

Б. Ю. Калмыков, П. В. Харламов, О. М. Калмыкова

ПОВЫШЕНИЕ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОБУСОВ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПАССАЖИРСКИХ СИДЕНИЙ

Аннотация. Статья посвящена вопросам повышения пассивной безопасности автотранспортных средств на примере автобусов за счет совершенствования конструкций пассажирских сидений. Исследования проводились с применением методов «Дерево целей», «Экспертных оценок», «Диаграмма Парето», «ABC-метод». Рассмотрены способы достижения цели «Повышение безопасности пассажирских сидений при опрокидывании». На основе проведенного анализа предложено применить дополнительное устройство, которое в случае опрокидывания автобуса поворачивало бы пассажирское сиденье в поперечной плоскости автобуса в сторону, противоположную опрокидыванию. Данное устройство, предназначенное для поворота пассажирского сиденья, позволяет пассажирам во время опрокидывания автобуса сохранять устойчивое положение.

Ключевые слова: пассивная безопасность автобусов, пассажирское сиденье, устойчивость пассажира, опрокидывание.

Для цитирования: Калмыков, Б. Ю. Повышение пассивной безопасности автобусов за счет совершенствования конструкций пассажирских сидений / Б. Ю. Калмыков, П. В. Харламов, О. М. Калмыкова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 2. – С. 126–131. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_2_126.

Для проведения анализа работ в области повышения пассивной безопасности за счет совершенствования конструкций пассажирских сидений целесообразно воспользоваться методом «Дерево целей» [1].

Генеральной целью – Ц, или целью первого уровня, является «Повышение пассивной безопасности автобусов путем совершенствования конструкций пассажирских сидений» (рис. 1) [1, 2].

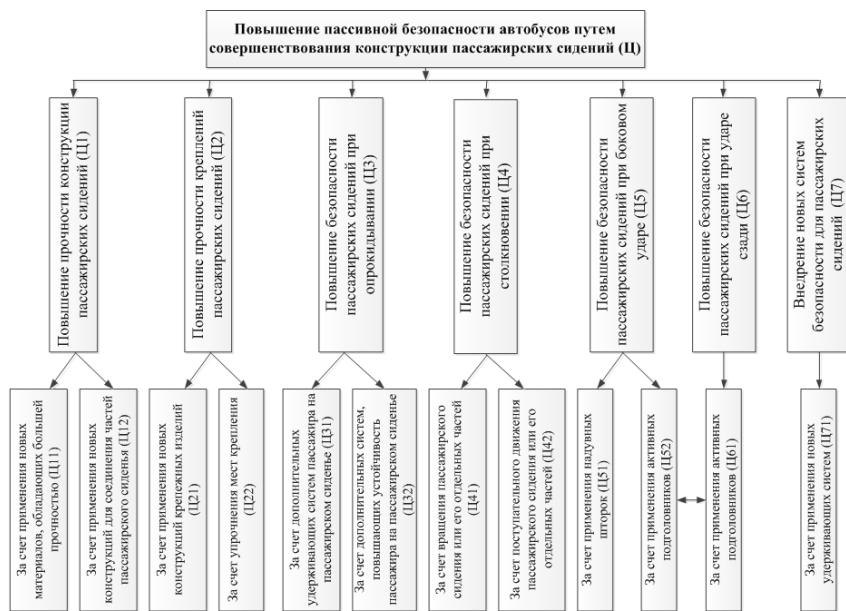


Рис. 1. Дерево целей

Для достижения цели первого уровня сформулируем цели второго уровня (см. рис. 1):

- повышение прочности конструкции пассажирских сидений (Ц1);
- повышение прочности креплений пассажирских сидений (Ц2);
- повышение безопасности пассажирских сидений при опрокидывании (Ц3);
- повышение безопасности пассажирских сидений при столкновении (Ц4);
- повышение безопасности пассажирских сидений при боковом ударе (Ц5);
- повышение безопасности пассажирских сидений при ударе сзади (Ц6);

– внедрение новых систем безопасности для пассажирских сидений (Ц7).

Для определения наиболее перспективных целей второго уровня дерева целей определим с помощью метода экспертных оценок ранги этих целей.

В исследовании приняли участие 11 экспертов. Каждому из них было предложено заполнить табл. 1, указав для каждой цели значение рангов от 7 до 1, где 7 – максимальный вклад цели для достижения генеральной цели, 1 – минимальный вклад.

