

УДК 612.843.5

ТЕСТИРОВАНИЕ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ СИСТЕМЫ ВОДИТЕЛЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА МЕТОДОМ РЕАКЦИИ НА ДВИЖУЩИЙСЯ ОБЪЕКТ

¹Песошин А.А., ¹Чернышов Д.Е., ²Роженцов В.В.

¹ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ», Казань, e-mail: pesoshin@gmail.com;

²ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Йошкар-Ола, e-mail: VRozhentsov@mail.ru

Показана возможность тестирования зрительно-моторной системы водителя автотранспортного средства (АТС) разработанным методом реакции на движущийся объект (РДО), отличающимся наличием дефицита времени при выполнении задачи. Обследовано 15 курсантов автошколы в два этапа. На первом этапе на экране видеомонитора разработанного аппаратно-программного комплекса предъявлялось АТС, движущееся по пути, на котором появлялось препятствие. Задавалось время, обуславливающее дефицит времени при выполнении испытуемыми экстренного торможения. Определялось минимальное время, необходимое для торможения без столкновений, при котором измерялись зрительно-моторные характеристики – время реакции водителя АТС и время нажатия на педаль тормоза. На втором этапе тестировалась РДО. На экране видеомонитора по окружности двигался точечный объект, на его пути появлялась метка. Задавалось время, обуславливающее дефицит времени при выполнении остановки объекта в области метки, измерялось отклонение остановленного объекта от метки. Минимальное заданное время, необходимое для выполнения задачи тестирования, определялось по абсциссе точки графика в координатах «заданное время – отклонение», после которой значения отклонений стабилизировались. Непараметрический корреляционный анализ по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена показал наличие значимой взаимосвязи значений минимального заданного времени стабилизации времени РДО со временем реакции водителя АТС и временем нажатия на педаль тормоза.

Ключевые слова: водитель автотранспортного средства, зрительно-моторная система, время реакции, реакция на движущийся объект (РДО)

TESTING OF VISUAL-MOTOR SYSTEM OF VEHICLE DRIVER USING THE REACTION TO MOVING OBJECT METHOD

¹Pesoshin A.A., ¹Chernyshov D.E., ²Rozhentsov V.V.

¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev,
Kazan, e-mail: pesoshin@gmail.com;

²Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: VRozhentsov@mail.ru

This paper considers the possibility to test visual-motor system of a vehicle driver by using a developed reaction to moving object method with introduced timing limitations. We have examined 15 students of driving school in two stages. On the first stage students have observed a vehicle moving along the road with a barrier pop upped in random location on it. Objects were shown on the screen of a developed computer appliance; time limitation for emergency braking was set. We have determined the minimal time which is necessary for a driver to avoid crashes. Also we have measured visual-motor characteristics which are vehicle driver's reaction time and time of pressing on brake pedal. On the second stage we have examined the reaction to moving object (stimulus). A spot object moved round the circle on the screen, a mark pop upped in random location on object's path. Students have acted in the conditions of set timing limitations; they tried to stop the moving object on the location of the mark. We have measured a deviation of the stopped object from the mark. Next we determined the point of stabilization of deviation values on the corresponding time plot. This point's abscissa was taken into account in further analysis as a value of minimal timing limitations required for a vehicle driver to accurately perform the test. According to the nonparametric correlation analysis based on Spearman's rank correlation coefficient the values of minimal set timing limitations required for stabilization of reaction to moving object time have been significantly connected with both reaction time and time of pressing on brake pedal of a vehicle driver.

Keywords: vehicle driver, visual-motor system, reaction time, reaction to moving object

Предупреждение и сокращение количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) является одной из актуальных проблем общества. К факторам, обуславливающим возможность ДТП, наряду с другими относятся уровень квалификации водителя, его физические и психофизиологические характеристики [2]. При этом исключительно важное значение имеет время реакции водителя, являющееся интегральным показателем состояния зрительно-моторной

системы. Большое время реакции увеличивает риск возникновения ДТП, что может повлечь за собой как экономические потери, так и человеческие жертвы.

Как показано в работе [8], большинство исследователей принимают за время реакции водителя АТС время от момента предъявления внешнего стимула, например светового или звукового сигнала, до адекватного дорожной ситуации воздействия на органы управления АТС, например,

нажатия на педаль тормоза, поворота руля или задействования рычага стояночного тормоза.

