

К. К. Абишев, канд. техн. наук, ассоц. проф., a.kairatolla@mail.ru,
А. Ж. Касенов, канд. техн. наук, ассоц. проф., asylbek_kasenov@mail.ru,
А. Н. Балтабекова, докторант, almagul_bn@mail.ru,
НАО "Торайгыров университет", г. Павлодар, Республика Казахстан

Измерительные устройства неинвазивной формы для исследования психофизиологического состояния водителя автотранспортных средств

Обоснована необходимость проведения психофизиологического отбора водителя автотранспортного средства. Среди видов профессионального отбора психофизиологический отбор занимает особое место. Это связано с тем, что психофизиологические исследования позволяют достаточно быстро и объективно измерять большое число психофизиологических свойств. Психофизиологические характеристики человека могут количественно выражать профессионально важные качества и для профессий системы "человек—машина" обладают достаточно высокой прогностичностью. Также обоснована необходимость применения измерительных устройств неинвазивной формы для определения степени надежности водителя автотранспортного средства. Анализ статистики дорожно-транспортных происшествий дает основание считать, что наибольшее число происшествий наблюдается на участках дорог, где водитель испытывает большое нервно-психическое напряжение. Это подтверждает то, что надежность работы водителя согласуется с одной из основных закономерностей психофизиологии — успешностью выполнения работы в зависимости от психического напряжения. Согласно этой закономерности имеется оптимальный уровень эмоциональной напряженности человека, при котором он выполняет работу с наибольшей эффективностью.

Превышение этого оптимального уровня, как и снижение его, сопровождается ухудшением показателей работы. В психофизиологических исследованиях критериями оценки влияния различных дорожных условий на водителя являются значения психофизиологических показателей, соответствующие оптимальному уровню эмоционального напряжения. Исходя из этого определяется степень надежности действий водителя. При проведении эксперимента в целях определения психофизиологических характеристик водителя применение измерительных устройств неинвазивной формы дает возможность оценить степень надежности водителя.

Приведен обзор измерительных устройств для психофизиологических измерений неинвазивной формы. Дано описание наиболее популярных измерительных устройств, таких как электроэнцефалография, электрокардиография, электромиография, отслеживание глаз. Подробно рассмотрен принцип работы каждого измерительного устройства неинвазивной формы, описаны преимущества и недостатки каждого метода.

Предложено синхронизировать эти измерительные устройства и использовать их комплексно с использованием функциональной мощности универсальных вычислительных средств для более точной оценки психофизиологического состояния водителя автотранспортного средства.

Ключевые слова: психофизиология, электроэнцефалография, электрокардиография, электромиография, отслеживание глаз

Введение

Проблема надежности профессиональной деятельности водителя сложна своей многоплановостью. Она охватывает не только чисто технические вопросы, связанные с конструктивными особенностями автомобилей и дорог, но и вопросы из других областей: психологии и физиологии человека. Выявление лиц с пониженной надежностью с использованием профессионального отбора по психофизиологическим качествам позволит снизить уровни рисков и, тем самым, повысить безопасность транспортного процесса.

Психофизиологический отбор — это составляющая профессионального отбора, целью которого является выявление психофизиологических способностей и качеств, соответ-

ствующих требованиям определенных профессий, характеризующихся значительным нервно-психическим напряжением, гиподинамией, нарушением естественного режима сна — бодрствованием, повышенными требованиями к аналитическим системам, возможностью возникновения стрессовых ситуаций и другими стрессовыми факторами.

Изучение измерительных устройств неинвазивной формы для исследования психофизиологического состояния водителя

В психофизиологических исследованиях критериями оценки влияния различных дорожных условий на водителя являются значения психофизиологических показателей, соответству-

ющие оптимальному уровню эмоционального напряжения. Исходя из этого определяется степень надежности действий водителя [1–3].

Психофизиологические характеристики показывают способность водителя воспринимать дорожную информацию, осмысливать ее, принимать решения и своевременно реагировать на изменения в дорожной ситуации. Психофизиологические свойства человека определяют особенности психических и физиологических процессов его организма. К этим свойствам относятся восприятие, внимание, мышление, память, эмоции, воля, а также личностные качества [4].

Для экспериментов, которые фокусируются на выявлении уровня внимания, комфорта (или дискомфорта) или влияния стрессовых факторов, обычно проводятся психофизиологические измерения неинвазивной формы [5–8]. Среди наиболее популярных необходимо выделить следующие:

- электроэнцефалография;
- электрокардиография;
- электромиография;
- отслеживание движения глаз.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — метод регистрации электрических потенциалов от кожи головы человека, возникающих как результат электрической активности нейронов мозга (рис. 1) [9, 10].

