

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ АВТОМОБИЛЯ

Д.А. ГОРОХОВ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г.Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: Gorohov56@mail.ru*

Управление движением автомобиля по скользкому и извилистому дорожному покрытию (мокрому или обледенелому) является трудной задачей. В настоящее время весьма эффективным средством борьбы с указанной проблемой является оснащение легковых автомобилей системой управления курсовой устойчивостью (СКУ). Система позволяет эффективно определять момент начала бокового сноса автомобиля и формировать стабилизирующий момент. В статье рассматривается проблема повышения эффективности работы системы СКУ автомобиля. В статье рассматривается работа СКУ автомобиля на этапе определения начала возникновения заноса автомобиля и его типа: занос передней или задней оси. Для решения проблемы была создана модель СКУ в системе компьютерного моделирования VisSim. В ходе моделирования были получены результаты, позволяющие сделать вывод, что разработанная модель СКУ позволяет исследовать влияние ряда факторов на время начала заноса и его тип, а также предложить методы повышения качества работы СКУ.

Ключевые слова: СКУ, боковой занос автомобиля, модель системы, криволинейная траектория, проекция скорости на ось, проекция ускорения на ось, начало возникновения заноса, эффективность работы.

Управление движением автомобиля по скользкому и извилистому дорожному покрытию (мокрому или обледенелому) является трудной задачей. В настоящее время весьма эффективным средством борьбы с указанной проблемой является оснащение легковых автомобилей системой управления курсовой устойчивостью (СКУ). Система позволяет эффективно определять момент начала бокового сноса автомобиля и формировать стабилизирующий момент [1].

Исследование влияния различных факторов на начало заноса передней или задней оси автомобиля представляется достаточно актуальной задачей [2]. Она может быть решена путем моделирования процесс функционирования СКУ автомобиля на этапе определения начала возникновения заноса автомобиля и его типа: занос передней или задней оси.

Для исследования этого вопроса была создана модель СКУ в системе компьютерного моделирования VisSim [3]. Она состоит из (рис.1):

- электронного блока управления (ЭБУ);
- датчиков продольного и бокового ускорений автомобиля DU_x и DU_y (датчик угла);
- датчика угловой скорости (ДУС) вращения автомобиля вокруг вертикальной оси;
- датчика скорости автомобиля ДС, используемого при определении начальных значений составляющих скорости;
- индикатора начала заноса автомобиля (ИНЗА).

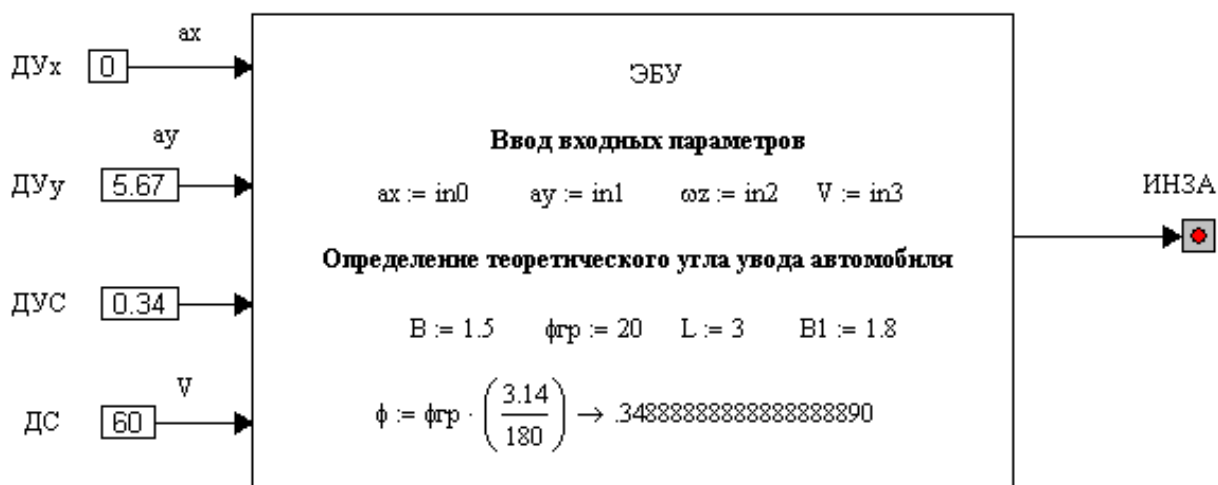


Рисунок 1 – Модель системы управления курсовой устойчивостью (разработано автором).

