

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ



Взаимодействие ОАО «РЖД»
с субъектами Российской Федерации

стр. 12

заказала южнокорейской корпорации Hyundai Rotem пять шестивагонных электропоездов серии 250 (EMU-250), созданных на базе экспериментального поезда HEMU-430X. Чуть позже заказ был увеличен до 19 поездов. Каждый из них вмещает 380 пассажиров. Поезда заказаны для среднескоростных линий, поэтому их максимальная скорость ограничена 260 км/ч. Выбор данных поездов был сделан с учетом того, что благодаря распределенной тяге они по показателям торможения и ускорения больше подходят для работы в режиме с частыми остановками. В коммерческую эксплуатацию поезда должны поступить в следующем году. В это же время планируется ввести в обращение и два восьмивагонных экспресса, рассчитанных на скорость 320 км/ч, которые были заказаны Hyundai Rotem одновременно с поездами серии EMU-250. Они будут курсировать на маршрутах Сеул – Пусан и Сеул – Кванджу-Сонджон.

СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

Ведущие тепловозостроительные компании Северной Америки проявляют возрастающий интерес к организации капитального ремонта и модернизации магистральных локомотивов.



Фото с сайта www.keranews.org

В настоящее время в данном направлении в условиях уменьшения спроса на новые тепловозы активно работают компании National Rail Equipment, Brookville Equipment, Motive Power, а также GE Transportation и EMD. С учетом масштабов рынка на получение заказов рассчитывают и более мелкие компании. Заказы поступают от железных дорог первого класса, таких как Canadian Pacific и Norfolk Southern, а также из стран Европы и Африки. Так, компания GE Transportation за последние десять лет модернизировала около 2 тыс. тепловозов для 37 заказчиков почти из 30 стран мира и имеет заказы на обновление еще примерно 11 тыс. локомотивов. Модернизация может включать в себя только совершенствование систем управления, однако предусматривается и радикальное переоснащение тяговой техники, к примеру с заменой электрической передачи постоянного тока передачей переменного тока с современным цифровым управлением. Более глубокая модернизация позволяет заказчикам существенно повысить эффективность использования локомотивов. Внедрение прогрессивных технических решений обеспечивает увеличение тягового усилия, снижение удельного расхода топлива, повышение коэффициента сцепления, сокращение расходов на техническое обслуживание и ремонт. Устойчивой тенденцией на рынке становится обновление не нескольких единиц техники, а всего парка локомотивов. Это экономически выгодней и заказчиками и исполнителям. Работы по модернизации тепловозов осуществляются как на предприятиях-изготовителях, так и в депо компаний-операторов.

Модернизация тепловозов на заводе в Форт-Уэрте

Аннотации статей, ключевые слова, пристатейные библиографические списки публикуются на сайте журнала.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
А.В. ГОГОЛЕВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

С.А. КОБЗЕВ (председатель),
М.П. АКУЛОВ, **Г.В. ВЕРХОВЫХ**,
В.А. ГАПАНОВИЧ, **В.И. КОЛЕСНИКОВ**,
Б.М. ЛАПИДУС, **Б.А. ЛЁВИН**,
А.С. МИШАРИН, **Н.А. НИКИФОРОВ**,
Ф.С. ПЕХТЕРЕВ, **В.А. ПОПОВ**,
О.В. ТОНИ, **Д.С. ШАХАНОВ**

РЕДАКЦИОННО-АВТОРСКИЙ СОВЕТ

Бороненко Ю.П. (С.-Петербург)
Верескун В.Д. (Ростов-на-Дону)
Волков А.Н. (Москва)
Гапеев С.Н. (Москва)
Гром Н.П. (Москва)
Ермаков В.М. (Москва)
Косарев А.Б. (Москва)
Коссов В.С. (Коломна)
Певзнер В.О. (Москва)
Розенберг И.Н. (Москва)
Храмцов А.М. (Челябинск)
Шаров В.А. (Москва)

Адрес редакции: 129272, Москва,
Рижская площадь, д. 3

Телефон для справок, факс
8 (499) 262-52-10
E-mail: zdt@zdt-magazine.ru,
www.zdt-magazine.ru

Учредитель:
ОАО «Российские железные дороги»
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-21831 от 07.09.2005

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, и в базу данных Российского индекса научного цитирования

Отпечатано в типографии
ЗАО «Алгоритм +»
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36
Тел.: (843) 519-69-05
E-mail: npovti.t@yandex.ru