Сигнал ЭЭГ тесно связан с уровнем сознания человека. В связи с этим оборудование ЭЭГ широко используется для изучения состояния водителя, например, усталости, сонливости и времени реакции.

Обычно ЭЭГ-системы состоят из колпачка с электродами, специальной чувствительной аппаратуры, которая преобразует аналоговые сигналы от электродов. Компьютер отвечает за визуализацию и предварительный анализ сигнала.

Основными преимуществами данного метода являются:

- неинвазивность и полная безвредность;
- очень хорошее временное разрешение (порядка миллисекунд);
- регистрация активности мозга, связанная именно с выполнением задания, что достигается за счет усреднения;
- отсутствие акустического шума;
- относительно низкая цена прибора;
- портативность современных приборов.

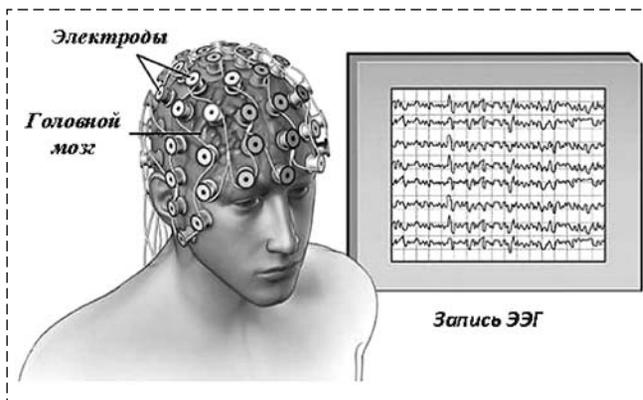


Рис. 1. Метод электроэнцефалографии
Fig. 1. Electroencephalography method

Основным недостатком этого метода являются тот факт, что электроды должны быть расположены на черепе водителя [11, 12].

Электрокардиография (ЭКГ) — это метод исследования и регистрации электрической деятельности сердца (рис. 2).

Результатом электрокардиографии является получение электрокардиограммы, которая регистрирует электрическую активность сердца. Сердце производит крошечные электрические импульсы, которые распространяются через сердечную мышцу, заставляя сердце сокращаться. Эти импульсы могут быть обнаружены с помощью ЭКГ и проанализированы с использованием специальных алгоритмов [13, 14].

Данные, полученные из ЭКГ, могут быть использованы для понимания состояния водителя во время эксперимента [15, 16].

Электромиография (ЭМГ) — это метод оценки и регистрации электрической активности, производимой скелетными мышцами. ЭМГ выполняется с использованием специальных инструментов (рис. 3) для создания записи, называемой электромиограммой. Электромиограф обнаруживает электрический потенциал, генерируемый мышечными клетками, когда эти клетки электрически или неврологически активированы. Сигналы могут быть проанализированы, чтобы обнаружить начало движения [17].

Устройство излучает инфракрасный лазерный луч, который проходит через неповрежденную кожу головы и диплоидную кость в мозг на глубину 4 см. Специальный технический датчик регистрирует отраженный свет и затем предоставляет информацию об окислении коры и околоподкорковых структур. Со-

