УДК 656.1

© В. Н. Добромиров, д-р техн. наук, профессор

© А. М. Войтко, ст. преподаватель

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: viktor.dobromirov@mail.ru, 6876104@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-1-133-139

© V. N. Dobromirov, Dr. Sci. Tech., Professor

© A. M. Voytko, senior lecturer

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)

E-mail: viktor.dobromirov@mail.ru, 6876104@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТИПА АМОРТИЗАТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОСАНИТАРНОЙ МАШИНЫ К КРЕНАМ ЕЕ ПОДРЕССОРЕННОЙ МАССЫ

THE INFLUENCE OF THE SHOCK ABSORBER TYPE ON THE STABILITY OF AN AMBULANCE VEHICLE TO THE ROLLS OF ITS SPRING-SUSPENDED WEIGHT

Проведена оценка устойчивости автосанитарной машины к поперечному и продольному кренам как параметрам, влияющим на качество оказания медицинских услуг при транспортировке пострадавшего. Приведены результаты дорожного эксперимента по оценке устойчивости к таким кренам в условиях имитации доставки тяжелообольного до медицинского учреждения. Эксперименты проведены на машинах скорой помощи, оборудованных на базе автомобилей «Форд Транзит», с применением различных типов демфирующих элементов в их подвеске: двух вариантов двухтрубных гидравлических амортизаторов; однотрубных гидропневматических амортизаторов; пневматической подвески. В качестве оценочных параметров использовались фактические угловые ускорения кренов салона автомобиля в сравнении с допустимыми по медицинским показателям значениями этих величин. Показано, что с позиции обеспечения наилучшего комфорта пациента и медицинского экипажа предпочтительным является применение в подвеске автомобилей скорой помощи однотрубных гидропневматических амортизаторов, установка которых допустима в условиях эксплуатационной модернизации машины.

Ключевые слова: автосанитарная машина, устойчивость, подрессоренная масса, поперечный и продольный крены, угловая скорость и ускорение, порог раздражения.

The article presents the results of assessing the stability of the ambulance vehicle to lateral and longitudinal rolls regarding them as parameters affecting the quality of health care to the transported victim. The authors present the results of a road testing aimed at assessing the vehicle resistance to such rolls under conditions of imitation of a seriously ill patient's delivery to a medical institution. The tests were carried out on ambulances equipped on the basis of Ford Transit vehicles, using various types of damping elements in the suspension, namely, two variants of two-tube hydraulic shock absorbers; one-tube hydro-pneumatic shock absorbers; air suspension. As the estimated parameters, there were used the values of actual angular acceleration of the passenger compartment rolls in comparison with the values admissible for medical indicators. It is shown that from the standpoint of providing the best comfort for the patient and the medical crew of ambulance, it is preferable to use in the vehicle suspension the single-tube hydro-pneumatic shock absorbers, the installation of which is permissible under conditions of operational modernization of the vehicle.

Keywords: ambulance car, stability, spring-suspended weight, lateral and longitudinal rolls, angular velocity and acceleration, irritation threshold.

Оказание скорой медицинской помощи в условиях мегаполиса предъявляет ряд специфических требований к эксплуатационным свойствам автосанитарного транспорта. В первую очередь это касается плавности хода автомобиля и устойчивости к кренам его подрессоренной

массы [1]. Анализ соответствия параметров, характеризующих эти свойства, реальным условиям эксплуатации санитарных машин в крупных городах выявил ряд конструктивных недостатков, негативно отражающихся на качестве оказания медицинской услуги по транспортировке

пострадавших. Так, статистика неисправностей при оперативной эксплуатации машин скорой помощи на базе автомобилей «Форд Транзит» выявила один из наиболее частых отказов — выход из строя штатных двухтрубных гидравлических амортизаторов, причина которого — интенсивные вертикальные перемещения рабочего поршня при небольших ходах сжатия и отбоя, характерные для движения по типичным искусственным и естественным препятствиям городской дорожной среды. Работа двухтрубного амортизатора в таком режиме сопровождается интенсивным выделением тепла в процессе дросселирования амортизаторной жидкости, что при проблемах двухтрубного амортизатора с теплоотводом приводит к вспениванию рабочей жидкости с проявлением «пробоев» и разгерметизации системы.

