

*Досліджено функціональний стан водія, який керує маршрутним транспортним засобом на автомобільних дорогах, які пролягають у гірській місцевості. Проведено аналіз отриманих даних та встановлено динаміку зміни показника активності регуляторних систем організму водія. Запропоновано розрахунок рекомендованих максимально допустимих тривалостей роботи водіїв автобусів у таких умовах руху*

*Ключові слова: функціональний стан водія, показник активності регуляторних систем, гірські умови руху*

*Исследовано функциональное состояние водителя, который управляет маршрутным транспортным средством на автомобильных дорогах, пролегающих в горной местности. Проведен анализ полученных данных и установлена динамика изменения показателя активности регуляторных систем организма водителя. Предложен расчет рекомендуемых максимально допустимых длительностей работы водителей автобусов в таких условиях движения*

*Ключевые слова: функциональное состояние водителя, показатель активности регуляторных систем, горные условия движения*

УДК 656.13

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47166

# АНАЛІЗ ЗМІНИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВОДІЯ АВТОБУСА У ГІРСЬКИХ УМОВАХ РУХУ

М. М. Жук

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: zhukmm65@gmail.com

Т. М. Поstrанський

Аспірант\*

E-mail: postranskyy@gmail.com

\*Кафедра транспортних технологій

Національний університет

«Львівська політехніка»

вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79000

## 1. Вступ

Враховуючи ріст туристичної привабливості Західного регіону України, зростає потреба у якісному задоволенні потреби у перевезеннях. Це зумовлено розташуванням у цій частині країни великої кількості пам'яток культури, лікувальних та відпочинкових комплексів. Більшість з них розміщені у гірській місцевості. Левова частка пересувань пасажирів здійснюється автобусними перевезеннями. Виникає завдання контролю за функціональним станом (ФС) водіїв і створення відповідних рекомендацій щодо тривалості їх роботи. Саме від дій водія та технічного стану транспортного засобу залежить безпека та рівень комфорту переміщення.

## 2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Для підвищення безпеки дорожнього руху необхідно, як вдосконалення конструктивної безпеки автомобілів, дотримання правил дорожнього руху, утримання та вдосконалення автомобільних доріг, усунення небезпечних місць; так і встановлення чітких вимог до фізичного стану та ФС водіїв, врахування особливостей сприйняття водієм дорожньої ситуації під час руху, створення комфортних умов праці тощо [1].

Як свідчить статистика, практично у 70 % ДТП, що відбулися, несприятливі умови руху є одним з ключових чинників. Це зумовлено тим, що вони у значній мірі впливають на психофізіологічні показники водія, зокрема на його ФС. Цей показник являє собою відображення рівня готовності адаптаційних механізмів організму людини до дії зовнішніх чинників [2, 3]. Та-

ким чином, з використанням цього показника можна встановити надійність роботи водія у певних умовах праці в той чи інший період часу.

Є. М. Лобанов [4] встановив, що від кількості інформації, яка надходить від умов руху і сприймається водієм, змінюється і його частота серцевих скорочень, а це впливає на надійність його роботи. Так, максимального рівня надійності роботи водія досягається при оптимальному інформаційному навантаженні та емоційному напруженні, а мінімального – при сенсорному голоді та перенавантаженні.

Враховуючи, що у гірській місцевості автомобільні дороги характеризуються частою зміною висотної поясності, великою кількістю заокруглень з малими значеннями радіусів, недостатньою видимістю тощо, вони часто призводять до недостатнього інформаційного забезпечення водіїв та надмірного емоційного навантаження [5].

Що стосується великої кількості заокруглень в плані в гірській місцевості, то В. К. Доля встановив, що у порівнянні з умовами руху на прямолінійних ділянках автомобільних доріг у рівнинній місцевості, частота серцевих скорочень водія коливається на значно вищій позначці [6, 7]. Це пояснюється тим, що у гірській місцевості водій, керуючи транспортним засобом, змушений перебувати у стані постійного напруження.

Також ряд інших науковців проводили дослідження впливу різних умов руху на ФС водія та надійність його роботи, як одну з складових безпеки руху. Дослідження впливу гірських умов руху на ФС водія та залежність зміни цього показника протягом тривалої роботи і його впливу на час реакції, проводив В. В. Ковалишин [8]. Він встановив, що з погіршенням

показників ФС водія, збільшується час його реакції. У складних ситуаціях це може призвести до виникнення небезпечної ситуації і, як наслідок – до ДТП.

