

УДК 629.01-03, 629.07

К ЗАДАЧЕ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ КОМПОНОВКИ ЭЛЕКТРОСКУТЕРА

Студент гр. 101161-15 Оболенская Я.Е.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Таяновский Г.А.

Первичная прикидка параметров общей компоновки разрабатываемого электроскутера обычно осуществляется на основе анализа подобных размеров у ближайших прототипов. Представляет практический интерес постановка задачи определения рациональных параметров компоновки электроскутера с позиции устойчивости, маневренности, безопасности, эргономики. Расчетная схема такого средства индивидуальной мобильности (см. рисунок 1) характеризуется конструктивными параметрами: условными длинами «полурам» a и b , углом наклона $\angle An$ и высотой Ha шарнира связи «полурам», размерами $Rk1$ и $Rk2$ и жесткостями колес, приведенными к центрам тяжести массами $M1$ и $M2$ и моментами инерции передней $J1$ и задней $J2$ частей в пространственном движении, характеризующимся углами Эйлера. При ненахождении в условной вертикальной плоскости точек центров упомянутых двух масс, середин осей колес и середины шарнира система выходит из устойчивого прямолинейного движения. При этом к частям системы оказываются приложенными системы сил и моментов, а также реакции в пятнах контактов шин с опорной поверхностью.

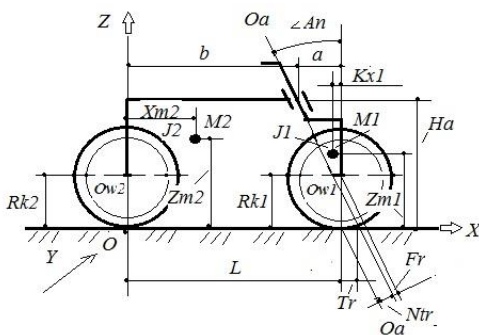


Рисунок 1 – Расчетная схема электроскутера

Аналитическая часть задачи выбора рациональных параметров общей компоновки электроскутера состоит в составлении и решении уравнений движения динамической системы модели электроскутера при различных наборах причин, выводящих систему из движения в вертикальной плоскости.

Для упрощения задачи, в первом приближении, можно допустить, что положения центров масс частей электроскутера в системах координат, жестко связанных с «полурамами» неизменны, а в качестве исходного воздействия на систему задается временной закон изменения угла поворота руля и боковой угол наклона оси вилки переднего колеса, а также начальная скорость движения в момент начала маневра. В результате решения задачи необходимо получить траектории перемещения, скорости и ускорения всех характерных точек электроскутера в пространстве, а также значения действующих силовых факторов на элементы конструкции и реакции в пятнах контактов колес с опорной поверхностью. Далее необходимо сформулировать и получить аналитические выражения для критериев оценки перечисленных в первом абзаце статьи свойств двухколесной машины, чтобы выбрать такой вариант сочетания параметров ее общей компоновки, который бы обеспечивал требуемый по нормативным документам уровень рассматриваемых свойств электроскутера и позволял бы произвести сравнительную оценку разрабатываемой машины с лучшими образцами других производителей.

Более сложна задача с учетом рационального перемещения центра масс задней «полурамы» из-за перемещений водителя, с целью сохранения устойчивости, предотвращения падения или обеспечения желаемой кривизны траектории движения скутера с водителем. Решение такой задачи необходимо для обоснованного выбора упомянутых параметров компоновки электроскутера, с целью разработки автоматических средств предотвращения падения водителя из-за неумелого управления. Это особенно актуально, учитывая огромный парк подобных средств индивидуальной мобильности, выпущенный на пешеходную часть тротуаров современных городов, и отсутствие каких бы то ни было навыков безопасного управления электроскутером у большинства пользователей, особенно при перевозке ими еще и малых детей.

При весовом расчете и определении развесовки по колесам электроскутер представляют, как упоминалось, состоящим из двух частей. Первая часть включает колесный двигатель, электробатарей, сиденье, заднее колесо, облицовку и водителя, вторая – передняя часть, включает вилку, руль с навеской управления подсистемами, переднее колесо с тормозным механизмом и крыло. Части соединены между собой двумя подшипниками рулевой колонки на оси поворота руля.

Во время криволинейного движения, или на склоне, на шины действуют боковые силы, пропорциональные углам бокового увода и углам наклона частей электроскутера, обеспечивая стабилизирующий эффект. Ось рулевой колонки может иметь боковое движение. Таким образом, электроскутер состоит из двух связанных частей, каждая из которых имеет одну степень свободы только при неизменном положении в пространстве оси рулевой колонки.

Передняя и задняя части совершают относительные угловые смещения вокруг оси рулевой колонки. На них действуют восстанавливающие (стабилизирующие) боковые силы переднего колеса на плече нормального вылета Ntr и подобная сила заднего колеса.

Электроскутер является системой с неустойчивым равновесием, особенно при низких скоростях, где стабилизирующее действие гироскопического эффекта вращающихся колес мало. Поэтому на выпускаемых скутерах устанавливают достаточно широкие шины, обеспечивающие существенный стабилизирующий момент при отклонении их меридианальной плоскости от вертикали. Водитель предотвращает падение, воздействуя на руль.

Опрокидывание электроскутера в общем случае движения зависит от таких факторов, как скорость; момент инерции колес и их гироскопического момента, ширины профиля и угловой жесткости при боковом наклоне; высот центров масс, их моментов инерции и др.

Однако такие задачи относятся к классу сложных задач нелинейной механики, поэтому в рамках данной статьи определим только скорость равномерного кругового движения электроскутера, при которой не произойдет его бокового опрокидывания. Если не учитывать углы бокового увода шин и считать, что продольно-вертикальные плоскости симметрии частей электроскутера перпендикулярны опорной поверхности, что характерно для такой машины, так как

ноги водителя стоят впереди его корпуса на горизонтальной площадке рамы и водитель не наклоняет корпус, чтобы повысить устойчивость машины, одновременно с поворотом руля, как в случае движения мотоцикла. Схема движения электроскутера показана на рисунке.

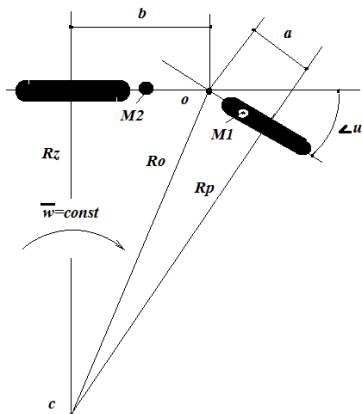


Рисунок 2 – Положение электроскутера на круговом повороте

На массы $M1$ и $M2$ электроскутера действуют центробежные силы на высотах с координатами $Zm1$ и $Zm2$,

Гироскопические моменты колес с массами и радиусами $mk1, Rk1$ и $mk2, Rk2$, а также их стабилизирующие моменты сопротивления наклону $Mc1$ и $Mc2$. Так как угол u остается неизменным, то можно считать шарнир O заблокированным, электроскутер – жестким телом, тогда приближенно можно записать уравнение равновесия объекта:

$$Mgir1(\omega) + Mgir2(\omega) + Mstab1 + Mstab2 = M2 \cdot Rm2 \cdot Z2 \cdot \omega^2 + M1 \cdot Rm1 \cdot Z2 \cdot \omega^2,$$

где $Rm1$ и $Rm2$ – радиусы траекторий приведенных масс $M1$ и $M2$.

Решив уравнение относительно ω , определим искомую допустимую угловую скорость кругового поворота по условию отсутствия бокового опрокидывания как функцию $\omega = f(\angle u)$.