Установка на некоторых модификациях автосанитарных автомобилей типа «Форд Транзит» пневматической подвески решает обозначенную проблему, что порождает недостатки, связанные с установкой пневматических баллонов, а именно с необходимостью в их крепеже по нижним опорам, вследствие чего уменьшается дорожный просвет. В зимнее время нижние опоры могут контактировать с наледью при попадании автомашины скорой помощи в колею (частая проблема), что чревато срывом опоры с повреждением подвески.

Известно, что всех указанных недостатков лишены однотрубные гидропневматические амортизаторы [2]. Однако корректное обоснование целесообразности установки на автосанитарные машины таких амортизаторов потребовало проведения сравнительной оценки всех трех вариантов технических решений по показателям плавности хода и устойчивости салона автомобиля к кренам. С этой целью были разработаны математическая модель [3] и специальная программа для ЭВМ [4], позволившие рассчитать конструктивные параметры однотрубного гидропневматического амортизатора, взаимозаменяемого с двухтрубным гидравлическим. На базе этих расчетов был спроектирован и изготовлен промышленным способом комплект однотрубных амортизаторов для проведения сравнительных испытаний [5, 6].

Дорожные испытания были проведены с тремя вышеуказанными типами подвесок. Критериями сравнительной оценки стали максимальные вертикальные ускорения на месте расположения транспортируемого пациента при переезде типовых дорожных искусственных препятствий и максимальные угловые ускорения при продольном и поперечном кренах салона автомобиля при интенсивных торможениях и крутых поворотах автомобиля [6–8].

Результаты сравнительной оценки вертикальных ускорений при переезде дорожных неровностей, приведенные в работе [9], показали, что с точки зрения обеспечения плавности хода при переезде типовых препятствий наиболее эффективным является однотрубный гидропневматический амортизатор. По принятой балльной системе оценок он соответствует 27,5 баллам, в то время как пневматическая подвеска оценивается 24,5 баллами, а гидравлический амортизатор — 20 баллами.

Дорожный эксперимент по оценке поперечной и продольной устойчивости производился на базе ГУП «Медсантранс» в соответствии с заранее заданными условиями движения автомобилей при прохождении поворота, а также резкого замедления при применении экстренного торможения. В процессе экспериментов проводился замер угловой скорости кренов с последующим пересчетом ее в угловое ускорение для автомобилей скорой помощи в штатной и модернизированной медицинской комплектации при трех исследуемых вариантах конструкции подвески. Скорости прохождения поворота на 90 градусов с радиусом в 15 м составляли 20, 30 и 40 км/ч. Образцы записи результатов замеров для трех вариантов подвесок при скорости 20 км/ч представлены на рис. 1.

Результаты расчета максимальных поперечных угловых ускорений представлены в табл. 1, а продольных — в табл. 2. На рис. 2 и 3 приведена графическая интерпретация полученных результатов.

Пороговое значение раздражения по медицинским показателям составляет для вертикальных ускорений 11–12 см/с², для угловых — 2 град/с² при продолжительности действия 0,8 с и 80 град/с² при продолжительности действия 0,022 с [10, 11]. Опыт показывает, что восприя-

Рис. 1. Показания поперечной угловой скорости при повороте на 90 градусов при скорости 20 км/ч на автомобиле: — с двухтрубным гидравлическим амортизатором; — с однотрубным гидропневматическим амортизатором; — с пневматической подвеской

Таблица 1
Максимальные поперечные угловые ускорения при повороте на 90 градусов при радиусе 15 м

Тип амортизатора	Скорость, км/ч		
	20	30	40
	Ускорение, град/с ²		
Гидравлический (а/м штатного исполнения)	10,93	14,5	18,04
Гидравлический (а/м модернизированный)	11,87	16,55	20,12
Гидропневматический	10,69	11,05	15,76
Пневматический	11,07	15,11	24,96
Порог раздражения	2	2	2

Таблица 2
Максимальные продольные угловые ускорения при торможении

Тип амортизатора	Скорость, км/ч		
	40	50	60
	Ускорение, град/с ²		
Гидравлический (а/м старого образца)	2,6	3,3	3,64
Гидравлический (а/м нового образца)	2,99	3,28	4,07
Гидропневматический	2,42	3	3,1
Пневматический	2,97	3,73	4,49
Порог раздражения	2	2	2

тие негативного воздействия ускорения на человеческий организм изменяется с изменением продолжительности и направления его действия.

