

УДК 331.45

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ САМОХОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Белова Т.И.¹, Сухов С.С.², Кончиц С.В.¹, Филиппов А.А.³

¹ - Брянский государственный аграрный университет

² - Брянский государственный университет им. акад. И.Г.Петровского,

³ - АО «ПО» «Бежицкая сталь»

В целях управления безопасностью труда операторов самоходных транспортных машин (СТМ) предложена модель обеспечения безопасности СТМ в виде двухблочной вероятностной модели, которая позволяет получить оптимальные параметры скоростного режима и повысить надежность защиты работников путем использования предлагаемого технического устройства.

Ключевые слова: управление безопасностью, двухблочная вероятностная модель, оператор, самоходные транспортные машины, скоростной режим.

DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-124-128>

Состояние безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте Российской Федерации по-прежнему продолжает оставаться серьезной социально-экономической проблемой. Хотя за последние годы и наметилась тенденция снижения абсолютных показателей аварийности, уровень ее остается высоким.

С ростом уровня автомобилизации существенно изменяются плотность и интенсивность движения на дорогах России, существенно возрастает количество новых, не обладающих достаточным опытом управления транспортным средством водителей, что оказывает и будет оказывать существенное негативное влияние на состояние аварийности.

В этих условиях наиболее часто водители травмируются при столкновении транспортных средств, движущихся в попутном направлении. С целью повышения безопасности операторов самоходных транспортных машин нами была предложена модель обеспечения безопасности СТМ в виде двухблочной вероятностной модели. [1]

Упрощая несколько задачу в целях управления безопасностью труда операторов СТМ предложенную модель [1] представим в виде следующей двухблочной модели (рис. 1),

где A_1, A_2 – операторы преобразования входных процессов изменения скоростей движения ведущих и ведомых самоходных машин в выходные блока 1, характеризующие транспортную безопасность операторов СТМ;

A_3 – оператор преобразования входных процессов в выходные блока 2, характеризующий надежность защиты работников при использовании существующих технических средств охраны труда СТМ;

A_4 – оператор, характеризующий надежность защиты работников при использовании предлагаемого устройства определения тормозного пути СТМ;

A_5 – оператор, характеризующий надежность защиты работников при использовании стенда регистрации тормозного пути транспортного средства.

Обратные связи 1,1', 2,2' – характеризуют управление транспортной безопасностью СТМ с целью соблюдения оптимальных допусков $\Delta_{01}, \Delta'_{01}, \Delta_{02}, \Delta'_{02}$ на отклонение параметров процессов $P_{cm}(t)$, от настроечного за счет выбора скоростного режима движения СТМ и соблюдения эксплуатационных допусков $\Delta_{Э1}, \Delta_{Э2}$ учета условий эксплуатации и соблюдения исполнительных допусков $\Delta'_{И1}, \Delta'_{И2}$. Обратные связи 1" и 2" характеризуют управление эксплуатационной безопасностью за счет совершенствования средств защиты работников с целью соблюдения рациональных допусков Δ''_1, Δ''_2 .