Профессиональная деятельность водителя АТС как представителя разновидности человеко-машинной системы «водитель – АТС – дорога – среда», сопряжена с возможностью возникновения экстремальных ситуаций, требующих экстренного торможения в условиях, связанных с дефицитом времени.

Время реакции при экстренном торможении состоит из времени обнаружения стимула, осознания и принятия решения о необходимости торможения и первичного движения ноги. В то же время выделяют интервалы времени, соответствующие срабатыванию тормозной системы, нарастанию замедления АТС и непосредственно торможению [3]. В данной работе авторы в качестве зрительно-моторных характеристик водителя АТС рассматривают два интервала времени, первый из которых соответствует времени T_p реакции от момента предъявления стимула до момента касания педали тормоза, второй – времени $T_{наж}$ нажатия на педаль тормоза от момента касания педали до окончания нарастания замедления АТС.

Одним из широко распространенных показателей, оценивающих восприятие временных и пространственных характеристик движения, является точность в реакциях на движущийся объект (РДО) [4]. Поскольку классический подход применения метода РДО не предполагает наличия дефицита времени, авторами ранее разработан метод [5], позволяющий определить индивидуальное значение минимального времени, необходимого для зрительного восприятия внезапно появляющейся метки и останова движущегося объекта в момент предполагаемого совпадения его положения с положением метки, при котором сохраняется точность двигательных действий, проявляющаяся в РДО.

Ввиду близости процедуры тестирования предложенным методом и профессиональной деятельности водителя АТС в условиях дефицита времени задача тестирования зрительно-моторной системы водителя АТС предложенным методом РДО является выполнимой.

Цель исследования – показать возможность тестирования зрительно-моторной системы водителя АТС предложенным методом РДО.

Материал и методы исследования

В обследовании приняло участие 15 обученных испытуемых, курсантов автошколы Казанского наци-

онального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, в возрасте от 16 до 20 лет. Измерения выполнялись в первой половине дня с 9 до 12 ч.

Для определения индивидуальных значений зрительно-моторных характеристик водителя АТС проводились измерения по методике, описанной авторами ранее в работе [9].

Испытуемые выполняли серии измерений, в первой из которых задавалось время $t_{зад}$, равное 0,8 с, обуславливающее дефицит времени при выполнении испытуемым задачи экстренного торможения. Это время необходимо испытуемому для зрительного восприятия появляющегося на экране видеомонитора препятствия, отпускания правой ноги с педали подачи топлива, переноса ее на педаль тормоза и прикосновения к ней (время T_p реакции) и выполнения полного нажатия на нее (время $T_{наж}$).

Если в первой серии измерений испытуемым не было допущено столкновений с препятствием, то уменьшали значение времени $t_{зад}$ на 0,1 с, испытуемый аналогичным образом выполнял вторую и последующие серии измерений с уменьшением времени $t_{зад}$ до тех пор, пока не допустит в очередной серии столкновения с препятствием. В случае если в первой серии измерений испытуемым были допущены столкновения, то увеличивали значение времени $t_{зад}$ на 0,1 с, испытуемый аналогичным образом выполнял вторую и последующие серии измерений до тех пор, пока в очередной серии не допускал столкновений.

Искомое время T_p^* реакции принимали равным среднеарифметическому значению \bar{T}_p времени реакции в серии с минимальным значением $t_{мин}^*$ заданного времени, в которой испытуемый не допустил столкновений АТС с препятствием, время $T_{наж}^*$ – среднеарифметическому значению $\bar{T}_{наж}$ времени нажатия в этой серии.

Для определения индивидуальных значений $t_{мин}^{**}$ минимального времени, необходимого для зрительного восприятия внезапно появляющейся на экране видеомонитора метки и останова движущегося объекта в момент предполагаемого совпадения его положения с положением метки, проводились измерения времени $t_{отк}$ отклонения – абсолютного значения ошибки несовпадения останова точечного объекта и метки по методике, описанной авторами ранее в работе [5].

Испытуемые выполняли серии измерений, в которых последовательно задавалось время $t_{зад}$, обуславливающее дефицит времени при выполнении испытуемым задачи останова движущегося объекта, последовательно равное 0,1; 0,2; ...; 0,8 с. Вычисленное в каждой серии измерений среднеарифметическое значение $\bar{t}_{отк}$ времени отклонения отмечалось в координатах «заданное время $t_{зад}$ – оценка $\bar{t}_{отк}$ времени РДО», строился график функции $\bar{t}_{отк} = f(t_{зад})$. На графике определялась точка окончания переходного процесса и начала квазистационарного процесса, в котором наблюдается естественная переменность значений $\bar{t}_{отк}$ времени отклонения, обусловленная стохастичностью организма испытуемых, как сложного биологического объекта. По положению этой точки оценивалось искомое значение $t_{мин}^{**}$ (абсцисса) и точность двигательных действий, характеризующая стабилизированным значением времени $T_{РДО}^{**}$ РДО (ордината).

