

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЁТНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ЛАЗЕРНОМ ПЛАВЛЕНИИ

*А. В. БАБАЙЦЕВ, С. А. ШУМСКАЯ*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

Формирование остаточных напряжений и деформаций в процессе печати остаётся одной из ключевых проблем, ограничивающих эксплуатационные характеристики и надёжность изделий при селективном лазерном плавлении (СЛП – англ. *Selective Laser Melting – SLM*) металлических порошков. Их проявление снижает точность геометрии и долговечность получаемых изделий, что ограничивает использование технологии СЛП в промышленности. В связи с этим особую значимость приобретает разработка и верификация методик, позволяющих исследовать напряженно-деформированное состояние печатаемых изделий и прогнозировать его при различных технологических режимах.

В работе рассматривается сравнительный анализ полей напряжений и деформаций, полученных экспериментальным и расчетным методами при исследовании влияния технологических параметров селективного лазерного плавления на остаточные деформации в изделиях из алюминиевого сплава AlSi10Mg. Методика экспериментального измерения остаточных напряжений основывалась на комбинации метода зондирующих отверстий и корреляции цифровых изображений (КЦИ – англ. *Digital Image Correlation – DIC*), а численное моделирование проводилось в программном комплексе ANSYS Workbench с учетом геометрии образцов и зондирующего отверстия.

Для проведения исследования были изготовлены серии прямоугольных одно- и двуслойных образцов при различных комбинациях мощности (277–416 Вт) и скорости (929–1393 мм/с) лазера. Однослойные образцы с постоянными параметрами печати и двуслойные образцы, где варьировались параметры верхнего и нижнего слоя для имитации печати на подложках и основной детали.

Расчётная модель включала формирование трехмерной геометрии, построение сетки конечных элементов и задание свойств материала. Это позволило обеспечить сопоставимость с условиями проведения эксперимента и рассматривать возможности верификации расчетных данных.

Полученные результаты направлены на уточнение взаимосвязи технологических параметров СЛП с остаточными напряжениями и на развитие методики, которая может использоваться для прогнозирования напряженно-деформированного состояния изделий сложной геометрии, изготавливаемых аддитивными методами, что открывает перспективы повышения качества и надежности аддитивного производства.

### Список литературы

1 **Бабайцев, А. В.** Исследование влияния параметров СЛС печати алюминиевых изделий на уровень остаточных деформаций / А. В. Бабайцев, С. А. Шумская, А. В. Рипецкий // СТИН. – 2024. – № 4. – С. 34–37.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ

*Р. С. БОЛЬШАКОВ*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Железнодорожный транспорт обеспечивает эффективное взаимодействие как государственных, так и частных предприятий, а также региональных производственных объединений и близлежащих государств. Текущая экономическая и политическая обстановка в текущий исторический период сильно затрудняет достижение ключевых целей железнодорожного транспорта как совокупности предприятий различной направленности [1–3] в условиях ужесточения конкурентной борьбы с другими видами транспорта [4, 5].

В предлагаемом докладе рассматривается оценка возможностей интегрирования отечественных и зарубежных информационных платформ для обработки грузопотоков на железнодорожном транспорте.

### **Особенности электронного сопровождения грузовых перевозок на примере Китая**

Анализ существующих информационных ресурсов, используемых для администрирования грузовых перевозок и электронной коммерции транспортной отрасли Китайской Народной Республики (КНР) показывает, что на сегодняшний день в интернет-пространстве успешно функционирует онлайн-платформа электронной коммерции грузовых перевозок железнодорожного транспорта «95306.cn». Ее цель – предоставление полного спектра услуг, связанных с транспортировкой грузов по территории КНР всеми видами транспорта в режиме онлайн. В настоящее время к рассматриваемой платформе подключено более 10 тыс. частных и государственных компаний и созданы все условия для онлайн-оформления и приема грузов, в связи с чем доля использования электронных накладных достигла 97,4 %.

Рассматриваемая онлайн-платформа представляет собой многофункциональный сервис, позволяющий в онлайн-режиме с любого мобильного устройства участвовать в торгах, приобретать и продавать товары, выступать как организатором, так и заказчиком перевозки груза любыми видами транспорта с возможностью моделирования каждого отдельного сегмента перевозки на рассматриваемом участке. Также платформа включает в себя функцию отслеживания отправок.