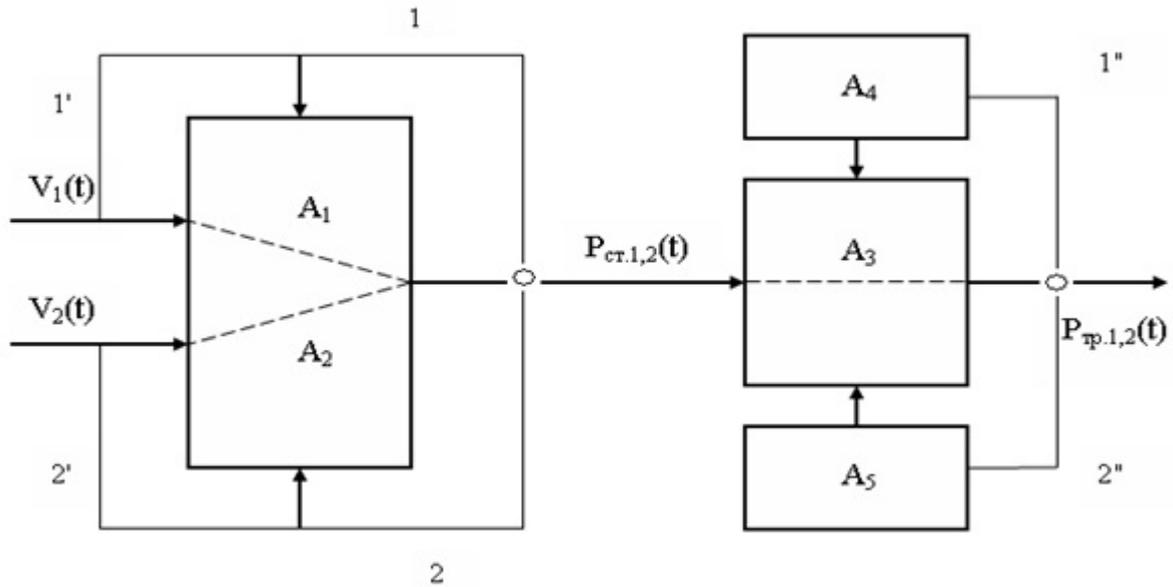


Рис. 1. Модель управления безопасностью операторов самоходных транспортных машин

В случае использования СТМ (рис. 1) уравнения идентификации в частотной области [] и, полагая некоррелированными входные воздействия $V_1(t), V_2(t)$ можно записать следующие выражения:

$$P_{cm,1,2}(t) = A_1[V_1(t)] + A_2[V_2(t)]; \tag{1}$$

$$S_{Pmp}(\omega) = \{S_{P1cm}(\omega) + S_{P2cm}(\omega)\} [A_3(\omega)]^2; \tag{2}$$

$$S_{Pmp}(\omega) = \{S_{V1}(\omega)[A_1(\omega)]^2 + S_{V2}(\omega)[A_2(\omega)]^2\} [A_3(\omega)]^2, \tag{3}$$

где $[A_1(\omega)]^2, [A_2(\omega)]^2$ – амплитудно-частотные характеристики безопасности столкновения ведущей и ведомой СТМ; $[A_3(\omega)]^2$ – амплитудно-частотные характеристики безопасности использования технических средств.

Алгоритм основан на вычислении по спектральным характеристикам реализаций процессов на входе и выходе модели частотной функции с последующей аппроксимацией ее аналитическим выражением, результатом которой являются численные оценки коэффициентов передаточной функции модели.

Амплитудно-частотные характеристики $[A_1(\omega)]^2, [A_2(\omega)]^2$ могут быть аппроксимированы выражениями вида:

$$[A_1(\omega)]^2 = \frac{(d_{11}\omega^4 + d_{21}\omega^2 + 1)K_1^2}{C_{01}\omega^6 + C'_{11}\omega + C_{21}\omega^2 + 1}; \tag{4}$$

$$[A_2(\omega)]^2 = \frac{(d_{12}\omega^4 + d_{22}\omega^2 + 1)K_2^2}{C_{02}\omega^6 + C'_{12}\omega + C_{22}\omega^2 + 1}, \tag{5}$$

которым соответствуют передаточные функции:

$$W_1(S) = K_1^2 \frac{\tau_{11}^2 S^2 + \tau_{21} S + 1}{T_{11}^3 S^2 + T_{21}^2 S^2 + T_{31} S + 1}, \tag{6}$$

$$W_2(S) = K_2^2 \frac{\tau_{12}^2 S^2 + \tau_{22} S + 1}{T_{12}^3 S^2 + T_{22}^2 S^2 + T_{32} S + 1}, \tag{7}$$

где $C_1 = T_2^4; C_2 = T_2^3 - 2T_2^2; C_1^1 = T_2^4 - 2T_3T_1^3; d = \tau_2^2; d_1 = \tau_1^4; d_2 = \tau_2^2 - 2\tau_1^2$ - постоянные, имеющие размерность времени; K_1^2, K_2^2 - коэффициенты усиления.

