

Рассмотрение механизма ДТП на пересечении дорог под тупым углом

Н.А. Филатова, И.А. Ласточкин, Б.Н. Карев, Б.А. Сидоров

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

Аннотация: В статье рассматривается безопасность движения транспортных средств при движении на перекрестках. Оценивается возможность возникновения дорожно-транспортного происшествия. В статье определен отрезок времени, при котором ТС₂ становится препятствием для ТС₁ и может произойти столкновение транспортных средств, движущихся под тупым углом. Также определены параметры движения транспортных средств необходимые для разработки математической модели.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, перекресток, дорожно-транспортное происшествие, безопасность движения.

При моделировании движения транспортных средств по улично-дорожной сети необходимо учитывать наличие пересечения дорог в одном уровне, то есть движение на перекрестках [1-7].

Среди различных видов пересечений траекторий движения транспортных средств на перекрестках наиболее сложными для исследования являются ситуации, когда транспортные средства движутся по траекториям, пересекающимся под тупым углом [8-10].

Пусть транспортные средства ТС₁ и ТС₂ движутся по дорогам пересекающимся под тупым углом (рис. 1).

За начальный момент времени (момент возникновения опасной ситуации) $t_0 = 0$ возьмем момент времени, когда ТС₂ попадает в поле зрения водителя ТС₁.

Считаем, что после возникновения опасной ситуации, т.е. для $t > t_0 = 0$, ТС₁ продолжает движение с постоянной скоростью

$$V_{ТС1}^0 = const,$$

т.е. водитель ТС₁ в момент возникновения опасной ситуации не применяет экстренного торможения, а ТС₂ движется прямолинейно и равнозамедленно.

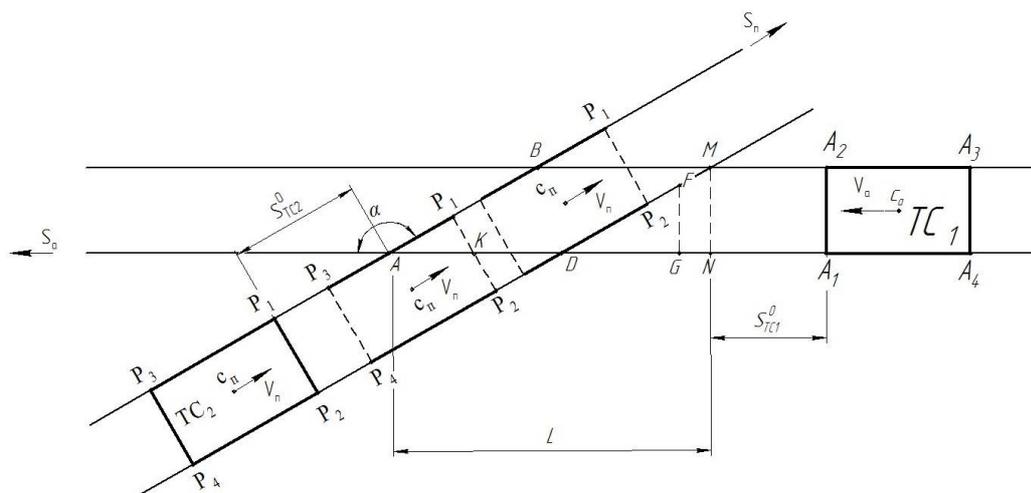


Рис. 1. – Схема движения ТС₁ и ТС₂

В этом случае законы изменения пути и скорости ТС₂ имеют вид

$$\begin{cases} V_{TC2}(t) = V_{TC2}^0 - j_{TC2}t; \\ S_{TC2} = V_{TC2}^0 t - \frac{j_{TC2}t^2}{2}, \end{cases}$$

где: V_{TC2}^0 – скорость ТС₂ в момент разворота; j_{TC2} – замедление ТС₁ в данных дорожных условиях; t – время.

Считаем, что расстояние S_{TC2}^0 от места разворота ТС₂ до точки A известно.

Если ТС₂ остановится левым передним углом в точке A , то начальная скорость ТС₂ будет равна

$$V_{TC2}^0 = \sqrt{2 \times S_{TC2}^0 \times j_{TC2}}.$$

Время, которое потребуется для остановки ТС₂ будет равно

$$t_{ост}^{TC2} = \sqrt{\frac{2 \times S_{TC2}^0}{j_{TC2}}}.$$

В этом случае ТС₁ и ТС₂ коснутся корпусами и могут получить незначительные повреждения в виде царапин и небольших вмятин.

