

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА, УПРАВЛЯЮЩЕГО ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ КАК ЭТУ ЗАДАЧУ РЕШАЕТ ИНЖЕНЕР



Дементиев Валерий Васильевич, д.т.н.



Герус Сергей Валерьянович, д.ф.-м.н

Цель контроля – повышение безопасности движения в связи с человеческим фактором.

Одной из самых важных задач является исключение из контура управления транспортным средством (ТС) водителя, состояние работоспособности которого по каким-то причинам перестало соответствовать требованиям безопасности. Имеется в виду, произошедшее во время работы засыпание, потеря сознания, смерть. При этом, если нет возможности устранить неадекватного водителя, необходимо попытаться восстановить его состояние до рабочего (произвести инициализацию).

Фактически первая и основная задача сводится к тому, что необходимо обеспечить подачу сигнала на передачу управления другому уполномоченному человеку, «автопилоту», или остановку ТС, если водитель не может управлять транспортным средством по причине потери необходимой физиологической кондиции. Т.е. **речь не идёт об определении состояния человека вообще**, а только о нахождении неблагоприятных признаков, либо признаков, безусловно подтверждающих то, что состояние водителя соответствует норме.

Вторая или дополнительная задача: в случае, если обнаружена тенденция к снижению работоспособности, нужно предпринять меры к её восстановлению. Если меры оказались недейственными, то необходимо перейти к выполнению первой задачи.

Эти задачи обычно решаются с помощью технических средств, часто их называют системами поддержания работоспособности водителя (СПРВ). При этом должна быть обеспечена функциональная безопасность контролируемого объекта, это значит, что **в каждый момент времени такими приборами необходимо обеспечить у водителя такое физиологическое состояние, в котором он способен выполнять работу**. Приборы, которые решают выше поставленные задачи, имеют очень важную характеристику: вероятность опасного отказа (в математической статистике - ошибка второго рода). В нашем случае это - вероятность того, что водитель не способен выполнять работу, а СПРВ указывает на то, что всё в порядке.

Рассмотрим случай засыпания водителя во время движения ТС. Попытаемся формально описать полную задачу и дать её решение. Имеется в виду инициализация засыпающего води-

теля и, при невозможности восстановления работоспособного состояния, остановка ТС.

Система (Водитель-СПРВ) может находиться в одном из четырёх состояний:

0. в работоспособном состоянии Z_0 ;
1. может отказать, но отказ средствами контроля не обнаруживается. (опасное состояние Z_1).
2. может отказать, но отказ обнаруживается средствами контроля Z_2 (СПРВ предпринимает попытку привести водителя в рабочее состояние или остановить автомобиль);
3. последнее состояние – это ДТП, (состояние Z_3).

Графически эти состояния представлены на рис. 1. Между состояниями возможны переходы. В том случае, если интенсивности переходов между состояниями постоянны во времени, модель работы системы представляет собой однородную марковскую цепь. Поясним, что представляют собой эти интенсивности:

– Интенсивность перехода из состояния Z_0 в состояние Z_2 ($0 \Rightarrow 2$) равна $\lambda_2 = p\lambda$. Здесь λ есть интенсивность потери работоспособности водителем (сон, приступ болезни и т.д.), а p – вероятность обнаружения отказа водителя. Это – вероятность определения неработоспособного состояния водителя системой СПРВ. Эта величина имеет большой разброс в зависимости от условий труда. Так в работе **В.В. Дементиевко, С.В. Герус и др.. Эффективность систем мониторинга водителя // ЖТФ, 2007, том 77, выпуск 6, стр. 103 – 108** указывается характерная величина интенсивности засыпания для водителей $\lambda = 7 \cdot 10^{-7}$ 1/ч. Для судоводителей она составляет $\lambda = 10^{-3}$ 1/ч, для машинистов $\lambda = 10^{-2}$ 1/ч. Вероятность обнаружения засыпания p лежит в пределах от 0.95 (ЭЭГ, видеокамера) до 0.9999 (системы на основе кожно-гальванической реакции – КГР)

– Интенсивность перехода из состояния Z_0 в неконтролируемое состояние Z_1 ($0 \Rightarrow 1$) равна $\lambda_1 = (1 - p)\lambda$.

