

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ (ОБЗОР)

А.В. Белякова*, Б.В. Савельев
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия
*alek-belyakova@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Организация качественной подготовки водителей транспортных средств возможна только при правильном формировании профессиональных навыков. Формирование навыков, необходимых водителю для надежного управления автомобилем, возможно путем использования тренажеров на начальном этапе подготовки. Применение тренажеров позволяет автоматизировать действия, которые совершает водитель при управлении автомобилем, при этом не подвергая самого обучаемого рискам. Цель статьи – анализ современного состояния в области применения тренажеров при подготовке водителей транспортных средств.

Материалы и методы. В статье даны основные психофизиологические принципы процесса обучения, которые должны быть учтены при применении тренажеров для подготовки водителей. Представлена классификация автомобильных тренажеров, используемых для обучения водителей автомобилей, по соответствию их информационных моделей информации, воспринимаемой водителем в процессе управления автомобилем. Существующие информационные модели тренажеров в обобщенном виде можно разделить на две группы: первая, в которой воспроизводится только визуальная информация, без имитации вестибулярной, и вторая, в которой имитируется как визуальная, так и вестибулярная информация. Проведен анализ информационных моделей существующих тренажеров, отражены их достоинства и недостатки.

Результаты. Для представленной классификации информационной модели тренажеров предложены два систематизирующих признака, а именно угол обзора предъявляемой визуальной информации и наличие имитации вестибулярной информации.

Обсуждение и заключение. Проведенное исследование может быть полезно не только для дальнейшего развития науки в данной области, но и для выбора тренажеров при организации учебного процесса в автошколах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обучение водителей, навык, тренажер, информационная модель, визуальная информация, вестибулярная информация, угол обзора.

© А.В. Белякова, Б.В. Савельев



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

SIMULATORS FOR TRAINING OF VEHICLES' DRIVERS: INFORMATION MODELS' ANALYSIS (REVIEW)

A.V. Belyakova*, B.V. Saveliev

Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

*alek-belyakova@yandex.ru

ABSTRACT

Introduction. Organization of high-quality training of the vehicles' drivers is possible only with the proper formation of professional skills. Moreover, the formation of the skills is necessary for the driver to control the vehicle safety, perhaps by using simulators at the initial stage of training. The use of simulators allows automating the actions that the driver performs, while not exposing the student to risks. Therefore, the purpose of the paper is to analyze the application of simulators in the training of the vehicles' drivers.

Materials and methods. The paper presented the basic psycho physiological principles of the learning process, which should be taken into account when using simulators for driver training. The authors demonstrated the classification of the car simulators used for training of drivers by the information models. Existing information models of simulators were divided into two groups: reproducing only visual information, without imitation of the vestibular and simulating both visual and vestibular information. The analysis reflected the advantages and disadvantages of information models.

Results. As a result, the authors proposed two systematizing features: the view angle of the visual information and the simulation of vestibular information.

Discussion and conclusions. The research is useful not only for the further science development, but also for the selection of simulators and for the organization of the educational process in driving schools.

KEYWORDS: driver training, skill, simulator, information model, visual information, vestibular information, angle observation.

© A.V. Belyakova, B.V. Saveliev



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ аварийности показывает, что значительная часть дорожно-транспортных происшествий происходит по вине молодых и начинающих водителей, обладающих низкой квалификацией [1].

Одним из путей повышения безопасности дорожного движения является организация качественной подготовки кандидатов в водители транспортных средств. В процессе обучения у водителя должна быть сформирована система знаний, умений и навыков, которые бы позволяли ему безошибочно с минимальной затратой сил управлять автомобилем при любых дорожных условиях, в любое время суток.

Профессиональные знания – это информация в форме образов и понятий, которые обучаемый усваивает (накапливает) в ходе проведения теоретических занятий. Однако эффективность и надежность действий водителя будут зависеть не только от имеющейся у него системы теоретических знаний, но и от точности, своевременности и правильности действий, совершаемых им при управлении автомобилем. Действия, выполняемые легко, быстро, с наилучшим результатом, с минимальным количеством ошибок и при отсутствии физического и психологического напряжения, доведенные до определенной степени автоматизма, называются навыками.

Формирование навыков, необходимых водителю для надежного управления автомобилем, происходит на практических занятиях путем многократного повторения определенных упражнений, предусмотренных программой подготовки водителей, на учебном автомобиле и (или) тренажере [2]. Авторы статьи, ни в коей мере не уменьшая роли практических занятий на учебных автомобилях, хотят подчеркнуть важность тренажерной подготовки для выработки основных, прежде всего дви-

гательных (моторных) навыков, связанных с управлением автомобилем¹ [3, 4].

Тренажер – это техническое средство, предназначенное для профессиональной подготовки операторов системы «человек–машина» (в нашем случае водителей автомобилей), отвечающее требованиям методик подготовки, реализующее модель системы «человек–машина», в частности системы «водитель–автомобиль», и обеспечивающее контроль качества деятельности обучаемого².

Автомобильным тренажером называется комплекс устройств, предназначенных для подготовки и тренировки водителей автомобилей и состоящих из элементов, моделирующих рабочее место водителя и дорожную обстановку³.