При создании модели принимались следующие допущения:

1. Автомобиль имеет задние ведущие колеса и передние управляющие колеса.
2. Автомобиль движется по криволинейной траектории (движение на повороте).
3. В качестве модели автомобиля выбрана четырехколесная модель.
4. Автомобиль имеет жесткие колеса, как следствие отсутствует увод колес и смещение полюса поворота относительно задней оси $x_p = 0$.
5. Начальные значения проекций скорости автомобиля на его продольную и поперечную оси принимаем равными значениям этих

проекций при равенстве теоретического и фактического углов увода $\psi_T = \psi_\phi$. При этом датчик скорости жестко ориентирован вдоль продольной оси автомобиля. Поэтому $V_{ДС} = V_x = V \cos \psi_T$. В данном случае $V_{ДС} = V_{x0}$, $V_{y0} = V_{x0} \cdot \text{tg} \psi_T = V_{ДС} \cdot \text{tg} \psi_T$.

В ЭБУ представлен алгоритм определения начала и типа заноса. Он начинается с определения расчетного (теоретического) угла увода автомобиля, т.е. его тангенса (описано в [2]):

$$\text{tg} \psi_T = \frac{B - x_p}{L - x_p + B_1 / 2} \text{tg} \varphi$$

С учетом допущений:

$$\text{tg} \psi_T = \frac{B}{L + B_1 / 2} \text{tg} \varphi,$$

где B – расстояния от центра масс автомобиля до задней оси;

L – база автомобиля;

B_1 – колея автомобиля;

x_p – координата смещения полюса поворота относительно задней оси;

φ – угол поворота передних колес.

Этому предшествует ввод параметров автомобиля: B, L, B_1, φ .

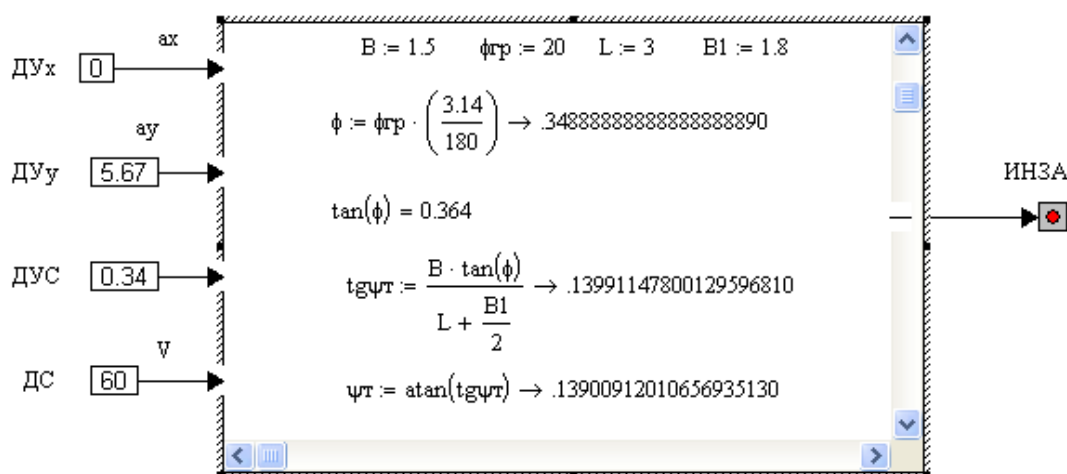


Рисунок 2 – Модель СКУ при определении расчетного (теоретического) угла увода автомобиля.

Далее определяются начальные значения проекций скорости автомобиля на продольную и поперечную оси V_{x0} и V_{y0} . Потом определяются текущие значения проекций скоростей V_x и V_y . (рис.3) путем интегрирования системы дифференциальных уравнений, описанных в [2]:

$$\frac{dV_x(t)}{dt} = a_x + \omega_z \cdot V_y(t);$$

$$\frac{dV_y(t)}{dt} = a_y + \omega_z \cdot V_x(t);$$

где a_x и a_y – проекции ускорения автомобиля на его продольную и поперечную оси;

ω_z – проекция угловой скорости вращения автомобиля вокруг вертикальной оси.