Чем большие ускорения и связанные с ними нагрузки передаются голове, тем ощущения неприятнее. Как утверждает Ротенберг Р. В., лучше всего переносятся ускорения, направленные перпендикулярно продольной оси тела сидящего человека (ускорения, возникающие при разгонах или торможении автомобиля), хуже — в направлении, при котором голова смещается по отношению к телу (например, при горизонтальных колебаниях, перпендикулярных продольной оси тела лежащего человека). Еще хуже переносятся ускорения, направленные вдоль продольной оси тела, так как они передаются голове почти не смягченные. Наиболее плохо переносятся короткие, резкие вертикальные толчки. Для угловых колебаний отмечено, что действие наклонов в поперечной плоскости ощущается пассажиром в 2–4 раза слабее, чем действие наклонов в продольной плоскости автомобиля [10].

Рис. 2. Максимальные поперечные угловые ускорения при повороте на 90 градусов при радиусе 15 м:

- порог раздражения;
- гидравлический (а/м штатного исполнения);
- гидравлический (а/м модернизированный);
- гидропневматический;
- пневматическая подвеска

Рис. 3. Максимальные продольные угловые ускорения при торможении:

- порог раздражения;
- гидравлический (а/м штатного исполнения);
- гидравлический (а/м модернизированный);
- гидропневматический;
- пневматическая подвеска

Обработка полученных результатов показала, что штатный двухтрубный гидравлический амортизатор по гашению неприятных ощущений у транспортируемого лежащего пациента уступает однострубному гидропневматическому на всех скоростях прохождения поворота на 90 градусов, а также при аварийном полном торможении.

Стоит отметить, что сегодня происходит активное обновление автопарка санитарных машин ГУП «Медсантранс», связанное с насыщением его образцами, подвергнутыми медицинской модернизации, которая предусматривает размещение в салоне усовершенствованного мебельного бокса увеличенной высоты и массы для медицинского оборудования расширенной номенклатуры (рис. 4). Это повлекло за собой увеличение высоты медицинского салона и нагрузки на заднюю ось примерно на 1800 Н, а также изменение конструкции задних амортизаторов, в которых ход штока стал меньше прежнего на 0,002 м.

Таким образом, реализация требований по оснащению автосанитарных машин современным медицинским оборудованием на автомобиле «Форд Транзит» привела к увеличению высо-

ты центра тяжести автомобиля, что вызвало, как показали сравнительные испытания, увеличение кренов при прохождении крутых поворотов и при резком торможении, а также максимальных поперечных и продольных угловых ускорений.

Безусловно, в приоритете должно находиться оснащение машины всем необходимым оборудованием для экстренного оказания медицинской помощи пострадавшим или тяжело больным пациентам. Однако вызванное дополнительной комплектацией увеличение угловых ускорений кренов салона приводит к усилению негативного воздействия на пациента при его транспортировке, к раздражению и, как следствие, к преждевременному утомлению водителя и медицинского персонала, что отражается на качестве оказания скорой медицинской помощи.

Эксплуатационным мероприятием по снижению кренов может быть уменьшение средней скорости автосанитарной машины, что увеличивает время прибытия бригады скорой помощи и транспортировки пациента в медучреждение и недопустимо по условиям «золотого» часа [12–15]. Таким образом, необходима реализация технических мероприятий по повышению продольной и поперечной устойчивости салона автомобиля без значительных изменений в кон-

Рис. 4. Модернизированный медицинский салон автомобиля «Форд Транзит»

струкции автосанитарной машины. Одним из таких мероприятий, как установлено в ходе исследования, может быть эксплуатационная модернизация подвески путем замены штатных двухтрубных гидравлических амортизаторов на гидропневматические однотрубные. Полученные результаты экспериментальных исследований показывают, что реализация такого мероприятия обеспечивает снижение негативного воздействия кренов салона машины в процессе ее движения на транспортируемого пациента, медицинский экипаж и водителя на 10–30 % по сравнению с машиной штатного исполнения.

