

УДК 629.33

DOI: 10.46548/21vek-2021-1056-0037

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАСЫПАНИЯ ВОДИТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ**

© 2021

**Богданов Андрей Владимирович**, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности»

*Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)*  
(454080, Россия, Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: bav-64@mail.ru)

**Астафьева Галина Александровна**, аспирант

*Южно-Уральский государственный аграрный университет*  
(454080, Россия, Челябинск, пр. Ленина, 75, e-mail: 89226330823@mail.ru)

**Аннотация.** Засыпание водителя в процессе управления автомобилем связано с причинением большого морального и материального ущерба, так как аварии по причине засыпания часто ведут к смертельным травмам и выходу из строя транспортных средств, подлежащих восстановлению. На долю водителей, погибших по причине засыпания, приходится около 30% от всех погибших за рулем операторов мобильных колесных машин. Тем не менее подавляющее большинство автомобилей не имеют каких-либо систем предотвращения засыпания. Поэтому в данной статье предлагается простое и эффективное в эксплуатации устройство, работа которого основана на фиксации и сопоставлении углов поворота рулевого колеса. Для описания работы данного устройства разработана математическая модель, которая позволит создать алгоритм функционирования устройства предотвращения засыпания водителя за рулем и программу для работы процессора. Предложенное устройство для предотвращения засыпания водителя может быть использовано на различных автомобилях и позволит снизить количество аварийных ситуаций на дорогах.

**Ключевые слова:** засыпание водителя автомобиля, устройство для предотвращения засыпания, профессиональный риск, рулевое колесо, снижение аварийности на дорогах.

**DEVICE FOR ANTI-SLOPING THE DRIVER OF THE VEHICLE**

© 2021

**Bogdanov Andrey Vladimirovich**, doctor of technical sciences, professor of the department of «Life Safety»  
*South Ural State University*

(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin Ave., 76, e-mail: bav-64@mail.ru)

**Astafieva Galina Aleksandrovna**, postgraduate student

*South Ural State Agrarian University*  
(454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin Ave., 75, e-mail: 89226330823@mail.ru)

**Abstract.** The driver falling asleep while driving is associated with the infliction of great moral and material damage. The share of drivers who died due to falling asleep accounts for about 30% of all mobile wheeled vehicle operators who died at the wheel. The vast majority of cars do not have any anti-sleep systems. Therefore, this article proposes a simple and effective device in operation, the operation of which is based on fixing and comparing the angles of rotation of the steering wheel. To describe the operation of this device, a mathematical model has been developed that will create an algorithm for the operation of a device to prevent the driver from falling asleep while driving and a program for the processor. The proposed device for preventing the driver from falling asleep can be used on various cars and will reduce the number of accidents on the roads.

**Keywords:** car driver falling asleep, device for preventing falling asleep, occupational risk, steering wheel, reduction of road accidents.

**Введение.** Автомобильные перевозки являются неотъемлемой частью практически в любой производственной сфере. Использование автомобильного транспорта связано с возможными аварийными ситуациями на дорогах. При этом водитель автомобиля подвержен определенному профессиональному риску [1-9]. Профессиональный риск зависит от многих факторов, к одним из которых относится засыпание водителя за рулем. Аварии по причине засыпания водителя за рулем, как правило, наносят значительный материальный и моральный ущерб, так как такие аварии обычно происходят на высоких скоростях с выездом на встречную полосу движения или в кювет. Поэтому такие аварии часто ведут к смертельным травмам и выходу из строя транспортных средств, подлежа-

щих восстановлению. Так, на долю водителей, погибших по причине засыпания во процессе управления транспортным средством, приходится около 30% [3]. В перерасчете для грузовых машин, используемых в России, это составляет примерно 150-180 погибших в год [9]. Несмотря на такую неблагоприятную статистику, в настоящее время на подавляющем большинстве эксплуатируемых автомобилей отсутствуют какие-либо системы предотвращения засыпания водителя в процессе управления [10]. Поэтому задача обеспечения колесных машин устройствами по предотвращению засыпания является актуальной.