Основными достоинствами подготовки водителей с использованием тренажеров являются следующие:

- функциональность, т.е. возможность отработки только одного, конкретного навыка (например, навыка поворота рулевого колеса или навыка плавного выполнения торможения);
- возможность имитации отказов и неисправностей, которые могут возникнуть в системе «водитель–автомобиль» и проверке правильности действий обучаемого в этих ситуациях без каких-либо для него рисков;
- возможность проведения групповых тренировок;
- возможность регистрации всех действий обучаемого как с точки зрения безошибочности, так и своевременности⁴.

При этом тренажеры, используемые в учебном процессе, применяются только для первоначального обучения навыкам вождения: отработки правильной посадки водителя в транспортном средстве и пристегивания ремнем безопасности; ознакомления с органами управления, контрольно-измерительными приборами; отработки начальных приемов управления транспортным средством⁵.

¹ Фокина Н.А., Щеглов А.А., Дудкин Ю.А. Опыт использования имитационных технологий при подготовке водителей транспортных средств в вузах МВД России. В сборнике : Актуальные проблемы огневой, тактико-специальной и профессионально-прикладной физической подготовки. Сборник статей. Ответственный редактор Ю.А. Матвейчев. 2016. С. 115–121.

² ГОСТ 26387–84 «Система «человек–машина». Термины и определения. Введ. 1984.12.20. М. : Госстандарт России : Стандартинформ, 2005. 6 с.

³ Клеббельсберг, Д. Транспортная психология = Verkehrspsychologie / Klebelsberg ; под ред. В.Б Мазуркевича. М. : Транспорт, 1989. 367 с. ISBN 0-387-11713-X.

⁴ Основы инженерной психологии : учебник / ред. Б.Ф. Ломов. М. : Высшая школа, 1986. 447 с.

Цель статьи – анализ современного состояния в области применения тренажеров при подготовке водителей транспортных средств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эффективность применения тренажеров для подготовки водителей может быть повышена, если будут учтены основные психофизиологические принципы процесса обучения, а именно:

1) навыки, формируемые на тренажере по своему строению должны быть такими же, как навыки, развиваемые при управлении автомобилем [5];

2) тренажер не должен вырабатывать навыков, которые развивают негативные действия при переходе на автомобиль;

3) информационная модель, реализуемая в тренажере, должна обеспечивать максимально близкий пример реальному процессу управления автомобилем, т.е. с высокой достоверностью имитировать дорожную обстановку, реакцию на органы управления, средства отображения информации. Информационная модель – условное отображение информации о состоянии объекта управления (автомобиля), системы «человек–машина» и способов управления ими;

4) тренажер должен обеспечивать обучаемому возможность воспринимать результаты своих действий, т.е. обеспечивать адекватную обратную связь. Обратная связь – это поток информации о результатах управляющих воздействий водителя, предъявляемый ему через информационную модель⁶.

Применение компьютерных технологий позволяет проектировать автомобильные тренажеры с учетом рассмотренных выше психофизиологических принципов и без недостатков, которые были присущи автомобильным тренажерам, используемых для обучения водителей в 70–80 гг. прошлого века^{7, 8}.

Конструкция современных компьютерных тренажеров различается большим разнообразием: от простых симуляторов до динамических специализированных тренажеров [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Классифицировать современные автомобильные тренажеры авторы предлагают по характеру информационной модели.

Информационная модель тренажеров для правильного развития навыков должна воспроизводить:

1) визуальную информацию о положении и скорости движения автомобиля на дороге;

2) вестибулярную информацию о линейных и угловых ускорениях (замедлениях) автомобиля⁹.

Для обеспечения водителей визуальной информацией с помощью оптико-аппаратно-программных комплексов проектируется трехмерная модель автодрома и/или улично-дорожной сети, включая других участников движения, которая предъявляется обучаемому на экране(ах) монитора(ов) [13, 14, 15, 16].

Основным способом имитации вестибулярной информации в существующих тренажерах является использование динамических платформ или стендов, которые наклоняются (поворачиваются) в сторону действия силы, вызывающей ускорение (замедление) автомобиля [17].

При этом именно моделирование линейных и угловых ускорений автомобиля является наиболее сложной с технической точки зрения задачей.

Весь представленный спектр тренажеров условно можно разделить на две группы (рисунок 1):

1) компьютерные автомобильные тренажеры, воспроизводящие только визуальную информацию, без имитации вестибулярной;

2) компьютерные автомобильные тренажеры, имитирующие и визуальную, и вестибулярную информацию [9, 10].

⁵ Приказ Министерства образования и науки РФ от 26 декабря 2013 г. N 1408 «Об утверждении примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий» (с изменениями на 19 октября 2017 года) : утв. М-вом

⁶ Основы инженерной психологии : учебник / ред. Б. Ф. Ломов. М. : Высшая школа, 1986. 447 с.

⁷ Гуслиц, В.С. Автомобильные тренажеры / В.С. Гуслиц, Н.А. Игнатов, В.А. Иларионов. М. : Транспорт, 1975. 96 с.

⁸ Иларионов, В. А. Технические средства обучения водителей / В.А. Иларионов, М.В. Кошелев, В.М. Мишуринов. М. : ДОСААФ, 1979. 159 с.