Измерения зрительно-моторных характеристик водителя АТС выполнялись с использованием разра-

ботанного аппаратно-программного комплекса контроля навыка торможения водителя АТС «Тест водителя-1» [6], измерения времени отклонения по методу РДО – программы для ПЭВМ оценки времени РДО [7]. Параметры тестирования по обоим методам были схожими друг с другом.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате измерений зрительно-моторных характеристик водителя АТС для одного из испытуемых Ш. получены зна-

чения, представленные в виде графика на рис. 1. В таблице приведено количество столкновений АТС с препятствием, допущенных испытуемым в сериях измерений.

Таким образом, стабилизация значений времени T_p^* реакции испытуемого, равного 0,352 с, и времени $T_{наж}^*$ нажатия на педаль тормоза, равного 58 мс, произошла в серии измерений при минимальном заданном времени $t_{зад}^*$ равном 0,5 с.

Результаты измерений зрительно-моторных характеристик испытуемого Ш.

| Заданное время $t_{зад}$, с | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Количество столкновений | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

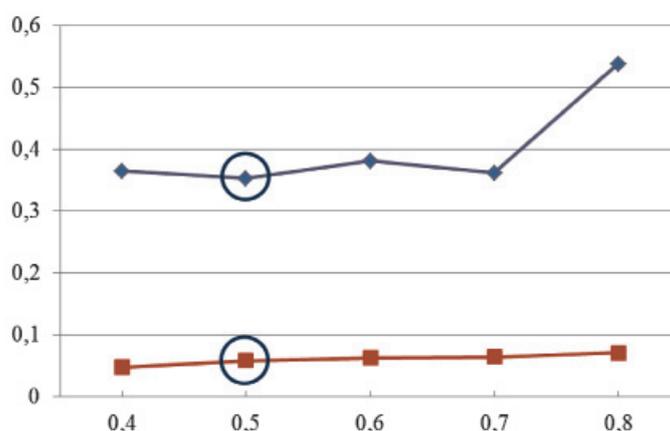


Рис. 1. Графики функций $\bar{T}_p = f(t_{зад})$ и $\bar{T}_{наж} = f(t_{зад})$ испытуемого Ш. По горизонтальной оси – заданное в серии измерений время $t_{зад}$, с; по вертикальной оси – среднеарифметические значения времени \bar{T}_p и $\bar{T}_{наж}$, с; верхний график – время \bar{T}_p реакции; нижний график – время $\bar{T}_{наж}$ нажатия на педаль тормоза. Овалы выделены искомыми значениями времени T_p^* реакции и $T_{наж}^*$ нажатия на педаль тормоза

В результате измерений времени отклонения точечного объекта от метки по методу РДО для этого же испытуемого Ш. получены следующие среднеарифметические значения $\bar{t}_{отк}$ времени отклонения, мс: 137,9; 59; 21,3; 19,2; 25,5; 26,7; 13,6; 19,6.

Ввиду вариабельности значений времени отклонения точку ($t_{мин}^{**}$; $T_{РДО}^{**}$) выхода графика функции $\bar{t}_{отк} = f(t_{зад})$ на плато находили исходя из условия окончания переходного процесса, после которого имеет место неравенство [1]:

$$\left| T_{РДО}^{**} - \bar{T}_{РДО} \right| \leq \Delta / 2, \quad (*)$$

где $\bar{T}_{РДО}$ – среднеарифметическое значение оценок $\bar{t}_{отк}$ в квазистационарном процессе;

$\Delta = (\bar{t}_{отк}^{max} - \bar{t}_{отк}^{min})$ – вариационный размах значений оценок $\bar{t}_{отк}$ в квазистационарном процессе; $\bar{t}_{отк}^{max}$ – максимальное значение оценок $\bar{t}_{отк}$ в квазистационарном процессе; $\bar{t}_{отк}^{min}$ – минимальное значение оценок $\bar{t}_{отк}$ в квазистационарном процессе.