Таблица 1

Форма определения ранга целей, заполняемая экспертами

Номер цели	Наименование цели	Ранг цели
Ц1	Повышение прочности конструкции пассажирских сидений	
Ц2	Повышение прочности креплений пассажирских сидений	
Ц3	Повышение безопасности пассажирских сидений при опрокидывании	
Ц4	Повышение безопасности пассажирских сидений при столкновении	
Ц5	Повышение безопасности пассажирских сидений при боковом ударе	
Ц6	Повышение безопасности пассажирских сидений при ударе сзади	
Ц7	Внедрение новых систем безопасности для пассажирских сидений	

По результатам опроса экспертов была сформирована табл. 2.

Таблица 2

Ранговые оценки объектов экспертами

Номер эксперта (i)	Объекты (j)							Сумма рангов
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5	Ц6	Ц7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7	6	4	3	2	1	5	28
2	6	7	5	3	1	2	4	28
3	5	7	4	2	3	1	6	28
4	7	6	5	3	2	1	4	28
5	7	6	5	3	1	2	4	28
6	6	7	4	2	3	1	5	28
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	6	7	5	3	2	1	4	28
8	7	6	4	1	2	3	5	28
9	6	5	4	3	1	2	7	28
10	7	6	5	3	2	1	4	28
11	7	4	5	3	1	2	6	28
Сумма рангов S_j	71	67	50	29	20	17	54	308

Проведем оценку согласованности мнений экспертов посредством расчета коэффициента конкордации (табл. 3).

Таблица 3

Промежуточные результаты оценки согласованности мнений экспертов

Последовательность оценки согласованности мнений экспертов	Значения						
1 Суммы рангов	71	67	50	29	20	17	54
2 Среднее значение				44			
3 Алгебраические разности $S_j - \bar{S}$	27	23	6	-15	-24	-27	10
4 Квадраты алгебраических разностей $(S_j - \bar{S})^2$	729	529	36	225	576	729	100

Сумма квадратов алгебраических разностей равна $K = 2924$.

Определим максимальный суммарный квадрат алгебраических разностей:

$$K_{\max} = \frac{1}{12} m^2 (n^3 - n), \quad (1)$$

где m – число экспертов; n – число целей.

Получим

$$K_{\max} = \frac{1}{12} 11^2 (7^3 - 7) = 3388.$$

Рассчитаем коэффициент конкордации по формуле

$$K_{\text{кон}} = \frac{K}{K_{\max}}. \quad (2)$$

Подставим значения в формулу (2), получим

$$K_{\text{кон}} = \frac{2924}{3388} = 0,86.$$

Полученное значение коэффициента конкордации больше 0,5 говорит о высокой сходимости мнений экспертов, следовательно, можно будет использовать эту информацию для дальнейшей работы.

Полученные результаты по определению наиболее перспективных целей второго уровня, необходимых для достижения генеральной цели, представим в виде диаграммы Парето (табл. 4).

Таблица 4

Таблица данных для построения диаграммы Парето

Обозначения целей	Сумма баллов, полученных от экспертов	Накопленная сумма баллов экспертов	Процент от экспертных баллов в общей сумме	Накопленный процент
Ц1	71	71	23,1 %	23,1 %
Ц2	67	138	21,8 %	44,9 %
Ц7	54	192	17,5 %	62,4 %
Ц3	50	242	16,2 %	78,6 %
Ц4	29	271	9,4 %	88,0 %
Ц5	20	291	6,5 %	94,5 %
Ц6	17	308	5,5 %	100 %
Итого	308	–	100	–

На рис. 2 представлена диаграмма Парето.

