

DOI: 62-21

УДК 10.12731/2227-930X-2024-14-1-249



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПАССИВНОЙ И АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

П.А. Киба, М.Р. Киба

В статье рассматривается актуальность использования композитных материалов биологического и синтетического происхождения в элементах пассивной и активной безопасности автомобиля. Тема безопасности дорожного движения по-прежнему актуальна, т.к. автомобилей с каждым годом становится все больше и больше. Характеристики безопасности транспортных средств должны улучшаться, а экологические загрязнения снижаться. Для достижения этих целей были предложены различные подходы использования композитных материалов в элементах кузова автомобиля. Помимо характеристик безопасности, композитные материалы также уменьшают вес автомобиля. Такое транспортное средство быстрее набирает скорость и потребляет меньше топлива, меньше загрязняя окружающую среду. На примере автомобиля Porsche рассмотрены запчасти, сделанные полностью и с добавлением углепластика. Приведено резюме дальнейшего использования технологии в стране и мире.

***Цель** – показать важность использования композитных материалов в элементах активной и пассивной безопасности автомобиля.*

***Метод и методология проведения работы.** Теоретический анализ и обобщение научно-технической литературы в контексте*

сте исследований перспективности использования композитных материалов в автомобилестроении.

Результаты. По проведенному исследованию и практическому опыту приведены примеры, в каких областях автомобилестроения можно применять композитные материалы.

Область применения результатов. Результаты можно использовать при проектировании и разработке элементов пассивной и активной безопасности.

Ключевые слова: композитные материалы; активная безопасность; пассивная безопасность; автомобилестроение; легковые автомобили; электромобили

Для цитирования. Коба П.А., Коба М.Р. Использование композитных материалов в пассивной и активной безопасности автомобиля // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 1. С. 121-135. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-249

Original article | Operation of Road Transport

THE USE OF COMPOSITE MATERIALS IN PASSIVE AND ACTIVE SAFETY OF AUTOMOBILE

P.A. Kiba, M.R. Kiba

The article deals with the relevance of using composite materials of biological and synthetic origin in the elements of passive and active safety of the car. The topic of road safety is still topical, as cars are becoming more and more every year. The safety characteristics of vehicles should improve and environmental pollution should be reduced. To achieve these goals, various approaches of using composite materials in car body elements have been proposed. In addition to safety features, composite materials also reduce the weight of the vehicle. Such a vehicle picks up speed faster and consumes less fuel, reducing environmental pollution. Using the example of a Porsche car, parts made

entirely and with carbon fiber are examined. A summary of the further use of the technology in the country and the world is given.

The **purpose** is to show the importance of using composite materials in active and passive safety elements of the car.

Method and methodology of the work. Theoretical analysis and generalization of scientific and technical literature in the context of research into the prospectivity of the use of composite materials in the automotive industry.

Results. According to the conducted research and practical experience examples are given in which areas of automobile construction composite materials can be used.

Scope of application of the results. The results can be used in the design and development of passive and active safety elements.

Keywords: composite materials; active safety; passive safety; automotive industry; passenger cars; electric vehicles

For citation. Kiba P.A., Kiba M.R. *The Use of Composite Materials in Passive and Active Safety of Automobile. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 121-135. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-249*

Постановка задачи

Тема безопасности дорожного движения – актуальная в нашей стране. По статистике, за 2023 год произошло порядка 117048 ДТП с пострадавшими [10]. Регулярно проводятся мероприятия по улучшению дорожной инфраструктуры, качеству дорожного покрытия, работе с населением (начиная с детского сада, человеку подробно рассказывают правила дорожного движения, в школе проводят викторины и т.д.). Однако проводимой работы недостаточно – главным источником опасности на дороге был и остается автомобиль. Над улучшением параметров безопасности автомобилей ежегодно работают ведущие производители. В первую очередь эти работы направлены на улучшение безопасной эксплуатации конструкции кузова автомобиля.

Проводимые исследования

Существенным прорывом в улучшении характеристик безопасности автомобиля было внедрение в конструкционные особенности элементов активной и пассивной безопасности. В частности, внедрение в серийное производство ABS, подушек безопасности, систем электронной курсовой устойчивости, активного круиз контроля, парктроники, системы ночного видения и т.д. [7].