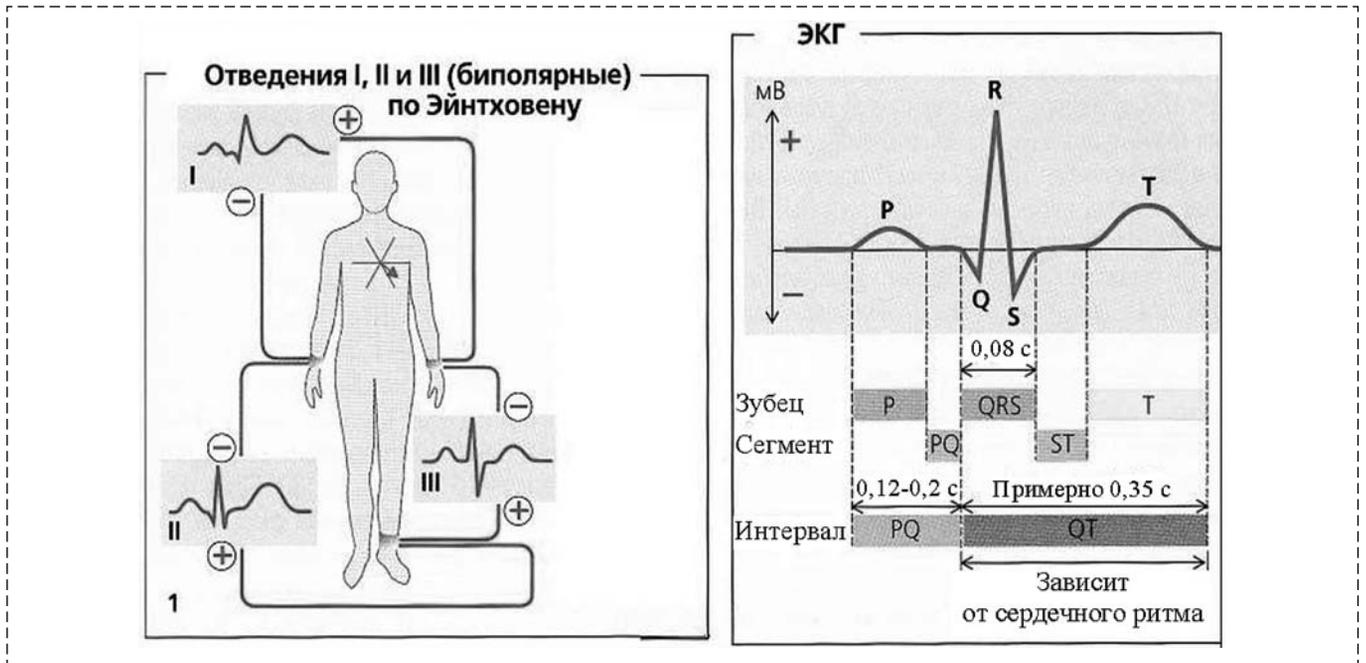


Рис. 2. Электроэнцефалография
Fig. 2. Electroencephalography

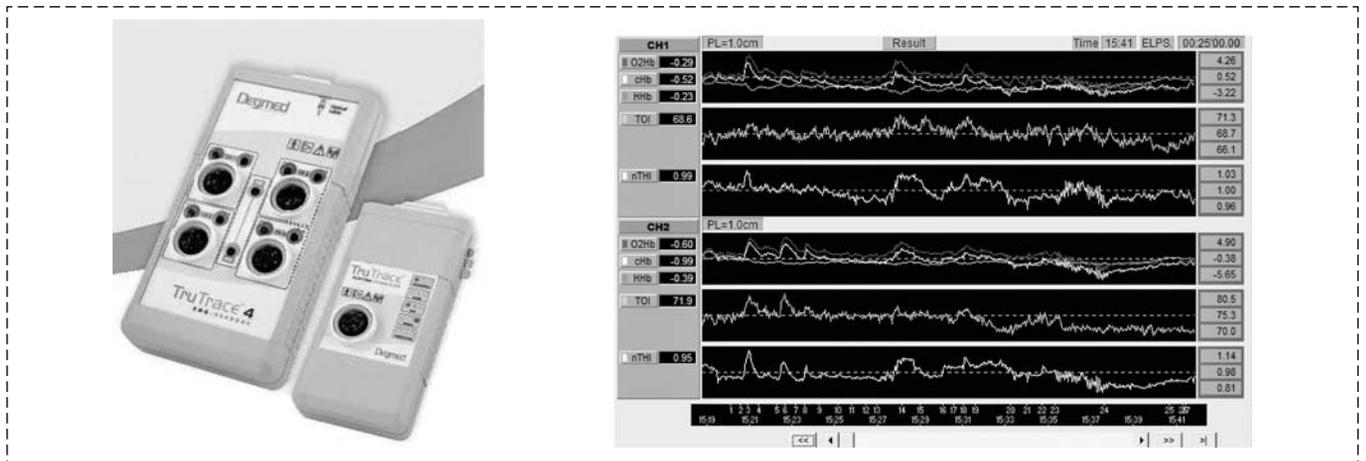


Рис. 3. Устройства для измерения ЭМГ (TruTrace 4 EMG)
Fig. 3. Devices for measuring EMG (TruTrace 4 EMG)

стояние окисления мозговой ткани косвенно указывает на ее метаболический уровень.

Измерения ЭЭГ и окисления в определенной степени являются взаимодополняющими методами.