При рассмотрении в качестве квазистационарного процесса последовательностей по 3 точки графика, первая из которых удовлетворяет условию (*), получены 2 последовательности при значениях заданного времени $t_{зад}$ 0,3–0,5 с и 0,5–0,7 с. Из них выбрана первая, так как вариационный размах значений оценок $\bar{t}_{отк}$ времени РДО в ней меньше. График функции $\bar{t}_{отк} = f(t_{зад})$ показан на рис. 2.

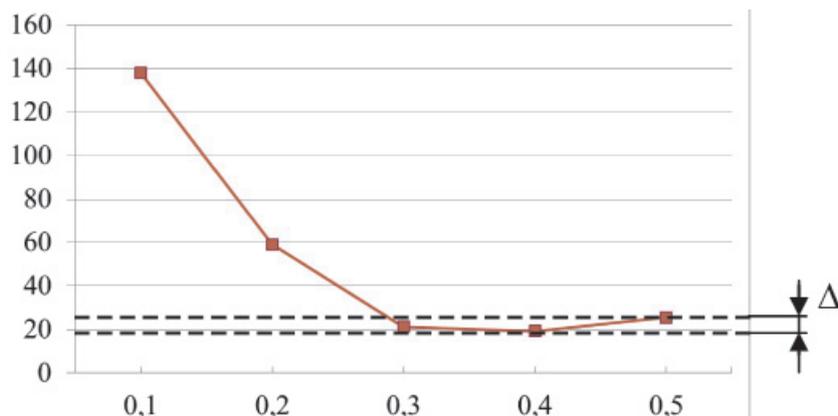


Рис. 2. График функции $\bar{t}_{отк} = f(t_{зад})$ испытуемого Ш. По горизонтальной оси – заданное в серии измерений время $t_{зад}$, с; по вертикальной оси – среднеарифметическое значение $\bar{t}_{отк}$ в серии измерений, мс. Обозначения величин в тексте

Таким образом, для данного испытуемого стабилизация времени $T_{РДО}^{**}$ РДО, равного 23,1 мс, произошла при заданном в серии измерений времени $t_{зад}^{**}$, равном 0,3 с.

Диаграммы индивидуальных результатов испытуемых по обследованной группе представлены на рис. 3.

Установлено, что индивидуальное значение времени $t_{мин}^*$ стабилизации зритель-

но-моторных характеристик водителя АТС по обследованной группе составило от 0,5 до 0,9 с; значение времени T_p^* реакции – от 0,353 до 0,620 с; значение времени $T_{наж}^*$ нажатия – от 50 до 144 мс; индивидуальное значение времени $t_{мин}^{**}$ стабилизации времени РДО – от 0,3 до 0,6 с; значение времени $T_{РДО}^{**}$ РДО – от 10,5 до 30,8 мс.

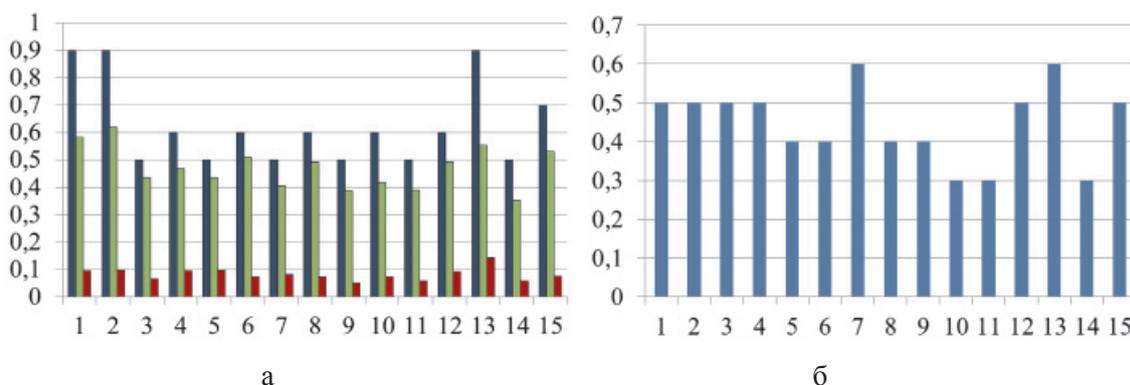


Рис. 3. Диаграммы индивидуальных результатов измерений по группе из 15 человек: а – результаты измерений зрительно-моторных характеристик водителя АТС; по горизонтальной оси – порядковые номера испытуемых; по вертикальной оси – значения времени, с; столбцы испытуемых слева направо: первый – минимальное заданное время $t_{мин}^*$; второй – время T_p^* реакции; третий – время нажатия; б – результаты измерений времени отклонения методом РДО; по горизонтальной оси – порядковые номера испытуемых; по вертикальной оси – время $t_{мин}^{**}$ стабилизации оценки времени РДО, с.

