жесткость подвески, геометрия и тип подвески; подруливание подвески; угол развала колес; давление в шинах.

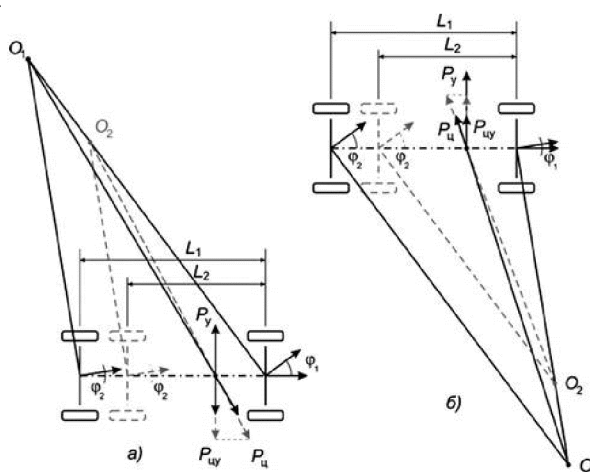


Рисунок 3 – Схемы образования центробежной силы для автомобилей с недостаточной (а) и избыточной (б) поворачиваемостью

Важным фактором является тип привода автомобиля, т.к. от выбора типа привода зависит компоновка агрегатов и тип подвески. Если автомобиль переднеприводный, то двигатель располагается спереди и центр масс смещен к передним колесам. Изложенное увеличивает угол увода передних колес по отношению к задним. Нагруженные тяговым усилием колеса имеют больше угол увода, чем у ведомых колес [1]. Это склоняет автомобиль к недостаточной поворачиваемости, которую можно корректировать задней подвеской, меняя ее жест-

кость, кинематику, обеспечивающую подруливание заднего моста при крене в сторону поворота. Если задняя подвеска независимая, то можно уменьшить увод колес отрицательным развалом.

В заднеприводном автомобиле сложнее обеспечить достаточную поворачиваемость, т.к. задние ведущие колеса имеют больший увод, чем ведомые передние. Необходимо разгружать задние колеса, сближая центр тяжести к переднему мосту максимально близко. В МТС разгрузить задние колеса можно сближением водителя и пассажира к переднему мосту (должны располагаться рядом). Задний мост практически невозможно сделать подруливающим. Регулирование возможно углами развала передних колес и жесткостью подвесок. Размещение двигателя влияет на положение центра тяжести. Если центр тяжести находится над передними колесами, увеличивается длина автомобиля. Данное компоновочное решение рационально применить при поперечном расположении водителя и пассажира относительно оси автомобиля. В продольном (тандемном) расположении водителя и пассажира рационально располагать двигатель под сиденьем, т.к. центр масс нагруженного автомобиля будет ближе к передним колесам.

В полноприводном автомобиле, где тяга по осям распределяется равномерно, поворачиваемость стремится к нейтральной. Обеспечение достаточного коэффициента поворачиваемости можно углами развала колес.

При движении автомобиля на повороте поперечная устойчивость может быть утрачена из-за действия инерционных сил, направленных перпендикулярно к продольной оси автомобиля. При этом возможен занос автомобиля. В большинстве случаев происходит скольжение колес одного моста, переднего или заднего. Занос переднего моста менее опасен заноса заднего в процессе эксплуатации автомобиля. Центробежная сила, возникающая при криволинейном движении, может превысить поперечные составляющие реакций дорожного полотна (рисунок 4а). Происходит срыв колес автомобиля и колеса продолжают двигаться прямолинейно, независимо от углов их поворота. Данный занос устраняется снижением подачи топлива в случаях переднего и заднего привода автомобиля. Занос может произойти при прямолинейном движении, когда на автомобиль действует боковая сила, например, при движении по колею или при боковом порыве ветра, а также при торможении юзом (рисунок 4б). В данный момент автомобиль начинает двигаться криволинейно. Возникающая центробежная сила $P_{ц}$, направленная против действия боковой силы, ее компенсирует. Эта самостабилизация автомобиля не зависит от типа привода. Чем меньше колесная база автомобиля, тем устойчивее автомобиль к заносу переднего моста. Потеря сцепления передних колес более вероятна у переднеприводных и полноприводных автомобилей, т.к. их передние колеса нагружены силой тяги и хуже противостоят заносу, а при экстренном торможении – для любого типа автомобилей.