Учитывая будущие перспективы машиностроения, первоочередное внимание уделяется не только мощности двигателя, но и конструкционной безопасности автомобиля, а также экологичности использования. Пассивная безопасность важна не менее, чем активная, зачастую она применима в моменте, когда ДТП уже произошло. К элементам пассивной безопасности автотранспорта можно отнести:

- ремни безопасности;
- надувные подушки безопасности;
- сминаемые или мягкие элементы интерьера автосалона;
- складывающаяся рулевая колонка;
- травмобезопасный педальный узел;
- энергопоглощающие элементы передней и задней частей кузова автомобиля, сминающиеся при ударе;
- активные подголовники сидений, защищающие от серьезных травм шеи при ударе
- автомобиля сзади;
- безопасные стёкла — закалённые, которые при разрушении рассыпаются на множество неострых осколков и триплекс;
- дуги безопасности, усиленные передние стойки крыши и верхняя рамка ветрового стекла в родстерах и кабриолетах;
- поперечные брусья в дверях и т.п.;
- защита от проникновения двигателя и других агрегатов в салон (увод их под днище).

Жесткость – является одним из первичных показателей при эксплуатации автомобиля. При проведении моделирования бо-

кового удара автомобиля были исследованы моменты, позволяющие увеличить жесткость автомобиля для увеличения прочности кузова и поглощающих свойств балки [2]. В этом случае предлагается улучшить пассивную безопасность автомобиля путем установки дополнительных балок в конструкцию автомобиля. Наличие балки позволит уменьшить деформацию при ударе, однако снизит маневренность автомобиля и увеличит вес [9]. Помимо автомобилей массового рынка тема безопасности волнует конструкторов гоночных авто. Увеличивать вес гоночных автомобилей за счет установки дополнительных упрочняющих элементов нецелесообразно. Жесткости кузова уделяют внимание из-за того, что во время эксплуатации материалы из углепластика обладают высокими значениями крутильной жесткости. Именно поэтому стоит рассмотреть актуальность применения композитных материалов в устройстве пассивной безопасности автомобиля. При увеличении этого параметра улучшаются характеристики эргономичности автомобиля.

Учеными [11] было доказано, что использование композитов на основе натуральных пластин, имеющих структуру сэндвич-панелей поможет улучшить показатели пассивной безопасности салона автомобиля. Например, композиты с экстрактом льна Харакеке могут удерживать продольное растяжение до 3,98 ГПа. Или, например, в исследовании [12] сказано о перспективности использования композитов на основе льна для разработке элементов кузова для электромобилей. Данный вид композитов не только меньше вредит окружающей среде, но достаточно облегчает вес автомобиля, что имеет значение для автомобилей с электрическим двигателем. При этом также предлагается [13] использовать композитные материалы в ремонте автомобилей, а также для защиты автомобильного кузова [14], уменьшать вес автомобилей за счет использования композитов, увеличивая прочностные характеристики элементов кузова (в том числе и пассивной безопасности) [15].

Композитный материал (композит, КМ) – неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, сильно отличающихся как химическими, так и физическими свойствами, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу (или связующее), обеспечивающую совместную работу армирующих элементов [10]. При этом исследование трибологических и физико-технических свойств композитов было выяснено, что важными факторами являются полимерная матрица, дисперсия, пористость, адгезионные свойства. При этом при применении композитов на натуральной основе вес изделий ниже, ударопрочность выше, вклад для экологии выше, чем при использовании композитов на синтетической основе [8].

Композитные материалы являются перспективным направлением в машиностроении и активно используются в науке. Исследованиями ученых доказано [3, 5], что применение композитных материалов имеет актуальность и перспективность не только в проектировании деталей, но и в восстановлении узлов деталей машин. При этом важными условиями являются показатели, благодаря которым производится улучшение: термостойкость, износостойкость, долговечность. Напрямую это зависит от состава композита (долей массовых частей), способом его нанесения, количеством вещества, распространением дисперсных частиц в композите, параметра режущего инструмента, температурой запекания, а также прозрачностью получившегося композита, что вызывает интерес к этой теме в разрезе эксплуатации автотранспорта. Далее в качестве примера будет рассмотрен автомобиль Porsche GT2 RS.

В автомобиле Porsche GT2 RS композитные материалы используются в качестве улучшения характеристик пассивной безопасности с точки зрения увеличения жесткости кузова без значительного увеличения веса.

