

УДК 613.6:613.8:612.1:612.8

ОЦЕНКА НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВОДИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ «ТЕППИНГ-ТЕСТ (КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА)»

Федотова И.В., Некрасова М.М., Орлов А.Л., Васильева Т.Н., Телюпина В.П., Скворцова В.А.

ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
Нижний Новгород, Россия

Изучение функционального состояния водителей, в том числе с использованием методов оценки нейродинамических показателей нервной системы, является важным звеном в системе обеспечения безопасности дорожного движения «водитель-автомобиль-дорога-среда».

Цель исследования – изучение свойств нервной системы по психомоторным показателям у водителей-профессионалов в зависимости от возраста, стажа и фактора аварийности с применением разработанной программы для ЭВМ «Теппинг-тест (количественная оценка)».

Материалы и методы. В исследовании на основании добровольного информированного согласия приняли участие 474 водителя автотранспорта (мужчины, средний возраст $52,3 \pm 0,4$ лет, средний стаж вождения $28,9 \pm 0,6$ лет). Среди водителей проводилось клиническое обследование, психодиагностическое тестирование по стандартным методикам, анкетный опрос по условиям труда. 106 водителей прошли компьютерное тестирование с применением разработанной программы «Теппинг-тест (количественная оценка)».

Результаты. В данной профессиональной группе высока распространенность сердечно-сосудистых заболеваний, повышенное артериальное давление было зафиксировано у 59,8% водителей. Согласно анкетному опросу, более половины опрошенных водителей отметили фактор напряженности – «сложные дорожные ситуации» (57,8%). Участниками ДТП были 20% водителей. Анализ зарегистрированных нейродинамических показателей демонстрирует снижение скорости психомоторных реакций в зависимости от возраста и стажа ($r = -0,41$, $p = 0,000006$; $r = -0,382$, $p = 0,00003$). В группе водителей безаварийного вождения преобладают лица со стабильной и сильной нервной системой, при этом значение эмпирического коэффициента оценки типа нервной системы (ЭКОТНС) у них достоверно выше $0,689 \pm 0,01$ ($p = 0,01$), чем у участников ДТП. **Заключение.** Наибольшее влияние на работоспособность водителей оказывают шум, общая вибрация, сложные дорожные ситуации. При использовании разработанной программы было установлено, что показатели психомоторной реакции зависят от эмоционального состояния водителей и уровня их работоспособности. Была показана возможность использования ЭКОТНС для анализа надежности

водителей, снижение данного показателя достоверно ассоциируется с фактором аварийности.

Ключевые слова: водители, условия труда, компьютерная диагностика, нейропсихологическое тестирование, теппинг-тест, тип нервной системы, функциональное состояние организма, работоспособность

Для цитирования: Федотова И.В., Некрасова М.М., Орлов А.Л., Васильева Т.Н., Телюпина В.П., Скворцова В.А. Оценка нейродинамических показателей у профессиональных водителей с использованием разработанной программы для ЭВМ «Теппинг-тест» (количественная оценка). Медицина труда и экология человека. 2024;2:20-31.

Для корреспонденции: Некрасова Марина Михайловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела гигиены ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора, e-mail: nmarya@yandex.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10202>

ASSESSMENT OF NEURODYNAMIC PARAMETERS AMONG PROFESSIONAL DRIVERS USING THE DEVELOPED COMPUTER PROGRAM "TAPPING TEST (QUANTITATIVE ASSESSMENT)"

Fedotova I.V., Nekrasova M.M., Orlov A.L., Vasilyeva T.N., Telyupina V.P., Skvortsova V.A.

Nizhniy Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of Rospotrebnadzor, Nizhniy Novgorod, Russia

The study of the functional state of drivers using the methods for assessing neurodynamic parameters of the nervous system, is an important link in the driver-car-road-environment road safety system.

The purpose of the study is to investigate the properties of the nervous system according to psychomotor indicators among professional drivers, depending on age, length of service and accident rate factor using the developed computer program "Tapping test (quantitative assessment)".

Materials and methods. A total of 474 motor vehicle drivers took part in the study based on voluntary informed consent (men, average age 52.3 ± 0.4 years, average driving experience 28.9 ± 0.6 years). Clinical examination, psychodiagnostic testing according to standard methods, a questionnaire survey on working conditions were conducted among drivers. 106 drivers were assessed for neurodynamic parameters using the developed computer program "Tapping test (quantitative assessment)".