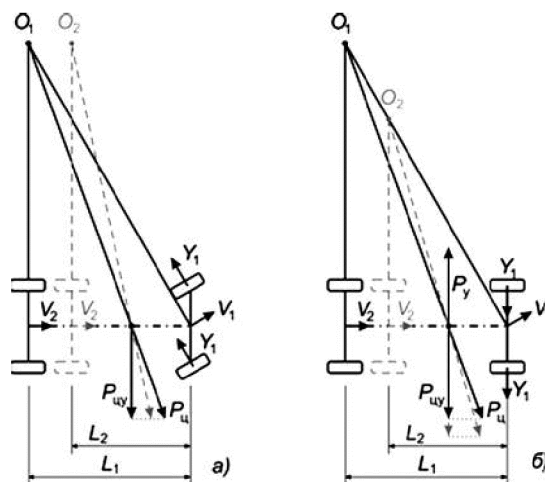


Рисунок 4 – Схема заноса переднего моста автомобиля

Более опасен в процессе эксплуатации автомобиля занос заднего моста. При движении на повороте, когда сцепление задних колес с полотном дороги теряется из-за большой цен-

тробежной силы, задний мост начинает двигаться со скоростью V_3 (рисунок 5а). Радиус поворота автомобиля уменьшается, следовательно, увеличивается центробежная сила, увеличивающая занос. Чем меньше колесная база автомобиля, тем больше данная сила и занос происходит стремительнее. Ликвидировать занос можно выворачиванием передних колес в сторону заноса, увеличивая радиус поворота. При прямолинейном движении (рисунок 5б) воздействие случайной боковой силы может привести к заносу задней оси, который будет прогрессировать аналогичным образом. Чем меньше колесная база автомобиля, тем быстрее произойдет потеря управления автомобилем – это является недостатком МТС. В зависимости от типа привода отличаются и способы ликвидации данного заноса.

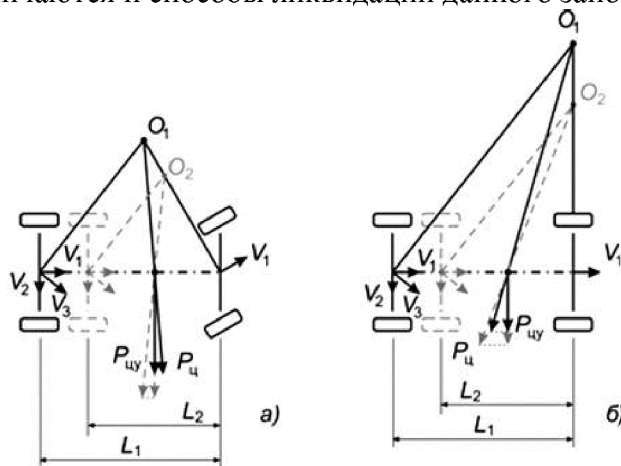


Рисунок 5 – Схема заноса задней оси автомобиля

Компоновочное решение МТС с задним приводом нерационально в аспекте устойчивости, т.к. сложно добиться идеальной поворачиваемости, а следовательно, устойчивости на больших скоростях. При заносе колес заднего моста МТС склонно к быстрому развороту, т.е. сложно избежать потери управления. Рациональным с точки зрения устойчивости является компоновочное решение с передним приводом (МТС более устойчиво и просто в управлении). Автомобили с полным приводом обладают лучшей устойчивостью на дороге, но в результате сложного компоновочного решения его габаритные размеры и развесовка по осям получается нерациональной для МТС.

МТС городского назначения характеризуется маневренностью и относительной малоскоростностью. Рациональным в данном случае является компоновочным решением МТС с задним расположением силового агрегата и передними управляемыми колесами. Данный МТС должно быть маневренным (способность автомобиля изменять свое положение на минимальной площади) и относительно малоскоростным. К критериям, характеризующим маневренность относят: минимальный радиус поворота наружного управляемого колеса (R_H); минимальная ширина коридора (A), необходимая для движения автомобиля по заданному радиусу.

$$A = R_H - R_B + a + b, \quad (1)$$

где: R_H – радиус поворота наружного управляемого колеса,

R_B – радиус поворота внутреннего неуправляемого колеса,

a и b – максимальный вылет отдельных частей автомобиля за пределы траектории движения.