Углепластик является распространенным в автомобилестроении композитным материалом, благодаря которому увеличива-

ются качественные характеристики автомобиля. Благодаря применению этого материала, прочностные характеристики которого превышают во много раз высокопрочную сталь, автомобиль хоть и возрастает в цене, но и приобретает уникальные свойства. Автомобили, имеющие в своем составе углепластиковые запчасти, имеют характерные преимущества в скорости и безопасности. Однако стоит отметить существенный недостаток – это высокая стоимость таких автомобилей. В частности изменения в конструктивных частях автомобиля наглядно видны на рисунках:

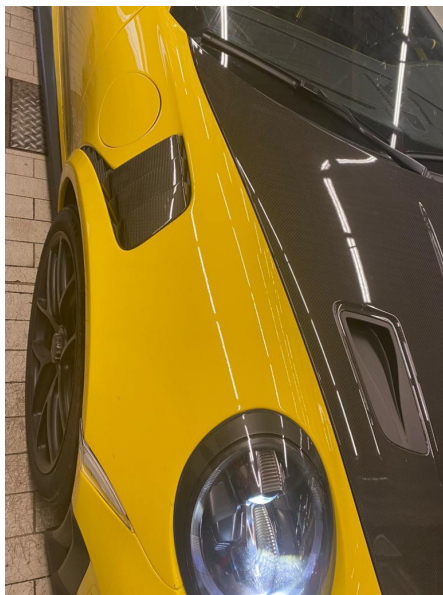


Рис. 1. Углепластиковое крыло с углепластиковым воздухозаборником (облегченным)

На рисунках видны принципиальные изменения в устройстве кузовных частей автомобиля. В частности: углепластиковые крылья, полиуретановый капот, корпус интеркулера из углепластика. Необходимо доказать целесообразность использования подобных материалов и их влияние на пассивную безопасность автомобиля.



Рис. 2. Углепластиковые бампер и капот

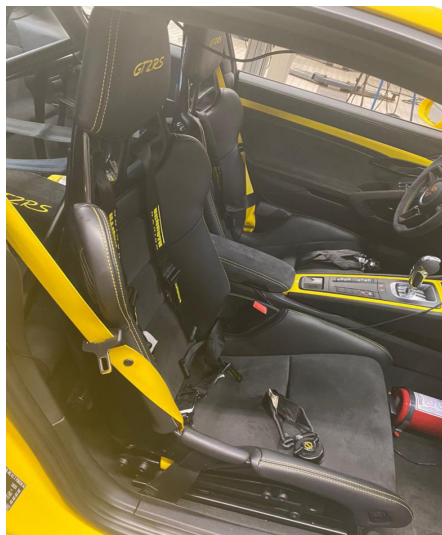


Рис. 3. Облегченные углпластиковые сидения



Рис. 4. Бампер из полиуретана изнутри



Рис. 5. Корпус интеркулера из углепластика.

Бампер является одной из важнейших деталей в автомобиле, которая напрямую влияет на безопасность участников движения. В частности, благодаря применению углепластика или полиуретана в создании бамперов решаются две проблемы:

1. бампер из полиуретана является гибким, что позволяет увеличить надежность автомобиля. Помимо хороших свойств жесткости композиты позволяют уменьшить вероятность воспламеняемости;

2. использование легких композитных материалов (полиуретан, углепластик) позволяют снизить вес автомобиля, что влияет на его скорость (важный аспект для гоночного автомобиля) и вес. Эти характеристики напрямую влияют на расход топлива, что связано не только с улучшением характеристик безопасности, но еще и экологичности использования автомобиля.

По ранее проведенному исследованию [1] можно заключить, что композиты, имеющие полимерную матрицу, а также малый диаметр частиц (например, нано-) в 5 раз прочнее стали по отношению к весу. Исполнение бампера с применением композитного материала позволяет повысить его поглощающую способность. Помимо спортивных автомобилей композитные бампера устанавливают и на массовые модели.

Углепластиковые детали кузова (на примере указанного автомобиля) снижают вероятность серьезной деформации при аварии, облегчают вес автомобиля и снижают расход топлива.

Композиты, включающие натуральные составляющие обладают высоким потенциалом возобновляемости, экологичности помимо заметных улучшающих механических свойств запчастей. Основной из новых целей ведущих компаний является массовая разработка композитных материалов из возобновляемых источников [4].

