

УДК 355.69

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ РАБОТЫ ВОДИТЕЛЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

М. Ю. Манзин

Омский автобронетанковый инженерный институт, Россия, г. Омск

Аннотация. В статье разработана методика оценки информационного напряжения работы водителя гусеничной машины, в основу которой легла методика оценки информативности отдельного препятствия и участка пути в целом. Предлагаемая методика позволяет прогнозировать величину средней скорости движения гусеничной машины, обеспечиваемой способностями водителя обрабатывать и реализовать поступающую информацию о внешних условиях движения. Материалы статьи могут быть полезны научным и инженерно-техническим работникам в области исследования управляемости машин, занимающимся практическими вопросами испытаний и оценки эргономических свойств машин и, в частности, эргономики отделения управления.

Ключевые слова: моторное поле, плотность потока информации, участок пути, информативность препятствия, вероятность встречи помехи.

Введение

Исходя из функционального назначения водителя, как элемента системы «местность-человек-машина», условно его можно представить элементом системы массового обслуживания. По этой причине количество обслуженной информации ограничивается пропускной способностью конкретного человека. Для решения задачи оценки информационной нагрузки водителя необходимо использовать аппарат теории массового обслуживания. Пропускная способность системы массового обслуживания определяется количеством каналов, работоспособностью каналов и плотностью потока заявок для обслуживания [1].

Основными характеристиками систем массового обслуживания являются [7]:

- абсолютная пропускная способность, то есть среднее количество заявок, которое система должна обслужить в единицу времени;
- относительная пропускная способность, то есть среднее отношение обслуженных заявок к общему количеству поступивших заявок в единицу времени;
- среднее количество отказов в обслуживании заявок;
- среднее относительное время «простоя» системы из-за отсутствия заявок;
- средняя длина очереди заявок на обслуживание;
- среднее время обслуживания заявки;
- среднее время ожидания обслуживания заявки.

Задача исследования заключается в установлении зависимости между характеристиками системы и быстротой обслуживания заявок поступающей информации. Системы массового обслуживания могут быть с отказами и с ожиданием. В системах с отказами заявка, поступившая в момент, когда все каналы заняты, покидает систему необслуженной и в дальнейшем не обслуживается. В системах с ожиданием все поступившие на обслуживание заявки обслуживаются [2].

ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ РАБОТЫ ВОДИТЕЛЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

Для оценки влияния потока информации на динамику машины необходимо рассмотреть процесс формирования потока и вскрыть механизм влияния его на работу водителя. Последнее позволит наметить пути, уменьшающие вероятность отказа функционирования системы «местность-человек-машина».

Каждая помеха требует изменения характеристики закона движения ГМ, достигаемого воздействием на соответствующие органы управления. Помехой будем считать всякое препятствие встречающееся на пути движения ГМ, которая требует изменения характеристик закона движения машины, и обладает информативностью [8]. В процессе движения количество помех и их характеристики носят случайный характер, следовательно, количество обращений водителя к органам управления также будут носить случайный характер.

В процессе работы водитель совершает ошибки управления, которые обусловлены не достоверностью оценки условий движения и уровнем подготовки. При приближении к помехе водитель оценивает возможность ее преодоления. В зависимости от ее размеров и скорости машины он принимает решение о способе преодоления препятствия. Точность оценки помехи зависит от опыта вождения машин подобного типа. Наличие ошибок увеличивает количество информации.

Условия и воздействия, приводящие к срыву деятельности человека, определяют пределы функционирования системы «Человек-машина». В этом смысле исключение срыва деятельности водителя является одной из главных проблем, стоящих перед проектировщиками. Задачей инженерно-психологического проектирования современных машин является исключение возможности аварий и катастроф, которые неизбежны при срыве деятельности человека. В связи с этим при разработке машины необходимо установить допустимые пределы психофизиологических нагрузок, превышение которых ведет к срыву деятельности человека. Срыв деятельности человека характеризуется нулевой и даже отрицательной эффективностью. Он может наступать при повышении плотности потока информации допустимого предела. Поэтому необходимо иметь методику, позволяющую установить влияние условий движения на плотность потока информации поступающей водителю. При определенном сочетании внешних условий движения, состояния и скорости машины плотность потока информации достигает такой величины, что водитель не в состоянии ее обрабатывать. При превышении количества информации свыше допустимого предела появляется пропуск некоторого количества информации не обслуженной, а характеристики закона движения машины выходят за допустимые пределы. В этой ситуации водитель не может выполнять свои функции, и вынужден уменьшить скорость движения.