– Интенсивность выявления необнаруженных отказов ($1 \Rightarrow 0$) равна u . Характерное время перехода $1/u < 15$ сек. Это – время, за которое водитель в среднем может проснуться сам.

– Интенсивность инициализации водителя системой СПРВ из обнаружимого состояния Z_2 ($2 \Rightarrow 0$) равна μ . Характерное время перехода $1/\mu < 7$ сек.



– Интенсивность возникновения ДТП у автомобиля с неработоспособным водителем ($1, 2 \Rightarrow 3$) равна w . Характерное время перехода $1/w < 60$ сек.

Таким образом, для последующих упрощений при проведении вычислений есть малый параметр: $\mu \ll u, w, \lambda$.

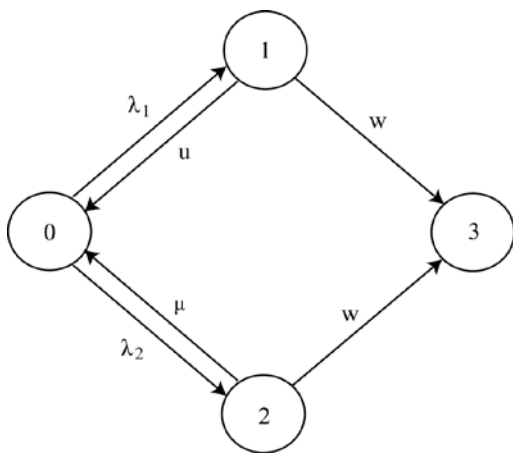


Рис. 1. Граф системы "Водитель-СПРВ".

Представленная модель описывается системой линейных диф-

$$\left. \begin{aligned} \dot{P}_0 &= -\lambda P_0 + uP_1 + \mu P_2; \\ \dot{P}_1 &= (1-p)\lambda P_0 - (u+w)P_1; \\ \dot{P}_2 &= p\lambda P_0 - (\mu+w)P_2; \\ \dot{P}_3 &= wP_1 + wP_2; \\ P_0 + P_1 + P_2 + P_3 &= 1. \end{aligned} \right\}$$

ференциальных уравнений Колмогорова:

Здесь P_0, \dots, P_3 – вероятности того, что система находится в одном из указанных состояний.

Пусть, что в начальный момент времени система не имеет нарботки и полностью работоспособна. Это соответствует начальным условиям

$$P_0(t=0) = 1, P_1(t=0) = P_2(t=0) = P_3(t=0) = 0.$$

Перейдём сразу к окончательному решению поставленной задачи, поскольку метод решения этой системы не является предметом

$$\left. \begin{aligned} P_0 &= \exp(-z_3 t); \\ P_1 &= \frac{\lambda(1-p)}{u+w} \exp(-z_3 t); \\ P_2 &= \frac{\lambda p}{\mu+w} \exp(-z_3 t); \\ P_3 &= 1 - \exp(-z_3 t). \end{aligned} \right\}$$

данной статьи. $z_1 = u + w + \lambda(1-p) \frac{u}{u+w};$

$$z_2 = \mu + w + \lambda p \frac{\mu}{\mu+w};$$

$$z_3 = \lambda(1-p) \frac{w}{u+w} + \lambda p \frac{w}{\mu+w}.$$

где

Отметим, что сумма $P_0 + P_1 + P_2 + P_3$ не равна 1 поскольку в вышеприведённых формулах были оставлены только члены в первом неисчезающем приближении по λ . Если учесть вторые степени по λ в формулах для P_0 и P_3 , то сумма станет значительно ближе к 1.

Величина Z_3 является интенсивностью опасных отказов. В ДТП (состояние 3) попадают как из состояния 1, так и из состояния обнаруженного сна 2.