Results. In this professional group, the prevalence of cardiovascular diseases is high, high blood pressure was recorded in 59.8% of drivers. According to a questionnaire survey, more than half of the examined drivers noted the tension factor – "difficult road situations" (57.8%). Among the drivers, 20% were involved in an accident. The analysis of

the registered neurodynamic parameters demonstrates a decrease in the rate of psychomotor reactions depending on age and seniority ($r=-0.41$, $p=0.000006$; $r=-0.382$, $p=0.00003$). The group of accident-free drivers is dominated by people with a stable and strong nervous system, while the value of the empirical coefficient for assessing the type of nervous system (ECOTNS) they have significantly higher 0.689 ± 0.01 ($p=0.01$) than the participants in the accident. Conclusion. Noise, general vibration, and difficult road situations have the greatest impact on drivers' performance. When using the developed program, it was found that the indicators of psychomotor reaction depend on the emotional state of drivers and their level of performance. The possibility of using ECOTNS to analyze the reliability of drivers was shown, a decrease in this indicator is reliably associated with the accident rate factor.

Keywords: drivers, working conditions, computer diagnostics, neuropsychological testing, tapping test, type of nervous system, functional state of the body, efficiency

Citation: Fedotova I.V., Nekrasova M.M., Orlov A.L., Vasilyeva T.N., Telyupina V.P., Skvortsova V.A. Assessment of neurodynamic parameters among professional drivers using the developed computer program "Tapping Test". Occupational health and human ecology. 2024;2:20-31.

Correspondence: Marina M. Nekrasova – Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher at the Hygiene Department, Nizhniy Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of Rospotrebnadzor, e-mail: nmarya@yandex.ru

Financing: The study had no financial support.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10202>

Нейропсихологические методы оценки функциональных систем организма имеют широкое применение в гигиенических исследованиях и медицине труда [1-8]. По мнению специалистов, неспецифические нейропсихологические нарушения часто являются самыми ранними признаками неблагоприятного воздействия факторов окружающей и производственной среды малой интенсивности [1]. В настоящее время активно разрабатываются и внедряются в практику скринингового обследования автоматизированные компьютерные варианты стандартизованных диагностических экспресс-методов, что согласуется с международной направленностью данного подхода [5,6]. Так, в соответствии с рекомендациями Научного комитета по нейротоксикологии и психофизиологии (SCNP) Международного конгресса по гигиене труда (ICOH) использование компьютерных тестов позволяет более экономично масштабировать и изучать большие группы населения [9].

Сотрудниками ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора (ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора) была разработана программа для ЭВМ «Теппинг-тест (количественная оценка)» на основе методики экспресс-диагностики Е.П. Ильина свойств нервной системы (НС) по

психомоторным показателям¹. Данный метод позволяет при регистрации временных изменений максимального темпа движений кистью определить тип силы-слабости НС, устойчивость и выносливость личности к разнообразным продолжительным раздражителям [3, 10-12].

В отличие от стандартной методики, разработанная программа для ЭВМ имеет расширенные возможности для целей научного исследования. Она позволяет в автоматизированном режиме проводить количественную оценку основных общепринятых и дополнительно введенных показателей, характеризующих свойства НС; построить графики кривой темпа движения кисти; провести дифференцировку лиц по значению эмпирического коэффициента оценки типа нервной системы (ЭКОТНС) внутри групп с одинаковым типом НС; определить коэффициент функциональной асимметрии при выполнении теста последовательно правой и левой рукой. Программа была успешно апробирована при оценке успеваемости у студентов-медиков в зависимости от типа НС [10].

В настоящей работе приведены результаты нейропсихологического исследования с применением разработанной программы в группе профессиональных водителей. Труд водителей автотранспортных средств характеризуется воздействием стрессогенных вредных производственных факторов, таких как шум, вибрация, пыль, вредные вещества воздуха рабочей зоны, в сочетании с гипокинезией и высокой напряженностью труда, обусловленной нерациональным рабочим графиком, сменным режимом труда, сложной дорожной ситуацией, риском для жизни [13-16]. Хронический производственный стресс приводит к нарушению гомеостатических механизмов, дисбалансу регуляторных систем, развитию утомления и снижению работоспособности. Изучение функционального состояния водителей, в том числе и по психомоторным показателям НС как составляющим звеном надежности профессиональной деятельности водителей, наряду с оценкой состояния их здоровья имеет важное значение для обеспечения безопасности дорожного движения, профилактики производственно обусловленных заболеваний.