Отслеживание глаз (*Eye tracking*) — это технология отслеживания движений глаз вокруг наблюдаемого объекта или сцены. Для того чтобы ощутить эти движения, не повреждая глаза, используются неинвазивные технологии, использующие инфракрасный свет. Движения сканируются специальными камерами, которые передают движения глаз на компьютер через файлы набора данных [18].

Системы слежения за глазами играют важную роль в оценке не только времени реакции водителя, но также могут использоваться для анализа состояния водителя.

Все системы слежения за глазами можно условно разделить на два типа — надеваемые и дистанционные. Рассмотрим последовательно основные характеристики *Eye-tracker* каждого типа.

1. Надеваемые *Eye-tracker*. *Eye-tracker* данного типа надеваются на голову респондента и имеют вид специальных очков либо "рамок на шапочке". Их конструкция состоит из мини-видеокамеры, фиксирующей обстановку перед



Рис. 4. Головной Eye-tracker
Fig. 4. Head Eye-tracker

респондентом, а также источника инфракрасного излучения, которое через оптические световоды подводится к глазам человека, а отраженный от них блик "замешивается" в сигнал от видеокамеры. Соответственно, направление взгляда человека имеет вид небольшого светового пятна, перемещающегося по объектам внешней обстановки (рис. 4).

2. Второй тип *Eye-tracker* можно отнести к дистанционным. Один из конструктивных вариантов дистанционных *Eye-tracker* использует несколько отдельных видеокамер с инфракрасными источниками, расположенные перед человеком, для максимального увеличе-

ния возможностей по регистрации движений глаз при перемещении человека в рабочем пространстве. При этом число видеокамер может меняться от 2 до 8 (рис. 5). Преимущество заключается в том, что испытуемый не должен носить какое-либо дополнительное оборудование на голове.

К сожалению, существуют недостатки в применении систем слежения за глазами. Анализ, который имеет дело с реакцией зрачка, трудно применять в практическом контексте, потому что глаз реагирует на различные условия освещения, которые почти невозможно предвидеть и трудно рассчитать за пределами контролируемой среды [10, 11, 18].

Заключение

Для проведения экспериментальных исследований в целях определения психофизиологического состояния водителя необходимо рассмотренные измерительные устройства синхронизировать и использовать их комплексно. Используя функциональную мощность универсальных вычислительных средств (в настоящее время — персональных компьютеров) в сочетании с высокоэргономичными специализированными психофизиологическими измерительными устройствами, можно добиться более точной оценки психофизиологического состояния водителя автотранспортного средства.

Психофизиологическое состояние водителя автотранспортного средства напрямую оказывает влияние на безопасность дорожного движения. Поэтому научные исследования,



Рис. 5. Eye-tracker Smart Eye
Fig. 5. Eye-tracker Smart Eye

направленные на обеспечение безопасности движения с учетом психофизиологического состояния водителя, приобретают первостепенное значение и их необходимо форсировать.

