

УДК 629.332-036.7

Павлов Алексей Петрович, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, 89037628407@mail.ru

Волчков Михаил Юрьевич, магистрант,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, 4947008@rambler.ru

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРИЦЕПОВ

Аннотация. Рассмотрены варианты применения альтернативных материалов при производстве легковых прицепов для эксплуатации в климатических условиях России. Эффективность предложенных материалов достигается за счет легкости конструкции, отличной коррозионной стойкости, простоты и экологичности производства и эксплуатации. В работе также проводится сравнение физико-механических показателей металлов и их композиционных заменителей. Как показывают результаты анализа этих данных и существующий опыт практического использования полимерных материалов, они имеют серьезные преимущества перед ранее используемыми материалами. Практически изделия из ПКМ ни в чем не уступают конструкциям, изготавливаемым из металлов. Это объясняется как постоянным совершенствованием свойств композиционных материалов, так и их более высоким уровнем технологичности изготовления не только конструктивных элементов обшивки прицепов, но и силовых элементов несущей конструкции.

Ключевые слова: легковой прицеп, кемпер, качество, производство, полимерные композитные материалы, надежность, безопасность, технологичность, перспективы применения ПКМ.

Pavlov Aleksey P., Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, 89037628407@mail.ru

Volchikov Mikhail Y., undergraduate,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, 4947008@rambler.ru

THE RATIONALE FOR THE SELECTION OF MATERIALS FOR PARTS PRODUCTION TRAILERS

Abstract. The variants of application of alternative materials by production of automobile trailers for operation in climatic conditions of Russia are considered. The efficiency of the proposed materials is achieved due to the ease of construction, excellent corrosion resistance, simplicity and environmental friendliness of production and operation. The paper also compares the physical and mechanical properties of metals and their

composite substitutes. As the results of the analysis of these data show, and the existing experience of the practical use of polymeric materials, they have serious advantages over the previously used materials. Almost of the product of PKM in no way inferior designs made of metals. This is explained as the constant improvement of the properties of composite materials, and their higher level of technological production not only structural elements of the lining of trailers, but also the power elements of the supporting structure.

Key words: car trailer, camper, quality, production, polymer composite materials, reliability, safeness, manufacturability, the prospect of using PCM.

В последние десятилетия в России становится популярна тема автотуризма. Связано это с повышением качества дорог, развитием придорожной инфраструктуры. Современные легковые автомобили достаточно надежны, комфортны, экономичны и позволяют передвигаться на дальние расстояния, как правило, дешевле, чем на альтернативных видах транспорта. В связи с этим, рынок жилых прицепов-кемперов в России быстро растет. Но большинство предоставленной на рынке техники является бывшей в употреблении, привезенной из Европы или Америки. Данные прицепы не всегда отвечают требованиям безопасности, не рассчитаны на эксплуатацию в России, да и просто морально и физически устарели. В нашей стране существует четыре предприятия, занимающихся единичным производством жилых прицепов. Все они относительно молодые, не старше 5 лет.

Прицеп-кемпер – это разновидность прицепов (полуприцепов), созданных изначально для жизни в местах, где отсутствуют дома и гостиницы. Жилой модуль может быть оснащен кухней с газовой плитой, душевой кабиной, санузлом, разнообразной мебелью, отоплением, запасом питьевой и технической воды, различными электрическими приборами и, конечно же, спальным местом.

В данной статье рассмотрены возможности повышения уровня качества производства самих прицепов и создания комфорта для пользователей за счет более полного насыщения необходимым оборудованием и оснащением легковых прицепов-кемперов

без превышения общей разрешенной массы до 750 кг за счет применения при производстве полимерных композиционных материалов (ПКМ).

Предлагаемая конструкция обладает большим количеством положительных качеств: на его буксировку не требуется категория «С» в водительском удостоверении, стоимость нового прицепа невелика, обслуживание несложно при полном насыщении требуемым в путешествии и на отдыхе (рыбалка, охота, туризм) оборудованием. Внедрение этих факторов обеспечат популярность разрабатываемой модели не только у нас, но и за рубежом.

