

УДК 678.8: 656.02

М.С. Дориомедов<sup>1</sup>, М.И. Дасковский<sup>1</sup>, С.Ю. Скрипачев<sup>1</sup>, Е.А. Шейн<sup>1</sup>

## ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ РОССИИ (обзор)

DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-7-12-12

*Представлены предприятия, занимающиеся разработкой и внедрением полимерных композиционных материалов в железнодорожном транспорте России. Приведены конструкции, в которых применяются композиционные материалы. Даны краткий анализ основных преимуществ их использования по сравнению с традиционными материалами и рекомендации по улучшению применения композиционных материалов в железнодорожном транспорте.*

*Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 13.1. «Связующие для полимерных и композиционных материалов конструкционного и специального назначения» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1].*

**Ключевые слова:** полимерные композиционные материалы, железнодорожный транспорт.

*Companies engaged in development and introduction of polymer composite materials in the rail transport in Russia are presented. Structures based on composites are exemplified. Brief analysis of main advantages of their application comparing with traditional materials and recommendations on improvement of composite materials implementation in railway are provided.*

*The work is executed within the frames of the complex scientific direction 13.1. «Binders for polymer and composite materials for structural and special purpose» («The strategic directions of development of materials and technologies of their processing for the period till 2030») [1].*

**Keywords:** polymer composite material, railways.

---

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

В «Стратегии развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 г.» (далее – Стратегия развития РЖД) к основным направлениям инновационной деятельности применительно к подвижному составу отнесены: увеличение скоростей движения и нагрузки на ось, снижение массы тары грузового вагона, модернизация вагонов и улучшение их технико-экономических характеристик. При этом в условиях старения парка подвижного состава и необходимости продления его эксплуатационного ресурса основным резервом обеспечения высоких требований Стратегии развития РЖД является внедрение инновационных решений, в частности, применение современных полимерных композиционных материалов (ПКМ).

Применение ПКМ при производстве подвижного железнодорожного состава как пассажирского, так и грузового, обеспечивает его облегчение, удешевление, долговечность и меньшие затраты на эксплуатацию. Одновременно с этим особенно важны весовые показатели для высокоскоростного движения на существующих линиях. Снижение массы является определяющим критерием для обеспечения оптимального расположения центра тяжести кузовов вагонов, что очень важно для наклона кузова при движении на крутых поворотах с высокой скоростью [2].

В России в последние годы принимается ряд мер, направленных на широкое применение композитов в подвижном составе железнодорожного транспорта, среди них – стратегия развития железнодорожного транспорта, административное и экономическое стимулирование предприятий отрасли, создание профильных информационных и коммуникационных площадок.

Отсутствие достоверных данных о состоянии и практике применения ПКМ, наличии критических рисков, определяющих угрозу невыполнения целевых задач, определило необходимость проведения прогнозно-аналитических, маркетинговых, патентно-информационных исследований в данной области. В ходе подготовки данной статьи использована соответствующая методологическая база, успешно отработанная на базе технологической платформы «Новые полимерные композиционные материалы и технологии» с привлечением экспертного сообщества – участников технологической платформы.

За рубежом широкомасштабное применение композиционных материалов получило после реализации европейской программы «НУСОТРАНС», в рамках которой велись работы по выбору и оценке композиционных материалов для нужд железнодорожного транспорта. Результатом этой программы стало изготовление и применение композиционных материалов в деталях и узлах подвижного состава [3].

В число наиболее крупных западных производителей подвижного состава, применяющих ПКМ для их производства, входят компании Alstom Transport (Франция), Amtrak (США), GE Transportation (США), Siemens AG (Германия), Bombardier Transportation (Германия), Stadler Rail AG (Швейцария) и консорциум японских производителей Kawasaki Heavy Industries. В качестве наиболее известных подвижных составов, в интерьере, экстерьере и иных деталях и узлах которых применяются композиционные материалы, можно выделить поезда фирм: Amtrak's Acela Express (США), TGV (Train à Grande Vitesse, Франция), AGV (Automotrice à grande vitesse, Франция), Siemens Velaro (Германия), суперэкспресс-поезд (Super Express Train – efSET, Hitachi Rail, Япония), синкансэн поезда (Shinkansen trains, Япония), локомотивы серии Evolution (GE Transportation, США), Stadler FLIRT (Stadler Rail AG, Швейцария) и другие.