Если начальная скорость ТС₂ будет удовлетворять неравенству,

$$V_{TC2}^0 < \sqrt{2 \times S_{TC2}^0 \times J_{TC2}},$$

то TC_2 остановится, не доезжая до точки A левым передним углом своего корпуса, и, следовательно, столкновения и касания TC_1 и TC_2 не произойдет.

Если начальная скорость TC_2 будет удовлетворять неравенству

$$V_{TC2}^0 > \sqrt{2 \times S_{TC2}^0 \times J_{TC2}},$$

то TC_2 становится препятствием для TC_1 на отрезке времени $[\tau_2^*, \tau_2^{**}]$, где

$$\tau_2^* = \frac{1}{J_{TC2}} \sqrt{2 \times S_{TC2}^0 \times J_{TC2}},$$

а величина

$$\tau_2^{**} = \frac{1}{J_{TC2}} \sqrt{2 \times S_{TC2}^{(1)} \times J_{TC2}}$$

Величина $S_{TC2}^{(1)}$ определена равенством (рис.1)

$$S_{TC2}^{(1)} = S_{TC2}^0 + \overline{AD} + \overline{DM} + l_{TC2}, \quad (1)$$

где:

$$\overline{AD} = \frac{a_{TC2}}{\sin \alpha};$$

$$\overline{DM} = \frac{a_{TC1}}{\sin \alpha};$$

a_{TC1} – ширина корпуса TC_1 ; a_{TC2} – длина корпуса TC_2 ; l_{TC2} – длина корпуса TC_2 .

Таким образом, мы нашли момент времени τ_2^* в который левый передний угол корпуса TC_2 попадает в точку A , т.е. попадает в параллелограмм $\square ABDM$ и момент времени τ_2^{**} , в который TC_2 покидает параллелограмм $\square ABDM$.

Пусть выполняется условие

$$[\tau_1^*, \tau_1^{**}] \cap [\tau_2^*, \tau_2^{**}] = \emptyset. \quad (2)$$

Условие (2) равносильно двум неравенствам

$$\tau_1^{**} < \tau_2^* \quad (3)$$

и

$$\tau_1^* > \tau_2^{**} \quad (4)$$

Если выполняется неравенство

$$\tau_1^{**} < \tau_2^*,$$

то к моменту времени $t = \tau_2^*$ ТС₁ будет полностью за пределами параллелограмма $\square ABDM$. Отсюда следует, что если в начальный момент времени $t_0 = 0$ ТС₁ будет находиться на расстоянии S_{TC1}^0 от точки A , которое удовлетворяет неравенству

$$S_{TC1}^0 < V_{TC1}^0 \times \tau_2^* = \frac{V_{TC1}^0}{J_{TC2}} \sqrt{2 \times S_{TC2}^0 \times J_{TC2}}$$

то столкновение ТС₁ и ТС₂ не произойдет, так как ТС₁ будет полностью находиться за пределами параллелограмма $\square ABDM$.

Пусть выполняется неравенство

$$\tau_1^* > \tau_2^{**}$$

то к моменту времени $t = \tau_2^{**}$ ТС₂ будет полностью за пределами параллелограмма $\square ABDM$. Отсюда следует, что если в начальный момент времени $t_0 = 0$ ТС₁ будет находиться на расстоянии S_{TC1}^0 от точки A , которое удовлетворяет неравенству

$$S_{TC1}^0 > V_{TC1}^0 \times \tau_2^{**} = \frac{V_{TC1}^0}{J_{TC2}} \sqrt{2 \times S_{TC2}^{(1)} \times J_{TC2}},$$

или с учетом равенства (1)

$$S_{TC1}^0 > V_{TC1}^0 \times \tau_2^{**} = \frac{V_{TC1}^0}{J_{TC2}} \sqrt{2 \times \left[S_{TC2}^0 + \frac{a_{TC2}}{\sin \alpha} + \frac{a_{TC1}}{\sin \alpha} + l_{TC2} \right] \times J_{TC2}}$$

то столкновение ТС₁ и ТС₂ не произойдет, так как ТС₂ будет полностью находиться за пределами параллелограмма $\square ABDM$.