Непараметрический корреляционный анализ значений результатов измерений зрительно-моторных характеристик водителя АТС по обследованной группе показал наличие значимой корреляции заданного времени $t_{мин}^*$ со временем T_p^* реакции по коэффициенту R ранговой корреляции Спирмена, составившему 0,904 при уровне

значимости p , равном 0,001, а также со временем $T_{наж}^*$ нажатия ($R = 0,614$, $p = 0,015$). Таким образом, успешность выполнения экстренного торможения в большей степени зависит от скорости реагирования на опасность, чем от скорости нажатия на педаль тормоза, что также объясняется порядками величин и их значимой корреляцией ($R = 0,672$, $p = 0,006$).

Анализ взаимосвязи результатов изменений времени отклонения по методу РДО и величин зрительно-моторных характеристик водителя АТС показал наличие значимой корреляции заданного времени t_{\min}^{**} со временем T_p^* ($R = 0,583$, $p = 0,022$) реакции водителя АТС и со временем $T_{\text{наж}}^*$ ($R = 0,625$, $p = 0,012$) нажатия на педаль тормоза.

Заключение

Таким образом, показана возможность применения предложенного метода РДО для тестирования зрительно-моторной системы водителя АТС, что может быть использовано при предрейсовом контроле состояния водителя АТС.

Список литературы

1. Гудвин Г.К., Гребе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления: пер. с англ. А.М. Епанешникова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.
2. Ермаков Ф.Х. Технические особенности расследования и установления причин ДТП. – Казань: Изд-во «Отчество», 2007. – 294 с.
3. Клебелсберг Д. Транспортная психология. – М.: Транспорт, 1989. – 366 с.
4. Методы и портативная аппаратура для исследования индивидуально-психологических различий человека / Н.М. Пейсахов, А.П. Кашин, Г.Г. Баранов и др. / под ред. В.М. Шадрина. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1976. – 238 с.
5. Патент РФ № № 2408265, 10.01.2011.
6. Полезная модель РФ № № 127984, 10.05.2013.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № № 2008615339, 07.11.2008.
8. Jurecki R.S., Stanczyk T.L. The test methods and the reaction time of drivers // *Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*. – 2011. – № 3. – P. 84–91.

9. Pesoshin A.A., Rozhentsov V.V. Method of Testing of Driver's Response to Danger // *European Researcher*. – 2012. – Vol. 26, № 8–1. – P. 1135–1137.

References

1. Goodwin G.C., Graebe S.F., and Salgado M.E. *Proektirovanie Sistem Upravleniya: perevod s angliyskogo A.M. Epaneshnikova* [Control System Design: translation into English by A.M. Epaneshnikov]. Moscow, 2004. 911 p.
2. Ermakov F.Kh. *Tekhnicheskie osobennosti rassledovaniya i ustanovleniya prichin DTP* [Technical details of causes of traffic accidents' investigation and detection]. Kazan, Otechestvo, 2007. 294 p.
3. Klebelsberg D. *Transportnaya psikhologiya* [Traffic psychology]. Moscow, Transport, 1989. 366 p.
4. Peysakhov N.M., Kashin A.P., Baranov G.G., and Vagapov R.G. *Metody i portativnaya apparatura dlya issledovaniya individualno-psichologicheskikh razlichiy cheloveka* [Methods and portable equipment for investigations of individual psychological differences of human]. Kazan, 1976. 238 p.
5. Patent RU no. 2408265, 10.01.2011.
6. Utility model RU no. 127984, 10.05.2013.
7. Certificate of state registration of computer programs RU no. 2008615339, 07.11.2008.
8. Jurecki R.S., Stanczyk T.L. The test methods and the reaction time of drivers // *Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 2011, no. 3, pp. 84–91.
9. Pesoshin A.A., Rozhentsov V.V. Method of Testing of Driver's Response to Danger // *European Researcher*, 2012, Vol. 26, no. 8–1, pp. 1135–1137.

Рецензенты:

Захаров В.М., д.т.н., профессор кафедры компьютерных систем, ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань;

Шалагин С.В., д.т.н., доцент кафедры компьютерных систем, ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань.

Работа поступила в редакцию 28.07.2014.