

УДК 331.45

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ САМОХОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Т.И. Белова¹, С.С. Сухов², С.В. Кончиц¹

¹ - Брянский государственный аграрный университет

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

Предложена модель обеспечения безопасности системы самоходных транспортных машин, позволяющая учесть переменные случайные факторы, влияющие на вероятность столкновения машин за счет снижения уровней опасных и вредных производственных факторов и травмирования операторов, представленная в виде двухблочной вероятностной модели.

Ключевые слова: безопасность, модель, оператор, самоходные транспортные машины, травмирование.

В настоящее время проблема повышения безопасности труда операторов самоходных транспортных машин (СТМ) является актуальной по причине чрезвычайно высокого уровня производственного травматизма. Анализ производственного травматизма и результаты поисковых исследований выявили, что указанные машины являются источниками повышенной опасности при выполнении транспортных работ в отраслях экономики и на дорогах общей сети.

При использовании самоходных машин для выполнения транспортных работ можно выделить следующие причины травмирования операторов:

- превышение скорости движения ведомых транспортных машин из-за отсутствия визуальной информации о скорости движения ведущих машин, что может привести к их столкновению и травмированию операторов;
- превышение скорости движения ведомых транспортных машин из-за невозможности выбора оптимального скоростного режима с целью предотвращения их столкновения;
- временная ограниченность при совместном движении ведущих и ведомых транспортных машин, что требует большой квалификации оператора с целью предотвращения их столкновения;
- торможение ведущей транспортной машины тормозом или двигателем с отсутствием срабатывания стоп-сигнала и момента торможения, что повышает риск их столкновения;
- износ тормозной системы транспортных машин из-за отсутствия визуальной информации о значении его тормозного пути, как параметра эффективности тормозной системы [1].

Как показали исследования условий и безопасности операторов при эксплуатации системы СТМ, наиболее часто водители травмируются при столкновении транспортных средств, движущихся в попутном направлении. В реальных дорожных условиях, при плотном движении с высокой скоростью в одном ряду машин с различной длиной тормозного пути, опасность может появиться внезапно и информацию об опасности может иметь водитель ведущей машины, а водитель ведомой машины должен ориентироваться по ее средствам сигнализации. В случае если опасность неожиданно появилась перед второй машиной, то она уже будет ведущей машиной, а водителю третьей машины придется быть на месте водителя второй и т.д. В этой связи безопасность операторов при эксплуатации системы СТМ необходимо рассматривать в зависимости от количества используемых самоходных машин и опасных ситуаций, связанных с внезапным торможением самоходных машин.

С учетом указанного, в целях реализации принципов охраны труда и задач исследования, модель обеспечения безопасности системы СТМ может быть представлена в виде двухблочной вероятностной модели (рис. 1) [2].

Основными возмущающими воздействиями блока 1 являются процессы изменения скоростей движения $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, ..., $V_n(t)$, $V_{(n+1)}(t)$ ведущих и ведомых СТМ, выходными воздействиями – процессы изменения вероятностей столкновения ведомых СТМ с ведущими