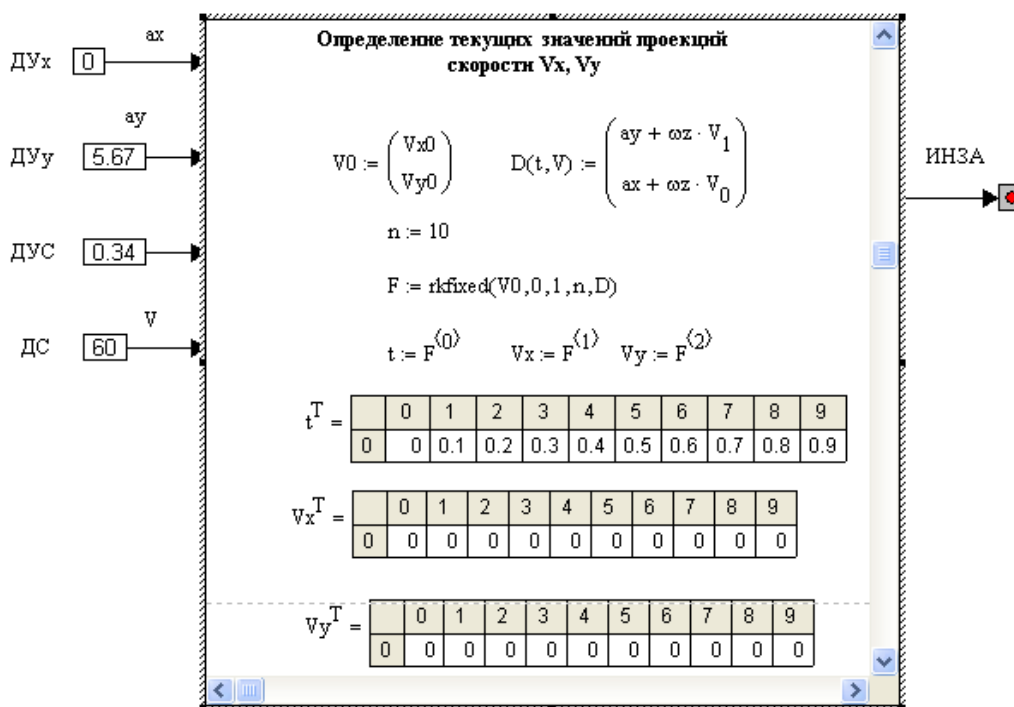


Рисунок 3 – Модель СКУ при определении текущих значений проекций скоростей V_x и V_y .

С помощью найденных проекций скоростей V_x и V_y определяется фактический угол увода (его тангенс), (рис.4) по известной формуле [2]:

$$\text{tg} \psi_{\phi} = \frac{V_y}{V_x}.$$

По полученным теоретическому и фактическому углам увода определяется величина угла заноса и время начала заноса (рис.5) по формуле [2]:

$$\beta = \psi_T - \psi_\Phi$$

На последнем этапе определяется тип заноса (передней или задней оси) (рис. 6) по формулам [2]:

$$\text{sign}(\psi_T - \psi_\Phi) \cdot \text{sign}\varphi > 0 \text{ – занос передней оси;}$$

$$\text{sign}(\psi_T - \psi_\Phi) \cdot \text{sign}\varphi < 0 \text{ – занос задней оси.}$$

и информация подается на индикатор начала заноса автомобиля.