Основной **целью** данного исследования является разработка и теоретическое обоснование работы устройства предотвращения засыпания водителя ав-

томобили,

**Материалы и результаты исследования.** Принцип функционирования предлагаемого устройства заключается в сопоставлении угловых перемещений рулевого колеса, совершаемых водителем в бодрствующем и дремотном состоянии [11]. Дремотное состояние водителя в первую очередь приводит к уменьшению числа подруливаний. Уменьшение числа подруливаний, в свою очередь, приводит к нарушению курсовой устойчивости автомобиля. Поэтому, фиксируя подруливания, можно контролировать состояние водителя. Если оператор колесной машины совершает подруливания за определенный промежуток времени, то считается, что он бодрствует и способен управлять автомобилем. Если подруливания за установленный промежуток времени не совершается, то считается, что оператор находится в состоянии засыпания и не способен реагировать на дорожную обстановку. В этом случае водителя необходимо разбудить, например, звуковым сигналом или другим возможным способом [12-18].

#### Устройство для предотвращения засыпания.

Предлагаемое устройство для предотвращения засыпания водителя автомобиля (рис. 1) имеет в своем составе датчики угла наклона 4: первый установлен на рулевом колесе 1, второй – на кузове 5 колесной машины. Так же имеются процессор 2 и система пробуждения 3. Система пробуждения включает в себя звуковые сигнализаторы. Элементы устройства соединены проводами питания 6 и электрическим проводом 7, который соединяет датчик скорости движения, имеющийся на автомобиле, с процессором 2. Необходимо отметить, что на данное устройство подана заявка на патент на полезную модель и получено положительное решение.

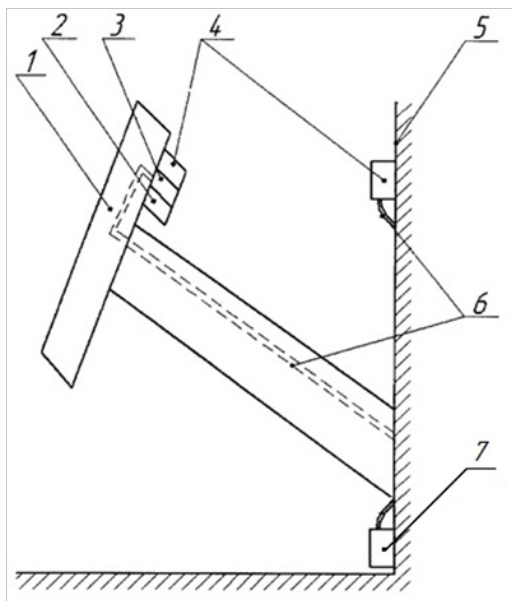


Рисунок 1 – Устройство для предотвращения засыпания водителя за рулем автомобиля: 1 – рулевое колесо; 2 – процессор; 3 – система пробуждения; 4 – датчики угла наклона; 5 – кузов автомобиля; 6 – провода питания; 7 – электрический провод

Датчик скорости автомобиля передает данные о скорости автомобиля в процессор 2 посредством провода 7 (рис. 1). Датчики угла наклона 4 подают данные в процессор 2, эти данные складываются в противофазе и трансформируются в значения угла, на который поворачивается руль. Далее процессор 2 сопоставляет углы поворота рулевого колеса с заданным углом и, при необходимости, если скорость транспортного средства выше нуля, подает сигнал на систему пробуждения 3 по проводам питания 6.

Для описания работы устройства можно воспользоваться структурной схемой, представленной на рисунке 2.

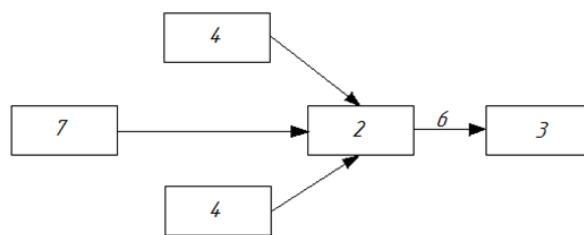


Рисунок 2 – Структурная схема устройства для предотвращения засыпания водителя автомобиля: 1 – рулевое колесо; 2 – процессор; 3 – система пробуждения; 4 – датчики угла наклона; 5 – кузов автомобиля; 6 – провода питания; 7 – электрический провод