⁹ Применение автомобильного модульного тренажерного комплекса при подготовке водителей. Подуремья А.В., Заварзин А.Т., Щербаков Е.Д. В сборнике : Наука, образование и инновации в современном мире. Материалы национальной научно-практической конференции. 2018. С. 83–88.

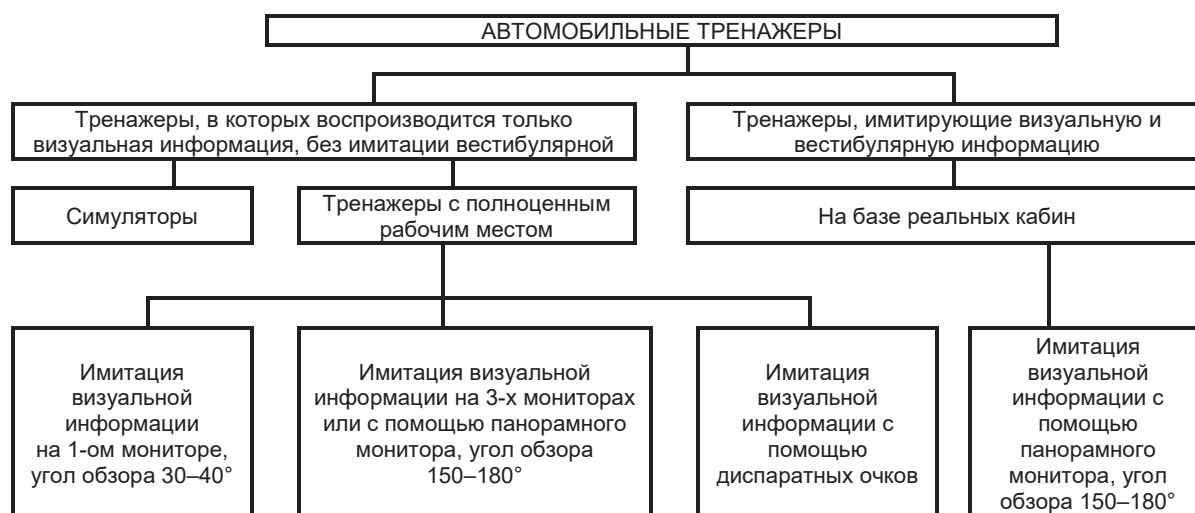


Рисунок 1 – Классификация тренажеров

Figure 1 – Classification of simulators

Компьютерные автомобильные тренажеры, в которых воспроизводится только визуальная информация

Тренажеры, в которых воспроизводится только визуальная информация, можно разделить на две подгруппы: симуляторы и тренажеры с полноценным рабочем местом (см. рисунок 1).

Термин симулятор (или автомобильный симулятор, сокращенно автосимулятор) заимствован из современной западной литературы. Под симуляторами¹⁰ понимаются компьютерные имитаторы, моделирующие управление каким-либо процессом, аппаратом или транспортным средством [12, 13]. Чаще всего сейчас термин «симулятор» используется применительно к компьютерным программам, имитирующим движение автомобиля, в которых управление осуществляется при помощи специальной игровой приставки [12].

Содержание информационных моделей, используемых в симуляторах, зачастую не публикуется в известных авторам научных источниках, что не позволяет произвести оценку качества симуляторов с точки зрения адекватности навыков, формируемых при их использовании.

В конструкцию тренажера с полноценным рабочим местом входит комплекс устройств, включающих водительское кресло, со всеми органами управления, средствами ото-

бражения информации и вспомогательным оборудованием, аналогичных тем, что устанавливаются на реальных автомобилях, предназначенных для осуществления деятельности водителя.

Тренажеры данной группы позволяют сформировать первоначальные (моторные) навыки по управлению автомобилем и обеспечивают закрепление теоретических знаний, путем моделирования различных дорожно-транспортных ситуаций [9, 10, 11].

Такие тренажеры обычно состоят из трех модулей (рисунок 2):

1) модуль, с полноценным рабочим местом водителя;

1) аппаратно-программный модуль – это персональный компьютер, с программным обеспечением и устройством согласования, обеспечивающего совместную работу датчиков органов управления тренажера и компьютера;

2) визуально-акустический модуль, состоящий из монитора(ов), с помощью которых моделируется визуальная информация из акустических колонок, которые воспроизводят основные шумы, возникающие при движении автомобиля (шум обгоняемых автомобилей, визг шин при торможении и т.д.), а также акустические характеристики работы различных агрегатов и систем автомобиля (звук пуска двигателя).

¹⁰ Англо-русский словарь по вычислительной технике и программированию (The English-Russian Dictionary of Computer Science) : около 55 тыс. статей. 8-е изд., испр. и доп. © ABBYY, 2008; © Масловский Е.К., 2008.