Більшість проведених досліджень у гірській місцевості, стосуються легкових автомобілів та водіїв, які ними керували. Слід зазначити, що характеристики транспортних засобів у різній мірі впливають на ФС водія. Так, дослідження які проводив Ю. О. Давідч [9] підтверджують те, що різні марки маршрутних транспортних засобів з різними, як динамічними так і конструктивними характеристиками, впливають на динаміку зміни ФС водія протягом робочого дня по-різному.

Ціна помилки водіїв, які забезпечують процес перевезення пасажирів та умови руху в гірській місцевості, зумовлюють потребу у встановленні закономірностей зміни ФС водія під впливом зовнішніх чинників. На основі отриманих даних можна розробити відповідні рекомендації щодо тривалості їх роботи з урахуванням умов, в яких вони перебувають.

### 3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є визначення характеру впливу гірських умов руху на ФС водія автобуса.

Для досягнення мети досліджень виконано такі завдання:

- проведено градацію маршрутних транспортних засобів, якими керували водії;
- проведено експериментальні дослідження зміни ФС водія під час керування маршрутним транспортним засобом у гірських умовах руху за різних рівнів завантаження;
- проведено математичний і статистичний аналіз результатів дослідження;
- запропоновано формулу визначення рекомендованої тривалості роботи водія з урахуванням його ФС та умов руху.

### 4. Методика дослідження ФС водія маршрутного транспортного засобу в гірських умовах руху

Для дослідження поведінки водія маршрутного транспортного засобу необхідно встановлювати та аналізувати значення показників, що відображають його ФС в конкретний період його роботи. Так, широкого застосування у транспортних дослідженнях підсистеми «Водій» у системі «Водій-автомобіль-дорога» отримали електрофізіологічні методи, а саме аналіз записів електрокардіограми, електроенцефалограми та шкірно-гальванічної реакції. Найпростішим у використанні з них є метод математичного та статистичного аналізу даних запису частоти серцевих скорочень [10–14].

Для встановлення зміни ФС водія під час того, як він керував маршрутним транспортним засобом на автомобільних дорогах, які пролягають у гірській місцевості, використовувався показник активності регуляторних систем водія (ПАРС). Цей показник запропонований Р. М. Баєвським [11, 15] і являється комплексною оцінкою ФС людини та дозволяє встановити характер впливу різних чинників на досліджувану особу. Детальніше ця методика описана у роботі [11].

Для дослідження зміни ФС водія який керує автобусом на маршруті, що пролягає через гірську місцевість, проводився безперервний моніторинг пульсу водія. Запис електрокардіограми здійснювався за допомогою Холтерівського комплексу «Cardio Sens». Реєстрація частоти серцевих скорочень здійснювалась у п'яти відведеннях. При виборі схеми накладання електродів враховувалося специфіку роботи водія. Тому їх розміщали у найменш рухомих ділянках грудної клітки, але з урахуванням методичних вказівок [16]. Аналіз запису ЕКГ та встановлення значення необхідних показників для визначення ПАРС водія проводився десяти хвилинними інтервалами у програмному середовищі «Cardio Lab» (рис. 1).

