

УДК 629.7.067

Н.Е. Сакович, А.М. Никитин

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Рассмотрен вопрос необходимости установки технических средств безопасности на транспортные средства. Представлены методы контроля технического состояния транспортных средств. Разработана методика оценки установленных средств безопасности с использованием моделей марковских процессов.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, модели марковских процессов, методы контроля, дорожно-транспортное происшествие, технические средства безопасности.

Технические устройства повышения безопасности дорожного движения выполняют следующие основные функции:

- контроль работоспособности систем и сигнализация водителю об их отказах и неисправностях;
- автоматическое отключение отказавшей системы (элемента) и подключение исправной;
- определение критических значений параметров движения ТС на различных режимах движения и сигнализация оператору о подходе к ним;
- автоматическое снижение скорости движения, увод ТС с опасных режимов движения.

Различают активные и пассивные технические устройства повышения безопасности. Активные, воздействуя на контролируемую систему или на органы управления ТС, сами ликвидируют последствия отказов состояния. Пассивные технические средства только выдают сигнализацию оператору о возникшей неисправности или приближении ТС к опасному режиму, а ликвидацию опасной ситуации осуществляет водитель.

В общем случае технические средства повышения безопасности дорожного движения включают в себя следующие элементы: датчики первичной информации 1, вычислитель 2, состоящий из блока обработки информации 3 и блока формирования команд 4; исполнительное устройство 5; устройство самоконтроля 6 (рис. 1).

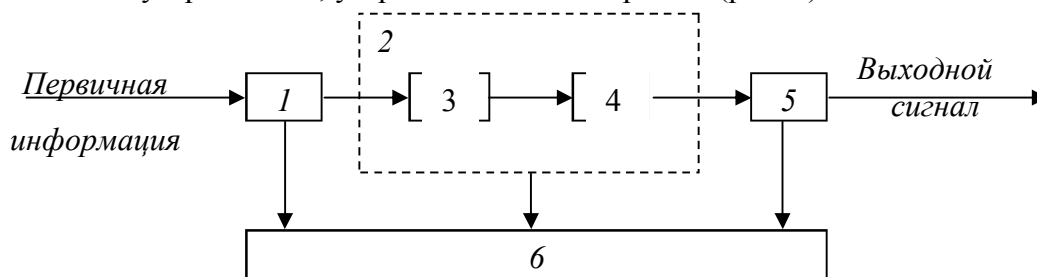


Рис. 1. Схема системы технического средства безопасности

Сигналы с датчиков первичной информации 1 поступают в вычислитель 2, в блок обработки информации 3, где они приводятся к виду, необходимому для подачи в блок формирования команд 4. При возникновении неисправности в контролируемой системе или приближении ТС к опасным режимам движения на исполнительное устройство 5 поступает управляющий сигнал, по которому исполнительное устройство либо само устраняет опасную ситуацию (активная система), либо только выдает оператору сигнализацию (пассивная система).

Устройство самоконтроля 6 служит для проверки работоспособности самого технического средства повышения безопасности.

В настоящее время применяют следующие основные методы контроля состояния транспортного средства: пороговые методы, методы сравнения и методы пробных сигналов. На практике эти методы используются, как правило, во взаимном сочетании.

При пороговом методе контроля техническое средство повышения безопасности выдает командный сигнал при достижении каким-то параметром x_i своего предельного значения.

Работа вычислителя по выработке управляющего сигнала ($U_{упр}$) может быть представлена релейным звеном (рис. 2).

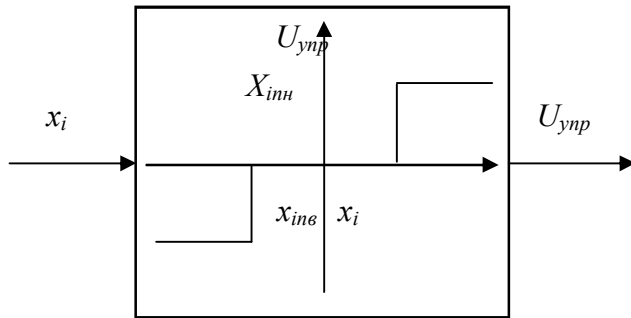


Рис. 2. Схема применения порогового метода

Верхняя и нижняя границы порогов срабатывания ($x_{инн}$ и $x_{инп}$) могут быть как одинаковыми, так и разными, что зависит от характера ограничений, накладываемых на контролируемый параметр x_i . Для снижения вероятности ложного срабатывания системы с пороговым методом контроля используют:

- изменение порога срабатывания по режимам движения;
- включение задержки по времени выдачи управляющего сигнала.