а – имитация визуальной информации
на 1-м мониторе, угол обзора 30–40°¹¹
a – imitation of visual information
on the 1 monitor, the viewing angle of 30–40°



б – имитация визуальной информации
на 3-х мониторах, угол обзора 150–180°¹²
b – imitation of visual information
on 3 monitors, viewing angle of 150–180°



в – имитация визуальной информации с помощью
панорамного монитора, угол обзора 150–180°¹³
c – simulation of visual information using a panoramic
monitor, viewing angle of 150–180°



г – имитация визуальной информации
с помощью диспаратных очков¹⁴
d – simulation of visual information
using disparate glasses

Рисунок 2 – Тренажеры с имитацией рабочего места водителя

Figure 2 – Simulators of the driver's workplace

¹¹ Автотренажер. Производство и продажа тренажеров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://auto-trener.ru> (дата обращения: 17.07.2019).

¹² Там же.

¹³ Forward. Симуляторы, автотренажеры, тренажеры спецтехники [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.autotrenajer.ru> (дата обращения: 17.07.2019).

¹⁴ Там же.

Использование информационных технологий (компьютерная программа) тренажеров позволяет:

- осуществлять подготовку водителей по отработке первоначальных навыков управления путем выполнения испытательных упражнений («остановка и начало движения на подъеме»; «разворот в ограниченном пространстве»; «въезд в бокс задним ходом»; «параллельная парковка»; «змейка»; «повороты на 90 градусов»).

- формировать навыки вождения в городской среде и по загородным трассам (своевременное реагирование на сигналы светофора и дорожные знаки, управление автомобилем в плотном потоке машин, проезд перекрестков и т.п.).

- совершать контроль со стороны инструктора за действиями обучаемого путем анализа статистики ошибок каждого из учеников на протяжении всего курса обучения, в том числе при выполнении групповых упражнений [9, 10, 11].

Различаются тренажеры данного типа только способом предъявления визуальной информации.

Самым простым является вариант, когда обучаемому на один плоский монитор предъявляется картинка, представляющая из себя искусственно сформированное визуально наблюдаемое виртуальное пространство (рисунок 2,а) с углом обзора в горизонтальной плоскости 30–40° [18].

Основными преимуществами данных тренажеров являются:

- 1) надежность (срок службы 8–10 лет);
- 2) компактность (площадь размещения не более 10 м²);
- 3) относительно невысокая стоимость (не дороже стоимости учебного автомобиля).

Поэтому тренажеры данного типа чаще всего используются для обучения в автошколах.

Для имитации визуальной информации используются псевдообъемные системы моделирования наблюдаемого изображения местности, так называемые 3D-модели 3D-графика (рисунок 3) [18]. Во всех таких системах с помощью экранов формирования промежуточного изображения моделируются двухмерные проекции трехмерных объектов, которые за-

тем зрительным аппаратом человека преобразуются в иллюзию наблюдения трехмерного объекта [19, 20].

При моделировании проектируется вся окружающая водителя дорожная обстановка (дорога, тротуары, перекрестки, сооружения и здания, заборы, деревья и кустарники, попутный и встречный транспорт, средства организации дорожного движения, пешеходы и т.д.), что позволяет добиться высокой степени достоверности по качеству, сравнимому с изображениями, полученными при использовании видеокамер (см. рисунок 3) [19, 20]. Однако стоимость имитации визуальной информации составляет до 90% от стоимости самого тренажера [19].

Основным недостатком данных тренажеров является то, что объемное изображение проецируется на плоский монитор, а не на сферическую поверхность, концентричную сетчатке глаза. Поэтому появляется искажение границ поля зрения, а информация, воспринимаемая периферийным зрением, не моделируется вовсе, тогда как при выполнении различных маневров в реальных условиях водитель контролирует положение автомобиля, используя угол обзора не менее 180°. Например, водители общественного транспорта точность остановки автобуса или троллейбуса контролируют через боковое стекло, используя периферийное зрение (рисунок 4).

Этот недостаток устраняется путем установки вместо обычного монитора трех широкоформатных мониторов или панорамного монитора, обеспечивающих водителю угол обзора в горизонтальной плоскости от 150° до 180° (рисунок 2, б, в).

Однако данная визуальная информационная модель тоже имеет свои недостатки. Дело в том, что при таком способе предъявления информации на монитор выводится изображение дороги не ближе 4–80 м от передней части автомобиля [18, 19, 20].

Наличие «мертвой зоны» между глазом обучаемого и первой, ближайшей к нему модели трехмерного объекта, не позволяет формировать навыки, связанные с определением расстояния до движущихся объектов или между движущимися объектами во времени, что имеет важное значение для профессионального мастерства водителя [18, 19, 20].



Рисунок 3 – Примеры имитации визуальной информации на тренажерах¹⁵

Figure 3 – Examples of simulating visual information on simulators



Рисунок 4 – Остановка при движении у выбранного ориентира параллельно тротуару (вид с места водителя)

Figure 4 – Stop while driving at the selected landmark parallel to the sidewalk (driver's seat view)

Для решения этой проблемы производители тренажеров предлагают использовать визуальную систему с диспаратными очками (стереочки, виртуальный шлем, стереодисплей) – это система, позволяющая достичь стереоэффекта, ощущение протяжённости пространства и рельефности местности. Данный эффект достигается путем моделирования каждому глазу человека своего изображения, синтезированного с учетом расположения этого глаза в пространстве (рисунок 2, г). Преимуществом системы с диспаратными очками является отсутствие «мёртвой зоны», недостатком – значительное число обучаемых

первоначально должны научиться видеть такую модель, а также удорожание подобных тренажеров вследствие необходимости использования дополнительного оборудования [18, 19, 20].