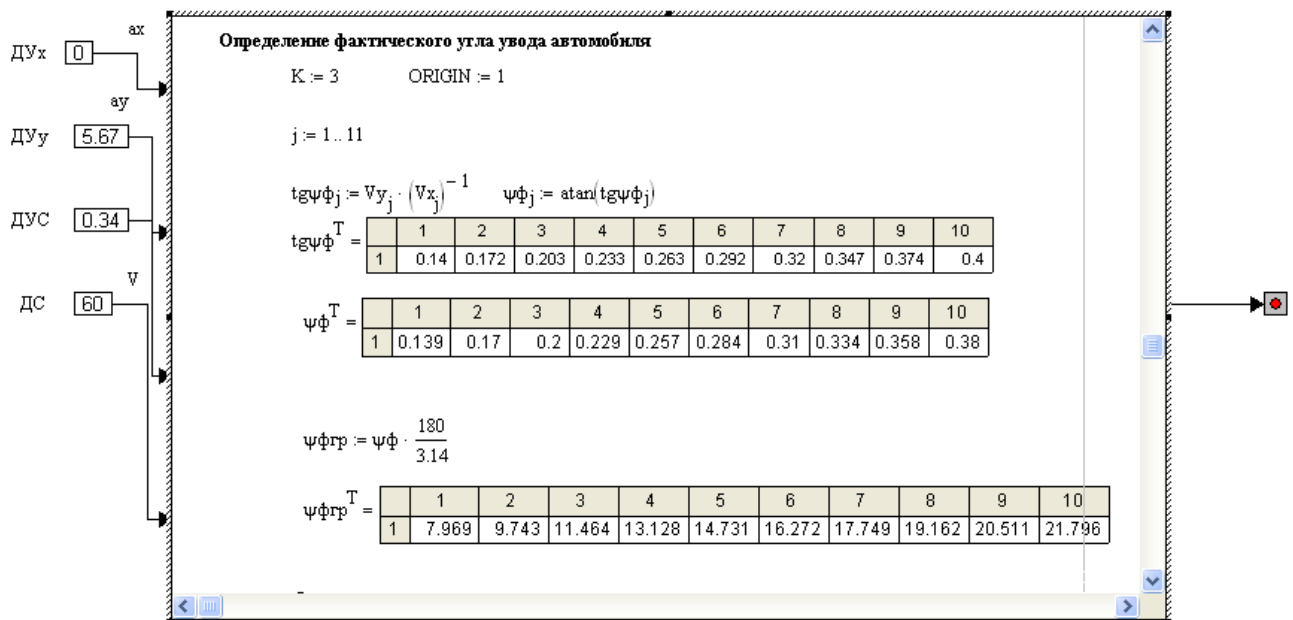


Рисунок 4 – Модель СКУ при определении фактического угла увода.

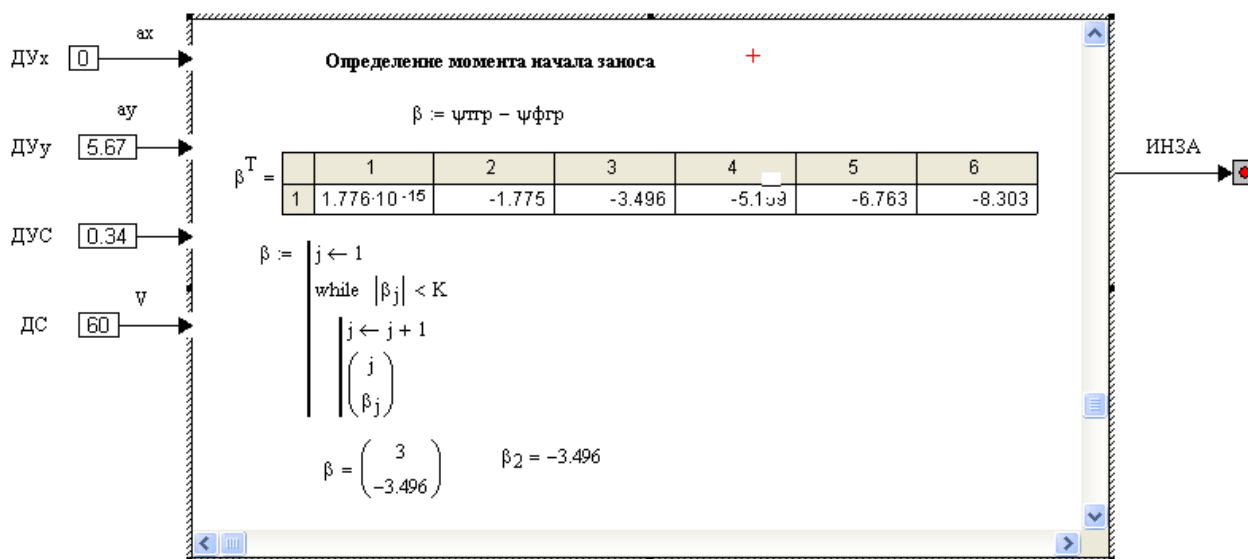


Рисунок 5 – Модель СКУ при определении начала заноса и угла заноса.