Радиусы поворота колес напрямую зависят от угла поворота управляемых колес и соотношения колеи и базы. При этом отношение базы к колее для двухместного МТС изменяется в зависимости от способа посадки водителя и пассажира. Известно, что существуют два решения посадки: продольная посадка (тандемная) [2, 3] и поперечная посадка относительно оси автомобиля. При продольной посадке МТС получается узким и длинным (рисунок 4) [2, 3], отношение базы к колее примерно равно 1,7. При поперечной посадке водителя и пассажира у автомобиля уменьшается колесная база и увеличивается колея. Отношение базы к колее составляет примерно 1.

Для определения общей маневренности необходимо использовать обобщенный критерий – минимальную площадь, необходимую для маневра, например, для выезда со стоянки (рисунок 6). Для двухместного МТС с продольной посадкой водителя и пассажира площадь, необходимая для совершения данного маневра, будет на 6,5% меньше площади, необходимой аналогичному МТС с поперечной посадкой.

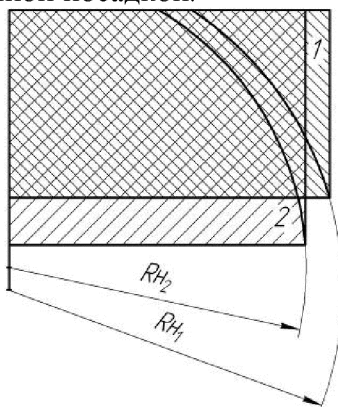


Рисунок 6 – Соотношение площадей, необходимых для совершения маневра:
 1 – для двухместного МТС с продольной посадкой;
 2 – для двухместного МТС с поперечной посадкой

При выборе компоновочных схем силовых агрегатов и ведущих колес следует учитывать эксплуатационные свойства МТС городского назначения: тягово-скоростные свойства, топливную экономичность, устойчивость и управляемость.

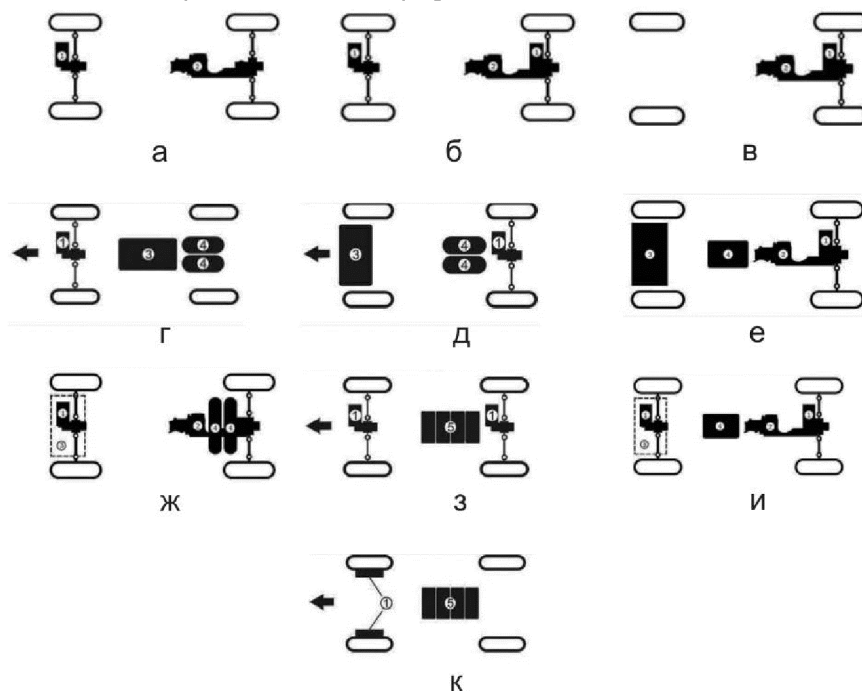


Рисунок 7 – Компоновочные 4-х колесные схемы силовых агрегатов: а – ЭД + ТД с В (ТД рационально располагать в задней части ТС. В данной схеме ЭД работает независимо от ТД); б – ЭД + ТД с В и с параллельным добавлением ЭД (передний ЭД работает при необходимости добавления энергии в случаях увеличения нагрузки и на поворотах для устойчивости); в – ТД с В и с параллельным добавлением ЭД; г – ЭД + ТЭ; д – ТЭ + ЭД; е – ТЭ + ТД с В и с параллельным добавлением ЭД; ж – ЭД с ТЭ + ТД с В (4х4); з – ЭД с ТЭ + ТД с В и с параллельным добавлением ЭД (4х4); и – ЭД + ЭД (4х4); к – мотор-колеса (передний привод)

В зависимости от сформулированных требований к топливной экономичности, экологичности, тягово-скоростным свойствам, компоновке и т.д. можно применить в конструкции городского МТС разные компоновочные 4-х и 3-х колесных схем силовых агрегатов (рисунок 8).