Метод сравнения применяется при использовании двух и более источников информации для контроля состояния объекта. В этом случае возможны следующие варианты получения информации: от нескольких однотипных устройств (Д1 и Д2 на рис. 3 а); от устройств различного типа (Д1 и Б2 на рис. 3 б) с преобразованием с помощью оператора (А) сравниваемых сигналов к одному виду.

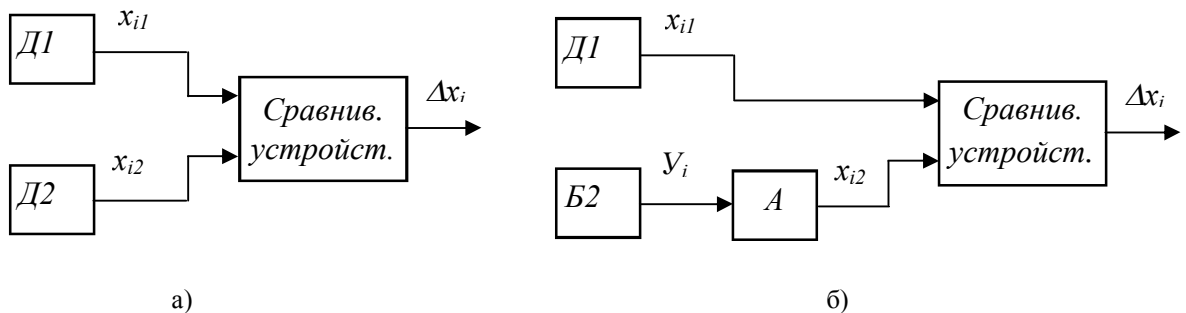


Рис. 3. Схема применения метода сравнения

Полученные таким образом однотипные сигналы (x_{i1} и x_{i2}) сравниваются между собой, а сигналы рассогласования (Δx_i) после обработки по пороговому методу контроля используются для формирования команд. Метод сравнения используется для обнаружения тех отказов, которые не проявляются одновременно на всех источниках информации. Он наиболее пригоден для контроля работы резервированных систем (элементов). Этот метод контроля сложнее по технической реализации, чем пороговый метод, но обеспечивает более высокую достоверность распознавания отказа и более плавное отключение отказавшего элемента.

Метод пробных сигналов основан на оценке реакции контролируемого объекта на некоторый пробный сигнал (тест-сигнал - гармонический, импульсный), вырабатываемый специальным генератором в устройстве повышения безопасности. Сигналы могут подаваться либо непрерывно, либо дискретно.

При непрерывной подаче сигнала не нарушается функционирование контролируемого объекта. Пробный сигнал по форме, величине, частотному составу или дискретности подачи должен быть таким, чтобы он не отразился на правильной работе всей системы и в то же время его можно было обнаружить в выходном сигнале контролируемого объекта. Затем методом сравнения ответной и эталонной реакций оценивается состояние объекта.

При дискретной подаче сигнала объект выключается из нормального функционирования на время контроля. Поэтому такую схему можно применять только для тех устройств, которые позволяют их отключение на время проверки.

Контроль по непрерывной схеме осуществить сложнее, чем по дискретной, но он имеет ряд преимуществ: объект контролируется во время его функционирования; более высокая достоверность оценки состояния объекта благодаря непрерывности контроля.