Во время движения автомобиля оператор осуществляет подруливания. Для фиксации этих подруливаний устройство снабжено двумя датчиками угла наклона. С имеющегося на автомобиле датчика скорости движения в процессор 2 посредством электрического провода 7 поступает сигнал о скорости движения автомобиля, при этом датчик угла наклона 4, установленный на рулевом колесе 1, фиксирует данные об углах наклона рулевого колеса. Для фильтрации значений углов наклона кузова 5 транспортного средства, которые влияют на положение руля в пространстве, используется датчик угла наклона 4, установленный на кузове 5. Значения углов с обоих датчиков одновременно передаются в процессор 2, в котором складываются в противофазе. В результате процессор пересчитывает их в углы поворота рулевого колеса. Затем процессор сравнивает полученные значения углов с установленным углом. После чего фиксируется только те углы поворота рулевого колеса, которые больше установленного значения (заданного угла). Далее процессор подсчитывает количество углов поворота рулевого колеса за определенный промежуток времени и сравнивает с заданным количеством углов (заданное количество углов поворота руля может равняться единице). Когда водитель начинает засыпать, то количество углов поворота за определенный промежуток времени становится меньше заданного значения (или может быть равным нулю). В этом случае процессор 2 отдает команду системе пробуждения, которая подает звуковой сигнал в кабину автомобиля. Для исключения ложных срабатываний системы пробуждения при остановках транспортного средства, когда водитель может не осуществлять повороты рулевого колеса, но

бодрствовать, в процессор 2 посредством электрического провода 7 поступает сигнал с имеющегося на автомобиле датчика скорости движения о том, что скорость движения автомобиля равна нулю. При этом процессор 2 не подает сигнал на систему пробуждения, и звуковой сигнал не подается.

Для определения одного подруливания бодрствующего водителя были проведены экспериментальные исследования [17, 18]. Они установили, что существует угол поворота руля, который обусловлен внешними факторами  $\alpha_{\text{вн}}$  (неровности дороги, ветер и др.) и не зависит от воздействия на руль оператора транспортного средства. Когда оператор осуществляет подруливание, то угол поворота рулевого колеса больше чем  $\alpha_{\text{вн}}$ . Поэтому за одно подруливание можно принять поворот рулевого колеса водителем (угловое перемещение руля), при котором угол поворота рулевого колеса  $\alpha$  выше величины  $\alpha_{\text{вн}}$  [19]. Это наглядно демонстрирует рисунок 3.

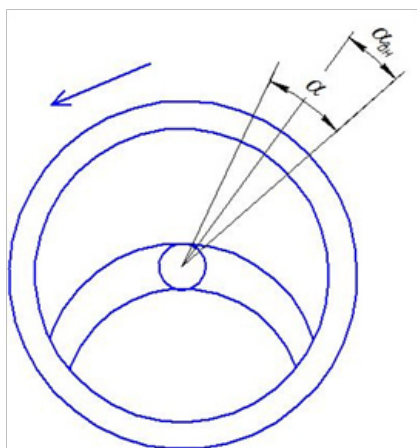


Рисунок 3 – Определение одного подруливания водителем

Из рисунка 3 видно, что в бодрствующем состоянии водитель осуществляет поворот рулевого колеса на больший угол, чем угол поворота руля от внешних воздействий ( $\alpha > \alpha_{\text{вн}}$ ). Данный поворот руля и есть одно подруливание бодрствующим водителем. Поэтому можно считать, что водитель бодрствует, если он совершает хотя бы одно подруливание в определенный промежуток времени. Этот промежуток времени зависит от ходовой части транспортного средства и системы его рулевого управления. Он может быть вычислен расчетно-экспериментальным путем для конкретной марки автомобиля.