### **Возможности автоматизированных систем ОАО «РЖД» для интеграции в международные информационные ресурсы**

Важно отметить, что стратегическим приоритетом ОАО «РЖД» является эффективное использование транзитного потенциала российских железных дорог с привязкой к развитию участков международных транспортных коридоров, проходящих по территории РФ. В результате реализации транспортных проектов Россия сможет обеспечивать возрастающие объемы транзита грузов между странами Евразии, что позитивно скажется на экономическом развитии регионов, через которые эти грузы будут проходить. В частности, международный транспортный коридор «Восток – Запад» является основным железнодорожным маршрутом в рамках торгово-экономических связей стран Восточной Азии со странами Европы. В настоящий момент более половины перевозок осуществляется через территорию Казахстана (рисунок 1).



Рисунок 1 – Международный транспортный коридор «Восток – Запад»

Развитие данного евразийского железнодорожного коридора открывает широкие перспективы для российских и иностранных клиентов. Коридор создает прямой выход для грузов России, стран Европы и СНГ к портам Дальнего Востока и к пограничным переходам, расположенным на границе России с сопредельными государствами. Используемые автоматизированные системы и информационные ресурсы холдинга ОАО «РЖД», предназначенные для ускорения процесса документооборота, имеют перспективные направления для развития, в том числе связанные с улучшением взаимодействия с сопредельными странами с точки зрения реализации грузовых перевозок железнодорожным транспортом (рисунок 2).



Рисунок 2 – Основные направления привлечения новых клиентов

Для осуществления предварительного информирования ОАО «РЖД» необходимо собрать и заблаговременно, до пересечения границы, предоставить в таможенный орган информацию о перевозимых грузах в электронном виде, что как раз и можно осуществлять более оперативно с использованием интегрированного зарубежного информационного ресурса.

Анализ существующей ситуации показывает, что все участники внешнеторгового транспортного рынка при осуществлении железнодорожных перевозок с участием контрагентов из Китая, испытывают некоторые трудности при оформлении перевозочных документов. В связи с этим существует запрос на интеграцию используемых отечественных программных продуктов с информационной платформой электронной коммерции грузовых перевозок «95306», в том числе в рамках реализации перевозочных процессов по существующему транспортному коридору. Дальнейшие исследования будут направлены на оценку экономической эффективности предлагаемых интеграционных процессов с учетом целей и задач железнодорожного транспорта.

#### Список литературы

- 1 Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р // КонсультантПлюс. Россия: справ.-правовая система (дата обращения: 10.09.2025).
- 2 Задачи и перспективы развития научных исследований в рамках сотрудничества между ОАО «РЖД» и Российской академией наук / Н. А. Махутов, Б. М. Лapidус, М. М. Гаденин, Е. Ю. Титов // Железнодорожный транспорт. – 2023. – № 7. – С. 6–11.
- 3 Маловецкая, Е. В. Особенности применения временных рядов для оценки колебаний вагонопотоков по стыковым пунктам железных дорог / Е. В. Маловецкая, Р. С. Большаков // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2021. – Т. 15, № 1. – С. 35–40. – DOI: 10.36724/2072-8735-2021-15-1-35-40. – EDN JCCOAG.
- 4 Большаков, Р. С. Перспективы развития информационных технологий в сфере взаимодействия железнодорожного транспорта в международном сообщении / Р. С. Большаков, Н. В. Давыдова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2025. – № 1 (85). – С. 58–67. – DOI: 10.26731/1813-9108.2025.1(85).58-67. – EDN JAMBEE.
- 5 Маловецкая, Е. В. Оценка влияния неравномерностей на перевозочный процесс / Е. В. Маловецкая, А. К. Мозалевская // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Белорусской железной дороги, Гомель, 24–25 ноября 2022 года : в 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 207–209. – EDN BRTMRC.

УДК 629.4.018

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

*Р. С. БОЛЬШАКОВ*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

*А. Н. ГАВРИЛИН*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Российская Федерация*

В текущих условиях возрастающего санкционного давления требуется усиление внимания к разработке инновационных технических решений в направлении диагностики технического состоя-