Реализация полученной информации оценивается интенсивностью обслуживания

$$\mu = \frac{1}{\tau_{он.ед}}, \quad (1)$$

где μ - интенсивность обслуживания информации;

$\tau_{он.ед}$ - время обслуживания одного препятствия.

Относительное время работы водителя, занятое непосредственно реализацией информации, определяется коэффициентом загруженности

$$\eta = \frac{\lambda}{\mu}. \quad (2)$$

Коэффициентом загруженности в свою очередь является относительное значение времени, занятого водителем непосредственным обслуживанием поступившей информации. Предельно допустимое значение коэффициента загруженности человека составляет $\eta = 0,75$ [3].

Условием успешного решения задачи управления движением машины является обязательное обслуживание всей информации. Следовательно, система должна допускать очередь помех на обслуживание. Среднее значение длины очереди оценивается уравнением

$$k = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}. \quad (3)$$

По психофизиологическим особенностям человека в очереди на обслуживание может быть не более трех помех [4].

Среднее время ожидания начала обработки информации в очереди определяется зависимостью вида

$$\tau_{ож} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (4)$$

Под временем ожидания понимается, то время, в течении которого поступившая информация должна быть обслужена. Степень согласованности плотности потока информации с возможностями водителя по ее обработке оценивается допустимым временем ожидания начала обработки

$$\tau_{ож.доп} \geq \tau_{пр.доп} - \tau_{он}, \quad (5)$$

где $\tau_{пр.доп}$ - предельное допустимое время обслуживания помех на участке пути, находящегося в поле зрения водителя.

Время $\tau_{пр.доп}$ - зависит от конструкции машины, чем характеризуется дальность видения помехи D_s и условия движения, то есть скоростью машины

$$\tau_{пр.доп} = \frac{D_s}{V}, \quad (6)$$

где V - скорость машины.

Условием отсутствия срыва управления машиной является $\tau_{ож.доп} \geq 0$. Исследо-

ваниями [5] установлено, что человек может работать без срывов при плотности потока информации 2-4 дв.ед/с. Используя это условие, получим допустимое количество информации, которое может быть обработано водителем на участке пути, находящегося в поле зрения

$$J_{Ds} = \frac{\lambda_{дон} D_s}{V} \quad (7)$$

Уравнение позволяет решить вопрос о величине допустимой скорости машины. С этой целью преобразуем уравнение к виду

$$[V] = \frac{\lambda_{дон} D_s}{J_{Ds}}, \quad (8)$$

где J_{Ds} - количество информации о помехах с участка пути D_s .

Общее количество информации J_{Ds} при равномерном распределении помех движению по пути определяется зависимостью вида

$$J_{Ds} = J_{cp} \frac{\sum_1^m \sum_1^k a_i}{S} \cdot D_s. \quad (9)$$

Время для опознавания помехи и принятие решения для преодоления препятствия определяется выражением

$$t_n = \frac{D_{sn}}{V_n} \quad (10)$$

Уравнение позволяет определить время для опознавания помехи и принятия решения для её преодоления, в зависимости от дальности видения с рабочего места водителя D_s и скорости движения машины V . Определим время для дальности видения $D_s = 25$ м, при различной скорости движения:

$$t_1 = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ с};$$

$$t_2 = \frac{25}{4} = 6,25 \text{ с};$$

$$t_3 = \frac{25}{6} = 4,17 \text{ с};$$

$$t_4 = \frac{25}{8} = 3,12 \text{ с};$$

$$t_5 = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ с};$$

$$t_6 = \frac{25}{12} = 2,08 \text{ с}.$$

Аналогичным образом рассчитываем время для дальности видения $D_s = 50$ м, 75м, 100м. Результаты расчетов представлены в виде табл. 1.