Обобщая приведенный материал, для описания работы предлагаемого устройства по предотвращению засыпания водителя автомобиля нами разработана математическая модель.

$$\left[ \begin{array}{l} \text{если } \left\{ \begin{array}{l} n_{\text{подр}} = 1 \text{ при } \alpha > \alpha_{\text{вн}}, \text{ то } U = 0 \\ t \leq t_{\text{уст}} \end{array} \right. \\ \text{если } \left\{ \begin{array}{l} n_{\text{подр}} = 0 \text{ при } \alpha \leq \alpha_{\text{вн}}, \text{ то } U > 0 \\ t > t_{\text{уст}} \end{array} \right. \\ \text{если } V = 0, \text{ то } U = 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $n_{\text{подр}}$  – количество подруливаний, выполняемое водителем;

$\alpha$  – угол поворота рулевого колеса, град;

$\alpha_{\text{вн}}$  – угол поворота рулевого колеса от внешних воздействий, град;

$t$  – время, когда происходит подруливание, с;

$t_{\text{уст}}$  – установленный промежуток времени, в котором водитель должен осуществить подруливание, с;

$V$  – скорость автомобиля, м/с;

$U$  – напряжение питания системы пробуждения, В.

Математическая модель (1) показывает, когда водитель находится в состоянии бодрствования, то он делает одно подруливание ( $n_{\text{подр}} = 1$  при  $\alpha > \alpha_{\text{вн}}$ ) за установленный промежуток времени  $t_{\text{уст}}$ . При этом обеспечивается движение автомобиля по заданной траектории. В этом случае напряжение не поступает на сигнальное устройство для пробуждения ( $U = 0$ ) и оно не срабатывает (звуковой сигнал не подается в кабину автомобиля). При засыпании водителя его реакции на внешнюю среду замедляются, что приводит к уменьшению количества подруливаний. Если подруливание не совершается ( $n_{\text{подр}} = 0$  при  $\alpha \leq \alpha_{\text{вн}}$ ) в установленный промежуток времени  $t_{\text{уст}}$ , то на сигнальное устройство подается напряжение ( $U > 0$ ), и в кабину оператора поступает сигнал, предотвращающий его засыпание. При этом водителю рекомендуется остановить транспортное средство. После соответствующего отдыха водитель может возобновить движение автомобиля. Если оператор колесной машины не реагирует на подаваемые сигналы системы пробуждения, то двигатель может быть заглушен в автоматическом режиме.

При остановке автомобиля, когда его скорость равна нулю ( $V = 0$ ) и водитель может не осуществлять повороты рулевого колеса, но бодрствовать, напряжение на устройство для пробуждения не подается ( $U = 0$ ). Это исключает ложные срабатывания устройства предотвращения засыпания водителя при остановках автомобиля.

**Заключение.** Полученная математическая модель (1) позволяет разработать алгоритм функционирования устройства предотвращения засыпания водителя за рулем. Данный алгоритм будет являться основой для создания программы для работы процессора устройства. В дальнейшем планируется создание опытной установки для экспериментальных исследований. Для этого проведен анализ конструкции датчиков угла поворота рулевого колеса и выбран наиболее подходящий тип датчика [20]. Предложенное устройство для предотвращения засыпания водителя может быть использовано на различных автомобилях и позволит снизить количество аварийных ситуаций на дорогах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 дек. 2001 г. № 197-ФЗ (ред. от 29.12.2020). URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 7.07.2021).
2. Сидоров А.И., Богданов А.В., Медведева Ю.В., Филиппов А.Н. Определение профессионального риска с помощью методики интегральной оценки условий труда // Безопасность труда в промышленности. — 2021. — № 3. — С. 88-93. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-3-88-93
3. Овчаренко М.С. Повышение безопасности операторов

транспортной сельскохозяйственной техники за счет разработки и внедрения инженерно-технических и организационных мероприятий. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург-Пушкин, 2007

4. Волкова, А. О. Усталость водителя и безопасность движения / А. О. Волкова, Е. А. Козырева // Динамика взаимоотношений различных областей науки в современных условиях : сборник статей международной научно-практической конференции: в 3 частях, Казань, 03 мая 2017 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2017. – С. 9-12.

5. Якименко, А. В. Утомление как фактор снижения надёжности водителей / А. В. Якименко, Е. А. Козырева // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2016. – Т. 3. – № 3(6). – С. 407-411.

6. Лебединский, А. Г. Повышение безопасности водителей транспортной техники путем снижения аварийности за счет предотвращения возможного засыпания за рулем / А. Г. Лебединский, М. С. Овчаренко // Перспективы науки - 2016 : материалы III Международного заочного конкурса научно-исследовательских работ, Казань, 29 апреля 2016 года. – Казань: ООО «Рокета Союз», 2016. – С. 271-276.