ки 7, 8, где 1 – ЭД; 2 – ТД; 3 – топливные элементы; 4 – баллоны с водородом; 5 – НЭЭ, В – вариатор). В качестве теплового двигателя (ТД) можно использовать карбюраторный ДВС, дизель, газотурбинный двигатель и др., в качестве электрического (ЭД) – различные типы ЭД постоянного и переменного тока, в качестве накопителя энергии (НЭ) – различные типы накопителей, начиная от свинцово-кислотных аккумуляторных батарей и кончая маховичными накопителями кинетической энергии. В настоящее время наиболее распространены накопители электрической энергии (НЭЭ).

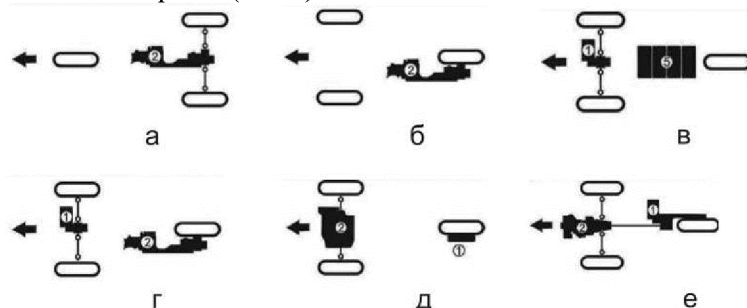


Рисунок 8 – Компоновочные 3-х колесные схемы силовых агрегатов: а – ТД с В (задний привод) в колесной схеме 1+2 (увеличивает устойчивость); б – ТД с В (задний привод) в колесной схеме 2+1 (простота конструкции трансмиссии (мотоциклетный тип, отсутствие дифференциала); в – ЭД в колесной схеме 2+1 (передний привод); г – ЭД + ТД с В (полный привод) в схемах 2+1 и 1+2; д – ТД + ЭД (мотор-колесо); е – ТД + ЭД с раздаточной коробкой (полный привод на 3 колеса от ТД)

Для обеспечения изложенных эксплуатационных свойств для городского МТС рассмотренных компоновочных схем силовых агрегатов рациональны и перспективны параллельные комбинированные энергосиловые установки (КЭСУ) [1] и электрические энергосиловые установки.

Рассмотрим влияние расположения узлов и посадки пассажиров в МТС на положение центра его тяжести. При выборе компоновочного решения МТС важно правильно определить показатели массы автомобиля и его узлов и агрегатов. Для этого можно использовать метод аналогий, т.е. определить массу деталей автомобиля по приведенным значениям в справочных данных. Примерные значения массы (кг) агрегатов МТС показаны в таблице 1.

Таблица 1

Примерные значения масс основных элементов конструкции МТС

Наименование	Значение, кг
ДВС с КПД, с согласующим редуктором или генератором	70 – 80
Главная передача	4 – 6
Полуоси	4 – 6
Передняя подвеска	40 – 50
Задняя подвеска	40 – 50
Колесо	6 – 8
Рулевое управление	20 – 25
Электрооборудование (штатный аккумулятор)	15 – 20
Аккумуляторная батарея (1 модуль)	24
Электродвигатель (мотор-редуктор / мотор-колесо)	18 – 22 / 10 – 12
Преобразователь напряжения и контроллер	15 – 20
Топливный бак	20 – 25
Кузов (включая неучтенные части конструкции)	80 – 100
Система охлаждения (радиатор, вентилятор, кожухи, трубки)	6 – 9
Манекен	75,6

Данные значения показаны как примерные на основании весовых характеристик аналогичных деталей существующих автомобилей. Используя данные значения для узлов и агрегатов, составляется ведомость и определяется примерная масса ТС и вычисляется координата центра масс ТС, нагрузка, приходящаяся на оси.

На плоской компоновочной схеме автомобиля наносятся точки центров масс отдельных его частей, пассажиров и водителя (рисунок 9), т.к. точные координаты данных точек и значения масс неизвестны, то расчеты приближительны, но они носят сравнительный и оценочный характер [2].