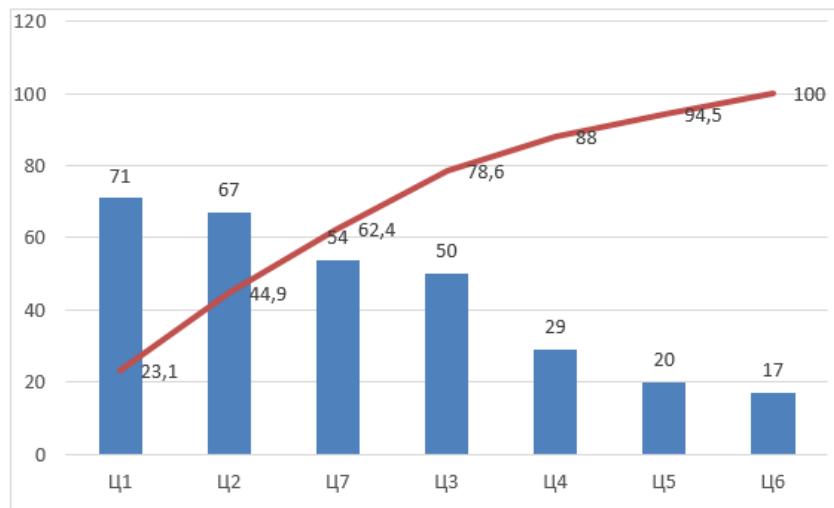


Рис. 2. Диаграмма Парето

Как видно из диаграммы Парето (см. рис. 2), цели Ц1, Ц2, Ц7, Ц3 являются приоритетными для

достижения генеральной цели и относятся к группе А (ABC-метод). Цели Ц4, Ц5 (группа В) должны реализовываться после целей группы А. И, наконец, цель Ц6 относится к группе С, и может быть реализована в последнюю очередь.

Остановимся в данной работе более подробно на цели Ц3 «Повышение безопасности пассажирских сидений при опрокидывании».

Как видно из дерева целей на рис. 1, для достижения Ц3 выявлены две подцели третьего уровня:

- за счет дополнительных удерживающих систем пассажира на пассажирском сиденье (Ц31);
- за счет дополнительных систем, повышающих устойчивость пассажира на пассажирском сиденье (Ц32).

Для достижения подцели Ц31 при проведении патентного поиска был найден патент на изобретение «Защитный балдахин пассажирского кресла» [3].

Ниже представлен текст реферата в авторском изложении с нумерацией обозначений, приведенных на рис. 3: «Защитный балдахин пассажирского кресла содержит размещенный на кресле 9 раздвижной матерчатый экран. Экран размещен при помощи багетов 2 и 4 таким образом, что прямые багеты 2 жестко прикреплены к боковинам сиденья 1. К изголовью спинки 3 прикреплен подпружиненный кверху в месте крепления прямоугольный багет 4. Причем матерчатые створки 6 экрана соединены с багетами при помощи подвижных колец 5 таким образом, чтобы подлокотники 7 оставались внутри них. Каждая матерчатая створка неподвижно закреплена с краями спинки 8. Достигается повышение защищенности пассажира предупреждением выпадения его из кресла и предохранением от ушибов при резком торможении, заносе или опрокидывании транспортного средства, возможность уединения» [3, 4].

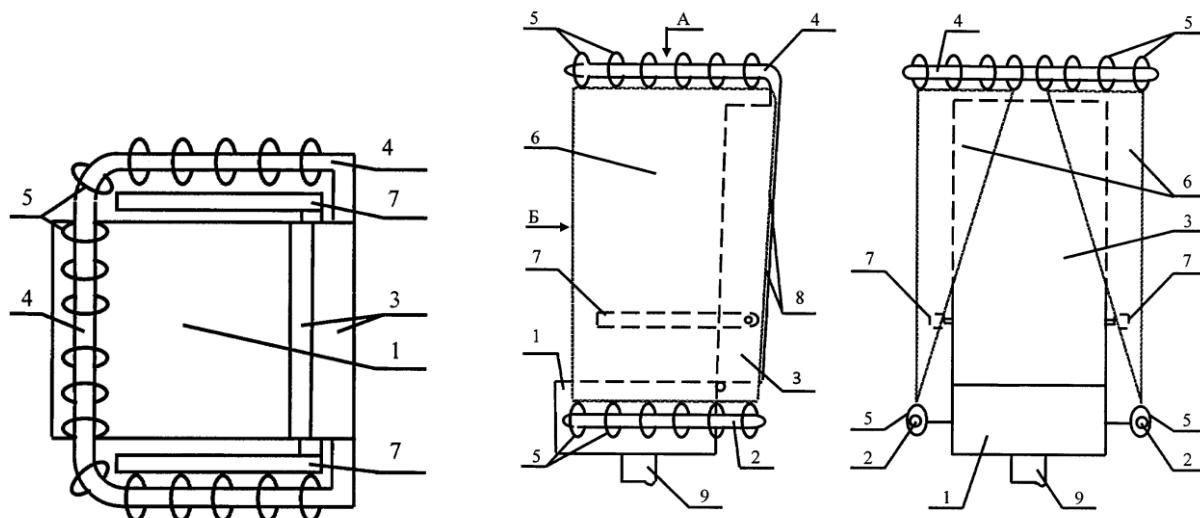


Рис. 3. Индивидуальное пассажирское кресло с защитным балдахином

Для достижения подцели Ц32 при проведении патентного поиска патентов найдено не было. Поэтому авторами предложено применить дополнительное устройство, которое в случае опрокидывания автобуса поворачивало бы пассажирское сиденье в поперечной плоскости автобуса в сторону, противоположную опрокидыванию [5, 6]. В результате достигается устойчивость пассажиров на пассажирском сиденье (рис. 4).