Библиографический список

1. Добромиров В. Н., Войтко А. М. Влияние подвижности автосанитарных транспортных средств на эффективность использования «золотого часа» в условиях мегаполиса // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 6 (77). С. 290–298.
2. Добромиров В. Н., Гусев Е. П., Карунин М. А., Хавханов В. П. Амортизаторы. Конструкция, расчет, испытания. М.: МГТУ МАМИ, 2006. 184 с.
3. Войтко А. М. Методика расчета скоростной характеристики однотрубного амортизатора // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 2 (79). С. 168–172.
4. Войтко А. М., Репин С. В. Расчет скоростной характеристики и параметров амортизатора. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Заявка № 2020614702 от 22.06.2020 г.
5. Войтко А. М. Методика обоснования конструктивных параметров однотрубного гидропневматического амортизатора // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 4 (81). С. 166–173.
6. Говорущенко Н. Я. Вопросы теории эксплуатации автомобилей на дорогах с различной степенью ровности. Харьков: Изд-во Харьковского гос. ун-та, 1964. 34 с.
7. Говорущенко Н. Я. Основы теории эксплуатации автомобилей. Киев: Вища школа, 1971. 232 с.
8. Григоренко Л. В., Колесников В. С. Динамика автотранспортных средств. Теория, расчет передающих систем и эксплуатационных технических средств. Волгоград: Комитет по печати и информации, 1998. 544 с.
9. Войтко А. М., Добромиров В. Н., Подопригора Н. В. Повышение безопасности использования автосанитарных транспортных средств в условиях мегаполиса // 14-я Междунар. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах», ОБДД-2020, 23–26 сентября 2020 г. СПб., Россия.

10. Ротенберг Р. В. Теория подвески автомобиля. М.: ГНТИМЛ, 1951. 213 с.

11. Тарасик В. П. Теория движения автомобиля. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 478 с.

12. Юрковский О. И. Российская система неотложной медицинской помощи пострадавшим в ДТП как фактор обеспечения социально-демографической безопасности и здоровья населения // 9-я Междунар. научн.-практ. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПб.: СПбГАСУ, 2010. С. 83–89.

13. Дежурный Л. И., Шувалова Е. А., Лысенко К. И., Батуринов Д. И. Система первой помощи пострадавшим при ДТП как одна из задач обеспечения безопасности дорожного движения // 9-я Междунар. научн.-практ. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПб.: СПбГАСУ, 2010. С. 93–96.

14. Фалькевич Б. С. Теория автомобиля. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1963. 239 с.

15. Мирошниченко А. Г., Барсукова И. М. Основные показатели работы скорой медицинской помощи Санкт-Петербурга // Скорая медицинская помощь. Российское общество медицинской помощи. Вып. № 3. 2014. С. 4–8.

References

1. Dobromirov V. N., Voytko A. M. Vliyaniye podvizhnosti avtosanitarnykh transportnykh sredstv na effektivnost' ispol'zovaniya «zlotogo chasa» v usloviyakh megapolisa [The impact of the ambulance vehicle mobility on the efficiency of using the «golden hour» in metropolis conditions]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 6 (77), pp. 290–298.
2. Dobromirov V. N., Gusev E. P., Karunin M. A., Khavkhanov V. P. *Amortizatory. Konstruktsiya, raschet, ispytaniya* [Shock absorbers. Design, calculation, testing]. Moscow, MGTU MAMI Publ., 2006, 184 p.
3. Voytko A. M. *Metodika rascheta skorostnoy kharakteristiki odnotrubnogo amortizatora* [Method for calculating the speed characteristics of a single-tube shock absorber]. [Method for calculating the speed characteristics of a single-tube shock absorber]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 2 (79), pp. 168–172.
4. Voytko A. M., Repin S. V. *Raschet skorostnoy kharakteristiki i parametrov amortizatora. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM* [Calculation of the speed characteristics and parameters of the shock absorber. Certificate of computer program state registration]. Application no. 2020614702 of 22.06.2020.
5. Voytko A. M. *Metodika obosnovaniya konstruktivnykh parametrov odnotrubnogo gidropnevmaticheskogo*