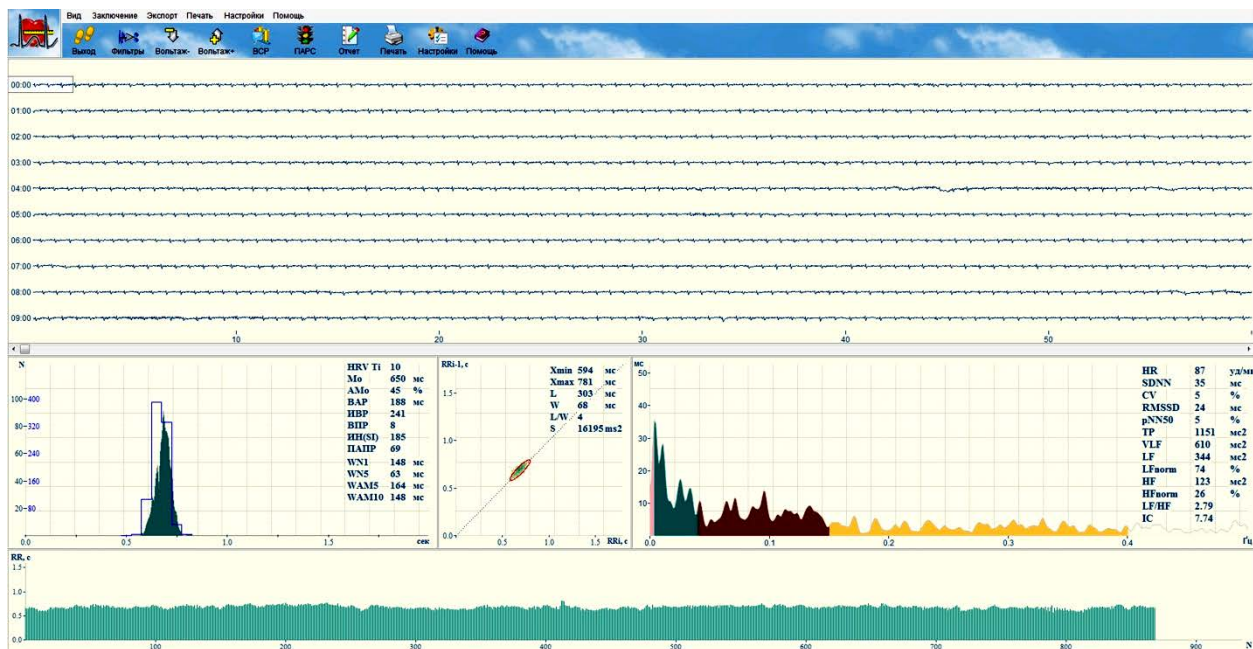


Рис. 1. Фрагмент процесу аналізу ЕКГ у програмному середовищі «Cardio Lab» та встановлення необхідних даних для визначення ПАРС водія

Також здійснювалася відео фіксація умов руху та запис GPS даних положення маршрутного транспортного засобу (рис. 2).

Усі автобуси, якими керували досліджувані водії, розділено на три групи, залежно від їх довжини та потужності двигуна (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристики груп досліджуваних маршрутних транспортних засобів

Група	Марка автобуса	Довжина, м	Потужність двигуна, к. с.	Питома потужність, к. с./м
1	БАЗ А079.54	8,14	129	15,85
2	БАЗ А079.51	7,17	129	17,99
3	Setra S215HD	12,0	256	21,33

При формуванні групи водіїв, які брали участь в експерименті, до уваги брався тип їх темпераменту. Його визначали за допомогою тестового методу «Опитувальник Айзенка». Група складалася з 60 водіїв, співвідношення типів темпераментів яких становить:

- холерики – 30 %;
- сангвініки – 30 %;
- флегматики – 25 %;
- меланхоліки – 15 %.

Це зумовлено тим, що саме таке співвідношення типів темпераментів водіїв притаманне реальним умовам руху, про що свідчать статистичні дані, наведені у роботі [17].

Також під час досліджень визначався рівень завантаження автомобільної дороги транспортним потоком, в якому водій керує маршрутним транспортним засобом. Для цього визначалася інтенсивність руху та розраховувалася пропускна здатність дорожньої мережі, через яку пролягає маршрут руху. Відповідно до встановлених даних натурним та камеральним методами розраховувався рівень завантаження за формулою:

$$z = \frac{N}{P}, \tag{1}$$

де N – інтенсивність дорожнього руху; P – пропускна здатність автомобільної дороги.

Відповідно до цього, умови руху за чинником впливу рівня завантаження автомобільної дороги розділено на ті, що знаходяться в межах до 0,5 і ті, що перевищують це значення.

### 5. Динаміка зміни ПАРС водія, який керує маршрутним транспортним засобом у гірських умовах руху

Відповідно до вищезазначеної методики, провівши дослідження зміни ФС водія під час керування маршрутного транспортного засобу на автомобільних дорогах у гірській місцевості, проведено аналіз запису його електрокардіограми. Тривалість замірів становила 4 години. Це зумовлено тим, що відповідно до Наказу Міністерства транспорту та зв'язку України «Про затвердження Положення про робочий час і час відпочинку водіїв колісних транспортних засобів» максимальна тривалість роботи водія маршрутного транспортного засобу без відпочинку не має перевищувати це значення.