Заявка на полезную модель «Пассажирское сиденье с повышенной устойчивостью при опрокидывании транспортного средства» направлена в Роспатент.

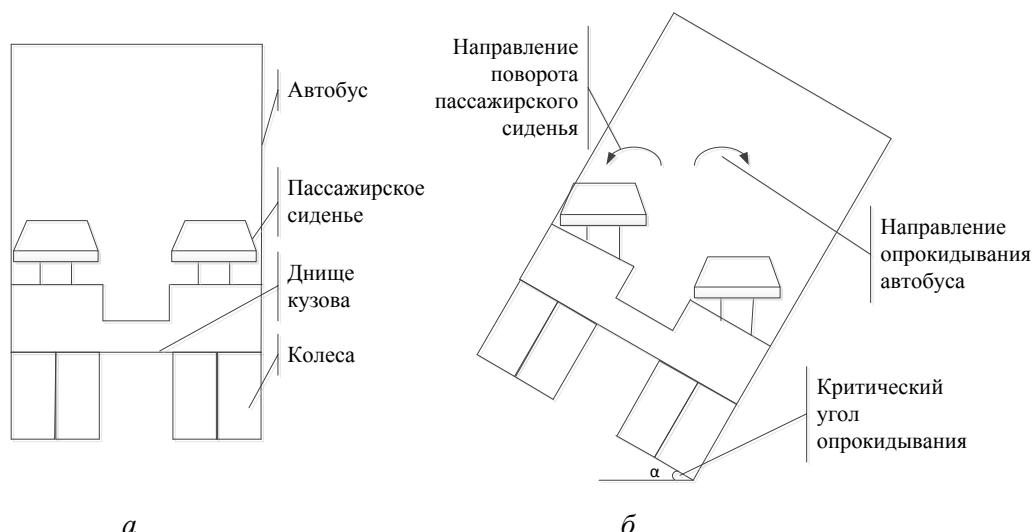


Рис. 4. Пассажирское сиденье, повышающее устойчивость пассажира:
 а – автобус в исходном состоянии; б – автобус в процессе опрокидывания

Из рис. 4 видно, что при срабатывании устройства, поворачивающего пассажирское сиденье, пассажиры не падают с него, а следовательно, не сталкиваются с твердыми предметами интерьера пассажирского салона и с другими падающими пассажирами. Этим достигается и генеральная цель – повышение пассивной безопасности автобусов путем совершенствования конструкций пассажирских сидений.

Список литературы

- 1 **Каргин, Р. В.** Анализ нормативных документов в сфере безопасности пассажирских перевозок / Р. В. Каргин, П. В. Харламов, В. Г. Щитов // Транспорт: наука, образование, производство (Транспорт-2019) : сборник научных трудов. – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 305–309. – ISBN 978-5-88814-989-8.
- 2 **Фех, А. И.** Определение эргономических параметров пассажирского места при проектировании сидения для туристического автобуса / А. И. Фех, Л. А. Скачкова, А. Т. Николайчук // Современные проблемы машиностроения : сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 28 октября – 1 ноября 2019 г. – Томск : Издательство ТПУ, 2019. – С. 351–356.
- 3 **Патент № 2610786 С1 Российской Федерации, МПК B60R 21/06, B60N 2/01, B64D 11/06.** Защитный балдахин пассажирского кресла : № 2016110363 : заявл. 21.03.2016 : опубл. 15.02.2017 / А. Г. Батт. – EDN SENXDA.
- 4 **Багичев, С. А.** Расчетно-экспериментальная оценка несущей способности пассажирского сиденья с ремнем безопасности / С. А. Багичев, Е. А. Наумов, Е. В. Кочанов // Грузовик. – 2015. – № 12. – С. 2–4. – ISSN 1684-1298.
- 5 **Харламов, П. В.** Разработка комплекса средств для продления периода эксплуатации колес легковых автомобилей / П. В. Харламов, С. Л. Горин // Грузовик. – 2012. – № 9. – С. 34–35. – ISSN 1684-1298.