Применение ПКМ позволит в первую очередь обеспечить не только требования по надежности и безопасности эксплуатации прицепов, но и полностью соблюсти такие регламентируемые требования, как **снаряженная масса прицепа и разрешенная максимальная масса прицепа**.

Возможность использования ПКМ с целью облегчения конструкции прицепа высказывают многие авторы. Так, например, в работе [1] в табл. 1, представленной ниже, даны физико-механические характеристики различных типов материалов в сравнении с различными видами металлов.

Таблица 1

Свойства конструкционных материалов

Материал	Плотность	Прочность при растяжении	Модуль упругости при растяжении	Удельная прочность	Удельный модуль упругости
	г/см ²	ГПа	ГПа	ГПа/г·см ⁻³	ГПа/г·см ⁻³
Полимерные армированные материалы					
Стеклопластики					
– однонаправленные	2,1	1,6–2,1	56–70	0,76–1	27–33
– перекрестные	2,0	1,0–1,2	36–42	0,5–0,6	18–20
Органопластики					
– однонаправленные (1:0)	1,35	1,9–2,5	80–95	1,4–1,85	59–70
– перекрестные (2:1)	1,35	1,2–1,6	53–63	0,88–1,18	39–46
Углепластики					
– однонаправленные (1:0)	1,5	1–1,5	120–180	0,66–1	80–120
– перекрестные (2:1)	1,5	0,6–1	80–120	0,4–0,67	53–90

Материал	Плотность	Прочность при растяжении	Модуль упругости при растяжении	Удельная прочность	Удельный модуль упругости
	г/см ²	ГПа	ГПа	ГПа/г·см ⁻³	ГПа/г·см ⁻³
Боропластики					
– однонаправленные (1:0)	2,0	1,5	240	0,75	120
– перекрестные (2:1)	2,0	0,9	160	0,45	180
Металлические сплавы					
Алюминий АМГ-6	2,64	0,34	72	0,13	27
Магний МА-2-1	1,8	0,32	43	0,18	24
Титан 8Т-3-1	4,5	1,25	110	0,28	22
Бериллий А5М-1	2,35	0,42	140	0,18	60
Сталь ЭП 679	7,89	1,9	200	0,24	25

Из анализа данных таблицы становится ясно, что по основным характеристикам полимерные материалы не уступают металлам, а по некоторым даже превосходят их значения.

Прицепы для легковых автомобилей (легковые прицепы) составляют особый класс прицепов. По назначению они делятся на жилые, грузовые и специальные [2].

Как видно из табл. 2, наиболее массовую группу прицепов составляют жилые прицепы. Жилой прицеп, даже относящийся к легкому классу прицепов, обеспечивает проживание в нем с необходимыми санитарно-гигиеническими условиями 4–5 чел. [2]. Жилые прицепы по конструкции кузова могут быть разделены на две группы: прицепы-дачи с жесткими неразборными кузовами и складные прицепы-палатки [3].

В зависимости от полной массы прицепа легковые прицепы делятся на четыре класса. Технические характеристики легковых прицепов, выпускаемых и эксплуатируемых в настоящее время, приведены в табл. 2 [3].

В своей основе все основные конструктивные элементы прицепов, изготавливаемые и эксплуатируемые в настоящее время, выполнены из различных видов металлов. И только для внутренней отделки применяются более легкие материалы, использование которых также связано с необходимостью соблюдения санитарно-эпидемиологических и противопожарных требований.

