



ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ОБЪЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДИТЕЛЯ И УСПЕШНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ВОЖДЕНИЮ

***Аннотация.** Представлены результаты исследования психофизиологического состояния водителей по пяти показателям: частота пульса, артериальное давление, электрокожное сопротивление, частота и глубина дыхания и электрокардиограмма. Аргументируется объективность использования данных показателей для оценки работоспособности водителей, как в процессе обучения вождения, так и в ходе их профессиональной деятельности.*

***Ключевые слова:** психофизиологические качества водителя, функциональное состояние человека-оператора.*

***Анотація.** Представлені результати дослідження психофізіологічного стану водіїв за п'ятьма показниками: частота пульсу, артеріальний тиск, електрошкірний опір, частота та глибина дихання та електрокардіограма. Аргументується об'єктивність використання даних показників для оцінки працездатності водіїв, як у процесі навчання водінню, так і в ході їх професійної діяльності.*

***Ключові слова:** психофізіологічні якості водія, функціональний стан людини-оператора.*

***Annotation.** In article results of research of a mental and physiological condition of drivers on five indicators are presented: a pulse rate, arterial pressure, electroskin resistance, frequency and depth of breath and the electrocardiogram. Objectivity of use of the given indicators for an estimation of working capacity of drivers both in the course of driving training, and during their professional work is given reason.*

***Keywords:** mental and physiological qualities of the driver, a functional condition of the person-operator.*

Введение

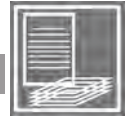
Надёжность работы систем управления техническими средствами в значительной степени определяется надёжностью человека-оператора и чем сложнее система, тем эта зависимость более выражена. Такое положение обуславливается тем, что человеку по его природе свойственна высокая реактивность, чувствительность, он функционально весьма динамичен и подвержен влиянию множества факторов внешней и внутренней среды. В силу этих и других особенностей в условиях роста сложности и напряженности операторской деятельности человека его надёжность уменьшается. Поэтому увеличение надёжности технической части системы управления теряет смысл, так как надёжность всей системы лимитируется характеристиками этого свойства у человека-оператора, [1]. Изучение данного вопроса в интересах автомобильной специальности и безопасности движения представляет теоретические и практические сведения не только для прогнозирования надёжности водителя, но и для правильной организации про-

фессионального отбора, подготовки и психологического пролонгированного сопровождения трудовой деятельности водителей, [2].

Основная часть

Управление машиной, особенно в экстремальных условиях, сопровождается эмоциональными переживаниями и психологическим напряжением водителя, что предъявляет высокие требования к его эмоциональной стойкости и устойчивости навыков вождения. В качестве индикаторов эмоционального и физиологического состояний водителя в настоящее время принято [3] использование тренда изменения следующих показателей: частоты пульса и сердечных сокращений, артериального давления (далее – АД (систолического, диастолического, пульсового)), частоты и глубины дыхания, электрокожного сопротивления (ЭКС), электрокардиограммы (далее – ЭКГ), температуры кожи ладоней рук, тремора кистей и пальцев рук и другое.

Психологическое исследование деятельности водителей, в исследовании производилось в комплексе с изучением эффективности управления



машиной в целях определения взаимной связи между психофизиологическими сдвигами в организме водителя и объективными показателями его работоспособности. Предполагалось, что определенные изменения в организме вместе с изменениями рабочих “выходов” управленческих воздействий водителя могут являться информаторами определенного изменения работоспособности и, в целом, надежности водителя.

Для проведения исследования назначались как экстремальные условия вождения, так и длительная монотонная деятельность водителя. Наиболее характерными были исследования при длительном 10-11-часовом, практически непрерывном вождении в различных видах деятельности водителя, в том числе, в плотном транспортном потоке (колонне) в магистральном и городском циклах движения.

Использовались следующие приборы в качестве стационарных и в составе подвижных лабораторий: пневмотахометр, пульсотахометр, электрокардиограф, прибор для измерения ЭКС (электрокожного сопротивления или кожногальванической реакции – КГР), термометр, тонометр, ТХРМК-1 – комплекс телехронорадиорефлексометра с самописцами.

Предварительные исследования, анализ выполненных по существу работ [4, 5] показали, что наиболее чутким индикатором эмоционального состояния водителей являлось изменение частоты пульса как предположительного показателя эффективности внутренних переживаний водителя.