Координату центра тяжести L_a автомобиля можно определить из уравнения:

$$L_a = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + m_3 l_3 + \dots + m_n l_n}{m_a} \quad (2)$$

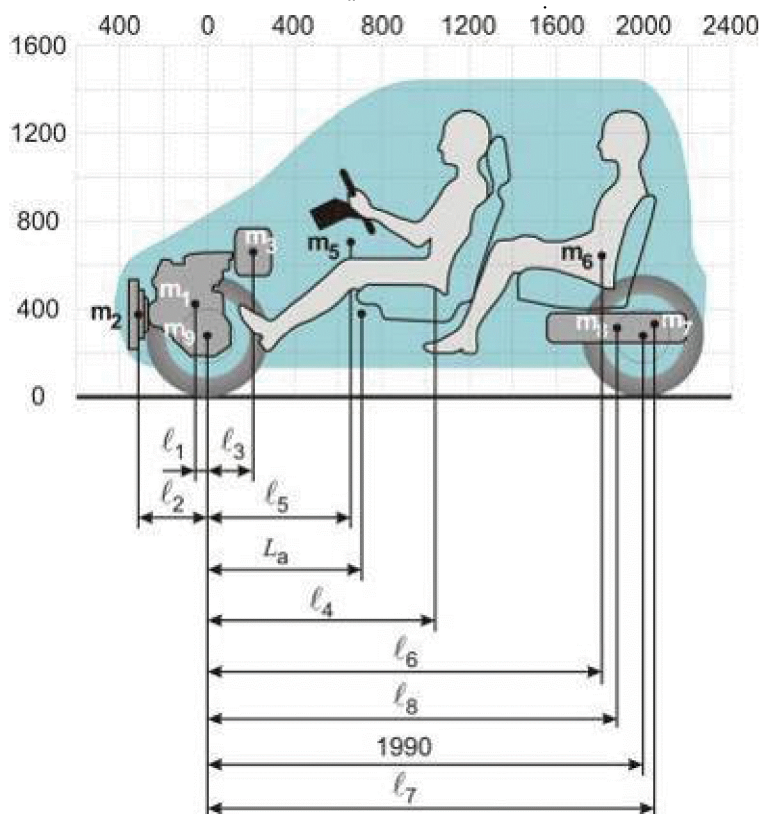


Рисунок 9 – Схема определения координат центра тяжести МТС

Таким же образом определяется высота центра масс автомобиля. Зная расстояние между осями автомобиля, можно определить массы, приходящиеся соответственно на передний и задний мосты:

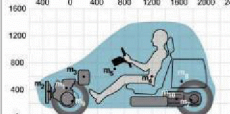
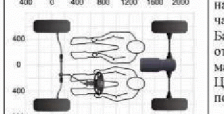
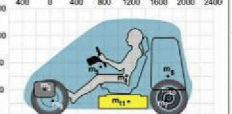
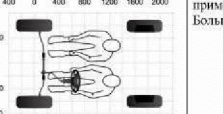
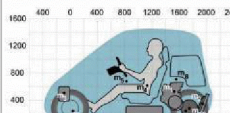
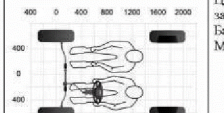
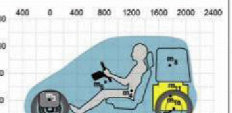
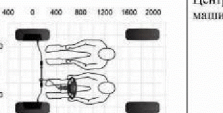
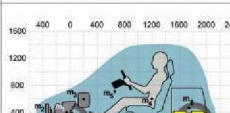
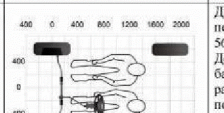
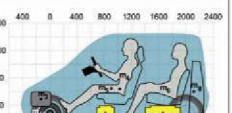
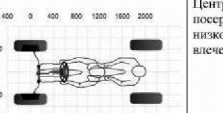
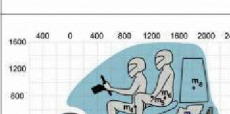
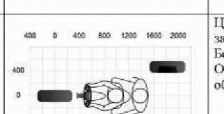
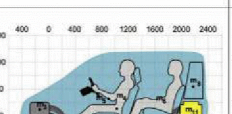
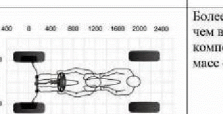



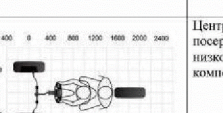
$$m_{n0} = \frac{m_a l_z}{l_a + l_z}, \quad m_{z0} = \frac{m_a l_a}{l_a + l_z}, \quad (3), (4)$$

где: l_a и l_z – расстояние от центра тяжести до моста, соответственно переднего и заднего. Для того чтобы масса, приходящаяся на мост, не превышала допустимую, можно перемещать сиденья, агрегаты с учетом возникновения возможного неудобства.