В России в последние 5–10 лет также обозначился резкий рост интереса к применению ПКМ в железнодорожном транспорте. В настоящее время среди отечественных производителей композиционных материалов для нужд железнодорожной отрасли можно выделить компании «ВГМ Композит», ООО НПП «ПОЛЕТ», ЗАО «Мыс», ООО «НПП «АПАТЭК», ООО «Композит Групп», Группа «Композит» и др. Среди потребителей продукции из ПКМ предприятия: ОАО «Демиховский машиностроительный завод» (ОАО «ДМЗ»), ОАО «ХК «Коломенский завод», АО «УК «Брянский машиностроительный завод», ОАО «Метровагонмаш», АО «ТВСЗ» и другие. При этом необходимо отметить, что основное применение композиционных материалов приходится на изделия внутренней отделки салонов вагонов, кабины машиниста, туалетного помещения, элементов экстерьера (маска вагона) и прочие детали и узлы (тормозные колодки, накладки, элементы вентиляторов и т. п.) подвижного состава.

Так, в электропоезде серии ЭД4М Демиховского машиностроительного завода в состав, которого входят 2 головных вагона, 5 моторных вагонов и 4 прицепных вагона (2ГВ+5МВ+4ПВ), основное применение ПКМ (стеклопластиков) приходится на изделия внутренней отделки салонов вагонов, кабины машиниста и туалетного помещения:

- интерьер салона – боковые стены, салонные перегородки;
- интерьер кабины машиниста – столешница пульта управления, боковые стены, лобовая стена, шкаф с оборудованием, шкаф для одежды;
- туалетное помещение – стены, тумба умывальника, поддон.

Ориентировочная масса применяемых ПКМ составляет 3940 кг (рис. 1).



Рис. 1. Применение ПКМ в электропоезде ЭД4М

В ОАО «ХК «Коломенский завод» в настоящее время также осуществляется широкое внедрение и применение композитов на эпоксидной основе. В частности, в электровозе ЭП2К и тепловозе ТЭП70БС, предназначенных для вождения пассажирских поездов на электрифицированных и неэлектрифицированных участках железных дорог России, из ПКМ изготавливают элементы пульта управления, боковые стены, лобовую стену, шкаф с оборудованием, шкаф для одежды (интерьер); лобовой обтекатель (экстерьер); воздухопроводы, вентиляторы, их корпуса и лопасти (иные детали). Ориентировочная масса применяемых композитов составляет 1460 кг – для ЭП2К и 1050 кг – для ТЭП70БС (рис. 2).

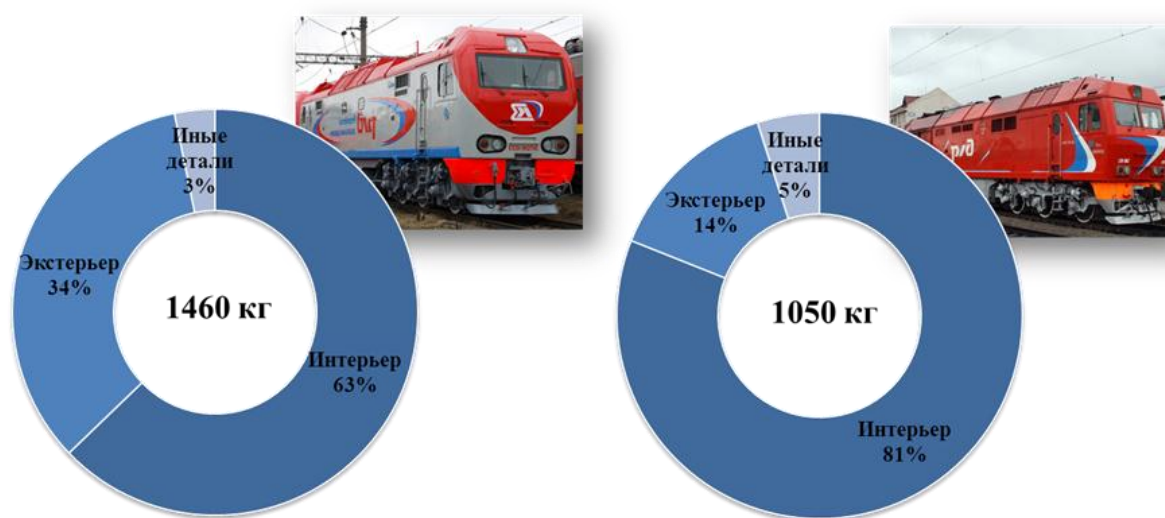


Рис. 2. Применение ПКМ в электровозе ЭП2К (а) и тепловозе ТЭП70БС (б)

Широкое применение находят композиты и в новых вагонах метро. Из композитов производят внутреннюю отделку вагонов, каркасы сидений – интерьер, головную часть кабины (маска) – экстерьер. Так, в вагонах метро серий 81-717.6/714.6, 81-760/761 и 81-740.4/741.4 производства ОАО «Метровагонмаш» ориентировочная масса применяемых композитов составляет 667; 582 и 907 кг соответственно (рис. 3).