Список литературы

1. Усольцева И. В. Психофизиологические основы деятельности водителя. М.: Изд. центр "Академия", 2019. 292 с.
2. Голубихина Ю. Ю., Гончарова Н. А. Сравнение психофизиологических показателей надежности деятельности водителей женского и мужского пола // Фундаментальные исследования. 2015. № 2—4. С. 815—819.
3. Искандарова Г. К., Шатунова О. В. Учет психофизиологических особенностей будущих водителей как средство повышения их надежности // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2016. Т. 11. С. 2921—2925.
4. Саданова Д. А., Саданова В. Н. Анализ зарубежных систем поддержки водителей на основе измерения психофизиологических показателей // Научный вестник Невинномысского государственного гуманитарно-технического института. 2019. № 3. С. 16—19.
5. Игнатов Н. А., Мишурин В. М., Мушегян Р. Т., Сергеев В. А. Приборы и методики психофизиологического обследования водителей автомобилей. М.: Транспорт, 1978. 88 с.
6. Дятлов М. Н. Приборы психофизиологического обследования водителей // Молодой ученый. 2013. № 4(51). С. 59—61.
7. Филимонов А. Б., Филимонов Н. Б. Интеллектуальная поддержка человека-оператора в эргатических системах управления // В сборнике: Человеческий фактор в сложных технических системах и средах (Эрго-2016). Труды Второй Международной научно-практической конференции. СПб., 2016. С. 117—124.
8. Богомолов А. В., Филимонов Н. Б. Разработка компьютерной системы мониторинга состояния оператора эргатической системы управления подвижными объектами на основе современных методов теории распознавания образов // Информационные технологии в современном мире. Тр. Междунар. науч.-практ. конф. М.: Изд-во МГОУ, 2016. С. 69—72.
9. Герус С. В., Дементенко В. В., Шахнарович В. М. Системы мониторинга состояния водителя и безопасность на автомобильном транспорте // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002. № 8. С. 46—52.
10. Разработка интерактивного симулятора для подготовки водителей автотранспортных средств: отчет о НИР (заключительный). / Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова; руков. Абишев К. К. Павлодар, 2017. 46 с. Исполн. Касенов А. Ж., Муканов Р. Б., Балтабекова А. Н., Қайролла Б.Қ. № ГР 0117РКУ0381. Инв. № 5.3-14/670 от 14.07.2017 г.
11. Абишев К. К., Балтабекова А. Н., Сәрсенқызы А. Интерактивный симулятор для подготовки водителей автотранспортных средств // Сейфуллинские чтения — 14: Молодежь, наука, инновации: цифровизация — новый этап развития. Т. 1, Ч. 2. Астана, 2018. С. 14—16.
12. Bouchner P., Došek J., Janda M. et al. Professional vehicle drivers training and performance measurements with use of advanced driving simulator laboratory // Publ. by Czech Technical University in Prague, 2013.
13. Орлов В. Н. Руководство по электрокардиографии. М.: ООО "МИА", 1997.
14. Ложников П. С., Сулавко А. Е., Толкачева Е. В., Жумажанова С. С. Распознавание водителей и их функциональных состояний по обычному и тепловому изображениям лица // Тр. конф. кластера пензенских предприятий, обеспечивающих безопасность информационных технологий. Пенза, 2016. Т. 10. С. 63—65.
15. Елифанцев Б. Н. Скрытая идентификация психофизиологического состояния человека-оператора в процессе профессиональной деятельности. Омск: Изд-во СибАДИ, 2013. 198 с.
16. Сидоренко Г. И. Психофизиологические аспекты кардиологических исследований. Минск: Беларусь, 1983. 142 с.
17. Николаев С. Г. Атлас по электромиографии. Иваново: ПресСто, 2015. 487 с.
18. Айтрекинг в психологической науке и практике / Отв. ред. В. А. Барабанщиков. М.: Когито-Центр, 2015. 410 с.

Measuring Devices of Non-Invasive Form for the Study of the Psychophysiological State of the Driver of Motor Vehicles

K. K. Abishev, a.kairatolla@mail.ru, A. Zh. Kasenov, asylbek_kasenov@mail.ru,
A. N. Baltabekova, almagul_bn@mail.ru,
Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

Corresponding author: Baltabekova A. N., Doctoral Student, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: almagul_bn@mail.ru

Accepted on December 06, 2021

Abstract

The necessity of psychophysiological selection of a motor vehicle driver is substantiated. Among the types of professional selection, psychophysiological selection has a special place due to the fact that psychophysiological studies make it possible to quickly and objectively measure a large number of psychophysiological properties. Psychophysiological characteristics of a person can be a quantitative measure of professionally important qualities, and have a sufficiently high prognostic value for occupations related to "man—machine" systems. The necessity of using non-invasive measuring devices to determine the degree of reliability of a motor vehicle driver is justified. Analysis of the statistics of road accidents gives reason to believe that the biggest number of accidents is observed on road sections where the drivers experience biggest tense anxiety and mental stress. This confirms that the reliability of the driver's work is consistent with one of the main laws of psychophysiology: the outcome of the work correlates with mental stress. According to this pattern, there is optimal level of emotional tension of a person, at which he or she performs the work with the greatest efficiency. Exceeding this optimal level, as well as reducing it, is accompanied by deterioration in performance. In psychophysiological studies, the assessment criteria of the impact of various road conditions on the driver are the values of psychophysiological indicators corresponding to the optimal

level of emotional stress. Based on this, one can determine the degree of reliability of the driver's actions. When conducting an experiment to determine the psychophysiological characteristics of the driver, the use of non-invasive measuring devices makes it possible to assess the degree of reliability of the driver. The review of measuring devices for psychophysiological measurements of noninvasive form is given. The article also describes the most popular measuring methods, such as electroencephalography, electrocardiography, electromyography, eye tracking. The principle of operation of each non-invasive measuring methods is considered in detail, the advantages and disadvantages of each method are described. It is proposed to synchronize the measuring devices and use them comprehensively regarding the functional power of universal computing tools for a more accurate assessment of the psychophysiological condition of the driver of the vehicle.