Анализ амплитудно-частотных характеристик безопасности $[A_1(\omega)]^2, [A_2(\omega)]^2$ предполагает установление зависимостей коэффициентов усиления K^2 и постоянных коэффициентов d_1, d_2, c_0, c_1, c_2 от факторов, характеризующих транспортную безопасность машин. На основании поисковых исследований установлено, что значительное влияние на осуществление безопасности транспортных работ оказывает скоростной режим движения, от которого зависит тормозной путь и, соответственно, дистанция между ведущей и ведомой СТМ. Оптимальными условиями работы транспортной машины будут такие, при которых соответственно тормозные пути S_{TH}, S_{Ti} и время срабатывания на торможение t_{Ti} будут минимальными. При этом оптимальная зависимость $P_{CT}(t) = f(S_{TH}, S_{Ti}, t_{Ti})$ достигается за счет:

- сокращения нормативного значения тормозного пути S_{TH} ;
- сокращения тормозного пути S_{Ti} в реальных условиях эксплуатации;
- сокращения времени срабатывания на торможение t_{Ti} .

В связи со случайным характером распределения значений тормозного пути, а также вероятностью столкновения, скоростной режим по условию максимальной безопасности операторов определяется исходя из вероятностно-статистических характеристик процессов $P_{CT1}(t), P_{CT2}(t)$, которые в свою очередь зависят о вероятностно-статистических характеристик процесса $V_{д1}(t), V_{д2}(t)$ и амплитудно-частотных характеристик $[A_1(\omega)]^2, [A_2(\omega)]^2$ безопасности операторов СТМ.

Оптимизация амплитудно-частотных характеристик безопасности $[A_1(\omega)]^2, [A_2(\omega)]^2$ операторов СТМ определяется исходя из физического смысла функции спектральных плотностей $S_{PCT1}(\omega), S_{PCT2}(\omega)$ процессов $P_{CT1}(t), P_{CT2}(t)$, по кривым которым можно определить преобладающий спектр ω_{31}, ω_{32} колебаний параметра и соответствующую ему дисперсию процесса. Исходя из логической сущности процессов $P_{CT1}(t), P_{CT2}(t)$, частоты ω_{31}, ω_{32} характеризуют преобладающую частоту остановок, а величины D_{31}, D_{32} – длительность тормозного пути. Тогда цель оптимизации $\{\omega_{31}, \omega_{32} \rightarrow 0; (D_{31}, D_{32}) \rightarrow \min\}$ достигается минимизацией операторов A_1, A_2 по модулю, где ω_3 – частота, соответствующая пику спектральной плотности $S_{PCT}(\omega)$ процесса $P_{CT}(t)$.

Условие $(\omega_{31}, \omega_{32}) \rightarrow 0$ соответствует

$$\begin{aligned} [A_1(0)]^2 &= K_1^2 = f(V_{H1}); \\ [A_2(0)]^2 &= K_2^2 = f(V_{H2}), \end{aligned}$$

а условие $(D_{31}, D_{32}) \rightarrow \min$ соответствует

$$[A_1'(\omega)]^2 = 0; \quad [A_2'(\omega)]^2 = 0,$$

где $[A_1'(\omega)]^2 = 0, [A_2'(\omega)]^2 = 0$ – первые производные амплитудно-частотных характеристик безопасности СТМ соответственно по $V_{H1}(t), V_{H2}(t)$.

С целью упрощения расчетов проводят аппроксимацию уравнений коэффициентов $K_1^2 - K_n^2, d_{11} - d_{1n}, d_{21} - d_{2n}, c_{01} - c_{0n}, c_{11} - c_{1n}, c_{21} - c_{2n}$ в зависимости от значений скоростей движения СТМ $V_{H1}(t), V_{H2}(t)$, по которым определяются значения $[A_1(\omega)]^2, [A_2(\omega)]^2$ в зависимости от V_{H1}, V_{H2} .