References

- 1 **Kargin, R. V.** Analysis of regulatory documents in the field of passenger transportation safety / R. V. Kargin, P. V. Kharlamov, V. G. Shchitov / Transport : science, education, production (Transport-2019) : Collection of scientific papers – Rostov-on-Don, 2019. – P. 305–309. – ISBN 978-5-88814-989-8.
- 2 **Fekh, A. I.** Determination of ergonomic parameters of a passenger seat when designing a seat for a tourist bus / A. I. Fekh, L. A. Skachkova, A. T. Nikolaychuk // Modern problems of mechanical engineering: collection of scientific papers of the XII International scientific and technical conference, Tomsk, October 28 – November 1, 2019. – Tomsk : TPU Publishing House, 2019. – P. 351–356.
- 3 **Patent No. 2610786 C1 Russian Federation, IPC B60R 21/06, B60N 2/01, B64D 11/06.** Protective canopy for a passenger seat : No. 2016110363 : declared 21.03.2016 : published 15.02.2017 / A. G. Batt. – EDN SENXDA.
- 4 **Bagichev, S. A.** Calculation and experimental assessment of the load-bearing capacity of a passenger seat with a seat belt / S. A. Bagichev, E. A. Naumov, E. V. Kochanov // Truck. – 2015. – No. 12. – P. 2–4. – ISSN 1684-1298.
- 5 **Kharlamov, P. V.** Development of a set of means for extending the service life of passenger car wheels / P. V. Kharlamov, S. L. Gorin // Truck. – 2012. – No. 9. – P. 34–35. – ISSN 1684-1298.

6 **Зиновьев, В. Е.** Обзор современных диагностических комплексов наземных транспортных средств / В. Е. Зиновьев, П. В. Харламов // Транспорт : наука, образование, производство : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2021. – С. 202–205.

6 **Zinoviev, V. E.** Review of modern diagnostic systems for ground vehicles / V. E. Zinoviev, P. V. Kharlamov // Transport : science, education, production : Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference. – Rostov-on-Don, 2021. – P. 202–205.

B. Yu. Kalmykov, P. V. Kharlamov, O. M. Kalmykova

INCREASING THE PASSIVE SAFETY OF BUSES BY IMPROVING THE DESIGN OF PASSENGER SEATS

Abstract. The article is devoted to the issues of increasing the passive safety of motor vehicles using buses as an example by improving the design of passenger seats. The research was conducted using the methods of "Goal Tree", "Expert Assessments", "Pareto Diagram", "ABC Method". The methods of achieving the goal of "Increasing the Safety of Passenger Seats in the Event of a Rollover" are considered. Based on the analysis, it is proposed to use an additional device that, in the event of a bus rollover, would rotate the passenger seat in the transverse plane of the bus in the direction opposite to the rollover. This device, designed to rotate the passenger seat, allows passengers to maintain a stable position during a bus rollover.

Keywords: passive safety of buses, passenger seat, passenger stability, rollover.

For citation: Kalmykov, B. Yu. Increasing the passive safety of buses by improving the design of passenger seats / B. Yu. Kalmykov, P. V. Kharlamov, O. M. Kalmykova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2025. – No. 2. – P. 126–131. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_2_126.

Сведения об авторах

Калмыков Борис Юрьевич

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ «Донской государственный технический университет» в г. Шахты Ростовской области, кафедра «Автомобильный транспорт и технологическое оборудование», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, e-mail: doc_tea@sssu.ru

Харламов Павел Викторович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Проектирование и технология производства машин», доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой, e-mail: kcharlamov@yandex.ru

Калмыкова Ольга Михайловна

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ «Донской государственный технический университет» в г. Шахты Ростовской области, кафедра «Автомобильный транспорт и технологическое оборудование», кандидат философских наук, доцент, e-mail: doc_tea@sssu.ru

Information about the authors

Kalmykov Boris Yuryevich

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DGTU (the FSBEI of Higher Education "Don State Technical University") in Shakhty, Rostov Region, Chair "Automobile Transport and Technological Equipment", Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Chair, e-mail: doc_tea@sssu.ru

Kharlamov Pavel Viktorovich

Rostov State Transport University (RSTU), Chair "Design and Technology of Machine Production", Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: kcharlamov@yandex.ru

Kalmykova Olga Mikhailovna

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DGTU (the FSBEI of Higher Education "Don State Technical University") in Shakhty, Rostov Region, Chair "Automobile Transport and Technological Equipment", Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor, e-mail: doc_tea@sssu.ru