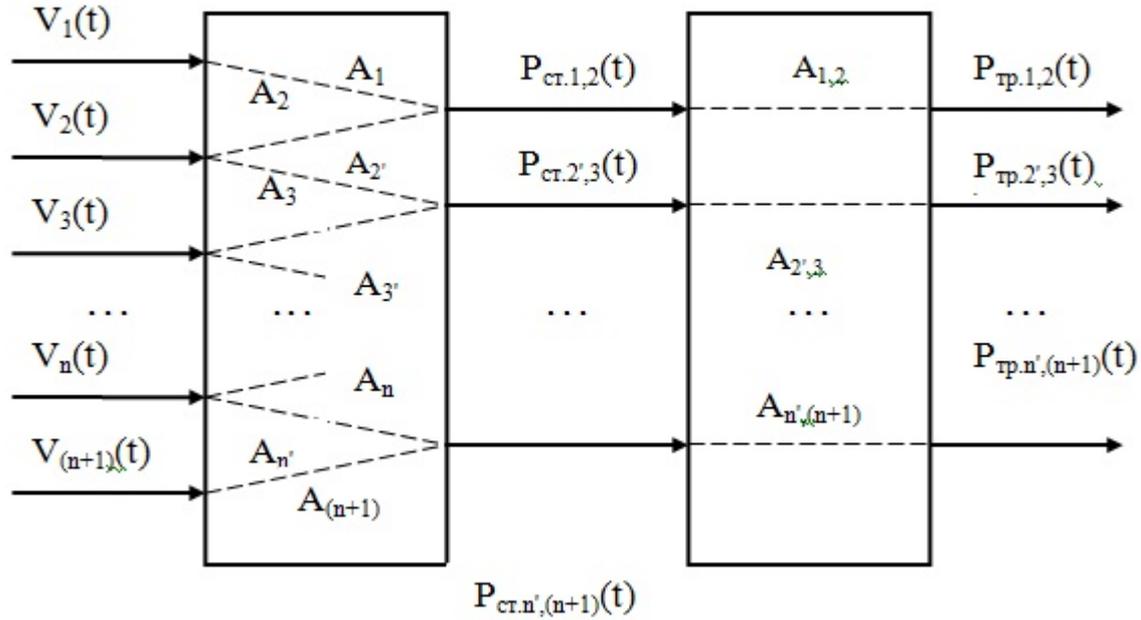


Рис. 1. Модель обеспечения безопасности системы самоходных транспортных машин

$P_{см.1,2}(t), P_{см.2',3}(t), \dots, P_{см.n',(n+1)}(t)$, которые являются возмущающими процессами по отношению к блоку 2 и определяются как:

$$\begin{cases} P_{см.1,2i}(t) = S_{m2i} / S_{mn2}; \\ P_{см.2',3i}(t) = S_{m3i} / S_{mn3}; \\ P_{см.3',4i}(t) = S_{m4i} / S_{mn4}; \\ \dots \\ P_{см.n',(n+1)i}(t) = S_{m(n+1)i} / S_{mn(n+1)}, \end{cases} \quad (1)$$

где $S_{m2i}, S_{m3i}, S_{m4i}, \dots, S_{mn'i}, S_{(n+1)i}$ - тормозной путь ведомых СТМ в случае i -го торможения ведущих ССТМ; $S_{mn2}, S_{mn3}, S_{mn4}, \dots, S_{mn(n+1)}$ - нормируемое значение тормозного пути ведомых СТМ в зависимости от условий эксплуатации.

Выходными процессами блока 2 являются изменения вероятности травмирования $P_{тр.1,2}(t), P_{тр.2',3}(t), \dots, P_{тр.n',(n+1)}(t)$ операторов ведущих и ведомых СТМ, зависящие от надежности защиты работающих при использовании устройства определения тормозного пути. Операторы $A_1, A_2, A_2', A_3, A_3', \dots, A_n', A_{(n+1)}$; $A_{1,2}, A_{2',3}, \dots, A_{n',(n+1)}$ характеризуют процессы преобразования параметров входных процессов соответственно блоков 1 и 2 в выходные.

Операторы определяют как система преобразует входные воздействия, которые могут быть детерминированными функциями времени или случайными процессами.

Анализ процессов функционирования системы СТМ заключается в определении или прогнозировании параметров выходных процессов при известных входных воздействиях и операторах.

Синтез процессов функционирования заключается в установлении оператора (математической модели), обеспечивающего определенное преобразование входных воздействий.

В нашем случае оптимизация процессов функционирования сводится к определению такого оператора, который обеспечивает оптимальное преобразование этих входных воздействий. При определении динамических характеристик самоходных машин используются линейные операторы, характеризующие свойства линейных стационарных динамических систем, поведение которых описывается линейными уравнениями в полных производных и с постоянными коэффициентами.

В зависимости от вида моделей, возможностей получения экспериментальных реализаций процессов и требуемой точности оценок используются различные методы идентификации во временной и частотной области. В результате получают оценки операторов преобразования динамической системой входных сигналов в выходные в виде передаточных и частотных функций или импульсных характеристик, дифференциальных уравнений, уравнений регрессии. После идентификации производится оценка степени идентичности полученной модели.

Для решения поставленных в нашем случае задач представляется наиболее подходящим алгоритм идентификации по спектральным плотностям изучаемых процессов [3].

Простейшим уравнением идентификации в частотной области является выражение

$$S_a(\omega) = S_g(\omega)[A_{a,g}(\omega)]^2, \quad (2)$$

где $[A_{a,g}(\omega)]^2$ - амплитудно-частотные характеристики транспортной безопасности СТМ; $S_a(\omega)$, $S_g(\omega)$ - спектральные плотности соответственно выходных и входных процессов при соответствующих условиях эксплуатации.