Главным недостатком компьютерных автомобильных тренажеров без имитации вестибулярной информации является то, что в них не моделируются линейные и угловые ускорения (замедления), которые испытывает водитель при управлении реальным автомобилем, а это в свою очередь не позволяет сформировать следующие навыки: остановку в заданном месте с применением плавного торможения,

¹⁵ Автотренажер. Производство и продажа тренажеров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://auto-trener.ru> (дата обращения: 17.07.2019).

выбора оптимального ускорения автомобиля, управления транспортным средством при прохождении поворотов различного радиуса.

Автомобильные тренажеры, имитирующие визуальную и вестибулярную информацию

Основным отличительным признаком тренажеров данной группы является наличие системы имитации вестибулярной информации. Имитация линейных и угловых ускорений в таких тренажерах реализуется путем использования в их конструкции различного вида динамических платформ или стендов [21].

Под динамическим стендом тренажера (или динамический стенд) понимается устройство, предназначенное для перемещения кабины тренажера в пространстве¹⁶.

Основная группа автомобильных тренажеров, в которых используются различного вида динамические стенды, спроектированы на базе кабин автомобиля (рисунок 5).

Информационная модель таких тренажеров отличается большей адекватностью реальному процессу движения, чем тренажеры, не имеющие системы имитации вестибулярной информации¹⁷ [22].

В состав таких тренажеров входят следующие модули:

1) кабина автомобиля, моделирующая полноценный интерьер рабочего места водителя, с активной панелью приборов;

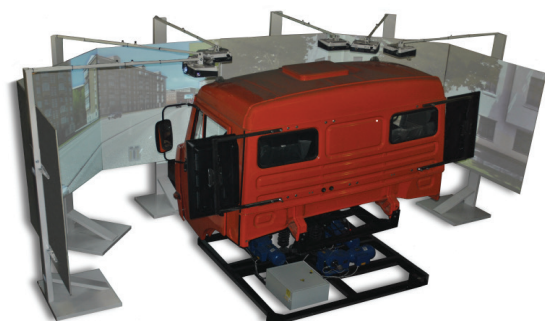
2) визуально-акустический модуль, состоящий из панорамного монитора и акустической системы;

3) аппаратно-программный модуль;

4) динамическая платформа, имитирующая ускорения, испытываемые водителем при разгоне, торможении и повороте, а также неровность дорожного покрытия и вибрации двигателя [23].

Преимуществами такого вида тренажеров являются:

– полноценный интерьер рабочего места водителя позволяет сформировать навык работы не только с основными органами управления автомобиля (рулевое колесо, pedalный узел, рычаг коробки передач и стояночный тормоз), но и с дополнительными (рычаги управления системой отопления и вентиляции и т.д.);



а – Тренажер автомобиля КамАЗ¹⁸
a – Simulator of KAMAZ



б – Тренажер вождения легковых автомобилей¹⁹
b – Passenger car driving simulator

Рисунок 5 – Автомобильные тренажеры на базе реальных кабин автомобилей

Figure 5 – Car simulators on the basis of the actual vehicle's cabs

¹⁶ ГОСТ 21659–76 «Тренажеры авиационные. Термины и определения». Введ. 1977.07.01. М. : Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1978. 8 с.

¹⁷ Зверев Ю.В., Спиридонов Е.Г. Обучение водителя транспортного средства с помощью электронных систем. Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. 2015. Издательство : Автомобильно-транспортный институт (Воронеж). С. 66–74.

¹⁸ Forward. Симуляторы, автотренажеры, тренажеры спецтехники [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.autotrenajer.ru> (дата обращения: 17.07.2019).

¹⁹ Тренажеры вождения легковых автомобилей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://logos-sim.com/ru> (дата обращения: 17.07.2019).

– панорамный экран, мониторы для обзора через зеркала заднего вида, а также наличие системы, позволяющей определять положение головы водителя для формирования визуальной информации, с учетом перемещения точки наблюдения обеспечивают максимальное приближение условий обучения к условиям работы водителя реального автомобиля;

– использование динамической платформы позволяет имитировать изменения скорости движения в различном диапазоне, движение по инерции, движение на подъемах и спусках, торможение рабочей тормозной системой, а также двигателем или комбинированным способом, угловые ускорения, воздействующие на водителя при прохождении поворотов;

– инструктор имеет возможность проводить автоматическую фиксацию допускаемых ошибок, выставлять оценки за выполненные упражнения, формировать базы данных о результатах обучаемых;

– имеется возможность работы как отдельного рабочего места обучаемого, так и в составе учебного класса, с объединением нескольких тренажеров и одного рабочего места инструктора.

В настоящее время все большее применение в составе тренажеров получают шестистепенные динамические платформы или стенды на основе гексапода, такие платформы имеют повышенную подвижность и могут имитировать кроме угловых ускорений еще вращательное движение вокруг вертикальной оси, а также линейные ускорения в вертикальной, продольной и поперечной плоскостях [24, 25].