Таблица 2

Технические характеристики легковых прицепов

Параметры	Модели				
Название	СКИФ	Турист	ДОН	Славянка	Исеть
Полная масса, кг	400	400	400	290	430
Собственная масса, кг	260	350	270	275	190
Грузоподъемность, кг	140	50	130	45	240
Допустимая скорость, км/ч	80	70	80	80	70
Число спальных мест	5	4	4	5	2
Габаритные размеры, мм:					
длина с дышлом	2900	3060	3520	3102	2700
ширина	1645	1750	1950	1636	1600
высота	900	1100	1610	830	850
Колея, мм	1440	1450	1790	1340	1420
Дорожный просвет, мм	260	265	290	180	216
Нагрузка на сцепное устройство (с грузом), Н	300	350	350	450	350
Размер шин	4,0–10	5,20X13	5,00–10	5,00–10	5,00–10
Высота расположения	415	370	420	430	420

Таблица 3

Классификация легковых прицепов по массовым показателям, кг

Класс прицепа	Жилые	Грузовые	Грузовые (лодочные)
Легкий (низший)	400–600	200–450	200–450
Средний	600–900	450–800	450–800
Тяжелый	900–1600	800–1600	800–1600
Особо тяжелый	1600–4500	–	–

В настоящее время все более широкое применение получают композиционные материалы, так как они имеют значительные технологические и конструктивные преимущества перед традиционно используемыми металлами [4].

Целью создания композиционного материала (КМ) является объединение схожих или различных компонентов для получения материала с новыми заданными свойствами и характеристиками, отличными от свойств и характеристик исходных компонентов [2].

Большинство свойств полученных КМ оказываются более высокими, нежели свойства исходных компонентов. С появлением такого рода материалов возникла возможность селективного выбора свойств композитов, необходимых для нужд конкретной области применения КМ. Они оказались и экономичными, и удобными в проектировании и сегодня используются везде – от производства игрушек и теннисных ракеток до космических аппаратов (теплоизоляция, микросхемы и др.) [2].

Уникальные физико-химические, конструкционные и технологические свойства таких материалов позволяют использовать их в разнообразных областях жизнедеятельности [5].

Для выполнения поставленной задачи по замещению металлов на ПКМ необходимо выполнить следующие практические процедуры:

- провести анализ связующих, наполнителей, отвердителей и технологий производства деталей из ПКМ;
- разработать методику подбора состава ПКМ;
- на основе проведенного анализа и положений ТЗ выбрать состав материала и технологию производства;
- провести экспериментальные работы;
- дать заключение о возможности применения выбранного ПКМ при производстве не только корпусных, но и грузонесущих конструктивных элементов легковых прицепов.

Для реализации поставленной задачи была разработана представленная ниже на рисунке блок-схема распределения различных конструктивных элементов прицепов с целью возможности применения различных технологических процессов их изготовления.

Такой подход дает возможность проведения технологической подготовки к производству различных по своему назначению деталей прицепов.

А в табл. 4 показаны существующие типы наполнителей и возможные технологии производства из них деталей.

Наибольшее применение в машиностроении нашли волокнистые наполнители на основе стеклянных и углеродных волокон.