7. Jane C Stutts, Jean W Wilkins, J Scott Osberg, Bradley V Vaughn Driver risk factors for sleep-related crashes // Accident Analysis & Prevention, Volume 35, Issue 3, 2003, pp. 321-331.

8. Fridulv Sagberg Road accidents caused by drivers falling asleep // Accident Analysis & Prevention, Volume 31, Issue 6, 1999. pp. 639-649.

9. Статистические данные ГИБДД по основным показателям состояния безопасности дорожного движения. URL:: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 8.07.2021)

10. Астафьева Г.А. Анализ существующих способов предотвращения засыпания водителя за рулем // Сборник материалов VII международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии», Челябинск, 03–04 октября 2019 года / Редактор: А.И. Сидоров. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – С. 19-25.

11. Патент РФ №2511186 РФ МПК7 В60К 28/02, 28/06. Способ предотвращения засыпания водителя транспортного средства и устройство для его осуществления / А. В. Богданов, С. Ю. Попова; заявитель и патентообладатель Челябинская Гос. агроинженерная академия. – № 2012148343; заявл. 13.11.2012; опубл. 10.04.2014, Бюл. №10

12. Богданов А.В., Попова С.Ю. Способ предотвращения засыпания водителя транспортного средства и устройство его осуществления. В сборнике: ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ - АГРОПРОМЫШЛЕННОМУ ПРОИЗВОДСТВУ МАТЕРИАЛЫ LIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ; Секция 13. Физика, химия и нанотехнология Секция; 14. Механика и математические методы; Секция 15. Безопасность жизнедеятельности и техническая эксплуатация автотранспорта; Секция 16. Тепловодогазоснабжение сельского хозяйства. Под редакцией П.Г. Свечникова. 2015. С. 115-118.

13. Богданов А.В., Попова С.Ю., Иванов В.Е. Лабораторная установка для определения показателей устройства для предотвращения засыпания водителя за рулем автомобиля // Безопасность жизнедеятельности, № 4, 2017. – С. 30-33.

14. Богданов А.В., Попова С.Ю., Иванов В.Е. Цели и задачи экспериментальных исследований на лабораторной установке для определения параметров функционирования устройства предотвращения засыпания водителя за рулем // Материалы международной научно-практической конференции Института агроинженерии «Сервис технических систем – основа безопасного функционирования машин и оборудования предприятий АПК» – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2018. – С. 329-333

15. S. Arimitsu, K. Sasaki, H. Hosaka, M. Itoh, K. Ishida and A. Ito, "Seat Belt Vibration as a Stimulating Device for Awakening Drivers," in IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol. 12, no. 5, pp. 511-518, Oct. 2007.

16. R. Kawamura, M. S. Bhuiyan, H. Kawanaka and K. Oguri, "Simultaneous stimuli of vibration and audio for in-vehicle driver activation," 2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011, pp. 1710-1715

17. Andrey Bogdanov, Vitaliy Ivanov, Galina Astafeva. Experimental studies in a laboratory installation to determine the parameters of the device prevent the driver from falling asleep while driving // International Conference on Industrial Engineering ICIE 2021: Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020) pp 638-646

18. Богданов А.В., Попова С.Ю., Лакомов А.П., Попов Ю.А. Обоснование работы устройства для предотвращения засыпания водителя автомобиля КАМАЗ-55102. АПК Рос-

сии. 2015. Т. 73. С. 18-31.

19. Богданов А.В., Попова С.Ю., Иванов В.Е., Евдокимов В.С. Исследование курсовой устойчивости машин при засыпании водителя за рулем// Материалы LV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М.Ф. Юдина. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. – Ч. IV. – С. 150-156

20. Богданов А.В., Астафьева Г.А., Смирнов М.В. Выбор датчика для устройства предотвращения засыпания водителя за рулем автомобиля // VI Всероссийской студенческой конференции «Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи», Челябинск, 22–23 апреля 2021/ Редактор: А.И. Сидоров. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – С. 15-20.

*Статья поступила в редакцию 17.10.2021*

*Статья принята к публикации 07.12.2021*