Подписано к печати 31.07.2019
Формат 60x84 1/8 Уч. изд. л. 14,16

Заказ 19073

Тираж 1330 экз. Цена свободная

Подписной индекс 70280

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

И.М. МИШИН,

Российский университет транспорта (МИИТ), аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»

ОДИН из методов совершенствования технического обслуживания и ремонта подвижного состава – аддитивные технологии. Считается, что страной – родоначальницей аддитивных технологий, или технологии 3D-печати являются США. Основатель компании 3D Systems американский инженер Чарльз Халл в 1986 г. собрал первый в мире стереолитографический 3D-принтер (метод SLA-печати). Первое практическое применение технология получила в оборонной сфере. В 1986 г. другой американский инженер Скотт Крамп разработал и начал выпускать устройство, работающее по принципу послойного наплавления (FDM-печать). Сам же термин «3D-принтер» впервые прозвучал в 1995 г. в Массачусетском технологическом институте [1].

Принцип FDM подразумевает создание трехмерных объектов за счет последовательного наплавления слоев полимерного материала. SLA – это «выращивание» трехмерного объекта в емкости с фотополимерным материалом слой за слоем, отвердевающим под действием ультрафиолетового лазерного излучения. Существуют и другие методы: технология многоструйного моделирования (MJM), позволяющая получать изделия с высокой степенью дета-

лизации, а также технологии SLS, SLM, дающие возможность создавать детали из металлических порошковых композиций [2].

Наибольшее промышленное применение получили два типа аддитивных технологий производства металлических деталей: прямой подвод энергии и материала (DMD) и синтез на подложке (PBF). В первом случае печатающая головка движется по контуру будущей детали, подавая порции металлического порошка или проволоки, а мощный источник теплового излучения (лазерный, электронный луч, плазма) расплавляет его, формируя цельнометаллическую деталь. Во втором случае сплавляются области предварительно нанесенных слоев металлического порошка. Эти технологии принято называть аддитивным производством из металла – Metal Additive Manufacturing.

В настоящее время применение 3D-печати получило широкое применение во многих сферах.

Распределение применения 3D-печати показано на **рис. 1** (по данным Wohlers report 2018).

Зарубежные производители железнодорожной техники уже начали внедрять технологию 3D-печати в свое производство. Так, концерн «Siemens» в сентябре 2018 г. открыл цифровой Центр обслуживания поездов – RRX Rail Service Center Dortmund, где в технологический процесс ремонта подвижного состава внедрены аддитивные технологии. В RRX установлен 3D-принтер Fortus 450mc производства компании Stratasys, который применяется для изготовления немаetalлических запчастей и инструментов. В частности, на нем напечатали специальное приспособление для перемещения тележки внутри RRX (**рис. 2**). Неметаллические комплектующие для подвижного состава, которые ранее изготавливались традиционными методами, теперь создаются в разы быстрее. Наряду с другими современными технологиями, внедренными в RRX, аддитивные технологии позволяют гарантировать поддержание коэффициента эксплуатационной готовности поездов на уровне, превышающем 99 % [3].

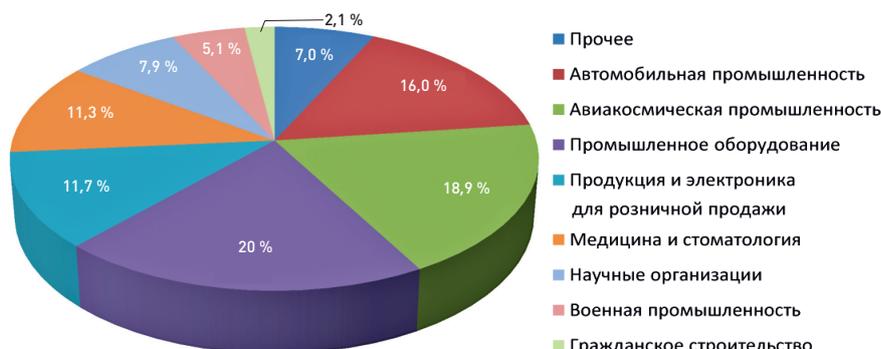


Рис.1. Распределение применения 3D-печати



Рис. 2. Составные части приспособления, напечатанные на 3D-принтере

Angel Trains, одна из ведущих британских компаний в сфере лизинга подвижного состава, начала сотрудничество с компаниями ESG Rail и Stratasys, которые будут оказывать ей инженерно-консалтинговые услуги. Целью данного сотрудничества стало решение проблемы замены устаревших железнодорожных запчастей посредством использования технологий 3D-печати при производстве.