Провівши відповідну статистичну обробку даних, отримано графічну залежність зміни ПАРС водіїв різних типів автобусів та за різних рівнів завантаження (рис. 3).

На рис. 3 подано значення ПАРС водія протягом чотирьохгодинної безперервної роботи у гірських умовах руху. За рівня завантаження автомобільної дороги до 0,5, він коливається в межах 8 балів для автобусів марки БАЗ А079.54 та БАЗ А079.51 і 7 балів для – Setra S 215 HD. Також з цих графічних залежностей видно, що значення ПАРС водіїв, які керували автобусом Setra S 215 HD значно нижчі, ніж у двох інших випадках.

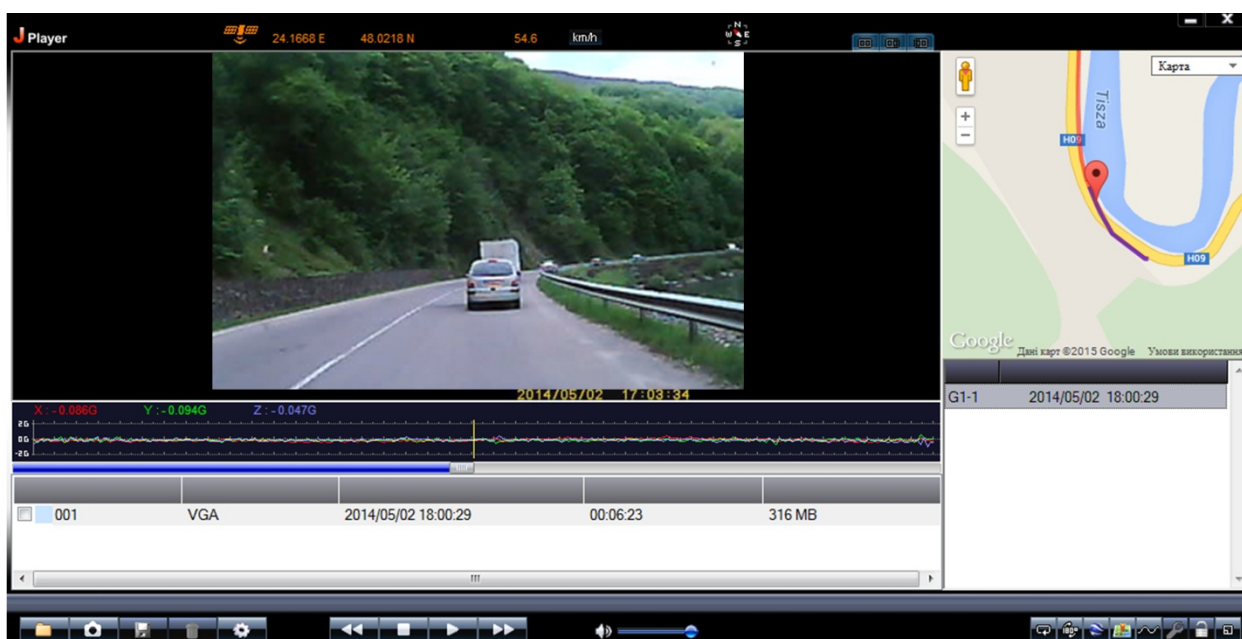


Рис. 2. Фрагмент запису відео реєстратора та GPS-трекера

У зв'язку з тим, що ці транспортні засоби рухалися в однакових умовах, можна стверджувати, що у цьому випадку на ФС водія впливали не лише місцевість та рівень завантаження, але і тип транспортного засобу.

Зміна ПАРС водіїв, які керували різними типами автобусів за рівня завантаження автомобільної дороги  $z > 0,5$ , зображено на рис. 4.

Відповідно до рис. 4, під час руху транспортного засобу у гірській місцевості за рівня завантаження ав-

томобільної дороги більше 0,5, кінцеве значення ПАРС водія для автобуса марки БАЗ А079.54 та БАЗ А079.51 коливається в межах 9 балів, а автобуса марки Setra S 215 HD – 8 балів.

Порівнюючи залежності на рис. 3 та 4, можна стверджувати, що із зростанням рівня завантаження автомобільної дороги зростає і ПАРС водія який працює в цих умовах. Також слід зазначити, при рівні завантаження більше 0,5 марка автобуса відображалася на ПАРС водія у меншій мірі.