Keywords: psychophysiology, electroencephalography, electrocardiography, electromyography, eye tracking

For citation:

Abishev K. K., Kasenov A. Zh., Baltabekova A. N. Measuring Devices of Non-Invasive Form for the Study of the Psychophysiological State of the Driver of Motor Vehicles, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2022, vol. 23, no. 3, pp. 152–157.

DOI: 10.17587/mau.23.152-157

References

1. **Usoltseva I. V.** Psychophysiological foundations of the driver's activity, Moscow, "Academia" publishing center, 2019, 292 p. (in Russian).
2. **Golubikhina Yu. Yu., Goncharova N. A.** Comparison of psychophysiological indicators of reliability of female and male drivers, *Fundamental research*, 2015, no. 2–4, pp. 815–819 (in Russian).
3. **Iskandarova G. K., Shatunova O. V.** Consideration of psychophysiological features of future drivers as means of increasing their reliability, *"Concept" Scientific and methodological electronic journal*, 2016, vol. 11, pp. 2921–2925 (in Russian).
4. **Sadanova D. A., Sadanova V. N.** Analysis of foreign driver support systems based on the measurement of psychophysiological indicators, *Scientific Bulletin of the Nevinnomyssk State Humanitarian and Technical Institute*, 2019, no. 3, pp. 16–19 (in Russian).
5. **Ignatov N. A., Mishurin V. M., Mushegyan R. T., Sergeev V. A.** Devices and methods of psychophysiological examination of car drivers, Moscow, Transport, 1978, 88 p. (in Russian).
6. **Dyatlov M. N.** Devices of psychophysiological examination of drivers, *Young scientist*, 2013, no. 4(51), pp. 59–61 (in Russian).
7. **Filimonov A. B., Filimonov N. B.** Intellectual support of a human operator in ergatic control systems, *The human factor in complex technical systems and environments (Ergo-2016). Digest of the 2nd International Scientific and Practical Conference*, St. Petersburg, 2016, pp. 117–124 (in Russian).
8. **Bogomolov A. V., Filimonov N. B.** Development of a computer system for monitoring the state of an operator of an ergatic control system for moving objects based on modern methods of pattern recognition theory, *Information technologies in the modern world. Digest of the International scientific and practical conference*, Moscow, MSOU, 2016, pp. 69–72 (in Russian).
9. **Gerus S. V., Dementienko V. V., Shakhnarovich V. M.** Driver condition monitoring systems and safety in road transport, *Biomedical technologies and radioelectronics*, 2002, no. 8, pp. 46–52 (in Russian).
10. **Development** of an interactive simulator for training drivers of motor vehicles: research report (final), S. Toraighyrov Pavlodar State University; scientific supervisor Abishev K. K., Pavlodar, 2017, p. 46, Performers: Kasenov A. Zh., Mukanov R. B., Baltabekova A. N., Kairolla B. K., № ГР 0117PKU0381, Inventory number 5.3-14/670 from 14.07.2017 (in Russian).
11. **Abishev K. K., Baltabekova A. N., Sarsenkyzy A.** Interactive simulator for training drivers of motor vehicles, *Seifullin Readings — 14: Youth, science, innovation: digitalization — a new stage of development*, vol. 1. part 2, Astana, 2018, pp. 14–16 (in Russian).
12. **Bouchner P., Došek J., Janda M. et al.** Professional vehicle drivers training and performance measurements with use of advanced driving simulator laboratory, Publ. by Czech Technical University in Prague, 2013.
13. **Orlov V. N.** Electrocardiography Handbook, Moscow, 1997 (in Russian).
14. **Lozhnikov P. S., Sulavko A. E., Tolkacheva E. V., Zhumazhanova S. S.** Recognition of drivers and their functional states by conventional and thermal facial images, *Digest of the conference of the cluster of Penza enterprises providing information technology security*, Penza, 2016, vol. 10, pp. 63–65 (in Russian).
15. **Epifantsev B. N.** Hidden identification of the psychophysiological state of a human operator in the process of professional activity, Omsk, The Siberian State Automobile and Highway University, 2013, p. 198 (in Russian).
16. **Sidorenko G. I.** Psychophysiological aspects of cardiological research, Minsk, Belarus, 1983, p. 142 (in Russian).
17. **Nikolaev S. G.** Atlas of electromyography, Ivanovo, PresS-to, 2015, p. 487 (in Russian).
18. **Eyetracking** in psychological science and practice, Responsible editor V. A. Barabanshchikov, Moscow, Kogito-Center, 2015, 410 p. (in Russian).