Цель исследования: изучение свойств нервной системы по психомоторным показателям у водителей-профессионалов в зависимости от возраста, стажа и фактора аварийности с применением разработанной программы для ЭВМ «Теппинг-тест (количественная оценка)»

Материалы и методы. В исследовании на основании добровольного информированного согласия приняли участие 474 водителя автотранспорта предприятия водоснабжения и водоотведения (мужчины в возрасте 21 – 67 лет ($52,3 \pm 0,4$), со средним стажем вождения $28,9 \pm 0,6$ лет и стажем работы на предприятии от 0,5 до 41 года), проходивших углубленное медицинское обследование в центре профпатологии ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора. Оценивались показатели систолического и диастолического артериального

¹ Теппинг-тест (количественная оценка). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011611044, 31.01.2010.

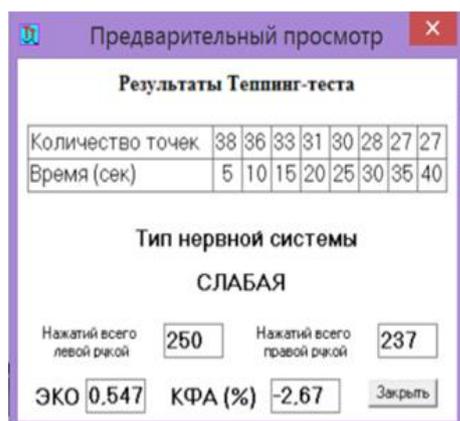
давления (САД, ДАД), индекса массы тела (ИМТ), общего холестерина (ХС), глюкозы натощак, общего анализа крови. Вероятность развития преморбидных состояний ($p_{\text{преморб.}}$) рассчитывали на основе зарегистрированных показателей variability сердечного ритма согласно методике Р.М. Баевского². Анкетирование работников проводили методом прямого опроса по специализированной анкете, разработанной сотрудниками ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора «Комплексная оценка факторов, влияющих на здоровье водителей», которая содержит 23 вопроса, касающихся оценки факторов производственной среды и трудового процесса, самооценки здоровья, образа жизни, установления стресс-факторов, влияющих на развитие неблагоприятных состояний у водителей (недостаточность отдыха, количество рейсов за смену, сверхурочная работа, сложные дорожные условия, частота предаварийных ситуаций, участие в ДТП, их количество и т.д.). Для оценки уровня работоспособности использовали стандартный опросник «Дифференцированная оценка работоспособности» (ДОРС - модификация А.Б.Леоновой и С.Б.Величковой)³, определяли индексы состояний сниженной работоспособности: индекс утомления – ИУ, индекс монотонии – ИМ, индекс пресыщения – ИП, индекс стресса – ИС. Психодиагностика водителей проводилась по методикам: «Оценка ситуативной и личностной тревожности» Ч.Спилбергера (СТ, ЛТ, модификация Ю.Л.Ханина) «Уровень эмоциональной дезадаптации» (УЭД, авторы – В.Н.Григорьева, А.Ш.Тхостов)⁴.

Компьютерное тестирование с применением разработанной программы «Теппинг-тест (количественная оценка)» проводилось среди 106 водителей, регистрировалось количество нажатий клавиши «Ctrl» за последовательные пятисекундные интервалы в течение 40 с. По характеру изменений определялся тип нервной системы: одинаковый темп нажатий соответствовал стабильной НС, увеличение темпа нажатий по сравнению с первоначальным – сильной НС, постоянно уменьшающийся темп – слабой НС. Для промежуточных типов НС (средне-сильная, средне-слабая) характерны изменения количества нажатий: от увеличения к снижению или наоборот в разные отрезки времени. Для количественного ранжирования был разработан эмпирический коэффициент оценки типа нервной системы (ЭКОТНС), значения которого изменялись от 0,83 до 1 для сильной НС; $0,67 \leq \text{ЭКОТНС} < 0,83$ для стабильной НС; $0 \leq \text{ЭКОТНС} < 0,67$ для средне-сильной, средне-слабой и слабой НС [10]. Также фиксировалось число нажатий правой и левой рукой, ЭКОТНС для правой и левой руки (ЭКОТНС_{прав.}, ЭКОТНС_{лев.}), коэффициент функциональной асимметрии (КФА, %). Результаты тестирования выводились на экран компьютера (рисунок 1).