Выводы

Однако нельзя утверждать, что автомобили из композитов скоро станут массово производиться. Любая технология должна адаптироваться на рынке. На данный момент композиты внедряют в детали кузова, улучшая тем самым характеристики активной

и пассивной безопасности, проводятся множественные эксперименты, характеризующие зависимость композита от матрицы. В первую очередь от состава (массовой доли частей полимеров), диаметра частиц, материала, с которым происходит взаимодействие, каким образом происходит нанесение композита и др. При этом в будущем вполне возможно полное производство автомобиля из композитов, этому способствует 2 тренда:

1. нарастающая популярность электромобилей;
2. увеличение внимания общества к экологии [7].

Список литературы

1. Lee R., Rizaeva Yu., Psarev D., Kiba M., Bykonya A., Sukhareva T. Elastomeric nanocomposite for recovery of worn-out basic parts of agricultural machinery // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 845. 012126. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012126>
2. Vaduka Akshitha Sumahi, S.P. Jani, Sudhakar Uppalapati. Impact study of a car bumper by using carbon fiber reinforced polyetherimid and S-glass/ epoxy compo // Materials Today: Proceedings. 2023. Vol. 92, Part 1. P. 364-370. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.177>
3. Li R., Psarev D., Kiba M. Promising Nanocomposite Based on Elastomer F-40 for Repairing Base Members of Machines // Polymer Science, Series D. 2019. Vol. 12. P. 128-132. <https://doi.org/10.1134/S1995421219020114>
4. Султанов М.В., Семькина А.С., Загородний Н.А. Исследование влияния жесткости каркаса безопасности на пассивную безопасность гоночных автомобилей // Прогрессивные технологии и процессы: Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 2018. С. 240-243.
5. Евдонин Е.С., Гурьянов М.В. Активная и пассивная безопасность автомобиля как основная мера повышения безопасности дорожного движения // Труды НАМИ. 2010. № 244. С. 36-51.
6. Сулегин Д.А., Зузов В.Н. Исследование влияния усиливающих элементов двери автомобиля на пассивную безопасность при боковом ударе // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2021. № 1 (132). С. 86-97. https://doi.org/10.46960/1816-210X_2021_1_86

7. Казмирчук К. Композиты в автомобильной промышленности: обзор передового опыта с выставки JEC World 2019 // Композитный мир. 2019. № 2(83). С. 60-68.
8. Madhusmita Sahu, Amar Patnaik, Yugal Kishor Sharma, Ashutosh Dalai. Physico-mechanical and tribological behaviour of natural fiber reinforced polymer composites: A short review // Materials Today: Proceedings. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.822>
9. Rosalía Guerra Tornero, Composite materials are more present today than ever before in cars // Reinforced Plastics. 2015. Vol. 59, Issue 3. P. 131. <https://doi.org/10.1016/j.repl.2015.01.004>
10. Полная статистика ДТП по России по месяцам в 2023 году. <https://rusdtp.ru/stat-dtp/>
11. Katrin Greta Hoffmann, Katharina Haag, Jörg Müssig. Biomimetic approaches towards lightweight composite structures for car interior parts // Materials & Design. 2021. Vol. 212, 110281. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.110281>
12. Nicholas Fantuzzi, Michele Baccocchi, David Benedetti, Jacopo Agnelli. The use of sustainable composites for the manufacturing of electric cars // Composites Part C: Open Access. 2021. Vol. 4, 100096. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100096>
13. Артамонов И.А. Совершенствование технологических процессов ремонта машин с использованием дисперснонаполненных полимеров // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: Материалы международной научно-практической конференции, Белгород, 15–17 октября 2020 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. С. 30-65.
14. Титков А.А. Применение композитных материалов для повышения пассивной безопасности кузовных частей автомобилей / А. А. Титков, Д. Г. Зенин, Н. Г. Сысенко // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2020): сборник статей XII Международной научно-технической конференции, посвященной 25-летию кафедры технологии материалов и транспорта,

Курск, 23 октября 2020 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. С. 352-354.

15. Письменный Р.А. Разработка новых материалов с улучшенными свойствами для производства автомобилей // Символ науки: международный научный журнал. 2023. № 7-2. С. 19-20.