Основными недостатками таких тренажеров являются:

- сложность и громоздкость конструкции;
- отсутствие мобильности;
- необходимость больших площадей;
- потребность периодического технического обслуживания силовых агрегатов;
- большое потребление электроэнергии;
- высокая стоимость (больше стоимости учебного автомобиля).

Поэтому приобретать такие тренажеры могут только крупные автошколы и учебные центры, тогда как частные автошколы не имеют возможности для их установки и приобретения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результатом работы авторы считают классификацию автомобильных тренажеров, используемых для обучения водителей автомобилей, по соответствию их информационных моделей информации, воспринимаемой водителем в процессе управления автомобилем.

В качестве классификационных приняты следующие признаки:

- 1) угол обзора предъявляемой визуальной информации;
- 2) наличие имитации вестибулярной информации.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Информационные модели тренажеров низкобюджетной группы имитируют достаточно условную визуальную информацию о дорожной обстановке с углом обзора в горизонтальной плоскости 30–40°.

2. Информационные модели тренажеров, обеспечивающих визуальную информацию с углом обзора в горизонтальной плоскости 150–180° более приближены к реальности, но также не могут быть признаны достаточно полными.

3. Наиболее совершенную информационную модель обеспечивают тренажеры на динамической платформе, так как помимо визуальной информации с углом зрения 180° тренажеры этой группы имитируют вестибулярную информацию, возникающую в процессе управления автомобилем. Использование тренажеров на динамической платформе представляется наиболее эффективным. Однако их широкое применение при обучении водителей сдерживается высокой стоимостью тренажеров, необходимостью монтажа в специальном помещении, сложностью обслуживания.

Представленный в статье анализ информационной модели тренажеров может быть полезен для дальнейшего развития науки в исследуемой области. Выявленные достоинства и недостатки современных тренажеров помогут при выборе модели тренажеров, при организации учебного процесса в автошколах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кравченко Л.А., Дубинина Ж.В., Берека И.А. Система обучения водителей в автошколе с учетом личностных качеств // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2019. № 1 (56). С. 42–48.
2. Храмченков А.Г., Пехтерев М.М., Ковалёв А.Ф. Водительские навыки и их формирование // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2007. № 1 (6). С. 68–71.
3. Ильина И.Е., Лянденбургский В.В., Пылайкин С.А., Кротова Е.А. Формирование навыков управления автомобилем на автотренажере // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. № 5 (24). С. 149.
4. Ильина И.Е., Лянденбургский В.В., Звижинский А.И., Евстратова С.А. Использование автотренажеров в обучении водителей категории «В» // Мир транспорта и технологических машин. 2013. № 1 (40). С. 103–108.
5. Серикова М.Г., Терехов В.М. Совершенствование подготовки специалистов для предприятий автомобильного транспорта // Транспортное дело России. 2014. № 3. С. 68–69.
6. Calvi A., Benedetto A., De Blasii M.R. A driving simulator study of driver performance on deceleration lanes // Accident Analysis and Prevention. 2012 т. 45. С. 195–203.
7. Roguski Ja., Wantoch-Rekowski R., Koszela Ja., Majka A. Concept of simulator for training fire truck drivers in the national fire-extinguishing system // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2012. Т. 28. С. 71–81.
8. Лянденбургская А.В., Морозов И.С., Ильина И.Е., Лянденбургский В.В. Требования к цифровым методам моделирования на тренажере // Уральский научный вестник. 2017. Т. 4. № 3. С. 16–18.
9. Есеновский-Лашков Ю.К. Тренажеры, моделирующие управление автомобилем // Автомобильная промышленность. 2008. № 5. С. 38–40.
10. Трофименко Ю.В., Шашина Е.В. Автобусные тренажеры для подготовки и оценки надежности водителей автобусов // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник/ ВИНТИ РАН. М.: ВИНТИ, 2008. N 8. С.44–47.
11. Родионов Ю.В., Ветохин А.С. Современная концепция обучения и повышения квалификации водителей на автомобильном транспорте // Автотранспортное предприятие. 2008. № 6. С.20–26.
12. Мазур В.В. Современные автомобильные тренажеры // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. 2007. № 2. С. 145–150.
13. Князева Г.В. Виртуальная реальность и профессиональные технологии визуализации // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2010. № 15. С. 68–76.
14. Ambrož Miha, Prebil Ivan. i3Drive, a 3D interactive driving simulator // IEEE Computer Graphics and Applications.– 2010 т. 30 № 2. С. 86–92.
15. Mourant Ronald R., Ahmad Najla, Jaeger Beverly K., Lin Yingzi . Optic flow and geometric field of view in a driving simulator display // Displays. 2007. С. 145–149.
16. Родионов Ю.В., Ветохин А.С. Динамический автотренажер // Мир транспорта и технологических машин. 2011. № 4. С. 90–93.
17. Яглинский В.П., Гутыря С.С., Обайди А.С., Фелько Н.В., Беликов В.Т. Моделирование акселерационного воздействия на экипажи мобильных машин // Технологічні комплекси. 2014. № 2 (10). С. 100–106.
18. Найниш Л.А., Кувшинова О.А., Роганова Э.В., Мещерякова Е.Н. Некоторые оценки эффективности машинного синтеза изображений местности, влияющие на процесс обучения при использовании тренажеров водителей транспортных средств // Современные информационные технологии. 2017. № 26 (26). С. 129–138.
19. Роганов В.Р. Особенности оптико-аппартно-программных комплексов моделирования 3D-изображения // Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров. 2015. С. 83–91.
20. Четвергова М.В., Роганов В.Р., Сёмочкин А.В. Использование оптико-аппартно-программных комплексов для обучения управления подвижными объектами // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 174.
21. Савельев А.М., Степанов А.В. Автомобильный тренажер с системой имитации акселерационных эффектов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2012. № 2 (3). С. 127–130.
22. Прошин И.А., Тимаков В.М., Прошкин В.Н. Тренажер плавающего объекта для обучения экипажей действиям в чрезвычайных