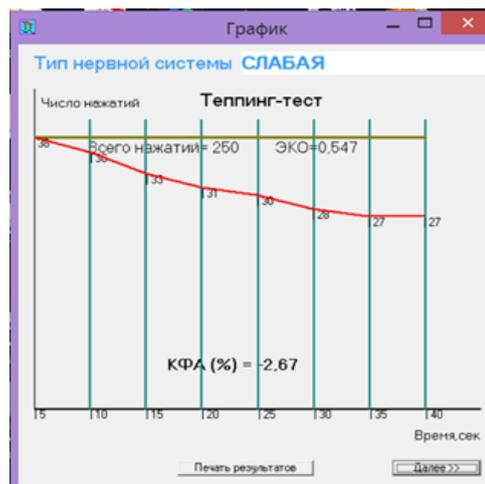
² Баевский Р.М., Черникова А.Г., Усс О.И. Способ оценки адаптационного риска в донозологической диагностике. Патент на изобретение RU 2586041 С2, 10.06.2016.

³ Водопьянова Н. Е. Психодиагностика стресса. СПб.: Питер; 2009.

⁴ Григорьева В.Н., Тхостов А.Ш. Способ оценки эмоционального состояния человека. Патент на изобретение RU 2291720 С1, 20.01.2007.



а)



б)

Рис. 1. Результаты компьютерного тестирования с использованием разработанной программы «Теппинг-тест»: а) окно программы с количественными показателями теппинг-теста; б) окно программы с графиком числа нажатий за последовательные пятисекундные интервалы (всего 8 интервалов)

Figure 1. The results of computer testing using the developed «Tapping-Test» program: а) the program window with quantitative indicators of the tapping test; б) the program window with a graph of the number of clicks in consecutive five-second intervals (total 8 intervals)

Для статистического анализа использовали пакет программ Statistica 12.

Сравнительный анализ проводился в двух группах водителей, не участвовавших и участвовавших в ДТП (1 группа: 84 человека, возраст – $48,8 \pm 1,2$ стаж – $25,4 \pm 1,3$; 2 группа: 22 человека, возраст – $50,9 \pm 2,3$ стаж – $25,3 \pm 2,8$, $p > 0,05$). Методом прямого интервьюирования было установлено, что данные водители не имели тяжелых последствий в результате ДТП, а количество аварий составило от 1 до 5.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003.

Результаты. Согласно анкетным данным, из факторов производственной среды, негативно влияющих на состояние здоровья и работоспособность, повышающих риск развития утомления и ошибочных действий, большинство водителей указали шум (64,3%), общую вибрацию (62,8%). Высокую личную ответственность и

зрительное напряжение указали почти половина водителей (45,7%), физическое напряжение, связанное с работой в позе сидя, – 39%. Более половины опрошенных отметили фактор напряженности – «сложные дорожные ситуации» (57,8%). Участниками дорожно-транспортных происшествий (ДТП) были 20% водителей.

Утомление в конце смены у водителей проявляется «общей усталостью» (отметили 75,9% респондентов), «болями в области спины, шеи, плеч и «усталостью глаз» (17%). На значительное ухудшение самочувствия в связи с работой пожаловались 9 водителей (2%).

При оценке состояния здоровья обследуемых водителей была установлена высокая распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в данной профессиональной группе. Повышенное АД зафиксировано у 59,8% водителей; абдоминальное ожирение – в 54,7%; ИМТ более 25 кг/м² – в 62,3%; гипергликемия – в 22,7%. Доля лиц с уровнями ХС более 4,9 ммоль/л составила 67,7% случаев, доля курящих лиц – 46,7 %.

Необходимо отметить, что среднегрупповые значения индексов работоспособности (ИУ = 14,9±0,18; ИМ = 17,7±0,15; ИП = 15,4±0,18, ИС=16,7±0,15) демонстрировали умеренную степень ее снижения, значения СТ=31,3±0,38 и ЛТ=35,2±0,32 также характеризовались средним уровнем.