References

1. Lee R., Rizaeva Yu., Psarev D., Kiba M., Bykonya A., Sukhareva T. Elastomeric nanocomposite for recovery of worn-out basic parts of agricultural machinery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 845, 012126. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012126>
2. Vaduka Akshitha Sumahi, S.P. Jani, Sudhakar Uppalapati. Impact study of a car bumper by using carbon fiber reinforced polyetherimid and S-glass/ epoxy compo. *Materials Today: Proceedings*, 2023, vol. 92, part 1, pp. 364-370. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.177>
3. Li R., Psarev D., Kiba M. Promising Nanocomposite Based on Elastomer F-40 for Repairing Base Members of Machines. *Polymer Science, Series D.*, 2019, vol. 12, pp. 128-132. <https://doi.org/10.1134/S1995421219020114>
4. Sultanov M.V., Semykina A.S., Zagorodniy N.A. Investigation of the influence of safety frame rigidity on passive safety of racing cars. *Progressive technologies and processes: Collection of scientific articles of the 5th All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation*, 2018, pp. 240-243.
5. Evdonin E.S., Guryanov M.V. Active and passive safety of the car as the main measure to increase the road traffic safety. *Proceedings of NAMI*, 2010, no. 244, pp. 36-51.
6. Sulegin D.A., Zuzov V.N. Research of the influence of the reinforcing elements of the car door on the passive safety in a side impact, *Proceedings of R.E. Alekseev NSTU*, 2021, no. 1 (132), pp. 86-97. https://doi.org/10.46960/1816-210X_2021_1_86
7. Kazmirchuk K. Composites in the automotive industry: a review of best practices from JEC World 2019. *Kompozitnyy mir [Composite World]*, 2019, no. 2(83), pp. 60-68.

8. Madhusmita Sahu, Amar Patnaik, Yugal Kishor Sharma, Ashutosh Dalai. Physico-mechanical and tribological behavior of natural fiber reinforced polymer composites: A short review. *Materials Today: Proceedings*, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.822>
9. Rosalia Guerra Tornero, Composite materials are more present today than ever before in cars. *Reinforced Plastics*, 2015, vol. 59, no. 3, p. 131. <https://doi.org/10.1016/j.repl.2015.01.004>
10. Full statistics of road accidents in Russia by month in 2023. <https://rusdtp.ru/stat-dtp/>
11. Katrin Greta Hoffmann, Katharina Haag, Jörg Müssig. Biomimetic approaches towards lightweight composite structures for car interior parts. *Materials & Design*, 2021, vol. 212, 110281. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.110281>
12. Nicholas Fantuzzi, Michele Baccocchi, David Benedetti, Jacopo Agnelli. The use of sustainable composites for the manufacturing of electric cars. *Composites Part C: Open Access*, 2021, vol. 4, 100096. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100096>
13. Artamonov I.A. Improvement of technological processes of machine repair with the use of dispersion-filled polymers. *Energy-resource-saving technologies and equipment in the road and construction industries: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Belgorod, October 15-17, 2020*. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2020, pp. 30-65.
14. Titkov, A.A. Application of composite materials to improve the passive safety of car body parts / A.A. Titkov, D.G. Zenin, N.G. Sysenko. *Modern automotive materials and technologies (SAMIT - 2020): collection of articles of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 25th anniversary of the Department of Materials Technology and Transport, Kursk, October 23, 2020*. Kursk: South-West State University, 2020, pp. 352-354.
15. Pismenny R.A. Development of new materials with improved properties for automotive production // *Symbol of Science: International Scientific Journal*. 2023. № 7-2. C. 19-20.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Кйба Петр Алексеевич, магистрант кафедры Технической эксплуатации транспортных средств
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
ул. 2-я Красноармейская, 4, г. Санкт-Петербург, 190005,
Российская Федерация
pitonio76@yandex.ru

Кйба Мария Романовна, ассистент кафедры Информационных систем и вычислительной техники, кандидат технических наук
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II
Васильевский остров, 21, г. Санкт-Петербург, 199106,
Российская Федерация
damsel_91@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Petr A. Kiba, Master's student of the Department of Technical Operation of Vehicles
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
4, 2nd Krasnoarmeyskaya Str., St. Petersburg, 190005, Russian Federation
pitonio76@yandex.ru

Maria R. Kiba, Assistant of the Department of Information Systems and Computer Engineering, PhD
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University
21, Vasilievsky Island, St. Petersburg, 199106, Russian Federation
damsel_91@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9999-8146>

Поступила 12.02.2024

После рецензирования 01.03.2024

Принята 04.03.2024

Received 12.02.2024

Revised 01.03.2024

Accepted 04.03.2024