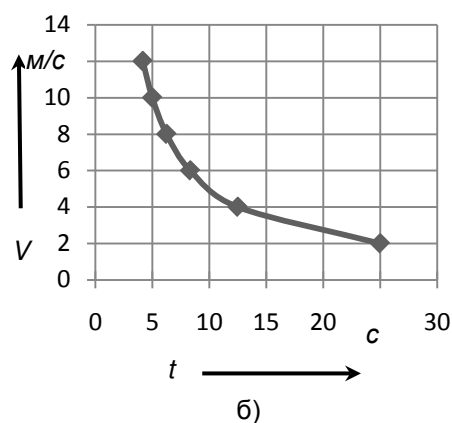
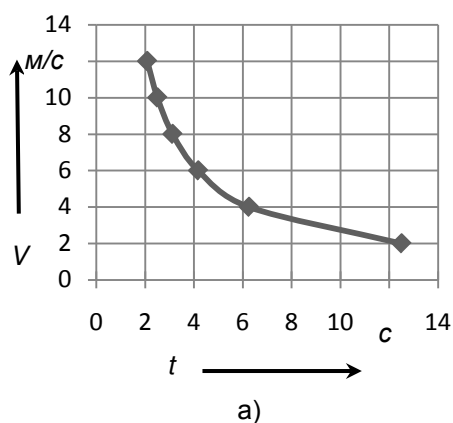
Таблица 1

Время для опознавания помехи и принятие решения для её преодоления

$D_s, \text{ м}$	Время для опознавания помехи и принятие решения для её преодоления, с при различной скорости, м/с					
	2	4	6	8	10	12
25	12,5	6,25	4,17	3,12	2,5	2,08
50	25	12,5	8,33	6,25	5	4,16
75	37,5	18,75	12,5	9,37	7,5	6,25
100	50	25	16,7	12,5	10	8,3

На основании табл. 1 строим графическую зависимость времени от дальности

видения с рабочего места водителя и скорости движения машины рис. 1.



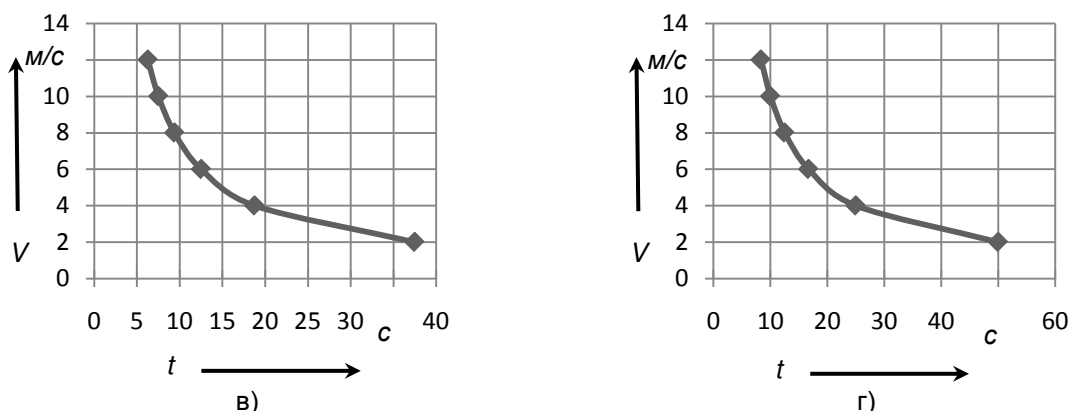


Рис. 1. Зависимость времени от дальности видения с рабочего места водителя: а) 25м, б) 50м, в) 75м, г) 100м и скорости движения машины

На основании рис. 1 видно, что с увеличением дальности видения у водителя появляется время, которое обеспечивает селекцию помех на пути движения, то есть выделение наиболее важной информации из совокупности поступающих сигналов основанное на анализе их структурных различий.