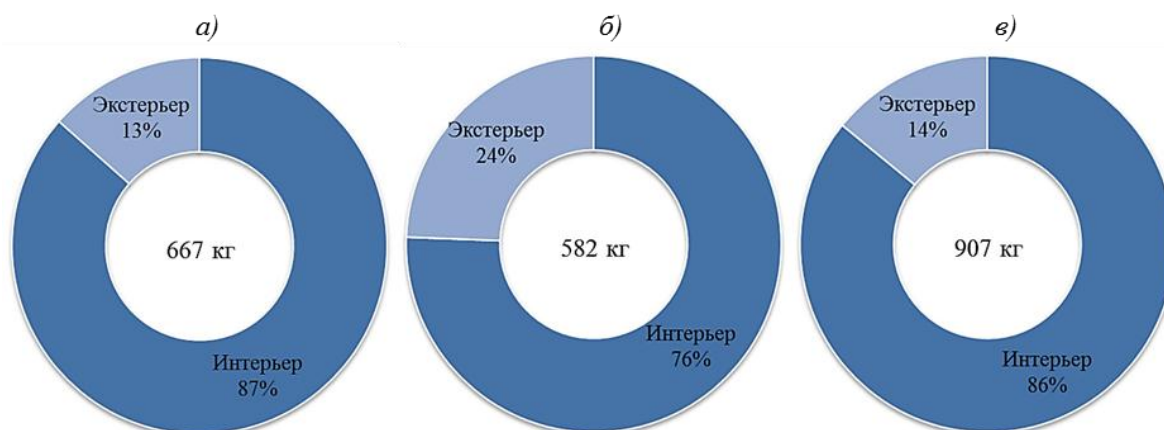


Рис. 3. Применение ПКМ в вагонах метро серий 81-717.6/714.6 (а), 81-760/761 (б), 81-740.4/741.4 (в)

Применяются композиционные материалы в деталях и узлах тепловозов серий 2ТЭ25А, 2ТЭ25КМ и ТЭМ18ДМ производства Брянского машиностроительного завода. Основное применение композиты находят в элементах интерьера и экстерьера кабины машиниста и иных деталях – вентиляторах и их элементах, воздуховодах, вспомогательных механизмах и т. п. Ориентировочная масса применяемых композитов составляет 1041,8; 1240 и 303,7 кг соответственно (рис. 4).

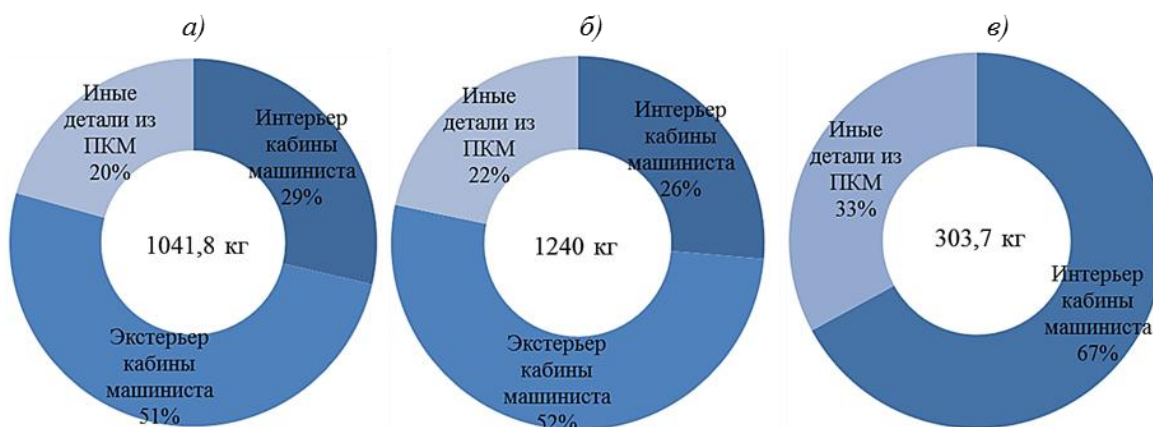


Рис. 4. Применение ПКМ в тепловозах серий 2ТЭ25А (а), 2ТЭ25КМ (б), ТЭМ18ДМ (в)