amortizatora [Methodology for substantiating the design parameters of a single-tube hydropneumatic shock absorber]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 4 (81), pp. 166–173.

6. Govorushchenko N. Ya. *Voprosy teorii ekspluatatsii avtomobiley na dorogakh s razlichnoy stepen'yu rovnosti* [Issues of the theory of vehicle operation on roads with different degrees of surface evenness]. Khar'kov, Khar'kovsk. gosudarstvenniy universitet Publ., 1964, 34 p.

7. Govorushchenko N. Ya. *Osnovy teorii ekspluatatsii avtomobiley* [Fundamentals of the theory of automobile operation]. Kiev, Vishcha shkola Publ., 1971, 232 p.

8. Grigorenko L. V., Kolesnikov V. S. *Dinamika avtomototransportnykh sredstv. Teoriya, raschet peredayushchikh sistem i ekspluatatsionnykh tekhnicheskikh sredstv* [Dynamics of motor vehicles. Theory, calculation of transmission systems and operational technical means]. Volgograd, Komitet po pechati i informatsii Publ., 1998, 544 p.

9. Voytko A. M., Dobromirov V. N., Podoprighora N. V. *Povyshenie bezopasnosti ispol'zovaniya avtosanitarnykh transportnykh sredstv v usloviyakh megapolisa* [Improving the safety of the use of ambulance vehicles in megalopolis conditions]. *Trudy 14-oy Mezhdunarodnoy konferentsii «Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh» OBDD–2020, 23–26 sentyabrya 2020 g.* [Proceedings of the 14-th International conference “Organization and safety of road traffic in large cities” OBDD–2020, September 23–26, 2020]. St. Petersburg, Russia.

10. Rotenberg R. V. *Teoriya podveski avtomobilya* [The theory of the automobile suspension]. Moscow, GNTIML Publ., 1951, 213 p.

11. Tarasik V. P. *Teoriya dvizheniya avtomobilya* [The theory of the automobile motion]. St. Petersburg, BKhV-Petersburg Publ., 2006, 478 p.

12. Yurkovskiy O. I. *Rossiyskaya sistema neotlozhnoy meditsinskoй pomoshchi postradavshim v DTP kak faktor obespecheniya sotsial'no-demograficheskoy bezopasnosti i zdorov'ya naseleniya* [The Russian system of emergency medical care for victims of road accidents as a factor in ensuring socio-demographic safety and public health]. *Trudy 9-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh»* [Proceedings of the 9-th International Scientific and Practical Conference “Organization and safety of road traffic in large cities”]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2010, pp. 83–89.

13. Dezhurniy L. I., Shuvalova E. A., Lysenko K. I., Baturin D. I. *Sistema pervoy pomoshchi postradavshim pri DTP kak odna iz zadach obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [The system of first medical aid to victims of road accidents as one of the tasks of ensuring road traffic safety]. *Trudy 9-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh»* [Proceedings of the 9-th International scientific and practical conference “Organization and safety of road traffic in large cities”]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2010, pp. 93–96.

14. Fal'kevich B. S. *Teoriya avtomobilya* [The theory of the automobile]. 2-nd ed., revised. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1963, 239 p.

15. Miroshnichenko A. G., Barsukova I. M. *Osnovnye pokazateli raboty skoroy meditsinskoй pomoshchi Sankt-Peterburga* [The main indicators of the performance of the emergency medical service of St. Petersburg]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'. Rossiyskoe obshchestvo meditsinskoй pomoshchi – Emergency medical services. Russian Society of Medical Care*, 2014, no. 3, pp. 4–8.