Количество информации, получаемое водителем с участка пути дальность которого определяется характеристикой прибора наблюдения

$$J_{D_s} = J_{cp} \cdot \frac{Q}{S} \cdot D_s. \quad (11)$$

Пользуясь уравнением определим количество информации для различной дальности видения, такой как 25 м, 50 м, 75 м, 100 м

$$J_{D_{s1}} = 8,45 \cdot \frac{260}{5000} \cdot 25 = 10,985 \text{ дв.ед};$$

$$J_{D_{s2}} = 8,45 \cdot \frac{260}{5000} \cdot 50 = 21,97 \text{ дв.ед};$$

$$J_{D_{s3}} = 8,45 \cdot \frac{260}{5000} \cdot 75 = 32,955 \text{ дв.ед};$$

$$J_{D_{s4}} = 8,45 \cdot \frac{260}{5000} \cdot 100 = 43,94 \text{ дв.ед}.$$

Плотность потока информации определяется зависимостью вида

$$\lambda_n = \frac{J_{D_{sn}}}{t_n}, \quad (12)$$

$$\lambda_1 = \frac{10,985}{12,5} = 0,879 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_2 = \frac{10,985}{6,25} = 1,758 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_3 = \frac{10,985}{4,17} = 2,634 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_4 = \frac{10,985}{3,12} = 3,521 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_5 = \frac{10,985}{2,5} = 4,394 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_1 = \frac{10,985}{2,08} = 5,281 \text{ дв.ед}.$$

Принимая во внимание, что принятое распределение помех по пути равномерное, поэтому плотность потока информации не будет зависеть от дальности видения. На основании приведенных расчетов строим графическую зависимость, которая изображена на рис. 2.

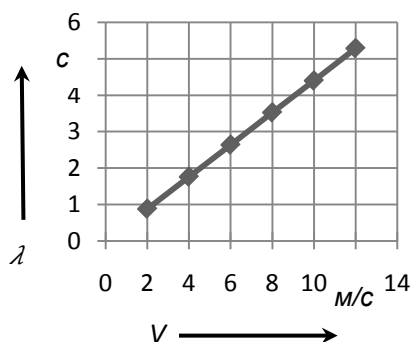


Рис. 2. Зависимость плотности потока информации от скорости движения машины

Задаваясь величиной скорости V , при известных D_s и $\lambda_{доп}$, можно оценить допустимое количество помех, которые требуют внимания водителя. С другой стороны, зная допустимое количество информации, можно сформулировать требования к профессиональной подготовке водителей и компоновке рабочих мест.

Исследованиями [6] определена информативность каждого препятствия и маршрута движения ГМ в целом, с помощью методики оценки информативности препятствия и маршрута движения. На основании определенных данных оценивается информационная напряженность водителя. Плотность потока информации получаемой водителем при управлении ГМ при различной скорости движения вычисляется следующим образом:

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 3}{5000} = 1,318 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 5}{5000} = 2,197 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 7}{5000} = 3,076 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 8}{5000} = 3,515 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 9}{5000} = 3,955 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 10}{5000} = 4,394 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 11}{5000} = 4,833 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 12}{5000} = 5,273 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 15}{5000} = 6,591 \text{ дв. ед}.$$

По приведенным выше расчетам строим график зависимости плотности потока информации от скорости движения для танка Т-72Б3, который изображен на рис. 3.

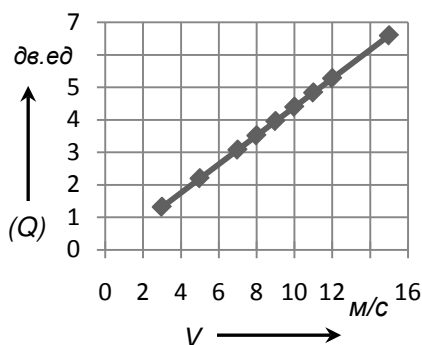


Рис. 3. Зависимость плотности потока информации от скорости движения танка Т-72Б3

В данных дорожных условиях движение танка Т-72Б3 возможно без пропуска информации, при допустимой величине ошибки подачи входного управления водителем, со средней скоростью до 9 м/с. Превышение данной скорости влечет за собой увеличение плотности потока информации и превышения порога, оптимальное число которого 4 двоичных единицы [5].