Таким образом, проводится исследование возможных компоновочных решений МТС в отношении распределения массы по осям (таблица 2).

При проектировании малогабаритного городского ТС имеет преимущества компоновочная 4-х колесная 2-х местная схема с продольным расположением водителя и пассажира [3, 4], с параллельной схемой КЭСУ [1, 3, 4] или электрической энергосиловой установкой, обеспечивающая малую колею, управляемость, устойчивость, маневренность, высокие показатели экологичности и топливную экономичность автомобиля. По данным рекомендациям созданы опытные образцы и разработаны проекты городских МТС с КЭСУ и ЭД [5, 6].

Сравнение компоновочных решений МТС на распределение массы по осям

Компоновочная схема МТС		Описание	Компоновочная схема МТС		Описание
Комбинированная энергосиловая установка			Электрическая энергосиловая установка		
		Силовые агрегаты находятся в разных частях. Батареи в багажном отсеке. Багажник маленького объема. Центр масс примерно посередине			Центр масс расположен примерно в центре. Большой багажник.
		Центр масс смещен в заднюю часть. Батареи в передней части. Мало места для багажа.			Центр масс в задней части машины.
		Для мотор-колеса на передних колесах. 560 кг + 20 кг (багаж). Достаточно места для багажа. Центр масс расположен почти посередине, оптимально.			Центр масс примерно посередине и достаточно низко. Узкая компоновка исключает отказ от багажника
		Центр масс смещен в заднюю часть. Бензобаки – под сиденьем. Относительно большой объем багажника.			Более низкая посадка, чем в предыдущей компоновке, но центр масс смещен назад.
					Центр масс примерно посередине и достаточно низко. Более компактная компоновка.

Примечание: массы: m_1 – силового агрегата; m_2 – радиатора, вентилятора; m_3 – электрооборудования; m_4 – пассажира на переднем сиденье и водителя; m_5 – кузова и неучтенных деталей; m_6 – пассажиров на заднем сиденье; m_7 – задней подвески с рабочей тормозной системой; m_8 – багажа, запасного колеса; m_9 – передней подвески; m_{10} – электромоторов; m_{11} – аккумуляторных батарей; m_{12} – топливного бака.

Литература

1. Автомобили особо малого класса (квадрициклы) с гибридной энергосиловой установкой / В.А. Умняшкин, А.Н. Филькина, К.С. Ившин, Д.В. Скуба; Под общ. ред. В.А. Умняшкина. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2004. – 138 с.
2. Захарченко В.Д., Туревский И.С. Я строю автомобиль. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.: ил.
3. Транспортное средство: пат. 84316 на полезную модель, Рос. Федерация: МПК В60N 2/01 (2006.01), В62K 11/14 (2006.01) / Умняшкин В.А., Ившин К.С., Филькин Н.М., Савельев В.А. – 2009106091/22; заявл. 20.02.2009; опубл. 10.07.2009. Бюл. № 19. – 1 с.: ил.
4. Транспортное средство: пат. 86532 на полезную модель, Рос. Федерация: МПК В60K 5/08 (2006.01) / Умняшкин В.А., Ившин К.С., Филькин Н.М., Савельев В.А., Галеев И.И. – 2009101648/22; заявл. 19.01.2009; опубл. 10.09.2009. Бюл. № 25. – 2 с.: ил.
5. Квадрицикл: пат. 73728 на промышленный образец, Рос. Федерация: МКПО⁹ 12-08 / Умняшкин В.А., Ившин К.С., Савельев В.А., Филькин Н.М. – № 2008504070; заявл. 07.11.2008; опубл. 16.01.2010. – 4 с.: ил.
6. Квадрицикл: пат. 73730 на промышленный образец, Рос. Федерация: МКПО⁹ 12-08 / Умняшкин В.А., Ившин К.С., Савельев В.А., Филькин Н.М. – № 2008504136; заявл. 14.11.2008; опубл. 16.01.2010. – 3 с.: ил.
7. Стуканов В.А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля: учеб. пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2007. – 368 с.
8. Умняшкин В.А., Филькин Н.М., Музафаров Р.С. Основы теории исследования эксплуатационных свойств автомобиля. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая механика», 2006. – 240 с.