При обосновании параметров скоростного режима исходили из условия получения минимального значения дисперсии D_p процесса $P_{CT}(t)$

$$D_p = \sum_{\omega=0}^{0.50} S_v^{pek}(\omega) [A(\omega)]^2 \Delta\omega, \quad (8)$$

где $S_v^{pek}(\omega)$ - спектральная плотность процесса $V_D(t)$ при скорости ведомой СТМ V_D^{pek} , соответствующей минимальному статистическому среднему значению P_{CT} ; $\Delta\omega$ - элементарный участок оси частот ($\Delta\omega = 0,0033 \text{ ч}^{-1}$).

С целью управления безопасностью операторов СТМ согласно предлагаемой вероятностной модели (рис. 1) рассматривается блок 2, характеризующий надежность обеспечения безопасности операторов при существующих технических и предлагаемых технических средствах. В нашем случае используется устройство определения тормозного пути транспортного средства [2]. В связи с тем, что большой уровень транспортного травматизма происходит из-за неудовлетворительного состояния тормозной системы, актуальной является проблема определения тормозного пути, что позволит заранее определять состояние тормозной системы по величине тормозного пути.

Таким образом, нами разработана более точная модель управления безопасностью операторов СТМ, которая позволяет получить оптимальные параметры скоростного режима и повысить надежность защиты работников путем использования предлагаемых технических средств.

Список литературы

1. Белова, Т.И. Теоретическое обоснование модели обеспечения безопасности системы самоходных транспортных машин / Т.И. Белова, С.С. Сухов, С.В. Кончиц // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2015. - №2. – С. 67-70.
2. Патент 2534689 Российская Федерация. Устройство определения тормозного пути транспортного средства» / Т.И. Белова, С.С. Сухов [и др.]. – Оpubл. 10.12.2014. - Бюлл. №34.

Сведения об авторах

Белова Татьяна Ивановна - доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Брянский государственный аграрный университет», belova911@mail.ru.

Сухов Сергей Сергеевич - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», bgd_cc@bk.ru.

Кончиц Сергей Владимирович - аспирант ФГБОУ ВПО «Брянский государственный аграрный университет», st0974@mail.ru.

Филиппов Александр Алексеевич – инженер АО «ПО» «Бежицкая сталь», vlada_alex77@mail.ru.

WAYS TO IMPROVE THE SAFETY OF OPERATORS OF SELF-PROPELLED VEHICLES

Belova T.I.¹, Sukhov S.S.², Konchits S.V.¹, Filippov A.A.³

¹ – Bryansk State Agricultural University

² – Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University

³ - JSC "PO "Bezhitskaya steel"

In order to manage the safety of work of operators of self-propelled transport machines (STM) proposed a security model of STM in the form of a two-unit probabilistic model, which allows for semi-optimum parameters of the speed limit and to increase the reliability of protection of workers through the use of the proposed technical device.

Keywords: *safety management, two-unit probabilistic model, the operator, self-propelled transport vehicles, the speed limit.*

DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-124-128>

References

1. Belova T.I., Sukhov S.S., Konchits S.V. Theoretical substantiation of the security model of the system of self-propelled vehicles. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No. 2, pp. 67-70.

2. Patent RU 2534689. *Ustroystvo opredeleniya tormoznogo puti transportnogo sredstva* [Device determine the braking distance of a vehicle]. Belova T.I., Sukhov S.S. Published 10.12.2014.

Authors' information

Tatyana I. Belova - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of chair of safety at Bryansk State Agricultural University, belova911@mail.ru.

Sergey S. Sukhov - Candidate of Technical Sciences, Associate professor, Head of chair of safety at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, bgd_cc@bk.ru.

Sergey V. Konchits – postgraduate at Bryansk State Agricultural University, st0974@mail.ru.

Aleksandr A. Filippov– engineer of JSC "PO "Bezhitskaya steel", vlada_alex77@mail.ru.

Дата публикации
(Date of publication):
25.12.2016