Композиционные материалы также находят применение в вагонах-платформах моделей 12-9861, 12-9861-02, 12-9853, 12-9853-01, 12-9937, 12-9833, 12-9833-01, 12-9869, 13-9834, 13-9834-01, 19-9835, 19-9835-01, 19-9870, 19-9870-01 производства Тихвинского вагоностроительного завода. В частности, из композитов изготовлены втулки тормозной рычажной передачи (0,5 кг) и элементы тележки (1,5 кг).

Для изготовления конструкций из ПКМ, элементов интерьера и экстерьера подвижного состава железнодорожного транспорта в основном применяется технология контактного формования. Контактное формование изделий в открытых формах осуществляют двумя методами: ручной укладкой и напылением.

Данная технология хорошо зарекомендовала себя при производстве крупногабаритных малонагруженных деталей и элементов конструкций подвижного состава (внешний обтекатель, столешница пульта управления и т. д.), не имеющих высоких эксплуатационных нагрузок.

Практика применения ПКМ в подвижных составах показывает, что в основном для изготовления изделий из ПКМ применяют стеклопластики на основе полиэфирного связующего и стеклотканей, таких марок как Т-10, Т-11, Т-13 и др. (ГОСТ 19170–2001), а также стекломатов с плотностью 300–600 г/м<sup>2</sup>.

Необходимо отметить, что к композиционным материалам, применяемым в транспортном машиностроении, предъявляют высокие требования к характеристикам пожаробезопасности: горючести, дымообразующей способности, тепловыделению при горении, токсичности. Поэтому, в качестве основы для связующего используются жаростойкие полиэфирные смолы, такие как HETRON F804TF и F805TF, прошедшие сертификацию по требованиям пожаробезопасности в метро и на железнодорожном транспорте в России и предназначенные для ручного формования, напыления и холодного прессования стеклопластиков. Смола содержит галоидные составляющие в молекулах, а также органические наполнители и не содержит хлор или азот. Для получения более прочных и виброустойчивых изделий используются стеклопластики на эпоксидной основе. Это связано с тем, что эпоксидные смолы, такие как ЭД-20, имеют высокую адгезию к различным субстратам (металлам, керамике, бетону, дереву), обладают необходимой твердостью, прочностью и могут подвергаться механической обработке.

С учетом плана закупок подвижного состава РЖД динамика потребления ПКМ с прогнозом на 2016 г. выглядит следующим образом – рис. 5. Очевидно, что объемы применения ПКМ в железнодорожном транспорте России уверенно растут. Необходимо отметить и перспективные проекты, разрабатываемые отечественными компаниями. К таким проектам относится вагон-хоппер (модель 19-5167), изготовленный из ПКМ и предназначенный для перевозки минеральных удобрений; контейнер-цистерна (модель КЦХ.ПКМ-25/0,4) для перевозки и хранения химических продуктов; контейнеры-рефрижераторы и т. д.