В рамках этой первой в Великобритании инициативы было разработано четыре вида деталей, полностью утвержденных для 3D-печати, в частности подлокотники, поручни и откидные столики на креслах.

Компоненты были спроектированы для аддитивного производства с помощью технологии Stratasys под названием «Моделирование методом наплавления» (Fused Deposition Modeling – FDM). Компания ESG Rail провела структурную оценку деталей для их последующего производства с применением 3D-принтеров компании Stratasys и термопластичных материалов, одобренных к использованию в железнодорожной отрасли. Новые высокотехнологичные материалы, в том числе Stratasys Antero 800 NA (термопластик, основу которого составляет полиэфиркетонкетон), были также протестированы на соответствие железнодорожному стандарту EN45545-2 [4].

На железных дорогах Нидерландов (NS) при ремонте поездов также используют компоненты, изготовленные с помощью 3D-печати. Первой изготовленной на 3D-принтере деталью стала рамка панели управления бортового устройства системы GSM-R в кабине машиниста. Приобрести рамку старого образца уже не было возможности, а при этом требовалось около десятка таких изделий. Новая рамка была изготовлена на основе старого образца, причем чертежей от производителя на нее не было. Затем по той же технологии были изготовлены и другие комплектующие, среди них разъем громкоговорителя, лоток для хранения кабелей и т.д. NS и в дальнейшем намерены расширять использование технологий 3D-печати при обслуживании поездов и планируют развивать сотрудничество с компаниями, работающими в этой сфере [5].

В августе 2016 г. началось сотрудничество Латвийской железной дороги (LDZ) с Baltic3D.eu (компания – изготовитель деталей на 3D-принтере). Лаборатория дочерней компании LDZ – Ritošā sastāva serviss (RSS) начала практику 3D-печати деталей в конце 2016 г. после приобретения 3D-принтера «Pharaoh ED40». Даугавпилсский центр ремонта локомотивов (входит в дочернюю компанию LDZ Ritošā sastāva serviss) предложил изготовить восемь деталей, в том числе вентилятор, защитный кожух привода щеток очистителя ветрового стекла, лампу-индикатор, диффузор воздухопровода. В основном на 3D-принтере печатают детали, часто выходящие из строя, например рукоятка реверсора, замок ЭПК автостопа, различные коннекторы и другие сравнительно простые детали.

Расчеты показали, что наибольшую рентабельность при-

менение аддитивных технологий даст при производстве лампы-индикаторов. Они часто выходят из строя и являются неразборными, из-за этого при перегорании диода приходится заменять лампу целиком. Затраты на ее приобретение составляют 90 евро, а ее изготовление с помощью аддитивных технологий может обойтись в 5 раз дешевле. Кроме того, технология позволяет сэкономить и время, так как за сутки можно изготовить до 20 подобных ламп. Столь же успешной оказалась распечатка диффузора воздухопровода, который уже не выпускается на заводах и является сложным в изготовлении. На 3D-принтере эту деталь из металла можно изготовить за 25 ч. Детали тестируют в Даугавпилсском центре ремонта локомотивов RSS [6].

В России стандартизацией в области аддитивных технологий занимается специальный технический комитет (ТК 182). Уже разработана нормативная документация для аддитивных технологий, например ГОСТ Р 57558–2017/ISO/ASTM 52900:2015 «Аддитивные технологические процессы. Принципы. Часть 1. Термины и определения». Также разработаны проекты государственных стандартов: «Материалы для аддитивных технологических процессов. Виды дефектов» и «Аддитивные технологии. Подтверждение качества и свойств металлических изделий».

Сильными сторонами применения аддитивных технологий являются сокращение затрат на логистику, оптимизация складских возможностей и схемы управления ресурсами, а также возможность печати приспособлений и деталей любой формы из самых разнообразных материалов, в том числе на металлической основе. Метод 3D-печати дает возмож-

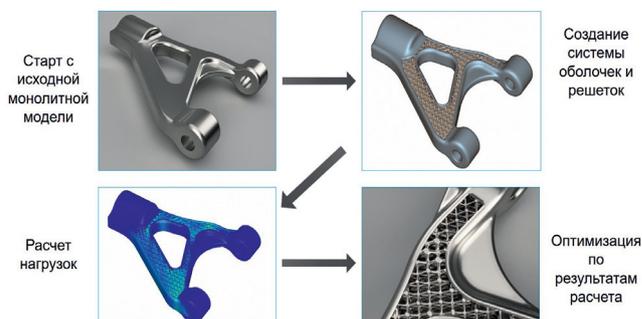
ность изготавливать запчасти только в потребных количествах, что заметно сокращает расходы и сроки производства.