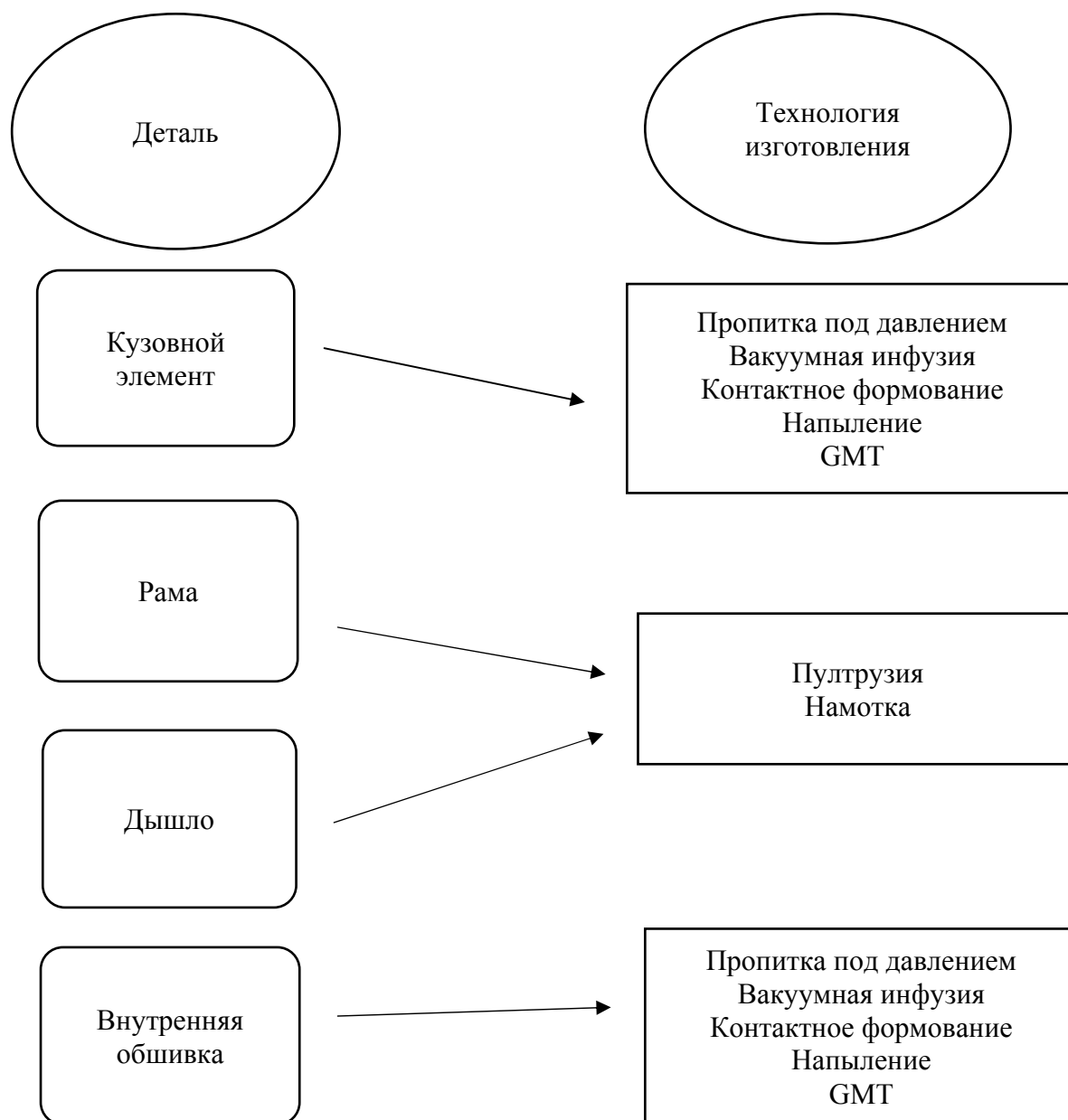


Рисунок. Блок-схема применения технологических процессов для производства различных типов деталей прицепов

Наибольшее применение в машиностроении нашли волокнистые наполнители на основе стеклянных и углеродных волокон.

Создание ПКМ для изготовления деталей прицепов, как отмечено в [1], наиболее целесообразно проводить в следующей последовательности:

—выбор связующего;

- выбор предварительного варианта технологии формования;
- выбор наполнителя и определение его концентрации;
- оптимизация конструкции будущей детали и повторное уточнение типа связующего, наполнителя и технологии формования.

Таблица 4

Существующие типы наполнителей

и возможные технологии производства деталей на их основе

Типы волокнистых наполнителей	Технологии производства деталей из ПКМ
Тканые наполнители	– контактное формование – пропитка под давлением – вакуумная инфузия – препрег
Непрерывные волокна	– метод пултрузии – метод намотки
Рубленые волокна	– напыление – GMT (glass mat thermoplastic)

Подбор должен основываться на оценке свойств отвержденных связующих, представленных в табл. 5 и 6, на основании данных работы [1].