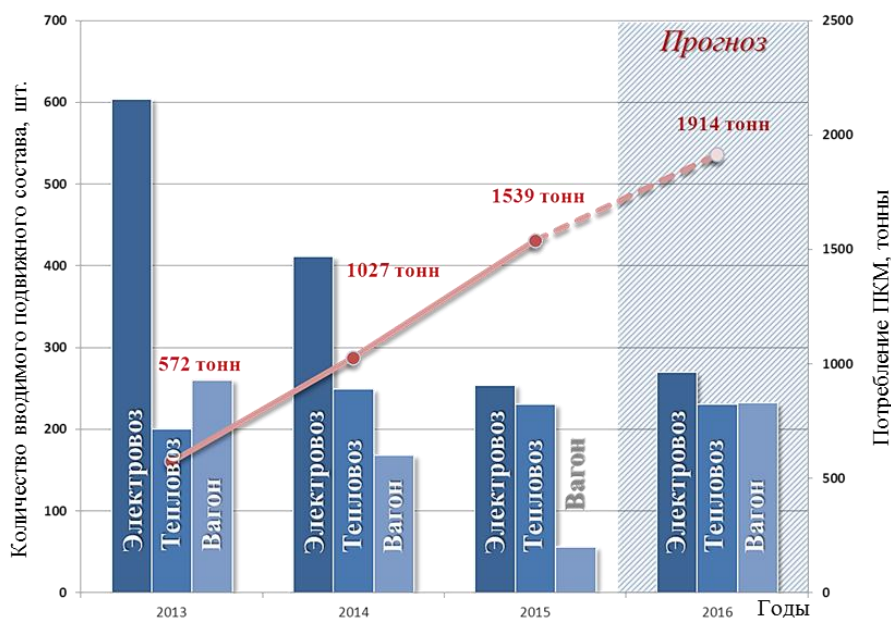


Рис. 5. Динамика применения ПКМ в РЖД

Однако существуют и сдерживающие факторы широкого распространения ПКМ на железнодорожном транспорте. По мнению участников технологической платформы «Новые полимерные композиционные материалы и технологии» к таким факторам относятся: недостаток квалифицированных кадров; недостаточный объем нормативной базы; отсутствие производственного, исследовательского и испытательного оборудования

отечественного производства, современных технологий утилизации ПКМ и т. п. [4–6]. Необходимо также отметить отсутствие на территории России исходных химических компонентов для производства ПКМ, таких как парафенилендиамин, динитроанилин, 4,4-диаминодифенилсульфон, различные типы антипиренов и отвердителей и т. п. Данные компоненты поставляются иностранными компаниями, что в виду высокой волатильности рубля и сложной внешнеполитической ситуации может негативно сказаться на развитии отрасли (широком применении изделий из ПКМ).

Главными причинами того, что традиционные материалы следует активно заменять композиционными, являются: высокая коррозионная стойкость, повышенная прочность, малая плотность и изолирующие свойства, хорошее шумопоглощение. Кроме того, изделия из композитов более надежны и долговечны при работе, чем их аналоги из различных видов металлов, главным образом ввиду отсутствия у изделий из композитов сварных швов (врезок, переходов), концентраторов напряжений и зон пониженной химической стойкости [7–15].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // *Авиационные материалы и технологии*. 2015. №1 (34). С. 3–33.
2. Богданов А. Пластики на рельсах // *Пластик*. 2013. №8 (126). С. 16–22.
3. G. Welty. «Railway Age», 1997, N 8, pp. 41, 43–45. URL: <http://center-science.ru/files/zgd.pdf> (дата обращения: 20.01.2016).
4. Дасковский М.И., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Систематизация базисных факторов, препятствующих внедрению полимерных композиционных материалов в России (обзор) // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* 2016. №5. Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 20.05.2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-5-6-6.
5. Петров А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Зарубежный опыт развития производства изделий с использованием вторично переработанных полимерных композиционных материалов (обзор) // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* 2015. №12. Ст. 12. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 20.01.2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-12-12-12.
6. Петров А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* 2015. №8. Ст. 09. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 20.01.2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-8-9-9.
7. Каблов Е.Н. Композиты: сегодня и завтра // *Металлы Евразии*. 2015. №1. С. 36–39.
8. Каблов Е.Н. Материалы – основа любого дела // *Деловая слава России*. 2013. №2 (40). С. 4–9.
9. Каблов Е.Н. Инновационное развитие – важнейший приоритет государства // *Металлы Евразии*. 2010. №2. С. 6–11.
10. Каблов Е.Н. Авиакосмическое материаловедение // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2008. №3. С. 2–14.
11. Каблов Е.Н., Каримова С.А., Семенова Л.В. Коррозионная активность углепластиков и защита металлических силовых конструкций в контакте с углепластиком // *Коррозия: материалы, защита*. 2011. №12. С. 1–7.
12. Власенко Ф.С., Раскутин А.Е. Применение полимерных композиционных материалов в строительных конструкциях // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* 2013. №8. Ст. 03. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 20.01.2016).
13. Каблов Е.Н. Современные материалы – основа инновационной модернизации России // *Металлы Евразии*. 2012. №3. С. 10–15.
14. Каблов Е.Н. ВИАМ: продолжение пути // *Наука в России*. 2012. №3. С. 36–44.
15. Каблов Е.Н., Гращенков Д.В., Ерасов В.С., Анчевский И.Э., Ильин В.В., Вальтер Р.С. Стенд для испытания на климатической станции ГЦКИ крупногабаритных конструкций из ПКМ // *Сб. докл. IX Междунар. науч. конф. по гидроавиации «Гидроавиасалон-2012»*. 2012. С. 122–123.