Для примера рассмотрим следующую условную задачу. На автомобиль установим разработанную авторами систему контроля количества жидкости в тормозной системе, которая автоматически отключает систему зажигания двигателя при уменьшении уровня жидкости ниже оптимального. Требуется оценить эффективность влияния встроенной системы контроля на снижение вероятности неблагоприятного исхода дорожного движения, связанного с неисправностями из-за понижения уровня жидкости, если известны:

- интенсивность отказов тормозной системы (λ_{TC}), системы контроля (λ_K);
- условные вероятности предотвращения последствий неисправностей тормозной системы с работающей системой контроля (r_{TCK}), неработающей системой контроля (r_{TC}) и неисправностей системы контроля (r_K).

Соответствующие условные вероятности предотвращения последствий неисправностей: $s_{TCK} = 1 - r_{TCK}$; $s_{TC} = 1 - r_{TC}$; $s_K = 1 - r_K$. При отказавшей тормозной системе система контроля не работает. Поскольку неисправности тормозной системы и системы контроля зависят от продолжительности дорожного движения, то для оценки их влияния на уровень безопасности движения воспользуемся теорией цепей Маркова. Граф возможных состояний системы изображен на рис. 4.

Через БДД_i (i = 1,3) обозначены благополучные исходы движения, а через ДТП_j (j = 1,3) – неблагоприятные исходы движения, т. е. дорожно-транспортные происшествия (ДТП). Состояния БДД₁ и ДТП₁ соответствуют исходам движения при неисправностях тормозной системы с работающей системой контроля, БДД₂ и ДТП₂ – при неисправностях системы контроля, а БДД₃ и ДТП₃ – при неисправностях тормозной системы с неработающей системой контроля. Обозначим через P_i вероятности пребывания в состояниях БДД_i, а через Q_j – в состояниях ДТП_j.

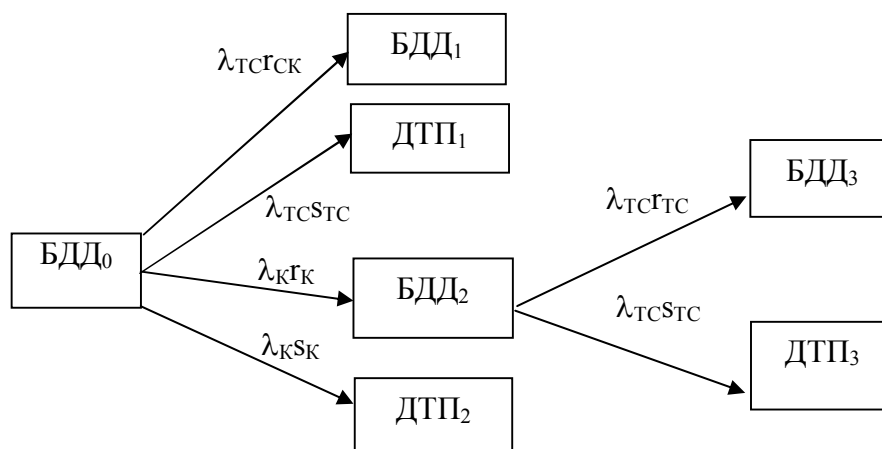


Рис. 4. Граф состояния системы

Вероятности благополучного и неблагоприятного исходов движения соответственно будут равны:

$$P = \sum_{i=0}^3 P_i, \quad Q = \sum_{j=1}^3 Q_j. \quad (1)$$

Для нахождения вероятностей пребывания системы в различных состояниях составим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0}{dt} &= -\lambda_0 P_0; & \frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{TC} r_{TCK} P_0; \\ \frac{dQ_1}{dt} &= \lambda_{TC} s_{TCK} P_0; & \frac{dP_2}{dt} &= \lambda_K r_K P_0 - \lambda_{TC} P_2; \\ \frac{dQ_2}{dt} &= \lambda_K s_K P_0; & \frac{dP_3}{dt} &= \lambda_{TC} r_{TC} P_2; \\ & & \frac{dQ_3}{dt} &= \lambda_K s_K P_2, \end{aligned}$$

где $\lambda_0 = \lambda_{TC} + \lambda_K$.