Если в формуле для Z_3 положить $p = 0$, то это будет означать

$$z_0 = \lambda \frac{w}{u+w}$$

отсутствие системы СПРВ и величина представляет собой интенсивность ДТП с поправочным коэффициентом к интенсивности засыпания λ , учитывающим возможность водителя проснуться с интенсивностью u и, тем самым, избежать аварии. Коэффициент $K = Z_3 / Z_0$ показывает во сколько раз умень-

$$K_1 = (1-p), K_2 = p \frac{(u+w)}{(\mu+w)}$$

шится аварийность при использовании системы СПРВ. Разделив Z_3 на Z_0 получим: $K = K_1 + K_2$, где

K_1 характеризует неспособность СПРВ обнаруживать неработоспособное состояние водителя. K_2 показывает насколько быстро он может быть инициализирован после обнаружения системой СПРВ его неработоспособности.

Поскольку к ДТП ведут оба пути, определяемые этими коэффициентами, то нет причин делать один коэффициент больше другого. Они должны быть соизмеримыми.

Поясним это на примере. Пусть имеется СПРВ со значением вероятности обнаружения отказа $p = 0,99$. А система инициализации срабатывает либо медленно ($\mu = 1/7$ 1/с), либо достаточно быстро ($\mu = 1/0,15$ 1/с). В первом случае получим $K_1 = 0,01$, $K_2 = 0,52$ и суммарный коэффициент $K = 0,53$. То есть, если инициализация водителя происходит медленно ($K_2 \gg K_1$), то суммарный коэффициент окажется близким к наихудшему: $K \sim K_2$. Во втором случае получаем $K_1 = 0,01$, $K_2 = 0,012$ и суммарный коэффициент уже гораздо меньше $K = 0,022$.

Отметим, что в настоящее время существуют такие СПРВ, в которых определяется не тот момент, когда водитель полностью теряет способность к безопасной работе, а когда определяются только признаки его возможного «отказа». Это, например, системы основанные на технологии использования КГР. В этом случае к системе инициализации не предъявляются такие жёсткие требования. Более того, водитель может видеть индикацию своего состояния и сам предпринимает необходимые действия для своей инициализации.

В заключение отметим следующее. В Российской Федерации в 2020 году было совершено около 145 тысяч ДТП, в которых погибло более 16 тысяч человек и ранено более 183 тысяч. По оценкам ведущих специалистов, занимающихся этой проблемой, до 20% ДТП связано с потерей водителем бодрствующего состояния. То есть, около 3000 людей погибло и около 35000 было ранено из-за того, что на дороге оказались водители в сонном состоянии. Системы поддержания работоспособности водителя должны решить эту задачу.

Уже существуют системы, способные практически ликвидировать эти ужасающие цифры. Например, у СПРВ «Вигитон®» $K_1 < 0,001$, а $K_2 \approx 0$, т.к. система с биологической обратной связью производит инициализацию водителя ещё до его попадания в состояние сна. Оборудование автомобиля этой системой снижает риск аварии из-за засыпания водителя более чем в 1000 раз, что соответствует требованиям УПБ_А ГОСТ Р ИСО 26262. Если этими системами оборудовать весь парк автомобилей сон за рулём будет исключён.

Уважаемые коллеги! Дорогие друзья!

От коллектива АО «НЕЙРОКОМ» и от себя лично с теплотой и признанием поздравляю профессорско-преподавательский состав, сотрудников, ветеранов, студентов и выпускников Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) с 90-летним юбилеем со дня основания учебного заведения.

Многие десятилетия Вуз по праву носит статус одного из ведущих центров подготовки квалифицированных специалистов для автомобильной отрасли и дорожного хозяйства.

АО «НЕЙРОКОМ» высоко ценит долгосрочное сотрудничество с МАДИ в области реализации проектов, связанных с созданием и совершенствованием оборудования и систем, позволяющих поднять безопасность на транспорте на качественно новый уровень. Выражаю уверенность, что наша совместная работа будет успешно продолжена и впереди еще много интересных научных и практических решений.

Искренне желаю вашему славному Вузу сохранять и укреплять позиции достойного звена в системе отечественного образования, продолжать движение вперед к новым вершинам, достигая больших успехов в созидательном труде на благо страны.

Всему коллективу МАДИ желаю крепкого здоровья, творческого вдохновения, воплощения самых смелых идей, мира и благополучия!

**Генеральный директор АО «НЕЙРОКОМ»
В.В Дементенко**