Изменение частоты пульса во всех случаях выявило определенные общие тенденции. Наблюдалось увеличение пульса у 83 % испытуемых в пределах 10-40 % до величины, зависящей от условий движения и личностных особенностей, с последующим восстановлением до величины, присущей испытуемому водителю и новым условиям движения. Изменение частоты пульса характеризовалось малой инерционностью: быстрым изменением и восстановлением пульса в зависимости от ранее упомянутых условий, что позволяет принять его в качестве сиюминутного показателя. При совершении длительного пробега и особенно при монотонном движении после 5-6 часов у 70-82 % водителей частота пульса снижалась до значений, иногда ниже исходных ($p = 0,9$; $t = 1,90$). Низкая плотность движения по загородному шоссе не вызывала увеличения частоты пульса выше 15-20 % от исходного значения. При увеличении скорости машины, если при этом не усложнялась дорожная обстановка, значительных изменений пульса не наблюдалось. У опытных водителей колебания значений пульсов при различных дорожных условиях проявлялись значительно реже, чем у молодых водителей ($\alpha=0,1$; $t = 1,95$). При движении в городе частота пульса увеличивалась значительно (до 40 %) у 25 % водителей. В ситуациях, близких к критическим, увеличение

частоты пульса свыше 18 % происходило у 50 % водителей с нормальной возбудимостью и у 76 % с повышенной возбудимостью центральной нервной системы ($\alpha=0,01$; $t = 2,23$).

Для определения связи между изменением дорожной обстановки и изменением частоты пульса проводилась синхронная съемка с помощью двух видеокамер; одной снималась дорожная обстановка, другой – в течение нескольких секунд (показания секундомера также попадали в поле зрения камеры) снимались циферблат пульсотахометра и пневмотахометра. Изменение частоты пульса происходило с запаздыванием на дорожное событие в 2-5 с.

Не наблюдалось значительного повышения частоты пульса при увеличении скорости движения машины, если это не вызывало усложнения условий движения машины. Одновременно выявилась значительная вариативность изменений частоты пульса у разных водителей в одинаковых условиях движения. Эта вариативность зависела от состояния и типа возбудимости ЦНС водителя, возраста и опыта водителя. Предварительно реактивность психофизиологических показателей у водителей изучалась в постановочном эксперименте.

При выполнении водителями специальных задач (обгон автомобиля, разъезд со встречным автомобилем, разные торможения), которые могли вызвать аварийные ситуации, значения частоты пульса были сравнительно постоянными и на 15-20 % выше исходного состояния ($p>0,95$). Аналогичные изменения происходят при управлении машиной в составе транспортного потока – колонны, особенно при резких изменениях режима движения.

Что касается АД, у 312 абсолютно здоровых водителей была тенденция к его увеличению в сложных условиях движения, при эмоциональном подъеме, вызванном необходимостью решать сложные задачи вождения в условиях дефицита времени. Однако даже в наиболее сложных условиях величина АД не превышала 15 % (до 25 %) от фона у 8 % водителей; у большинства водителей (около 50 %) увеличение АД составило 5-10 мм рт. столба ($p = 0,9$; $t = 1,80$). Изменение скорости движения, не вызывающее усложнения дорожной обстановки, обычно не вызывало увеличения АД.

У водителей с повышенной возбудимостью ЦНС в 75 % случаев наблюдалось повышение АД до 20 %.

При длительном вождении наиболее информативным показателем состояния водителя являлась величина диастолического и пульсового АД.

Измерение изменений величины электрокожного сопротивления (далее – ЭКС) и кожно-гальванической реакции КГР обнаружило следующие тенденции:

$$\text{ЭКС (КГР)} = f(\text{ДУ}, \text{УД}, t^0, \text{Зад.}, \text{Плтп.}), \quad (1)$$

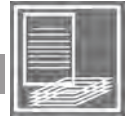
где f – функция; ДУ – дорожные условия, УД – управляющие действия, t^0 – температуры тела,



Таблиця 1

Изменение показателей эмоционального состояния водителей во время практического вождения
(время движения 2 часа)

Особенности Регистрации	Электрокардиография, ЭКГ	Частота пульса, уд/мин	Артериальное давление (АД), мм рт.ст.		Показатели дыхания		Электрокожное сопротивление (ЭКС), кОм	Температура ладони, °С	
			Систолическое	Диастолическое	Пальсовое	Частота, дых/мин			Глубина, л/с
А. Группа – молодые водители									
До вождения	Без патологии	52-72	115-125	60-85	40-55	7-16	0,2-0,5	62-100	26,6
В интервалах	- // -	66-92	140-170	60-100	70-80	15-28	0,25-1,2	75-146	26,8
После вождения	- // -	60-86	135-165	60-90	75	9-21	0,2-0,7	73-137	
		57-82	130-150	60-90	60-70	-	-	72-125	27,7
		54-72	125-140	60-85	55-65	-	-	65-116	
Б. Группа – водители транспортных машин, инструкторы									
До вождения	Без патологии	56-80	120-145	70-95	50	7-14	0,24-0,56	45-112	26,8
В интервалах	- // -	64-85	125-155	85-105	45-50	11-16	0,4-1,6	56-125	26,9
После вождения	- // -	60-80	125-150	65-80	45-50	8-13	0,3-0,65	53-121	
		58-78	125-150	60-85	45-55	-	-	51-118	27,8
		52-68	120-145	70-80	45-50	-	-	47-115	
Уровень различий	$P < 0,6$	$P \geq 0,95$	$P = 0,95$	$P = 0,65$	$P \geq 0,90$	$P \geq 0,99$	$P = 0,70$	$P \geq 0,95$	$P = 0,63$



Зад. – выполняемые задачи, *Плтп.* – плотность транспортного потока и других факторов дорожного окружения.