Проинтегрировав эту систему при начальных условиях $P_0(0) = 1, P_i(0) = Q_j(0) = 0$ для $i, j = 1, 3$ и подставив найденные выражения для Q_j в формулу (1), получим:

$$Q = \frac{\lambda_{TC} s_{TCK} + \lambda_K s_K - r_K s_{TC} \lambda_{TC}}{\lambda_0} (1 - e^{-\lambda_0 t}) + r_K s_{TC} (1 - e^{-\lambda_{TC} t}).$$

Уровень риска при неисправностях тормозной системы в соответствии с формулой полной вероятности будет равен $Q_0 = (1 - e^{-\lambda_{TC} t}) s_{TC}$.

Обычно $\lambda_0 t \ll 1$ и $\lambda_{TC} t \ll 1$, поэтому можно принять $(1 - e^{-\lambda_0 t}) = \lambda_0 t$ и $(1 - e^{-\lambda_{TC} t}) = \lambda_{TC} t$.

Тогда эффективность влияния системы контроля на снижение вероятности неблагоприятного исхода можно оценить соотношением

$$K_Q = \frac{Q_0}{Q} \approx \frac{s_{TC}}{s_{TCK} + \frac{\lambda_K}{\lambda_{TC}} s_K}. \quad (2)$$

Выражение (2) показывает, что при достаточно высоком уровне надежности системы контроля по сравнению с контролируемой системой ее влияние на снижение вероятности неблагоприятного исхода движения пропорционально отношению s_{TC} / s_{TCK} , т. е. снижению степени опасности неисправности. Если же система контроля недостаточно надежна ($\lambda_K > \lambda_{TC}$) и ее неисправности так же опасны, как неисправности тормозной системы ($s_K > s_{TC}$), то система контроля оказывается неэффективной и повышает уровень риска. Это наглядно показано на рис. 5, где изображена зависимость $K_Q = f\left(\frac{s}{s_{TC}}; \frac{\lambda_K}{\lambda_{TC}}; \frac{s_K}{s_{TC}}\right)$ при $\lambda_{TC} = 1 \cdot 10^{-3}$ 1/ч, $s_{TC} = 0,2$. Такой выход характерен для всех технических устройств.

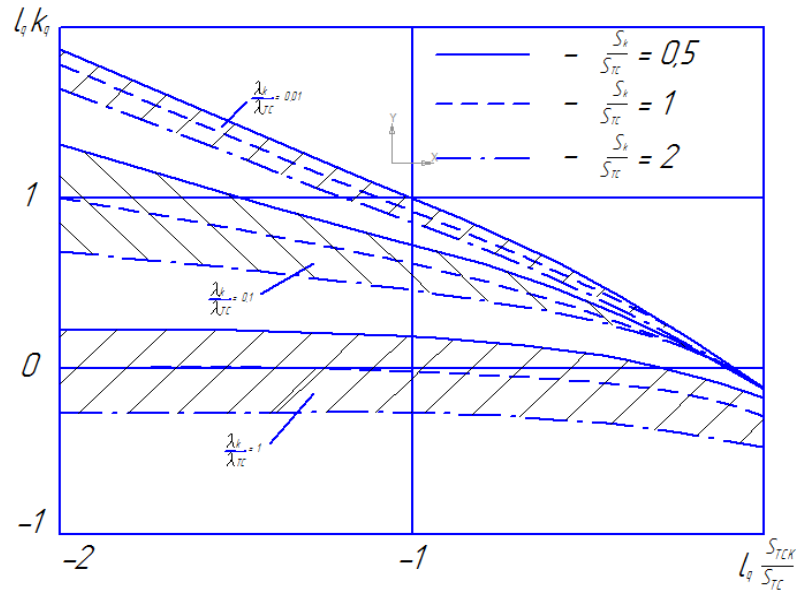


Рис. 5 Зависимость соотношения K_Q от интенсивности неисправностей и вероятностей предотвращения их последствий

Для повышения безопасности дорожного движения надежность технических средств безопасности должна быть по крайней мере на порядок выше надежности контролируемых систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сакович, Н.Е. Математическое моделирование в обеспечении безопасности дорожного движения: монография /Н.Е. Сакович. - Брянск: Изд-во БГСХА, 2011.– 176 с.

Материал поступил в редколлегию 14.04.14.