Неметаллические материалы для 3D-принтеров стоят недорого и создания прототипа на современных 3D-принтерах аддитивные технологии целесообразно использовать и на этапе прототипирования.

Современные коммуникации позволяют устанавливать удаленный доступ к станку, что снимает необходимость в переобучении большого количества персонала. Сегодня все больше внимания уделяется вопросам экологии, поэтому аддитивные технологии получают серьезную поддержку в лице сторонников зеленого движения, так как при 3D-печати остается значительно меньше отходов, чем при традиционных методах производства.

Применение аддитивных технологий позволяет печатать необходимые детали непосредственно на ремонтном предприятии, специализированные системы автоматизированного проектирования (САПР), например программа Netfabb, имеют функцию расчета идеальной формы детали, что даст возможность снизить массу изделия, а также количество необходимого для его печати материала. На **рис. 3** показан пример совершенствования конструкции детали посредством САПР [7; 8]. Слабой стороной аддитивных технологий является пока еще высокая цена 3D-принтеров для изготовления металлических деталей, а также материалов для их печати. Кроме того, некоторые виды изделий нуждаются в последующей дополнительной обработке, например полировке. На новые компоненты ответственных частей подвижного состава необходимо получать сертификаты

Рис. 3.
Совершенствование конструкции изделия посредством САПР



соответствия. Потребуется также менять существующие технологии ремонта и нормативную документацию.

При ремонте и техническом обслуживании подвижного состава за рубежом применяются в основном напечатанные на 3D-принтере неметаллические детали. Но вследствие удешевления 3D-принтеров и расходных материалов из-за возрастающей конкуренции их производителей аддитивные технологии начинают все чаще использоваться и

для изготовления металлических деталей.

Для достижения наилучших экономических показателей от внедрения подобной технологии в России необходимо оценить возможности применения аддитивных технологий при ремонте и техническом обслуживании подвижного состава с учетом последних разработок в данной области, в том числе и у сторонних компаний, предлагающих данную услугу в городе нахождения ремонтного предприятия.

Литература

1. Гордеев А. Эпоха «электронных кузнецов» / А.Гордеев [Электронный ресурс] // Life.ru. URL: https://life.ru/t/pysal/1097408/epokha_eliektronnykh_kuznietsov (дата обращения 19.04.2019).
2. Яковлева М. Трехмерный прыжок: 3D-принтеры как один из ключевых инструментов «Индустрии 4.0» / М.Яковлева [Электронный ресурс] // Управление производством. URL: <http://www.up-pro.ru/library/modernization/technologies/trehmernyj-pryjok.html> (дата обращения 19.04.2019).
3. Siemens использует 3D-принтер Stratasys для ремонта поездов [Электронный ресурс] // youtube.com. 2018. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=gfluwgq8N0Y> (дата обращения 19.04.2019).
4. Griffiths L. Angel Trains teams with ESG and Stratasys to 3D print replacement parts for rail industry / L.Griffiths [Электронный ресурс] // TCT Magazine. 2018. 10 Dec. URL: <https://www.tctmagazine.com/3d-printing-news/angel-trains-esg-stratasys-3d-print-rail-parts/> (дата обращения 19.04.2019).
5. Железные дороги Нидерландов начали печатать комплектующие на 3D-принтере [Электронный ресурс] // Центр транспортных стратегий. 2018. 10 сент. URL: https://cfts.org.ua/news/2018/09/10/zheleznye_dorogi_niderlandov_nachali_pechatat_komplektuyuschie_na_3d_printere_4934. (дата обращения 19.04.2019).
6. В Латвии для локомотивов детали печатают на 3D-принтере [Электронный ресурс] // Центр транспортных стратегий. 2018. 29 янв. URL: https://cfts.org.ua/news/2018/01/27/v_latvii_dlya_lokomotivov_detali_pechatayut_na_3d_printere_45254 (дата обращение 19.04.2019).
7. 3D-печать в авиастроении : рассказ инженера Boeing [Электронный ресурс] // Robo-hunter.com. URL: <https://robo-hunter.com/news/3d-pechat-v-aviastroenii-rasskaz-injenera-boeing13552> (дата обращения 19.04.2019).
8. Autodesk Netfabb. Комплексное решение для аддитивного производства [Электронный ресурс] // ПОИНТ. 2018. 26 янв. URL: <https://www.pointcad.ru/novosti/autodesk-netfabb.-kompleksnoe-reshenie-dlya-additivnogo-proizvodstva> (дата обращения 19.04.2019).