Результаты компьютерного тестирования с помощью разработанной программы «Теппинг-тест (количественная оценка)» позволили установить следующие зависимости. При увеличении возраста водителей наблюдали достоверное снижение скорости психомоторной реакции по количеству нажатий правой и левой кистью (соответственно: $r=-0,317$, $p=0,0006$; $r=-0,41$, $p=0,000006$). При повышении стажа более низкое количество нажатий регистрировали правой кистью ($r=-0,382$, $p=0,00003$; $r=-0,30$, $p=0,001$). При этом было отмечено, что у менее тревожных водителей по уровню СТ количество нажатий выше ($r=-0,192$, $p=0,04$). Одним из нейродинамических показателей функционального состояния ЦНС является КФА. Было установлено, что повышение этого параметра ассоциировалось с увеличением вероятности $p_{\text{преморб.}}$ ($r=0,204$, $p=0,039$) и уменьшением активности антиоксидантного фермента каталазы в эритроцитах ($r=-0,347$, $p=0,0195$), что указывает на снижение адаптационного потенциала у водителей при возрастании различий в скорости движений правой и левой кисти.

У водителей, у которых показатель ЭКОТНС_{лев.} был выше, наблюдались достоверно более низкие значения индекса утомления и уровня эмоциональной дезадаптации (соответственно: $r=-0,21$, $p=0,027$; $r=-0,258$, $p=0,005$), они реже отмечали фактор «сложные ситуации на дороге» ($r=-0,21$, $p=0,024$). Чем более

высоким был показатель ЭКОТНС, тем большей выносливостью к динамическим нагрузкам характеризуется НС и соответствует сильному типу.

В нашем исследовании была установлена достоверная обратная зависимость показателя, характеризующего тип НС – ЭКОТНС_{прав.} и фактора «наличие аварий» ($r=-0,242$, $p=0,0125$). Сравнительный анализ двух групп водителей, не участвовавших и участвовавших в ДТП, показал достоверное различие по данному показателю (ЭКОТНС_{прав.1}= $0,689\pm 0,01$ против ЭКОТНС_{прав.2}= $0,594\pm 0,03$, $p=0,01$). При оценке и анализе распределения водителей по типу НС в двух группах было установлено, что в первой группе преобладают лица со стабильной (40%) и сильной НС (11%), в совокупности их доля составила $51,2\pm 5,4\%$, что достоверно превышает долю лиц со стабильной НС $27,3\pm 9,5\%$ ($p=0,04$) во второй группе, в которой водителей с сильной НС, участвовавших в ДТП, зарегистрировано не было, преобладали лица со средне-слабой (41%) и слабой НС (27%) (рисунок 2).

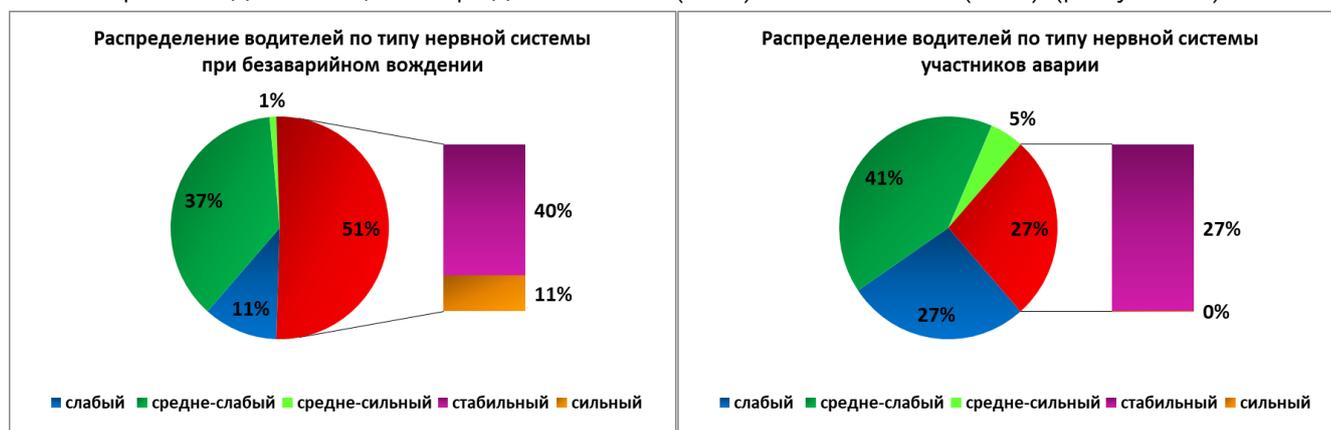


Рис. 2. Распределение в 2 группах водителей по типу нервной системы, не участвовавших и участвовавших в ДТП, по данным опроса

Figure 2. Distribution in 2 groups of drivers by type of nervous system, who were accident-free an accident involved according to the survey

Было отмечено, что у лиц со слабым типом НС выше ИУ, чем у лиц со стабильной НС ($16,3\pm 0,7$ против $14,0\pm 0,9$, $p=0,04$). Средний уровень САД у водителей со слабым типом НС был достоверно выше, чем у лиц с сильной НС ($145\pm 3,8$ против $130,5\pm 1,9$, $p=0,027$).