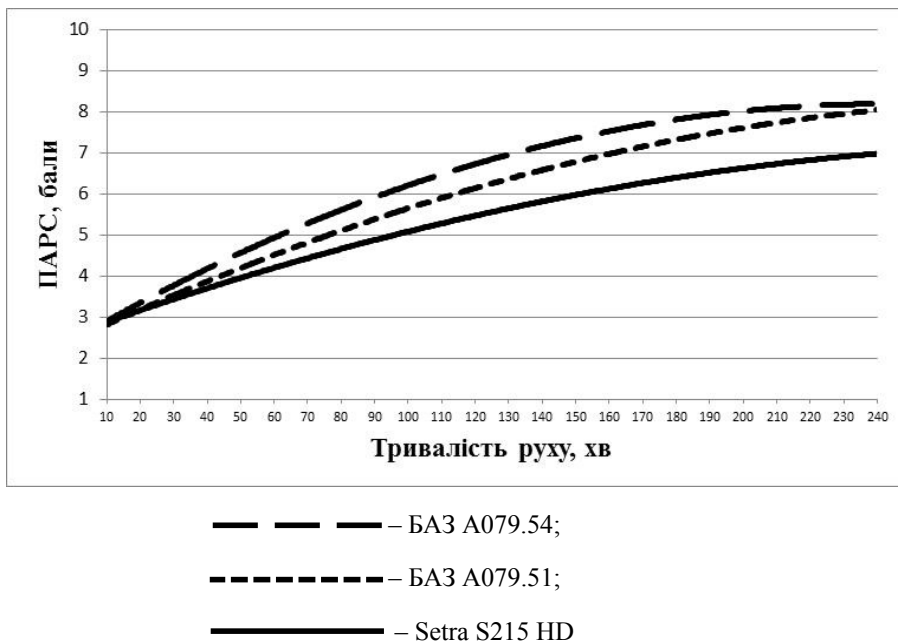


Рис. 3. Зміна ПАРС водія, який керує маршрутним транспортним засобом у рівнинних умовах за рівня завантаження автомобільної дороги  $z \leq 0,5$

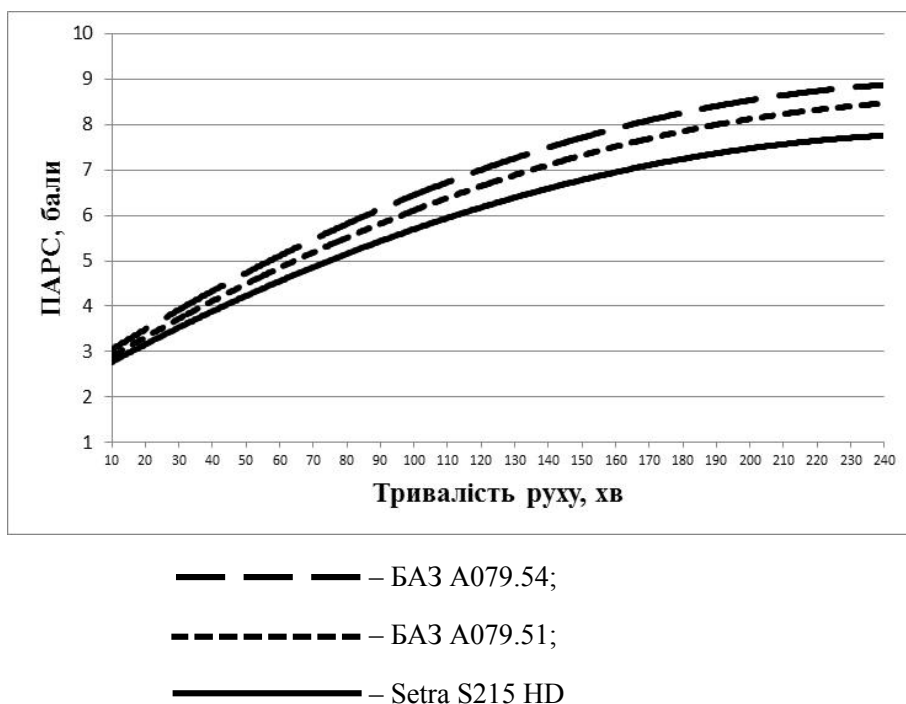


Рис. 4. Зміна ПАРС водія, який керує маршрутним транспортним засобом у рівнинних умовах за рівня завантаження автомобільної дороги  $z > 0,5$