Влияние конструкции машины на плотность потока информации можно

оценить на примере выполнения этого же упражнения машиной БМП-3. Принципиальным отличием конструкции БМП-3 от танка Т-72Б3 заключается в том, что у БМП-3 отсутствует педаль сцепления. Следовательно, при построении алгоритма управления ГМ отсутствуют элементы включения и выключения сцепления. Характер и количество препятствий на маршруте с учетом их информативности для машины БМП-3 иллюстрирует табл. 2.

Таблица 2

Характер и количество препятствий на маршруте
с учетом их информативности для БМП-3 в двоичных единицах

Наименование препятствия		Количество информации, бит.												Σ
		2	3	5	6	7	9	10	11	12	15	16	17	
Яма		80		9	2	3	11		1					106
Бугор		81	25											106
Холм									5			1		6
Поворот						14	1	2		1	2			20
Участок разгона				17					3			1	1	22
Вероятность встречи группы	Яма	0,31		0,03	0,007	0,011	0,04		0,004					
	Бугор	0,31	0,09											
	Холм								0,19			0,004		
	Поворот					0,05	0,004	0,007		0,004	0,007			
	Участок разгона			0,06					0,011			0,004	0,004	

Аналогичным образом, как и для танка Т-72Б3 оценивается напряженность работы водителя БМП-3.

Плотность потока поступающей информации водителю БМП-3 равна:

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 3}{5000} = 1,139 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 5}{5000} = 1,898 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 7}{5000} = 2,657 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 8}{5000} = 3,037 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 9}{5000} = 3,416 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 10}{5000} = 3,796 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 11}{5000} = 4,176 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 12}{5000} = 4,555 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 15}{5000} = 5,694 \text{ дв. ед}.$$

По приведенным выше расчетам построим график зависимости плотности потока информации от скорости движения БМП-3, который изображен на рис. 4.

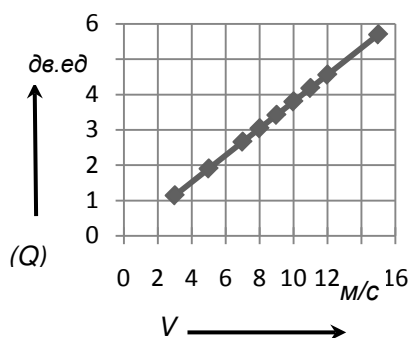


Рис. 4. Зависимость плотности потока информации от скорости движения БМП-3

Результаты расчета плотности потока информации сведены в табл. 3.

В табл. 3 приведен расчет показателей информационной нагруженности водителя в зависимости от скорости движения ГМ, согласно предлагаемой методике оценки информационной нагруженности работы водителя ГМ. Анализ данной таблицы показывает, что водитель может управлять движением машины, без пропуска необра-

ботанной информации в данных конкретных условиях при скорости движения для танка Т-72Б3 до 9 м/с, а для БМП-3 до 10 м/с. Увеличение скорости движения машины свыше указанного предела приведёт к появлению пропуска необслуженной информации и к неоптимальному функционированию системы в целом.

Таблица 3

Плотности потока информации на единицу времени										
Параметр		Скорость движения, м/с								
		3	5	7	8	9	10	11	12	15
Плотность потока информации, дв.ед/с	Танк Т-72Б3	1,318	2,197	3,076	3,515	3,955	4,394	4,833	5,273	6,591
	БМП-3	1,139	1,898	2,657	3,037	3,416	3,796	4,176	4,555	5,694
Допустимое значение										
2-4										

Заключение

Исследования зависимости плотности потока информации от скорости движения ГМ позволили сделать вывод о том, что движение танка Т-72Б3 в выбранных условиях движения и с допустимыми ошибками в определении величины входного управления возможно без пропуска информации со скоростью до 9 м/с. Влияние конструкции машины на плотность потока информации и среднюю скорость движения машины, можно оценить на примере БМП-3. Сокращение органов управления позволяет двигаться этой машине в тех же дорожно-грунтовых условиях со скоростью до 10 м/с.

Полученные результаты расчета плотности потока информации получаемую водителем во время управления ГМ позволяет определить дальнейшее совершенствование её конструкции. Это позволит уменьшить информационную нагрузку водителя. Для этого необходимо:

- обеспечить водителя получением информации об условиях движения в полном объеме и с достаточным упреждением к началу исполнения;
- сократить плотность потока информации, обрабатываемой водителем до величины не более 4 дв.ед/с., путем перераспределения функций управления движением машины между водителем и автоматизированной системой;
- обеспечить водителю максимальное время для задания характеристик закона движения, путем увеличения дальности видения с рабочего места.