Обсуждение. Вредные производственные факторы оказывают негативное влияние на состояние здоровья водителей, повышают риск развития утомления и ошибочных действий при управлении автотранспортом. Результаты обследования свидетельствуют о высокой распространенности факторов риска ССЗ среди водителей, что может оказывать влияние на надежность водителей и безопасность дорожного движения. Благодаря исследованиям по автодорожной

медицине, которые проводились в нашем институте под руководством д.м.н., проф. А.И. Вайсмана, было установлено, что вероятность совершения ДТП водителями с ССЗ повышается в среднем на 10% [17]. В дальнейшем данная взаимосвязь была отмечена в работах других специалистов, которые также указывают на необходимость проведения профилактических мероприятий по снижению факторов риска ССЗ среди водителей для обеспечения безопасности дорожного движения [18-21].

Среди профилактических мероприятий наряду с медицинскими осмотрами и оценкой здоровья водителей, по мнению многих специалистов, необходимой организационной мерой должна быть разработка и внедрение методов определения и прогноза надежности водителей и автоматизированных систем контроля за состоянием работников в условиях управления транспортным средством, что позволит предупредить развитие профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, сохранить их трудовое долголетие [13, 16, 22]. В нашем исследовании анализ результатов апробации усовершенствованной компьютерной программы показал, что разработанный алгоритм дифференцировки лиц по значению эмпирического коэффициента оценки типа нервной системы внутри групп с одинаковым типом НС позволяет выделить группу риска среди водителей по фактору аварийности. Преимуществом разработанной программы для ЭВМ «Теппинг-тест (количественная оценка)» является автоматизированный режим проведения тестирования и дифференциации оценки нейродинамических показателей НС водителя, что позволит использовать ее в качестве модуля диагностической системы, в том числе для проведения предрейсовых осмотров, при профотборе, а также для дистанционного мониторинга функционального состояния водителей с целью предупреждения неблагоприятных изменений НС и снижения риска возникновения аварий.

Заключение. Из факторов производственной среды наибольшее влияние на ухудшение работоспособности водителей оказывают шум, общая вибрация, сложные дорожные ситуации. Для безопасности дорожного движения необходимо применять профилактические мероприятия, направленные на снижение риска ССЗ среди обследованных водителей. При использовании разработанной программы «Теппинг-тест (количественная оценка)» было установлено, что показатели психомоторной реакции зависят от эмоционального состояния водителей и уровня их работоспособности (по показателям УЭД, СТ, ИУ), чем выше значение показателя ЭКОТНС, тем большей выносливостью к динамическим нагрузкам

характеризуется НС. Была показана возможность использования дополнительно введенного эмпирического коэффициента оценки типа нервной системы при нейропсихологическом тестировании для анализа надежности водителей, снижение данного показателя достоверно ассоциируется с фактором аварийности.

Список литературы:

1. Таиров О.П., Попович Л.Д. Нейропсихологические методы оценки состояния систем организации движения и внимания в гигиенических исследованиях. Гигиена и санитария. 1988;(6):55-58.
2. Рукавишников В.С., Ефимова Н.В., Мыльникова И.В., Журба О.М. Оценка воздействия допустимых концентраций формальдегида на функциональное состояние центральной нервной системы подростков. Гигиена и санитария. 2017;96(5):474-478. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2017-96-5-474-478>.
3. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека. Санкт-Петербург: Питер, 2003.
4. Дорофеев В.В., Бажина И.А., Сафонова В.В. Использование методики теппинг-теста при определении вида двигательной активности студентов на занятиях физической культурой. Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2022;11(213):167-170. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2022.11.167-170
5. Austin D, McNames J, Klein K, Jimison H, Pavel M. A statistical characterization of the finger tapping test: modeling, estimation, and applications. IEEE J Biomed Health Inform. 2015;19(2):501-7. doi: 10.1109/JBHI.2014.2384911.
6. Уселенок Г.О., Кирпиченко А.А., Мартынова Е.В., Марцинкевич А.Ф. Использование приложения NEUROSMG:FOT для проведения теппинг-теста. Вестник ВГМУ. 2021;20(5):69-77. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2021.5.69>.
7. Плахов Н. Н., Буйнов Л. Г., Макарова Л. П. Функциональное состояние организма моряков-операторов в плавании. Гигиена и санитария. 2017;96(3):261-264. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-3-261-264>.
8. Yang H.G., Liang Y.X., Tang H.W. Neuropsychological effects of lead exposure. Zhonghua yu fang yi xue za zhi [Chinese journal of preventive medicine]. 1994; 28(1):9-12.
9. Anger W.K. Reconsideration of the WHO NCTB strategy and test selection // Neurotoxicology. 2014; 45(12):224-231. doi: 10.1016/j.neuro.2014.08.003.
10. Шумских Д.С., Рахманов Р.С., Орлов А.Л. Оценка успеваемости студентов с различным типом нервной системы с использованием разработанной программы для ПЭВМ "Теппинг-тест". Гигиена и санитария. 2015;94(3):116-119.
11. Игнатъев Д.И., Налбандян А.Г., Федин М.А. Моделирование сенсомоторной работоспособности методом теппинг-тестирования. Медицина труда и промышленная экология. 2017;(9):82-82.
12. Лебедева С.А., Швед Д.М. Изучение когнитивной работоспособности и психофизиологического состояния человека-оператора в условиях изоляции. Медицина труда и промышленная экология. 2022;62(4):225-231. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-4-225-231>.
13. Шаповал И.В., Фагамова А.З., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бейгул Н.А., Ильина Л.А., Ларионова Э.А. Анализ причин несчастных случаев у водителей автотранспортных средств на рабочем месте. Медицина труда и экология человека. 2022;2:37-49. <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10203>.

14. Сорокин Г.А., Шилов В.В., Гребеньков С.В., Сухова Я.М. Оценка профессионально обусловленного и непрофессионального рисков нарушения здоровья водителей грузовых автомобилей. Медицина труда и промышленная экология. 2016;6:1-5.
15. Меркулова А.Г., Калинина С.А., Комарова С.В. Влияние усталости на управление транспортным средством. Медицина труда и промышленная экология. 2017;(9):126-127.
16. Линник, А.М., Давыдовский А.Г. Системный анализ надежности системы "водитель-автомобиль-дорога-среда" на основе социотехнического подхода как проблема Big Data. Big Data and Advanced Analytics. сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года. 2022; 2(6): 225-240. Доступно по: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39436/1/Linnik_Sistemniy.pdf
17. Вайсман А.И. Гигиена труда водителей. М.: Медицина, 1988.
18. Трошин В.В., Федотова И.В., Блинова Т.В., Морозова П.Н. Сердечно-сосудистые заболевания у водителей и безопасность дорожного движения. Медицина труда и промышленная экология. 2018;(3):27-29. doi: 10.31089/1026-9428-2018-3-27-29.
19. Жилова И.И., Кереева З.Ш., Эльгаров А.А. Инфаркт миокарда у водителей автотранспорта и профессиональная работоспособность. Медицина труда и промышленная экология. 2007;(5):7-10.
20. Tregear S., Bieber-Tregear M., Tiller M. Cardiovascular Disease and Commercial Motor Vehicle Driver Safety. 2007. doi: 10.13140/RG.2.1.1082.0961.
21. Воробьева А.А., Власова Е.М., Шевчук В.В., Алексеев В.Б., Носов А.Е., Пономарева Т.А., Тендрякова С.Ю. Формирование метаболического синдрома как фактора риска патологии системы кровообращения у водителей. Медицина труда и промышленная экология. 2016;(12):5-10.
22. Papis M., Jastrzębski D., Kopyt A., Matyjewski M., Mirosław M. Driver reliability and behavior study based on a car simulator station tests in ACC system scenarios. Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability. 2019;21:511-521. doi: 10.17531/ein.2019.3.18.