**6. Прогнозування ФС водія маршрутного транспортного засобу під час роботи у гірській місцевості**

Відповідно до проведених досліджень водія, який керував маршрутними транспортними засобами у гірській місцевості, встановлено, що зі збільшенням тривалості роботи, значення його ПАРС зростає. Провівши відповідний математичний та статистичний аналіз, встановлено, що ФС водія змінюється за поліноміальним законом:

$$P_k = k_1 \cdot T^2 + k_2 \cdot T + k_3 \cdot P_n, \tag{2}$$

де  $P_k$  – значення ПАРС водія в кінці його роботи, бали;  $T$  – тривалість руху, хв.;  $k_1, k_2, k_3$  – коефіцієнти, що враховують тип транспортного засобу і рівень завантаження автомобільної дороги під час роботи водія у гірських умовах руху, у.о.;  $P_n$  – значення ПАРС водія на початку його роботи, бали.

Коефіцієнти, що враховують тип транспортного засобу та рівень завантаження автомобільної дороги, яка пролягає у гірській місцевості, відображають вплив таких умов руху на зміну ПАРС водія під час його роботи на маршруті. Значення цих коефіцієнтів з урахуванням різних рівнів завантаження автомобільної дороги та питомої потужності маршрутних транспортних засобів наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів, що відображають вплив умов роботи водія на його ПАРС

Питома потужність маршрутного транспортного засобу, к.с./м.	Коефіцієнти, що відображають вплив умов руху					
	$k_1$		$k_2$		$k_3$	
	$z \leq 0,5$	$z > 0,5$	$z \leq 0,5$	$z > 0,5$	$z \leq 0,5$	$z > 0,5$
15,85	-0,0001	-0,00009	0,0476	0,0476	0,812	0,859
17,99	-0,00006	-0,00008	0,0384	0,0448	0,813	0,819
21,33	-0,00005	-0,00008	0,0296	0,041	0,864	0,791

Відповідно до формули (2) та з урахуванням того, що при значенні ПАРС більше 7 балів організм водія знаходиться в стані виснаження регуляторних систем і зростає ймовірність зриву адаптації його організму, модель зміни рекомендованої тривалості роботи на маршрутних транспортних засобах з різною питомою потужністю під час руху автомобільними дорогами у гірській місцевості та з різним рівнем завантаження набуває такого вигляду:

$$T = \frac{-k_2 + \sqrt{(k_2)^2 - 4k_1(k_3 \cdot P_n - 7)}}{2k_1}. \tag{3}$$

Вищезазначені змінні мають чітко встановлені межі. Коротка характеристика моделі зміни рекомен-

дованої тривалості роботи водія, який керує маршрутним транспортним засобом на автомобільних дорогах гірській місцевості, наведено у табл. 3. Також проведено математичний аналіз змінних для встановлення їх стандартних відхилень.

Таблиця 3

Характеристика моделі зміни рекомендованої тривалості роботи водія, який керує маршрутним транспортним засобом у гірських умовах руху

Змінна величина	Умовне позначення	Максимальне значення	Мінімальне значення	Стандартне відхилення
Рекомендована тривалість руху, хв.	$T$	240	10	70,71
Початкове значення ПАРС водія	$P_n$	7	1	2,33
Коефіцієнти, що відображають вплив умов руху	$k_1$	-0,0001	-0,00009	0,0045
	$k_2$	0,0476	0,0296	0,0069
	$k_3$	0,864	0,791	0,0289

Відповідно до проведених досліджень можна стверджувати, що на водія маршрутного транспортного засобу під час його роботи негативно впливає велика кількість різних чинників, що призводить до появ втоми і зниження надійності його роботи.

**7. Висновки**

Відповідно до поставлених завдань, усі маршрутні транспортні засоби, на яких проводилися дослідження, розділено на три групи, у залежності від їх характеристик. Для встановлення зміни ФС водіїв автобусів, під час їх роботи у гірській місцевості за різних рівнів завантаження автомобільної дороги, проведено експериментальні дослідження з використанням відповідного обладнання, яке здійснювало запис ЕКГ. На основі цього, з використанням програмного середовища, встановлено дані ПАРС водіїв під час їх роботи. Отримані дані свідчать про те, що зі збільшенням тривалості роботи водія, його організм поступово переходить від стану «норми» до станів «вираженого напруження» та «зриву адаптації».