Библиографический список

1. Цибулевский, И.Е. Человек как звено следящей системы / И.Е. Цибулевский. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 288с.
2. Ахутин, В.М. Инженерная психология в военном деле / В.М. Ахутин, Г.М. Зараковский, Б.А. Королев и др. ; под ред. Б.Ф. Ломова. – М. : Воениздат, 1983. – 224 с.
3. Ломов, Б.Ф. Справочник по инженерной психологии / Б.Ф. Ломов. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.
4. Ломов, Б. Ф. Человек в системах управления / Б. Ф. Ломов. – Л. : 1968. – 48с.
5. Ломов, Б. Ф. Человек и техника (очерки инженерной психологии) / Б. Ф. Ломов – М. : 1966. – 463 с.
6. Васильев, В.В. Методика оценки информативности маршрута движения / В.В. Васильев, М.Ю. Манзин // Вестник СибАДИ – 2016. – № 4 (50). – С. 48-53.
7. Шеридан, Т.Б. Системы человек–машина / Т.Б. Шеридан, У.Р. Феррел. – М. : Машиностроение, 1980. – 400 с.
8. Шаврин, С.П. Пути сокращения времени освоения скоростных возможностей новой бронетанковой техники в войсках : дис. ... канд. техн. наук / Шаврин С.П. – М. : ВА БТВ, 1981. – 354 с.

ESTIMATION METHODS OF INFORMATION INTENSITY OF THE TRACKLAYING VEHICLE DRIVER'S WORK

M. Yu. Manzin

The article considers the estimation technique of information intensity of the tracklaying vehicle driver's work. It is based on the estimation technique of the information content of both an isolated irregularity and a track section as a whole. This technique allows predicting the value of the average speed of the tracklay-

ing vehicle provided with driver's abilities to process and implement the incoming information on the ambient traffic conditions. The article can be useful for researchers, engineers and technicians regarding vehicle handling trial, who deal with practical aspects of tests and evaluation of ergonomic vehicle properties and, in particular, ergonomics of the driver's compartment.

Keywords: abody field, information density, a track section, obstacle information content, obstruction probability.

References

1. Tsibulevskiy I.E. Chelovek kak zveno sledyaschey sistemy / Pod red. Tsibulevskogo I.E. – M.: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1981. – 288 s.
2. Ahutin V.M. Inzhenernaya psihologiya v voennom dele / V. M. Ahutin, G. M. Zarakovskiy, B.A. Korolev dr.; Pod red. B.F. Lomova. – M.: Voenizdat, 1983. – 224 s.
3. Lomov B.F. Spravochnik po inzhenernoy psihologii / Pod red. B.F. Lomova. – M.: Mashinostroenie, 1982. – 368 s.
4. Lomov B.F. Chelovek v sistemah upravleniya / B.F. Lomov. – L., 1968. – 48 s.
5. Lomov B.F. Chelovek i tehnika (ocherki inzhenernoy psihologii) / B.F. Lomov – M., 1966. – 463 s.
6. Vasil'ev V.V. Metodika otsenki informativnosti marshruta dvizheniya / V.V. Vasil'ev, M. Yu. Manzin // Vestnik SibADI – 2016. №4 (50). – S. 48-53.
7. Sheridan T.B. Sistemy chelovek-mashina / T.B. Sheridan, U.R. Ferrel. - M.: Mashinostroenie, 1980. - 400 s.
8. Shavrin S.P. Puti sokrascheniya vremeni osvoeniya skorostnykh vozmozhnostey novoy bronetankovoy tehniki v voyskakh: Dis. Kand. Tehn. Nauk. - M.: VA BTV, 1981. - 354 s.

Манзин Максим Юрьевич (Россия, г. Омск) - адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г, ymmanzini55@mail.ru).

Manzin Maxim Yur'evich (Russia, Omsk) - Postgraduate Student of Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, ymmanzini55@mail.ru).