Таблица 5

Свойства отвержденных связующих

для производства армированных пластиков

Свойства	Смолы				
	Поли-эфирные	Фенол-формаль-дегидные	Эпоксид-ные	Кремнийор-ганические	Полиамидные
Плотность, г/см ³	1,1–1,46	1,2–1,36	1,1–1,4	1,5–1,36	1,2–1,45
Модуль упругости при растяжении, ГПа	1,5–4,5	1,4–6,8	1,9–5,0	1,5–3,7	3,2–5,5
Прочность при растяжении, МПа	23,5–68,5	22,5–78,3	27,4–140	6,8–34,2	90–95
Относительное удлинение при разрыве, %	0,5–0,6	0,3–0,4	1,2–10	0,3–1,5	1–4
Удельная ударная вязкость, кДж/м ²	2,0–10,7	2,0–11,3	2,9–24,5	2,3–5,4	4–12
Температурный коэффициент линейного расширения, $\times 10^6$, К ⁻¹	60–90	60–80	48–80	20–40	50–58
Усадка при отверждении, %	4–15	0,5–7,0	0,5–3,6	2,1–4,3	0,5–2
Водопоглощение за 24 ч, %	0,15–0,6	0,15–0,6	0,03–0,3	0,05–0,2	0,01–0,6

Свойства	Смолы				
	Поли-эфирные	Фенол-формаль-дегидные	Эпоксид-ные	Кремнийор-ганические	Полиа-мидные
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,12–0,23	0,23–0,27	0,17–0,21	0,4–0,6	0,35–0,37
Диэлектрическая проницаемость, при 10 ⁶ Гц	4,1–4,5	3–5	3,2–4,5	2,6–4,2	3,4–3,8
Тангенс угла диэлектрических потерь	0,022–0,024	0,015–0,035	0,01–0,03	0,001–0,025	0,001–0,005
Теплостойкость по Мартенсу, °С	60–80	140–180	140–150	250–280	250–370

Таблица 6

Анизотропия свойств углепластиков

Наименование показателя	Единица измерения	Направление нагрузки	Значение показателя
Прочность при растяжении	МПа	Вдоль волокон	1500
		Поперек волокон	32
Прочность при сжатии	МПа	Вдоль волокон	1200
		Поперек волокон	140
Модуль упругости при растяжении	ГПа	Вдоль волокон	140
		Поперек волокон	9

Вывод

В работе рассмотрена и доказана потенциальная возможность замещения используемых материалов при производстве жилых прицепов для легковых автомобилей на ПКМ на основании результатов сравнительного анализа физико-механических свойств ПКМ и различных видов конструкционных металлов. Рассмотрены технологии производства деталей из ПКМ, получаемых на основе использования различных видов армирующих химических волокон, волокнистых наполнителей для различных по нагрузке деталей прицепов, от внешних корпусных до силовых, несущих основную нагрузку.

Следующим этапом проведения работ будет экспериментальная оценка возможности применения предлагаемого замещения материалов при изготовлении деталей прицепов и обоснование выбора технологий их эффективного производства.

Список литературы

1. Баурова, Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учебное пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин – М.: МАДИ, 2016. – 264 с.
2. Бондалетова, Л.И. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие. Ч. 1 / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2013. – 118 с.
3. Контактное формование. По материалам: «Производство изделий из полимерных материалов», изд-во Профессия. – Режим доступа: <https://plastinfo.ru/information/articles/264>
4. Вакуумная инфузия. – Режим доступа: <https://carbocarbo.ru/technology/infusion/>
5. Джоган, О.М. Методы изготовления деталей из композиционных материалов пропиткой в оснастке. Ч. 1. Методы пропитки под давлением / О.М. Джоган, О.П. Костенко // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Харьков: ХАИ, 2011. – Вып. 4 (68). – С. 111–125.

References

1. Baurova N.I., Zorin V.A. *The use of polymer composite materials in the manufacture and repair of machines* (The use of polymer composite materials in the manufacture and repair of machines), Moscow, MADI, 2016, 264 p.
2. Bondaletova L.I., Bondalets V.G. *Polimernye kompozicionnye materialy* (Polymer Composite Materials), Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2013, 118 p.
3. URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/264>
4. URL: <https://carbocarbo.ru/technology/infusion/>
5. Johann O.M., Kostenko O.P. *Voprosi proektirovania i proizvodstva konstrukcij letatelnych apparatov*, Charkov, ChAI, 2011, no. 4 (68), pp. 111–125.