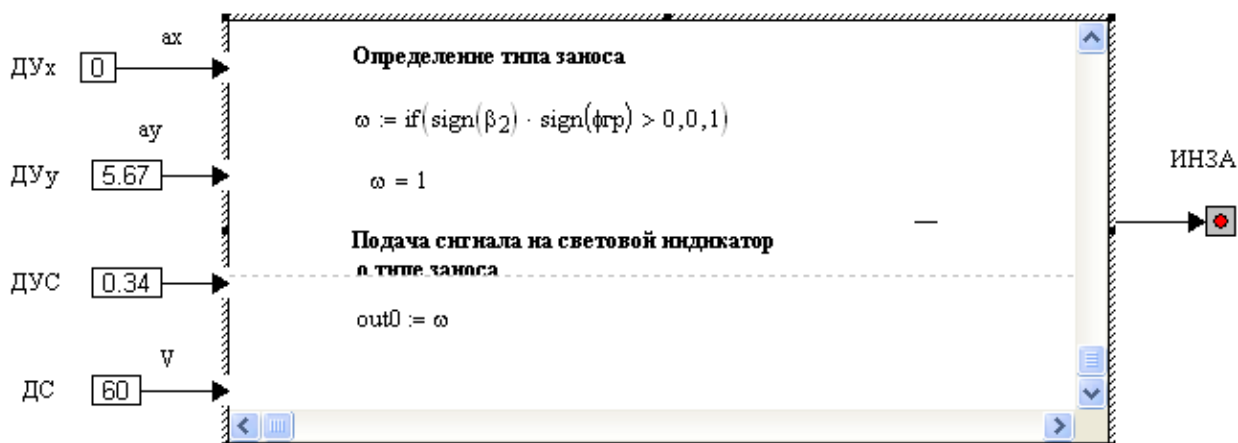


Рисунок 6 – Модель СКУ при определении типа заноса.

Разработанная модель СКУ (рис.1 – рис. 6) позволяет исследовать влияние ряда факторов (V_x и V_y , ω_z , V_{x0} и V_{y0}) на время начала заноса и его тип, а также предложить методы повышения качества работы СКУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соснин Д. А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы.– М.: СОЛОН–Пресс, 2005. – 240 с.
2. Горелов В.А., Жилейкин М.М., Шинкаренко В.А. Разработка закона динамической стабилизации многоосной колесной машины с индивидуальным <http://ntk.kubstu.ru/file/1001>

приводом движения. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 12. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/transport/1029.html>.

3. Дьяконов В. П. VisSim + Mathcad + MATLAB. Визуальное математическое моделирование. – М.: СОЛОН–Пресс, 2011. – 384 с.: ил. – (Серия «Полное руководство пользователя»).

REFERENCES

1. Sosnin D. A., Yakovlev V.F. Noveyshie avtomobilnye elektronnye sistemy.– М.: SOLON–Press, 2005. – 240 s.

2. Gorelov V.A., Zhileykin M.M., Shinkarenko V.A. Razrabotka zakona dinamicheskoy stabilizatsii mnogoosnoy kolesnoy mashiny s individualnym privodom dvizheniya. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii*, 2013, vyp. 12. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/transport/1029.html>.

3. Dyakonov V. P. VisSim + Mathcad + MATLAB. Vizualnoe matematicheskoe modelirovanie. – М.: SOLON–Press, 2011. – 384 s.: il. – (Seriya «Polnoe rukovodstvo polzovatelya»).

MODELING OF VEHICLE STABILITY MANAGEMENT SYSTEM

D. A. GOROKHOV

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: Gorohov56@mail.ru*

Car traffic control on a slippery and winding road surface (wet or icy) is a difficult task. At the present time a very effective means of dealing with this problem is to equip cars ESP stability control system (SCU). The system can effectively determine the beginning of the demolition of the side of the car and create a stabilizing moment. The article addresses the problem of improving the efficiency of the vehicle SCU system. The article discusses the work of SCU car at the stage of defining the beginning of a skid car and its type: mole front or rear axle. To solve this problem was created SCU model in VisSim simulation computer system. The results were obtained during the simulation, allowing to conclude that the developed model allows the SCU to investigate the influence of some factors on the start time of the introduction and its type, as well as to offer methods to improve the quality of work of SCU.

Key words: Vehicle Stability Control System, skidding car, system model, curved trajectory, projection of the velocity on the axis, the projection axis acceleration, the beginning of a skid, efficiency.