ситуациях // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2009. № 1. С. 82–87.

23. Лянденбургская А.В., Морозов И.С., Ильина И.Е., Лянденбургский В.В. Динамические воздействия на тренажере // Приднепровский научный вестник. 2017. Т. 8. № 1. С. 72–75.

24. Яглинский В.П., Обайди А.С., Фелько Н.В. Повышение подвижности кабин динамических тренажеров мобильных машин. Технологический аудит и резервы производства. 2014. Т. 3. № 4 (17). С. 44–48.

25. Колосков Б.Б. Применение шестистепенной динамической платформы в тренажере вождения бронетанковой техники // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 11 (3). С. 246–252.

REFERENCES

1. Kravchenko L.A., Dubinina ZH.V., Bereka I.A. Sistema obucheniya voditelej v avtoshkole s uchetom lichnostnyh kachestv [Driver training system in driving school with personal quality assessment]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2019; 1 (56): 42–48 (in Russian).

2. Hramchenkov A.G., Pekhterev M.M., Kovalyov A.F. Voditel'skie navyki i ih formirovanie [Driving skills and their formation]. *Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skohozyajstvennogo naznacheniya*. 2007; 1 (6): 68–71 (in Russian).

3. Il'ina I.E., Lyandenburskij V.V., Pylajkin S.A., Krotova E.A. Formirovanie navykov upravleniya avtomobilem na avtotrenazhere [Formation of skills of driving on the simulator]. *Internet-zhurnal Naukovedenie*. 2014; 5 (24): 149 (in Russian).

4. Il'ina I.E., Lyandenburskij V.V., Zvizhinskij A.I., Evstratova S.A. Ispol'zovaniye avtotrenazherov v obuchenii voditelej kategorii "V" [Use of simulator in the training of drivers of the "B" category]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2013; 1 (40): 103–108 (in Russian).

5. Serikova M.G., Terekhov V.M. Sovershenstvovanie podgotovki specialistov dlya predpriyatij avtomobil'nogo transporta [Improvement of training for road transport companies]. *Transportnoye delo Rossii*. 2014; 3: 68–69 (in Russian).

6. Calvi A., Benedetto A., De Blasiis M.R. A driving simulator study of driver performance on

deceleration lanes. *Accident Analysis and Prevention*, 2012, vol. 45, pp. 195–203.

7. Roguski Ja., Wantoch-Rekowski R., Koszela Ja., Majka A. Concept of simulator for training fire truck drivers in the national fire-extinguishing system. *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*. 2012; 28:71–81.

8. Lyandenburskaya A.V., Morozov I.S., Il'ina I.E., Lyandenburskij V.V. Trebovaniya k cifrovym metodam modelirovaniya na trenazhere [Requirements for digital simulation methods on the simulator]. *Ural'skij nauchnyj vestnik*. 2017; 4, no 3: 16–18 (in Russian).

9. Esenovskij-Lashkov Yu.K. Trenazhery, modeliruyushchie upravleniye avtomobilem [Simulators, simulating driving]. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2008; 5: 38–40 (in Russian).

10. Trofimenko Yu.V., Shashina E.V. Avtobusnye trenazhery dlya podgotovki i ocenki nadezhnosti voditelej avtobusov [Bus simulators for evaluation of bus drivers' reliability]. *Transport: nauka, tekhnika, upravleniye: nauchnyj informacionnyj sbornik/ VINITI RAN*, 2008; 8: 44–47 (in Russian).

11. Rodionov Yu.V., Vetohin A.S. Sovremennaya koncepciya obucheniya i povysheniya kvalifikacii voditelej na avtomobil'nom transporte [Modern concept of training and advanced training of drivers in road transport]. *Avtotransportnoye predpriyatie*. 2008; 6: 20–26 (in Russian).

12. Mazur V.V. Sovremennyye avtomobil'nye trenazhery [Modern car simulators]. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Pt. Estestvennye i inzhenernye nauki - razvitiyu regionov Sibiri*, 2007; 2: 145–150 (in Russian).

13. Knyazeva G.V. Virtual'naya real'nost' i professional'nye tekhnologii vizualizacii [Virtual reality and professional visualization technologies]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva*. 2010; 15: 68–76 (in Russian).