Увеличение ЭКС происходило при резком изменении дорожной обстановки, условий движения, увеличения нагрузки работой водителя по управлению машиной, повышенных потоотделении и температуре тела, при слабых навыках и усложнении задач вождения.

Снижение ЭКС водителя происходило при длительном вождении, особенно при утомлении водителя. При этом длительные периоды снижения ЭКС чередовались с кратковременным повышением, вызванным общим подъемом и активизацией организма водителя.

Изменения ЭКС происходили с большим запаздыванием реакции на событие или состояние водителя, составлявшем 10-25 минут. Исходные и максимальные значения ЭКС отличались большой вариативностью и измерялись в испытании в пределах 50-200 кОм ($p = 0,99$; $F = 4,43$).

Изменение частоты и глубины дыхания наиболее отчетливо проявилось при изменении скорости движения машины, усложнении дорожной обстановки, увеличении плотности движения, обгоне, при резких маневрах, утомлении, при проезде перекрестков, изменении характера движения машин в составе колонны, при ослеплении фарами встречной машины и тому подобное.

Наиболее типичным проявлением указанного фактора является вначале задержка дыхания, затем неровное дыхание; при длительности события частота и глубина дыхания характеризуются неравномерностью.

У 50 испытуемых в примерно одинаковых условиях частота дыхания распределялась следующим образом: у 15 водителей 16-20 (30 %), у 19 – 15-23 (38 %), у 16 водителей – от 15 до 27 (32 %) дыханий в минуту.

Изменение глубины дыхания у этих же водителей имело следующее распределение: у 15 водителей от 0,5 л/с до 1,5 л/с, у 19 – 0,5-2,0 л/с, у 16 – 0,5-3,7 л/с. Наблюдалась связь между указанными показателями среди трех перечисленных групп испытуемых.

Для оценки влияния условий работы водителя на состояние сердечнососудистой системы использовался метод ЭКГ. Показатели снимались до, в процессе и после вождения машин.

После длительного многокилометрового вождения (3 дня, около 1100 км пробега) у 50-75 % испытуемых водителей наблюдалось уплощение и снижение Т-зубца и смещение Т-интервала по отношению к изоэлектрической линии. Поскольку величина зубца Т обратно пропорциональна силе сердечных сокращений, [6], есть основание полагать, что в процессе длительного вождения происходит усиление сердечной деятельности.

Таким образом, длительное вождение машин в специфических условиях оказывает значительное влияние на состояние сердечнососудистой системы водителя, вызывая психофизиологические изменения в его организме. По результатам исследования психофизиологического состояния молодых и опытных водителей в **табл. 1** приведены средние данные изменения показателей их эмоционального состояния во время практического вождения.

Выводы

Наиболее информативными, сиюминутными показателями изменений психофизиологического состояния водителя являются изменения частоты пульса, частоты и глубины дыхания. Оба показателя отличаются малой инерционностью и большой вариативностью в зависимости от индивидуальных состояний водителя, дорожных условий, условий вождения и опыта водителя. Даже при одинаковых исходных показателях состояния у опытных водителей эта вариативность проявляется в меньшей степени.

Наиболее инерционными и устойчивыми показателями состояния водителя являются показатели АД и ЭКС, поэтому их измерение следует производить в течение 5-50 минут после наступления события, вызвавшего психофизиологические изменения у водителя.

С целью проверки информативности изменений перечисленных показателей применительно к обнаружению ухудшения состояния работоспособности и надежности водителя было выполнено испытание при длительном вождении машин. Обнаружилась общая тенденция к снижению частоты пульса, дыхания, уменьшению ЭКС и АД (систолического), изменению ЭКГ, – все это подтверждает снижение активности организма, вызванного усталостью водителя ($p = 0,99$; $t = 2,63$).

ЛІТЕРАТУРА

1. Бодров В.А. Психология и надежность: человек в системах управления техникой: монограф / Бодров В.А., Орлов В.Я. – М.: Институт психологи РАН, 1998. – 288 с.
2. Осташевський С.А. До питання про надійність водія // Автошляховик України. – 2013. – № 1. – С.17–19.
3. Профессиональный отбор и методология экспресс-анализа текущего состояния водителей: (ЗАО “Нейроком”) [Электронный ресурс] / Д.Н.Бабин, В.В. Дементенко, В.М. Шахнарович // Режим доступа до публ.: <http://www.neurocom.ru/pdf/press/automation.pdf>
4. Осташевський С.А. До питання про оцінку працездатності водія // Автошляховик України. – 2012. – № 4. – С. 13–15.
5. Проблеми підготовки кадрів автомобільної галузі та шляхи їх вирішення: зб. матер. за міжнар. наук.-метод. конф., 7-8 лист. 2013 р. / М-во освіти і науки України, Харк. нац. авт.-дор. ун-т. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 252 с.
6. Хэмптон Дж.Р. Основы ЕКГ: [перев. с англ.] / Джон Р. Хэмптон. – М.: Мед. лит., 2006. – 224 с.