Таким образом получили, что при выполнении одного из неравенств (3) или (4) столкновение ТС₁ и ТС₂ не произойдет.

Пусть выполняется условие

$$[\tau_1^*, \tau_1^{**}] \cap [\tau_2^*, \tau_2^{**}] \neq \emptyset.$$

В этом случае столкновение ТС₁ и ТС₂ необходимо произойдет, так как ТС₁ и ТС₂ для

$$\forall t \in [\max\{\tau_1^*, \tau_2^*\}; \min\{\tau_1^{**}, \tau_2^{**}\}] = [\tau_1^*, \tau_1^{**}] \cap [\tau_2^*, \tau_2^{**}] \neq \emptyset$$

будут одновременно находиться в параллелограмме $\square ABDM$, а ТС₁ двигаться с постоянной скоростью

$$V_{ТС1}^0 = const.$$

На основании проведенных аналитических исследований можно сделать следующие выводы:

1. при разработке математической модели механизма ДТП при пересечении дорог особый интерес представляет случай пересечения под тупым углом;
2. в математической модели механизма ДТП должны быть учтены следующие параметры движения: начальная скорость, габаритные размеры транспортных средств;
3. определен отрезок времени $[\tau_2^*, \tau_2^{**}]$, при котором ТС₂ становится препятствием для ТС₁ и может произойти столкновение транспортных средств, движущихся под тупым углом.

Литература

1. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В.А. Иларионов. М.: Транспорт, 1989. 255 с.
2. Методы расчета безопасных расстояний при попутном движении транспортных средств: монография / Б.Н. Карев, Б.А. Сидоров, П.М. Недоростов; Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т., 2005. 315 с.

3. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза / Ю.Б.Суворов. М.: Экзамен, 2003. 208 с.
4. Филатова Н.А., Габдорахманов А.С., Карев Б.Н. Нахождение минимально-безопасного расстояния между автомобилями, движущимися в попутном направлении, в одном частном случае // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. XII всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016, ч.1. 365 с.
5. Бояркина Е.Ф., Логачев В.Г. Имитационное моделирование процесса формирования количества легковых автомобилей на улично-дорожной сети города // Инженерный вестник Дона, 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3254.
6. Быков Д.В., Лихачёв Д.В. Имитационное моделирование как средство модернизации участка транспортной сети // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2388.
7. Феофилова А.А. Обоснование выбора состояний транспортных потоков для начала их динамического перераспределения // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1953.
8. Гасилова О.С., Алексеева О.В., Грехов О.Ю. Влияние интенсивности движения маршрутных транспортных средств на пропускную способность улично-дорожной сети // Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3808.
9. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000. 1134 p.
10. Zyryanov V., Sanamov R. Improving urban public transport operation: experience of Rostov-on-Don (Russia) // International Journal of Transport Economics. 2009. V.36. №1. pp.83-96.

References

1. Ilarionov V.A. Jekspertiza dorozhno-transportnyh proisshestvij [Examination of road accidents]. V.A. Ilarionov. M.: Transport, 1989. 255 p.
2. Metody rascheta bezopasnyh rasstojanij pri poputnom dvizhenii transportnyh sredstv [Methods of calculation of safe distances at the passing movement of vehicles]: monografija. B.N. Karev, B.A. Sidorov, P.M. Nedorostov; Ekaterinburg: Ural. gos. lesotehn. un-t., 2005. 315 p.
3. Suvorov Ju.B. Sudebnaja dorozhno-transportnaja jekspertiza [Judicial road and transport examination]. Ju.B.Suvorov. M.: Jekzamen, 2003. 208 p.
4. Filatova N.A., Gabdoramhanov A.S., Karev B.N. Nauchnoe tvorcestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii: mater. XII vseros. nauch.-tehn. konf. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotehn. un-t, 2016, ch.1. 365 p.
5. Bojarkina E.F., Logachev V.G. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3254.
6. Bykov D.V., Lihachjov D.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2388.
7. Feofilova A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1953.
8. Gasilova O.S., Alekseeva O.V., Grehov O.Ju. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3808.
9. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000. 1134 p.
10. Zyryanov V., Sanamov R. International Journal of Transport Economics. 2009. V.36. №1. pp.83-96.