14. Ambroh Miha, Prebil Ivan. i3Drive, a 3D interactive driving simulator. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2010; 30, no. 2: 86–92.

15. Mourant Ronald R., Ahmad Najla, Jaeger Beverly K., Lin Yingzi. Optic flow and geometric field of view in a driving simulator display. *Displays*. 2007: 145–149.

16. Rodionov Yu.V., Vetohin A.S. Dinamicheskij avtotrenazher [Dynamic simulator]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2011; 4: 90–93 (in Russian).

17. Yaglinskij V.P., Gutyrva S.S., Obajdi A.S., Fel'ko N.V., Belikov V.T. Modelirovanie aksel-

eracionnogo vozdejstviya na ekipazhi mobil'nyh mashin [Modeling of acceleration exposure crews on mobile machines]. *Tekhnologichni kompleksi*. 2014; 2 (10): 100–106 (in Russian).

18. Nainish L.A., Kuvshinova O.A.I., Roganova E. V., Meshcheryakova E. N. Nekotorye ocenki effektivnosti mashinnogo sinteza izobrazhenij mestnosti, vliyayushchie na process obucheniya pri ispol'zovanii trenazhyorov voditelej transportnyh sredstv [Some estimations of the efficiency of machine-site synthesis of the images affecting the training process when using trainers of vehicle drivers]. *Sovremennye informacionnye tekhnologii*. 2017; 26 (26): 129–138 (in Russian).

19. Roganov V.R. Osobennosti optiko-apparato-programmnyh kompleksov modelirovaniya 3D izobrazheniya [Features of optical-hardware-software complexes of 3D image modeling]. *Teoriya i praktika imitacionnogo modelirovaniya i sozdaniya trenazherov*. 2015: 83–91 (in Russian).

20. Chetvergova M.V., Roganov V.R., Symochkin A.V. Ispol'zovanie optiko-apparato-programmnyh kompleksov dlya obucheniya upravleniya podvizhnymi ob'ektami [Using optical-hardware-software complex for management training of moving objects]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014; 6: 174 (in Russian).

21. Savel'ev A.M., Stepanov A.V. Avtomobil'nyj trenazher s sistemoy imitacii akseleracionnyh effektivov [Car simulator with acceleration effects simulation system]. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve*. 2012; 2 (3): 127–130 (in Russian).

22. Proshin I.A., Timakov V.M., Proshkin V.N. Trenazher plavayushchego ob'ekta dlya obucheniya ekipazhej deystviyam v chrezvychajnyh situatsiyah [Floating simulator for flight crew emergency training]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Iss: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*. 2009; 1: 82–87 (in Russian).

23. Lyandenburskaya A.V., Morozov I.S., Il'ina I.E., Lyandenburskij V.V. Dinamicheskie vozdejstviya na trenazhere [Dynamic effects on the simulator]. *Pridneprovskij nauchnyj vestnik*. 2017; vol. 8, no 1: 72–75 (in Russian).

24. Yaglinskij V.P., Obajdi A.S., Fel'ko N.V. Povyshenie podvizhnosti kabin dinamicheskikh trenazherov mobil'nyh mashin [Increasing the mobility of cabins of dynamic simulators of mobile machines]. *Tekhnologicheskij audit i rezervy proizvodstva*. 2014; 3, no 4 (17): 44–48 (in Russian).

25. Koloskov B.B. Primenenie shestistepennoj dinamicheskoy platformy v trenazhere vozhdeniya bronetankovoy tekhniki [Application of the six-test dynamic platform in the simulation of the armored vehicles' driving]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2017; 11–3: 246–252 (in Russian).

Поступила 09.08.2019, принята к публикации 25.10.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Белякова Александра Владимировна (г. Омск, Россия) – старший преподаватель кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ORCID -0000-0001-9430-5128, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: alek-belyakova@yandex.ru).

Савельев Борис Вадимович (г. Омск, Россия) – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: saveljev@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexandra V. Belyakova – Senior Lecturer, Cars, Structural Materials and Technologies Department, ORCID 0000-0001-9430-5128, Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: alek-belyakova@yandex.ru).

Boris V. Saveliev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Cars, Structural Materials and Technologies Department, Siberian State Automobile and Highway University, (644088, Omsk, 5, Mira Ave, e-mail: saveljev@yandex.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Белякова А.В. Исследование и анализ материалов. Формирование разделов: «Аннотация», «Введение» (1/2), «Материалы и методы», «Результаты» (1/2), «Обсуждение и заключение» (1/2). Оформление готового варианта статьи.

Савельев Б.В. Проверка и корректировка статьи. Рекомендации по исследованию материалов. Формирование разделов: «Введение» (1/2), «Результаты» (1/2), «Обсуждение и заключение» (1/2).

AUTHORS' CONTRIBUTION

Alexandra V. Belyakova – materials' research and analysis; formation of such sections as

“Abstract”, “Introduction” (1/2), “Materials and methods”, “Results” (1/2), “Discussion and conclusions” (1/2); formatting of the finished manuscript's version.

Boris V. Saveliev – verification and correction of the article; recommendations for the materials' research; formation of such sections as “Introduction” (1/2), “Results” (1/2), “Discussion and conclusions” (1/2).