References:

1. Tairov OP, Popovich LD. Neuropsychological methods of evaluating systems of organization of motor and attention functions in hygiene studies. *Gigiena i sanitariya*. 1988;(6):53-58. [In Russ].
2. Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Mylnikova I.V., Zhurba O.M. Assessment of the impact of admissible concentrations of formaldehyde on the functional state of the central nervous system in adolescents. *Gigiena i sanitariya*. 2017;96(5):474-478. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2017-96-5-474-478>.
3. Ilyin, E.P. Psychomotor organization of a person. St. Petersburg: Peter; 2003. [In Russ].
4. Dorofeev V.V., Bazhina I.A., Safonova V.V. Use of the tapping test techniques in determining the type of motor activity of students in physical training classes. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2022;11(213):167-170. doi: 10.34835/issn.2308-1961.2022.11.p167-170.
5. Austin D, McNames J, Klein K, Jimison H, Pavel M. A statistical characterization of the finger tapping test: modeling, estimation, and applications. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2015;19(2):501-7. doi: 10.1109/JBHI.2014.2384911.
6. Usalionak, G., Kirpichenka, A.A., Martynova, E.V., Martsinkevich, A.F. The use of NEUROSMG:FOT application for carrying out tapping test. *Vestnik VGMU*. 2021;20(5):69-77. DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2021.5.69>
7. Plakhov N. N., Buinov L. G., Makarova L. P. The functional state of the body of seafarers-operators in swimming. *Gigiena i sanitariya*. 2017;96(3):261-264. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-3-261-264>

8. Yang H.G., Liang Y.X., Tang H.W. Neuropsychological effects of lead exposure. *Zhonghua yu fang yi xue za zhi* [Chinese journal of preventive medicine]. 1994; 28(1):9-12.
9. Anger W.K. Reconsideration of the WHO NCTB strategy and test selection // *Neurotoxicology*. 2014; 45(12):224-231. doi: 10.1016/j.neuro.2014.08.003.
10. Shumskikh D.S., Rakhmanov R.S., Orlov A.L. Assessment of performance in students with different types of the nervous system with the use of the developed software for PC "Tapping-test". *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(3):116-119.
11. Ignatiev D.I., Nalbandyan A.G., Fedin M.A. Modeling sensorimotor performance via tapping-test. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017;(9):82-82. [In Russ].
12. Lebedeva S.A., Shved D.M. Study of cognitive performance and psychophysiological state of an operator in conditions of isolation and crowding. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022;62(4):225-231. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-4-225-231>.
13. Shapoval I.V., Fagamova A.Z., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Beigul N.A., Ilyina L.A., Larionova E.A. Analysis of accident causes at the workplace of motor vehicle drivers. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2022;2:37-49. doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10203>
14. Sorokin G.A., Shilov V.V., Greben'kov S.V., Sukhova Ya.M. Evaluation of occupationally conditioned and non-occupational risks of health disorders in truck drivers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016;6:1-5.
15. Merkulova A.G., Kalinina S.A., Komarova S.V. The impact of fatigue on driving performance. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017;(9):126-127. [In Russ].
16. Linnik, A.M., Davydovsky A.G. System analysis of the reliability of the driver-car-road-environment system based on a sociotechnical approach as a Big Data problem. In: Big Data and Advanced Analytics. Collection of materials of the 6th International Scientific and Practical Conference, Minsk, 20-21 May, 2020. p. 225-240. https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39436/1/Linnik_Sistemniy.pdf.
17. Vaisman A.I. Occupational hygiene of drivers. M.: Medicina;1988. [In Russ].
18. Troshin V.V., Fedotova I.V., Blinova T.V., Morozova P.N. Cardiovascular diseases automobile drivers and traffic safety. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018;3:27-9. doi.: 10.31089/1026-9428-2018-3-27-29.
19. Zhilova, Z.Sh. Kerefova, A.A. Elgarov. Myocardial infarction in automobile transport drivers and occupational performance. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2007;(5):7-10.
20. Tregear S., Bieber-Tregear M., Tiller M. Cardiovascular Disease and Commercial Motor Vehicle Driver Safety. 2007. doi: 10.13140/RG.2.1.1082.0961.
21. Vorob'eva A.A., Vlasova E.M., Shevchuk V.V., Alekseev V.B., Nosov A.E., Ponomareva T.A., Tendryakova S.Yu. Formation of metabolic syndrome as a risk factor of circulatory diseases in drivers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016;(12):5-10.
22. Papis M., Jastrzębski D., Kopyt A., Matyjewski M., Mirosław M. Driver reliability and behavior study based on a car simulator station tests in ACC system scenarios. *Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*. 2019;21:511-521. doi: 10.17531/ein.2019.3.18.

Поступила/Received: 26.02.2024
Принята в печать/Accepted: 02.04.2024