Для встановлення залежності зміни ПАРС водіїв проведено математичний та статистичний аналіз результатів дослідження. На основі цього розраховано формулу зміни рекомендованої тривалості роботи водія у гірських умовах руху. Вона дає можливість враховувати початкові значення ПАРС водія, тип транспортного засобу та рівень завантаження автомобільної дороги під час складання графіків його роботи.

Література

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст]: учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

2. Ильин, Е. П. Теория функциональной системы и психофизиологические состояния [Текст] / Е. П. Ильин // В кн.: Теория функциональных систем в физиологии и психологии. – М.: Наука, 1978. – С. 325–346.
3. Mugal, G. Functional state of an operator. System approach [Text] / G. Mugal // NATO – work group «Operator functional state and impaired performance in complex work environments». – Ciocco: Italy, 2002. – P. 134–137.
4. Лобанов, Е. М. Проектирование дорог и организации движения с учётом психофизиологии водителя [Текст] / Е. М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.
5. Жук, М. М. Умови руху як чинник впливу на функціональний стан водія [Текст] / М. М. Жук, Т. М. Поstrанський // Науково-виробничий журнал «Автошляховик України». – 2015. – № 1-2. – С. 33–34.
6. Доля, В. К. Особливості поведінки водія та зміна його психофізіологічних характеристик за різних швидкісних режимів, зумовлених недостатньою видимістю [Текст] / В. К. Доля, Ю. Я. Ройко // Вісник Східноєвропейського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 7 (149). – С. 75–79.
7. Жук, Н. Н. Прогнозирование функционального состояния водителя при движении в равнинных условиях [Текст] / Н. Н. Жук, Т. Н. Поstrанский, М. А. Афонин // Сборник научных трудов «Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов». – 2015. – С. 75–82.
8. Ковалишин, В. В. До питання визначення впливу функціонального стану водія на час його реакції [Текст] / В. В. Ковалишин // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 2/2 (56). – С. 29–31. – Режим доступу: \www/URL: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/3662/3434>
9. Давидич, Ю. А. Управление проектированием городских маршрутов перевозки грузов с учетом состояния водителя [Текст] / Ю. А. Давидич, А. Н. Шептура // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». – 2003. – № 49. – С. 219–223.
10. Lal, S. K. L. Driver fatigue: Electroencephalography and psychological assessment [Text] / S. K. L. Lal, A. Craig // Psychophysiology. – 2002. – Vol. 39, № 3. – P. 313–321. doi:10.1017/s0048577201393095
11. Поstrанський, Т. М. Методика дослідження функціонального стану водіїв транспортних засобів [Текст] / Т. М. Поstrанський // Науково-виробничий журнал «Автошляховик України». – 2015. – № 3. – С. 30–34.
12. Lal, S. K. L. A critical review of the psychophysiology of driver fatigue [Text] / S. K. L. Lal, A. Craig // Biological Psychology. – 2001. – Vol. 55, № 3. – P. 173–194. doi:10.1016/s0301-0511(00)00085-5
13. Taylor, D. H. Drivers' galvanic skin response and the risk of accident [Text] / D. H. Taylor // Ergonomics. – 1964. – Vol. 7, № 4. – P. 439–451. doi:10.1080/00140136408930761
14. Жук, М. М. Дослідження впливу інформаційного навантаження на стан водія з використанням комплексу «Нейроком» [Текст] / М. М. Жук, В. В. Ковалишин, І. А. Кисіль, Р. І. Мухар // Perspective innovations in science, education, production and transport. – 2014. – № 6 (37). – P. 36–40.
15. Zhuk, M. M. The influence of duration of blindness of the drivers on traffic speed change [Text] / M. M. Zhuk, M. V. Boikiv, T. M. Postranskyu // Transport Problems. – 2015. – P. 882–889.
16. Система холтеровского мониторингирования КардиоСенс [Текст]: методические рекомендации / Национальный аэрокосмический университет «ХАИ». – Х., 2006. – 113 с.
17. Гюлев, Н. У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.21.01 / Н. У. Гюлев. – Х.: ХАДИ, 1993. – 174 с.