В случае использования системы СТМ уравнения идентификации в частотной области и полагая некоррелированными входные воздействия $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, ..., $V_n(t)$, $V_{n+1}(t)$, можно записать следующие выражения:

$$\begin{aligned} P_{cm.1,2}(t) &= A_1[V_1(t)] + A_2[V_2(t)]; \\ P_{cm.2,3}(t) &= A_2'[V_2'(t)] + A_3[V_3(t)]; \\ P_{cm.3,n}(t) &= A_3'[V_3'(t)] + A_4[V_4(t)]; \\ &\dots\dots\dots \\ P_{cm.n',(n+1)}(t) &= A_n'[V_n'(t)] + A_{(n+1)}[V_{(n+1)}(t)], \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} S_{Pmp1,2}(\omega) &= \{S_{P1cm.}(\omega) + S_{P2cm.}(\omega)\}[A_{1,2}(\omega)]^2; \\ S_{Pmp2',3}(\omega) &= \{S_{P2'cm.}(\omega) + S_{P3cm.}(\omega)\}[A_{2',3}(\omega)]^2; \\ S_{Pmp3',4}(\omega) &= \{S_{P3'cm.}(\omega) + S_{P4cm.}(\omega)\}[A_{3',4}(\omega)]^2; \\ &\dots\dots\dots \\ S_{Pmpn',(n+1)}(\omega) &= \{S_{Pn'cm.}(\omega) + S_{P(n+1)cm.}(\omega)\}[A_{n',(n+1)}(\omega)]^2, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} S_{Pmp1,2}(\omega) &= \{S_{V1}(\omega)[A_1(\omega)]^2 + S_{V2}(\omega)[A_2(\omega)]^2\}[A_{1,2}(\omega)]^2; \\ S_{Pmp2',3}(\omega) &= \{S_{V2'}(\omega)[A_2'(\omega)]^2 + S_{V3}(\omega)[A_3(\omega)]^2\}[A_{2',3}(\omega)]^2; \\ S_{Pmp3',4}(\omega) &= \{S_{V3'}(\omega)[A_3'(\omega)]^2 + S_{V4}(\omega)[A_4(\omega)]^2\}[A_{3',4}(\omega)]^2; \\ &\dots\dots\dots \\ S_{Pmpn',(n+1)}(\omega) &= \{S_{Vn'}(\omega)[A_{n'}(\omega)]^2 + S_{V(n+1)}(\omega)[A_{(n+1)}(\omega)]^2\}[A_{n',(n+1)}(\omega)]^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Таким образом, предложенная модель обеспечения безопасности системы СТМ позволяет учесть переменные случайные факторы, влияющие на вероятность столкновения машин за счет снижения уровней опасных и вредных производственных факторов и травмирования операторов.

Список литературы

1. Сухов, С.С. Повышение безопасности операторов сельскохозяйственных самоходных транспортных машин минимизацией опасностей столкновения и совершенствования технических систем: дис. ... канд. тех. наук / Сухов Сергей Сергеевич. - Орел: ФГНУ ВНИИ ОТ, 2006.
2. Белова, Т.И. Обеспечение безопасности операторов самоходных транспортных машин / Т.И. Белова, В.И. Растягаев, С.С. Сухов, А.А. Филиппов // Материалы VIII Междунар.

научно-техн. конф. «Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК». Брянск, 21 ноября 2014 г. – Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2014. – С.37-45.

3. Белова, Т.И. Выбор параметров с целью оптимизации условий функционирования самоходных транспортных машин / Т.И. Белова, С.С. Сухов, Л.М. Маркарянц, А.А. Филиппов // Вестник МАНЭБ. – 2010. – Т. 15. – №4. – С. 103-108.

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 ВПО «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.

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF MODEL OF SAFETY SYSTEM OF SELF-PROPELLED TRANSPORT VEHICLES

T.I. Belova, S.S. Sukhov, S.V. Konchits

¹ – Bryansk State Agricultural University

² – Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University

The proposed security model of the system of self-propelled transport vehicles that allow variables to take into account random factors that affect the probability of collision of cars by reducing levels of dangerous and harmful production factors and of injury to the operators presented in the form of a double-probability model.

Keywords: *security, model, operator, self-propelled transport vehicles, injury to.*

References

1. Sukhov S.S. Improving the safety of operators of agricultural self-propelled transport vehicles to minimize the dangers of collision and improvement of technical systems. Cand. Diss. (Engineering). Orel. 2006.

2. Belova T.I., Rastyagaev V.I., Sukhov S.S., Filippov A.A. Ensuring the safety of operators of self-propelled transport vehicles. *Proceedings of the VIII Intern. scientific and technical. Conf. "Problems of energy, information and automation, security and natural resources management in agriculture"*. Bryansk. 2014, pp. 37-45.

3. Belova T.I., Sukhov S.S., Markaryants L.M., Filippov A.A. The selection of parameters to optimize conditions for functioning of self-propelled transport vehicles. *Vestnik MANEB*, 2010, Vol.15, No.4, pp. 103-108.

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.